MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD PARTICULAR

WAYAK

Municipio de Othón P. Blanco, Q. Roo

INDICE

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL..... 1
I.1. Proyecto..... 1
I.1.2. Ubicación del proyecto..... 1
I.1.3 Duración del proyecto..... 1
I.1.4 Presentación de la documentación legal..... 1
I.2 Promovente..... 1
I.2.2 Nombre o Razón Social..... 1
I.2.3 Nombre y cargo del representante legal..... 1
I.2.4 Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones..... 1
I.3 Responsable del estudio..... 1
I.3.1 Nombre o Razón Social..... 1
I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes..... 1
I.3.3 Dirección de los responsables técnicos para oír y recibir notificaciones..... 1
II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... 2
II.1 Información general del proyecto..... 2
II.1.1 Naturaleza del proyecto..... 3
II.1.2 Justificación..... 6
II.1.3. Objetivo..... 8
II.1.4 Selección del sitio..... 9
II.1.5 Inversión Requerida..... 11
II.1.6 Dimensiones del proyecto..... 11
II.2 Características particulares del proyecto..... 21
II.2.1.Programa general de trabajo..... 29
II.2.2 Descripción de las etapas del proyecto..... 30
Método de cálculo..... 63
II.2.3 Requerimiento de personal e insumos..... 76
II. 2.4 Etapa de operación y mantenimiento..... 79
II. 2.5 Etapa de abandono del sitio..... 81
II. 2.6 Utilización de explosivos..... 81
II.2.7 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera..... 81
II.2.9 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos..... 84
III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y REGULACIÓN DEL USO DE SUELO..... 95

III.1 Leyes y reglamentos nacionales 97
III.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). 97
III. 1.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA). 98
III. 1.3 Ley General de Vida Silvestra (LGVS). 102
III.1.4 Ley General del Cambio Climático (LGCC). 109
III.1.5 Ley Aguas Nacionales y su Reglamento 111
III. 1.6 Ley General de Bienes Nacionales y su reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías de navegables, playas, zona federal marítima terrestre y terrenos ganados al mar. 116
III.1.7 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPEGIR) y su Reglamento. 118
III. 1.8 Ley General de Bienes Nacionales y Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playa, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar. 122
III. 1.9 Ley de Responsabilidad Ambiental. 124
III.2 Ordenamientos ecológicos, planes de desarrollo urbanos y áreas naturales protegidas. 125
III.2.1 Programa de ordenamiento ecológico general del territorio. 125
III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMMC). 129
II.2.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Othón P. Blanco (POEL-OPB). 146
III.2.4 Áreas naturales protegidas federales 182
III.2.5 Áreas naturales protegidas estatales 183
III.2.6 Áreas de Interés para la Conservación de las Aves (AICA) 184
III.2.7 Regiones Marinas Prioritarias (RMP) 185
III.2.8 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) 186
III.2.9 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) 189
III.2.10 Sitios Ramsar. 191
III. 3 Normas Oficiales Mexicanas 192
III.3.1 Norma oficial mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003 195
IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA. 203
IV.1 Aspectos abióticos 210
IV.1.2 Sismicidad 218
IV.1.3 Fisiografía 225
IV.1.4. Geología 229
IV.1.5 Edafología 231
IV.1.6 Hidrología 245

IV.2.1 Medio biótico 259
IV.2.1.1 Vegetación 259
IV.2.1.3 Análisis de diversidad de la vegetación 337
IV.2.1.4 Índice de Valor de Importancia (VSA_SMQ) 363
IV.2.1.5 Índice de Valor de Importancia (VSBQ) 367
IV.2.1.6 Índice de Valor de Importancia (VH) 370
IV.2.2.2 Fauna 372
IV.3 Aspectos socioeconómicos. 428
IV.3.1 Medio socioeconómico 428
IV.3.2 Población 429
IV.3.3 Dinámica poblacional 431
IV.3.4 Variables de la dinámica poblacional 432
IV.3.5 Fecundidad 432
IV.3.6 Mortalidad 434
IV.3.7 Migración. 438
IV.3.5 Economía regional 444
IV.3.9 Educación 448
IV.3.10 Salud 451
IV.3.11 Evaluación del bienestar 461
IV.3.12 Urbanización 465
IV.4 Problemática ambiental y paisaje 467
IV.4.1 Problemática ambiental 467
IV.4.2 Paisaje 467
V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTO AMBIENTALES. 469
V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales. 470
V.1.1 Identificación de las acciones del proyecto y factores del ambiente 471
V.1.2 Indicadores de impacto 472
V.2 Identificación de impactos 479
V.3. Evaluación de los impactos 493
V. 4 Descripción y caracterización de los impactos. 497
V.4.1 Fichas descriptivas y valoración de los impactos ambientales. 498
VI. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN O COMPENSACIÓN PARA CADA UNO DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS. 564
VI. 1. Medidas ambientales por relevancia y etapa. 565
VI. 1.1 Medidas para impactos negativos moderados y significativos. 566

VI. 1.2. Medidas para impactos negativos ligeros.....574
VI. 1.2 Aplicación y verificación de las medidas.....613
Seguimiento y documentación 615
VI. 1.3 Compensación ambiental en beneficio del humedal asociado al manglar. 618
VI. 1.4. Evidencias fotográficas ilustrativas. 627
VI.2. Impactos ambientales residuales..... 630
VI.2.1. Suelo e infiltración en superficies de ocupación permanente. 630
VI. 2.2 Abundancia y cobertura vegetal en las huellas de intervención. 631
VI. 2.3 Hábitat y utilización del predio por la fauna silvestre.....632
VI. 2.4. Calidad paisajística y contraste visual.....633
VI.2.5 Presión sobre el agua subterránea por la operación de la POI. 634
VI.2.6. Calidad del agua subterránea y concentrado de la POI.....634
VI.2.7 Riesgo contingente de contaminación del suelo.....635
VI.2.8 Consideraciones finales sobre los efectos residuales.....635
VI.3 Instrumentación complementaria y condiciones de cumplimiento..... 637
VI.3.1 Medidas complementarias de aplicación transversal. 637
VI.3.2 Monitoreo de agua procesos y receptores. 640
VI.3.4 Condiciones de avance e indicadores. 642
VII. Pronósticos Ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas 644
VII.1 Pronóstico del escenario..... 644
VII.1.1 Escenario ambiental actual 645
VII.1.2 Escenario sin proyecto. 646
VII.1.3 Escenario con proyecto sin medidas ambientales. 647
VII.1.5 Escenario con proyecto y aplicación de medidas ambientales..... 648
VII.1.6 Escenario ambiental modificado e impactos residuales 650
VII.2 Evaluación de alternativas..... 652
VII.3 Conclusión. 652
VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INTRUMENTOS METEDOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES..... 654
VIII. 7. Bibliografía. 655

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-1. Conformación del polígono del proyecto. 2
Tabla II-2. Clasificación general 2
Tabla II-3. Coordenadas UTM, Datum WGS 84 Zona 16 N. del AP del proyecto. 10

Tabla II-4. Áreas de aprovechamiento. 12
Tabla II-5. Resumen de las áreas techadas y no techadas. 12
Tabla II-6. Resumen de las áreas permeables del proyecto. 13
Tabla II-7. Resumen de las áreas de trabajo bajo conservación del proyecto. 13
Tabla II-8. Usos de suelo y tipos de vegetación en el polígono predial (AP). 17
Tabla II-9. Usos de suelo y tipos de vegetación remanentes, bajo conservación. 18
Tabla II-10. Superficies por concepto y por nivel. Área turística. 23
Tabla II-11. Superficies por concepto y por nivel, que comprende Área suburbana. 25
Tabla II-12. Resumen de las áreas permeables del proyecto. 26
Tabla II-13. Parámetros aplicables y su cumplimiento. 26
Tabla II-14. Número de unidades y cuartos equivalentes. 27
Tabla II-15. Número de departamentos, por Módulo y por nivel. 27
Tabla II-16. Cronograma general del ciclo de ejecución y operación del proyecto. 30
Tabla II-17. Se indican por elemento; el uso, altura, tipo de cimentación profunda, se indica método constructivo. 40
Tabla II-18. Acabados de áreas exteriores. 54
Tabla II-19. Resumen de los valores base del proyecto. 57
Tabla II-20. Demanda de agua por uso. 57
Tabla II-21. Corrientes del balance ordinario con lavados propuestos. 58
Tabla II-22. Especificaciones de la Planta de Osmosis Inversa. 60
Tabla II-23. Caudales y régimen de operación de la POI. 62
Tabla II-24. Caudales requeridos del banco de membranas. 63
Tabla II-25. Escenarios de salinidad al 45% de recuperación. 64
Tabla II-26. Salinidad concentrada del permeado y del concentrado por escenario. 64
Tabla II-27. Calidad de entrada y metas de salida de la POI. 65
Tabla II-28. Caudales y provisiones de capacidad de la PTAR. 66
Tabla II-29. Concentraciones y cargas de entrada para verificar la PTAR. 66
Tabla II-30. Capacidades biológicas y de aireación. 68
Tabla II-31. Unidades de tratamiento terciario. 68
Tabla II-32. Lodos y aguas separada en la PTAR. 69
Tabla II-33. Distribución del efluente según el escenario de operación. 70
Tabla II-34. Punto de control propuestos. 71
Tabla II-35. Pozos de aprovechamiento y rechazo. 72
Tabla II-36. Coordenadas UTM, datum horizontal WGS 1984 zona 16N, de la ubicación de cada uno de los pozos. 73

Tabla II-37. Listado del personal para el proyecto. 77

Tabla II-38. Listas y volúmenes de materiales de construcción demandados para la construcción del proyecto. 78

Tabla II-39. Listado de maquinaria y equipos automotores, uso e intensidad de ruido normalmente emitido durante la operación a usarse durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto. . 79

Tabla III-1. Vinculación jurídico-ambiental considerando la naturaleza del proyecto y lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 97

Tabla III-2. Vinculación jurídico-ambiental considerando la naturaleza del proyecto y lo establecido en la LGEEPA y el REIA. 99

Tabla III-3. Vinculación jurídico-ambiental considerando la naturaleza y lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre. 103

Tabla III-4. Vinculación jurídico-ambiental considerando la naturaleza del proyecto y lo establecido de la Ley General del Cambio Climático. 109

Tabla III-5. Vinculación jurídica-ambiental considerando la naturaleza del proyecto y lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. 112

Tabla III-6 Vinculación jurídica considerando la normativa relacionada con la zona federal marítimo terrestre y la naturaleza del proyecto. 116

Tabla III-7. Vinculación jurídico-ambiental considerando la naturaleza del proyecto y lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPEGIR). 118

Tabla III-8. Vinculación jurídica considerando la normativa relacionada con la zona federal marítimo terrestre y la naturaleza del proyecto. 122

Tabla III-9. Vinculación jurídico-ambiental considerando la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental y la naturaleza del proyecto. 124

Tabla III-10. Especificaciones aplicables a la UBA-64 de acuerdo con lo establecido en el POEGT. 127

Tabla III-11. Acciones generales aplicables a la UGA 152 del POEMRGMMC donde se ubica el predio del proyecto. 131

Tabla III-12. Acciones y criterios específicos aplicables a las UGAS 152 del POEMRGMMC donde se ubica el predio del proyecto. 137

Tabla III-13. UGA 29 “Corredor Turístico Xul Ha – Bacalar” 148

Tabla III-14. Vinculación entre el Proyecto y las políticas ambientales aplicables del POEL-OPB..... 150

Tabla III-15. Criterios específicos de regulación ecológica de la UGA 29. 167

Tabla III-16. Listado de normas oficiales mexicanas a aplicar durante el desarrollo del proyecto. 193

Tabla III-17. Vinculación de las obras y actividades del proyecto con respecto a la norma oficial mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003 y el acuerdo de que adiciona la especificación 4.43. 195

Tabla IV-1. Fenómenos hidrometeorológicos de mayor impacto en el estado de Quintana Roo entre 1988 y 2020§. 216

Tabla IV-2. Número de sismos, clasificados por magnitud, presentes en México de 1990 a 2019 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional§ 220

Tabla IV-3. Sismos, clasificados por magnitud, con epicentro referenciado al estado de Quintana Roo entre 1970 y 2020 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional§. 223
Tabla IV-4. Clasificación de los suelos por su contenido de materia orgánica y origen del suelo§..... 235
Tabla IV-5. Clasificación de las partículas del suelo con base a su tamaño, según la clasificación de la USDA y la USCS..... 235
Tabla IV-6. Relación entre tipo de estructura, desarrollo radical y densidad aparente (Dap) de suelos§. 239
Tabla IV-7. Valores de conductividad eléctrica (CE), su clasificación e impacto en las plantas y microbiota del suelo§. 239
Tabla IV-8. Corrientes de agua en la subcuenca hidrológica R33Ac. 249
Tabla IV-9. Sitios de monitoreo de la REMECA en la RE..... 253
Tabla IV-10. Microcuencas y subcuencas..... 256
Tabla IV-11. Escenarios de en diferentes periodos de retorno Tr..... 257
Tabla IV-12. Red de observación piezométrica en 5 Barrenos..... 257
Tabla IV-13. Caracterización fisicoquímica 258
Tabla IV-14 Clasificación de los usos de suelo y vegetación inmersos dentro del sistema ambiental, de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación, Serie VII, del INEGI. 259
Tabla IV-15 Clasificación de los usos de suelo y vegetación inmersos en el AI Serie VII 262
Tabla IV-16. Coordenadas de los sitios de muestreo en el SA. 264
Tabla IV-17. Definición de estratos..... 266
Tabla IV-18. Volúmenes de muestreo piloto en SA para flora 268
Tabla IV-19. La desviación estándar para los sitios muestreados se muestra en la siguiente tabla: 268
Tabla IV-20.Para determinar el coeficiente de variación es igual a: 268
Tabla IV-21. Retomando la fórmula para el cálculo del número de muestras (1) sería: 269
Tabla IV-22. Listado de especies de vegetación en el Sistema Ambiental. A = Amenazada. 271
Tabla IV-23 Índice de Chao 1 para el sistema ambiental 277
Tabla IV-24 De acumulación de especies en el SA..... 278
Tabla IV-25. Abundancia e índice de Shannon-Wiener en estrato arbóreo 284
Tabla IV-26. Abundancia e índice de Shannon-Wiener en estrato arbustivo. 287
Tabla IV-27. Abundancia e índice de Shannon-Wiener en estrato herbáceo. 290
Tabla IV-28. Índice de valor de importancia arbóreo..... 293
Tabla IV-29 IV del estrato arbustiva en la SA..... 295
Tabla IV-30. IVI del estrato herbácea en la RE. 297
Tabla IV-31. Listado potencial de especies en el área de influencia del proyecto. 300
Tabla IV-32 Índice de Chao 1 para el AI..... 305
Tabla IV-33. De acumulación de especies en el AI 306
Tabla IV-34. Abundancia e índice de Shannon-Wiener en el estrato arbóreo 310

Tabla IV-35. Abundancia e índice de Shannon-Wiener en el estrato arbustivo 312
Tabla IV-36. Abundancia e índice de Shannon-Wiener en el estrato herbáceo..... 313
Tabla IV-37. Índice de valor de importancia arbóreo AI 315
Tabla IV-38. Índice de valor de importancia arbustivo AI 317
Tabla IV-39. Índice de valor de importancia arbustivo AI 319
Tabla IV-40. Índice de valor de importancia herbáceo AI..... 321
Tabla IV-41 Uso del suelo y tipo de vegetación según INEGI 323
Tabla IV-42 Uso del suelo y tipo de vegetación *"in situ"* en el AP 326
Tabla IV-43 Coordenadas de muestreo de flora. 331
Tabla IV-44. Definición de estratos..... 332
Tabla IV-45. Volúmenes de árbol de 10 sitios de muestreo del predio. 336
Tabla IV-46. Listado de especies de vegetación de los tres estratos. A = amenazada (NOM-059-SEMARNAT-2010)..... 337
Tabla IV-47. Análisis no paramétrico de CHAO1..... 340
Tabla IV-48. Matriz de acumulación de especies..... 341
Tabla IV-49. Individuos por hectárea en el estrato arbóreo. 346
Tabla IV-50. Individuos por hectarea en el estrato arbustivo..... 347
Tabla IV-51. Individuos por hectárea en el estrato herbáceo. 347
Tabla IV-52. Diversidad de especies en el estrato arbóreo. 349
Tabla IV-53. Diversidad de especies en el estrato arbustivo..... 350
Tabla IV-54. Diversidad de especies en el estrato herbáceo. 351
Tabla IV-55. Individuos por hectárea en el estrato arbóreo. 352
Tabla IV-56. Individuos por hectárea en el estrato arbustivo..... 353
Tabla IV-57. Individuos por hectárea en el estrato herbáceo. 353
Tabla IV-58 Diversidad de especies en el estrato arbóreo. 354
Tabla IV-59. Diversidad de especies en el estrato arbustivo. 355
Tabla IV-60. Diversidad de especies en el estrato herbáceo. 356
Tabla IV-61. Individuos por hectárea en el estrato arbustivo..... 357
Tabla IV-62. Individuos por hectárea en el estrato herbáceo. 357
Tabla IV-63. Diversidad de especies en el estrato arbustivo..... 358
Tabla IV-64. Diversidad de especies en el estrato herbáceo. 359
Tabla IV-65. Índice de Valor de Importancia del estrato arbóreo..... 363
Tabla IV-66 Índice de Valor de Importancia del estrato arbustivo. 365
Tabla IV-67. Índice de Valor de Importancia del estrato herbáceo..... 366
Tabla IV-68. Índice de Valor de Importancia del estrato arbóreo..... 367

Tabla IV-69. Índice de Valor de Importancia del estrato arbustivo. 369
Tabla IV-70. Índice de Valor de Importancia del estrato herbáceo. 369
Tabla IV-71. Índice de Valor de Importancia del estrato arbustivo. 371
Tabla IV-72. Índice de Valor de Importancia del estrato herbáceo. 371
Tabla IV-73. Listado faunístico en el SA y AI 375
Tabla IV-74. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon- Wiener en aves (SA). 386
Tabla IV-75 Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon- Wiener en aves (AI). 388
Tablas IV- 76. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon-Wiener en mamíferos (SA). 389
Tablas IV- 77. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon-Wiener en mamíferos (AI). 390
Tabla IV-78. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon-Wiener en reptiles (SA). 391
Tabla IV-79 Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon-Wiener en reptiles (AI). 392
Tabla IV-80. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon-Wiener en anfibios (SA). 392
Tabla IV-81. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon-Wiener en anfibios (AI). 393
Tabla IV-82. Índice de Chao 1 en fauna en el SA. 393
Tabla IV-83. Coordenadas de sitios de muestreo fauna 397
Tabla IV-84 Listado faunístico del predio. 398
Tabla IV-85 de acumulación de especies 401
Tabla IV-86. Método paramétrico de Chao 1 404
Tabla IV-87. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon- Wiener de aves en el área del predio407
Tabla IV-88 Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon- Wiener de mamíferos en el área del predio. 409
Tabla IV-89. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon- Wiener de reptiles en el área del predio. 410
Tabla IV-90. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon- Wiener de anfibios en el área del predio. 410
Tabla IV-91 Especies enlistadas en la NOM. 411
Tabla IV-92. Red trófica no ponderada. 412
Tabla IV-93. Tabla de conexiones directas. 412
Tabla IV-94. Especies clave o críticas identificadas. 415
Tabla IV-95. Especies migratorias clave. 415
Tabla IV-96. Especies endémicas (flora). 416
Tabla IV-97. Especies relevantes por su importancia ecológica. 416
Tabla IV-98. Especies clave o críticas identificadas. 417
Tabla IV-99. Especies migratorias clave. 417
Tabla IV-100. Especies relevantes por su importancia ecológica. 418

Tabla IV-101. Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 418
Tabla IV-102. Especies endémicas (flora). 419
Tabla IV-103. Conglomerado de especies clave o críticas. 419
Tabla IV-104. Distribución de tipos de uso de suelo y vegetación en el SA. 421
Tabla IV-105. Municipios que conforman el estado de Quintana Roo a la fecha. 429
Tabla IV-106. Número de habitantes a nivel nacional, estatal y municipal de 1990 a 2020 de acuerdo con los censos y conteos poblacionales realizados por el INEGI[§]. 431
Tabla IV-107 Veinte principales causas de enfermedades en el 2022, y número de casos, a nivel nacional y en el estado de Quintana Roo. 455
Tabla IV-108 Población con afiliación (%) a los servicios de salud a nivel nacional y del estado de Quintana Roo y sus municipios al 2020[1, 2]. 458
Tabla IV-109 Rezago social en las entidades estatales y en los municipios que forman parte de la conformación del AI del proyecto entre el 2000 y el 2020, por quinquenio, de acuerdo con lo estimado por el CONEVAL§. 463
Tabla V.1.- Técnicas empleadas para la identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales. 472
Tabla V.2.- Actividades y elementos por etapa de desarrollo del proyecto posibles generadoras de impactos ambientales. 479
Tabla V.3.- Factores y subfactores ambientales, por medio socioambiental, potenciales a impactar por el desarrollo del proyecto 481
Tabla V.4.- Afecciones potenciales a los subfactores ambientales asociadas con las obras y actividades del proyecto 482
Tabla V.5.- Matriz de interacciones entre actividades a ejecutar por el desarrollo y los atributos ambientales potencialmente a impactarse, por tipo de impacto 492
Tabla V.6.- Interacciones adversas y benéficas por factor ambiental y socioeconómico, y las etapas de desarrollo del proyecto. 493
Tabla V.7.- Criterios para considerar en el procedimiento de evaluación de impactos ambientales en el método RIAM Modificado. 495
Tabla V-9. Valoración de los impactos ambientales identificados para el desarrollo del proyecto, aplicando la metodología modificada del RIAM-M 556
Tabla VI-1. Medidas para impactos negativos moderados y significativos. 566
Tabla VI. 2. Impactos negativos ligeros fuentes generadoras y medidas ambientales por etapa. 575
Tabla VI-3. Criterios de seguimiento y documentación. 615
Tabla VI-4. Responsables frecuencias y evidencia de ejecución. 617
Tabla VI-5. Programa de compensación en beneficio del humedal asociado al manglar 622
Tabla VI-6. Medidas complementarias con aplicación y verificación por etapa. 637
Tabla VI-7. Verificación específica de corrientes y ambiente receptor. 640
Tabla VI-8. Condiciones de avance y comprobación de resultados. 642

INDICE FIGURAS

Figura II-1. Ubicación geográfica del predio Parcela 68 Z2 P1/1, del ejido de Juan Sarabia, Othón P. Blanco, Q. Roo. 11

Figura II.2. Áreas de aprovechamiento del proyecto Wayak. 14

Figura II-3. Diferenciación de las áreas permeables (ecocreto, adopasto y sobre pilas o pilotes etc.) y las áreas bajo conservación del proyecto. 15

Figura II-4. Usos de suelo y tipos de vegetación del SA y AI. 16

Figura II-5. Usos de suelo y tipo de vegetación en el predio. 17

Figura II-6. Áreas de ocupación de los usos de suelo y vegetación con el proyecto. 19

Figura II-7. Corte longitudinal de las Villas turísticas y Villas suites, (6 m) 27

Figura II-8. Alzado frontal y corte longitudinal de la Casa Club, (6 m) 28

Figura II-9. Zona Comercial, alzado frontal y sección longitudinal (7 m) 28

Figura II-10. Zona Comercial, alzado frontal y sección longitudinal (7 m) 28

Figura II-11. Corte longitudinal de las circulaciones a nivel de terreno y elevadas a 2.5 msnm. 28

Figura II-12. Áreas bajo de conservación del proyecto. 29

Figura II-13. Ejemplo de la habilitación y mantenimiento de baños portátiles instalados en frentes de trabajo para uso de los trabajadores. 32

Figura II-14. Ejemplo del acondicionamiento y diferenciación y colecta de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en proyectos en construcción. 33

Figura II-15. Referencia del módulo y de la cimentación puntual ilustra la relación entre estructura, PB abierta y piso de adoquín. 42

Figura II-16. Ilustración conceptual de la Zona Comercial. 43

Figura II-17. Detalle transversal conceptual de la circulación vehicular. 47

Figura II-18. Detalle en planta y estructural esquemático de la circulación a desnivel. 48

Figura II-19. Detalla en planta, ilustración y estructural esquemático de la circulación pasarelas y andador mirador. 49

Figura II-20. Representación de las canchas de pádel y voleibol. 52

Figura II-21. Distribución del agua en el escenario ordinario. 59

Figura II-22. Secuencia del tren de tratamiento de la POI. 62

Figura II-23. Proceso biológico y tratamiento terciario de la PTAR escenario de diseño (500.0 m3/día) 71

Figura II-24. Coquis del pozo de aprovechamiento (PA1,2)(-25m). 74

Figura II-25. Croquis del pozo de rechazo de agua salobre (PROI-1) (-60m). 75

Figura II-26. Croquis del pozo de rechazo de agua tratada (PRAT-2) (-100m) 75

Figura II-27. Ejemplos del tipo y acondicionamiento de contenedores para residuos sólidos urbanos que se pueden usar en los frentes de trabajo para la disposición separada de los residuos. 86

Figura II-28. Ejemplo de retiro de los residuos sólidos urbanos por una empresa privada autorizada de los frentes de trabajo habilitados..... 86

Figura II-29. Ejemplo de evidencias del mezclado durante la disposición temporal de residuos de manejo especial durante la etapa de construcción. 88

Figura II-30. Ejemplo de la habilitación y señalización de áreas para la disposición temporal de residuos de manejo especial durante la etapa de construcción. 89

Figura II-31. Ejemplo de manejo y transporte de los diferentes tipos de residuos de manejo especial generados durante los procesos constructivos de proyectos en desarrollo. 90

Figura II-32. Rombo de seguridad o símbolo internacional que indica el nivel de riesgo de una sustancia para la seguridad y salud humana y clasificación de sustancias químicas a usar. 91

Figura II-33. Ejemplos de la prevención de la generación y manejo de los residuos peligrosos durante las etapas de preparación y construcción de proyectos de obra civil. 93

Figura III-1. Ubicación del predio del proyecto con respecto a la regionalización presentada en el POEGT. 127

Figura III-2. UGA 152. 130

Figura III-3. Ubicación del predio en Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. 130

Figura III-4. Identificación de las UGA'S del POEL del municipio de Othón P. Blanco, con la cartografía disponibles. 147

Figura III-5. Identificación de las UGA's del POEL- OPB. Con los ajustes de los servidores cartográficos. 148

Figura III-6. Ubicación del predio con respecto a la poligonal de ANP de carácter federal más cercana.183

Figura III-7. Areas Naturales Protegidas estatales, municipales con respecto al predio del Proyecto. 184

Figura III-8. Ubicación del predio con respecto a las AICA. 185

Figura III-9. Región Marina Prioritaria (RMP) alejadas de la zona de desarrollo del Proyecto 186

Figura III-10. Ubicación del predio del proyecto con respecto a la RTP. 187

Figura III.11. Ubicación de las RHP respecto al predio del Proyecto. 190

Figura III.12. Ubicación del predio con respecto a los sitios Ramsar. 192

Figura IV-1. Ubicación del sistema ambiental estudiado para el proyecto con respecto a subcuenca RH33Ac..... 205

Figura IV-2. Clasificación del uso de suelo y vegetación del SA con base en Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, escala 1:250,000 serie VII..... 207

Figura IV-3. Delimitación del sistema ambiental (SA) del proyecto, sobre imagen. 209

Figura IV-4. Delimitación del área de influencia (AI), sobre el SA..... 210

Figura IV-5. Clasificación climática para el estado de Quintana Roo. 211

Figura IV-6. Unidades climáticas presentes en el SA, dentro del que se encuentra el AP. 212

Figura IV-7. Zonificación Eólica en la SA dentro del que se encuentra el AP. 213

Figura IV-8. Surgimiento y trayectoria de los ciclones tropicales que llegan a impactar la península de Yucatán, incluyendo el estado de Quintana Roo. 214

Figura IV-9. Trayectoria de tormentas tropicales, representada por las líneas verdes, y huracanes, que inciden sobre el estado de Quintana Roo, en la península de Yucatán. 215

Figura IV-10. Mapa de amenaza por presencia de ciclones tropicales para el estado de Quintana Roo, elaborado por el CENAPRED..... 217

Figura IV-11. Índice de peligro por inundaciones del SA dentro del que se encuentra el AP..... 218

Figura IV-12 Placas téctonicas que se encuentran influenciando la República Mexicana. 219

Figura IV-13. Sismos totales anuales y promedios diarios presentes en México de 1990 a 2020 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional..... 221

Figura IV-14 Incidencia de sismos superiores a 5.5 de magnitud entre el 2000 y 2020 a nivel nacional. 222

Figura IV-15. Regionalización sísmica del país, incluyendo la península de Yucatán, realizada por la CFE. Sismicidad: a) zona A baja; b) zona B, media; c) zona C, alta y, d) zona D, muy alta..... 223

Figura IV-16. Mapa sísmico para el estado de Quintana Roo considerando los movimientos telúricos de 1970 a 2020. 225

Figura IV-17. Ubicación del área del SA y del predio del proyecto, con respecto a la provincia fisiográfica “Península de Yucatán. 226

Figura IV-18. Ubicación del SA y AP, en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, con respecto a la subprovincia fisiográfica “Carso Yucateco”. 226

Figura IV-19. Variación altitudinal en el estado de Quintana Roo..... 228

Figura IV-20. Variación altitudinal en el área SA con el predio del proyecto..... 229

Figura IV-21. Geología en SA con el predio del proyecto tomando como base la información del INEGI publicada en 1996, retomada por el Servicio Geológico Mexicano. 230

Figura IV-22. Presencia y distribución de materia orgánica residual, en la parte superior y en el horizonte A del suelo, así como en proceso de descomposición en el perfil de un suelo de pastizal..... 234

Figura IV-23. Triángulo de texturas de suelos mostrando los porcentajes de areno, limo y arcilla en las clases texturales 236

Figura IV-24. Tipos de estructuras de un suelo..... 237

Figura IV-25. Tipos de estructuras en muestras de suelos físicas. 238

Figura IV-26. Perfil teórico de un suelo..... 241

Figura IV-27. Tipos de suelos presentes en el SA y AI dentro del que se encuentra el predio del proyecto. 242

Figura IV-28. Índice de degradación de suelos en el SA y del predio del proyecto 245

Figura IV-29. Ubicación, delimitación e información general del acuífero 3105 Península de Yucatán. ... 246

Figura IV-30 Regiones hidrológico-administrativas (RHA) en México. CONAGUA 2018. 247

Figura IV-31. Ubicación del proyecto dentro de la Cuenca RH33A Bahía de Chetumal y otras..... 248

Figura IV. 32. Subcuenca Hidrológica RH33Ac Bahía de Chetumal, en donde se localiza el proyecto. .. 249

Figura IV.33. Acuíferos en la Península de Yucatán (CONAGUA 2020). 250

Figura IV 34. Acuífero Península de Yucatán (3105)..... 252
Figura IV-35. Sitios de monitoreo de la REMECA en el sistema ambiental. 253
Figura IV.36. Escurrimientos del sistema ambiental (SA) entorno a Wayak.. 254
Figura IV.37. Subcuencas y escurrimientos regionales del entorno de Wayak. Reproducción del anexo de hidrología superficial, página 7. 255
Figura IV. 38. Relación entre las microcuencas M1–M4 y las unidades regionales A1, B1 y C1. Reproducción del anexo de hidrología superficial, página 12..... 257
Figura IV-39. Clasificación del uso de suelo y vegetación del SA con base en Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, escala 1:250,000, serie VII..... 261
Figura IV-40. Clasificación del uso de suelo y vegetación del AI con base en Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, escala 1:250,000, serie VII..... 262
Figura IV-41. Sitios de muestreo de vegetación en el sistema ambiental 265
Figura IV-42. Curva de acumulación de especies..... 284
Figura IV-43 IVI del estrato arbóreo..... 295
Figura IV-44 Estrato arbustivo de vegetación forestal. 297
Figura IV-45. IVI del estrato herbáceo de la vegetación. 300
Figura IV-46. Curva de acumulación de especies..... 310
Figura IV-47. IVI del estrato arbóreo AI..... 317
Figura IV-48. IVI de estrato arbustivo de vegetación en el AI 319
Figura IV-49. IVI de estrato arbustivo de vegetación en el AI. 320
Figura IV-50. IVI de estrato herbáceo de vegetación en el AI..... 323
Figura IV.51. Uso de suelo y vegetación del predio, según INEGI Serie VII, conjunto Nacional 2018..... 324
Figura IV.52. Uso de suelo y vegetación del predio, in situ (Google EART Pro, imagen satélite 2026).... 325
Figura IV-53 Tamaño y forma de los sitios de muestreo para cada uno de los estratos diferenciados en la cobertura vegetal forestal. 329
Figura IV-54 Brigada de muestreo florístico en el predio. 329
Figura IV-55 Levantamiento de datos dasométricos..... 330
Figura IV-56 Ubicación de los sitios de muestreo del predio del proyecto. 330
Figura IV-57 Toma de datos dasométricos, medición de DAP. 332
Figura IV-58 Marcado de árboles muestreados..... 333
Figura IV-59 Curva de acumulación de especies..... 345
figura IV-60. Estado de la vegetación 345
Figura IV-61. Individuo de palmera de coco. 352
Figura IV-62. Vegetación hidrófila. 357
Figura IV-63. Distribución de la vegetación de peten en el humedal. 359
Figura IV-64. Vegetación de manglar..... 360

Figura IV-65. Areas sin vegetación aparente. 361
Figura IV-66. Cuerpo de agua colindante. 361
Figura IV-67. Camino de acceso preexistente. 362
Figura IV-68. Senda hacia el cuerpo lagunar. 362
Figura IV-69 Vivienda rural. 362
Figura IV-70. IVI del estrato arbóreo. 364
Figura IV-71 IVI del estrato arbustivo 365
Figura IV-72. IVI del estrato herbáceo 367
Figura IV-73. IVI del estrato arbóreo. 368
Figura IV-74. IVI del estrato arbustivo. 369
Figura IV-75. IVI del estrato herbáceo. 370
Figura IV-76. IVI del estrato arbustivo. 371
Figura IV-77. IVI del estrato herbáceo. 372
Figura IV-78. Muestreo de fauna en el AI y SA. 374
Figura IV-79. Registro de rastros y excretas. 394
Figura IV-80. Cuadricula de trampas tipo Sherman. 394
Figura IV-81. Colocación de cámaras trampa y estaciones de olor. 395
Figura IV-82 Utilización de red de niebla. 395
Figura IV-83. Muestreo de Fauna a nivel de predio. (Imagen satellite, Google Earth Pro, 2026). 396
Figura IV-84 Curva de acumulación de especies 405
Figura IV-85.. Simulación de la cadena trófica en el predio.Cadena trófica generada mediante ChatGPT, 2026, “simulacion de la cadena trófica”, por OpenAI, 2026. 412
Figura IV-86. Matriz de adyacencia a nivel de AP. 414
Figura IV-87. Mapa de uso de suelo y vegetación serie VII del INEGI (SA). 421
Figura IV.88. Paisaje actual y fragmentación en el SA. 422
Figura IV-89. Interrupción de corredores biológicos. 423
Figura IV-90. Dispersión uniforme de especies. 424
Figura IV-91. Ubicación del predio fuera de ANP de competencia federal. 425
Figura IV-92. Corredor potencial de distribución del jaguar. 426
Figura IV-93. Zona de aislamiento del paisaje. 427
Figura IV-94. Mapa de corredores biológicos a nivel del SA. 428
Figura IV-95 Población por entidad federativa de acuerdo con el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020. 430
Figura IV-96 Población municipal en el estado de Quintana Roo de acuerdo con el censo poblacional realizado por el INEGI en el año 2020. 430

Figura IV-97. Tasa promedio de crecimiento poblacional anual estimada con los censos y conteos poblacionales reportados por el INEGI para el periodo de 1970 a 2020 a nivel nacional, estatal y municipal. 432

Figura IV-98 Fecundidad a nivel nacional, estatal y municipal de 1970 a 2020, expresada como el número de hijos vivos promedio por mujeres en edad reproductiva. 433

Figura IV-99 Tasa promedio de crecimiento anual de la natalidad entre 2010 y 2018 en la población a nivel nacional y estatal. 434

Figura IV-100. Proporción de defunciones con respecto a la población total para el año 2015 a nivel nacional, estatal y en los tres municipios con mayor actividad turística en Quintana Roo. 435

Figura IV-101 Tasa de defunciones generales de 2009 a 2019 en la población a nivel nacional, estatal y en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. 436

Figura IV-102. Tasa promedio de crecimiento anual de defunciones a nivel nacional, estatal y municipal, para el periodo 2009 - 2019. 437

Figura IV-103. Participación de las defunciones por homicidio con respecto a las defunciones generales a nivel nacional, estatal y municipal para el periodo 1990 - 2019. Los resultados son valores promedio por quinquenio. 438

Figura IV-104 Origen de la población a nivel nacional, en el estado de Quintana Roo y en sus municipios de Othón P. Blanco y Benito Juárez, de acuerdo con los resultados de los últimos cinco censos de población y vivienda realizados por el INEGI. 439

Figura IV-105 Distribución proporcional de la población nacional que no residía en su estado natal al momento de levantar el censo de población y vivienda por parte del INEGI en el 2020..... 440

Figura IV-106 Origen de la población censada en el 2020 por parte del INEGI en el estado de Quintana Roo, por entidad federal de origen..... 441

Figura IV-107 Origen de la población censada en el 2020 por parte del INEGI en el municipio de Othón P. Blanco, por entidad federal de origen..... 442

Figura IV-108 Población migrante registrada en los cónsules mexicanos en los Estados Unidos en el quinquenio 2015 – 2020, por entidad federal..... 443

Figura IV-109 Participación por entidad federativa en la generación del PIB nacional, con valores constantes, 2018 como año base y cifras preliminares para el 2022. 444

Figura IV-110 Crecimiento del PIB a valores constantes a nivel nacional y del estado de Quintana Roo, y su tendencia de crecimiento, entre 2004 y 2021. Con cifras revisadas para 2020 y 2021 y preliminares para 2022. 446

Figura IV-111 Participación de los sectores productivos en el PIB nacional y del estado de Quintana Roo para el año 2022 (con información preliminar), para valores corrientes y 2018 como año base. 446

Figura IV-112 Participación de las actividades productivas, por sector, en la generación del PIB nacional para el año 2022 (con información preliminar), en valores constantes. 447

Figura IV-113 Participación de las actividades productivas, por sector, en la generación del PIB en el estado de Quintana Roo para el año 2022 (con información preliminar), en valores constantes. 447

Figura IV-114 Grado promedio de escolaridad de la población estatal mayor a 15 años de acuerdo con la información del censo de población y vivienda del 2020 realizado por el INEGI. 449

Figura IV-115 Grado promedio de escolaridad de la población estatal mayor a 15 años de acuerdo con la información del censo de población y vivienda del 2020..... 450

Figura IV-116 Nivel de escolaridad alcanzada por la población estatal mayor a 15 años de acuerdo con la información intercensal presentada por el INEGI para el 2020. 451

Figura IV-117 Comparación de los indicadores tasa de mortalidad infantil (muertos por cada 1000 nacimientos vivos), esperanza de vida (años), para el 2016, y cáncer maligno (incidentes por cada 100,000 habitantes, para el 2012), en países miembros de la OECD y en adh..... 453

Figura IV-118 Esperanza de vida al nacer en el estado de Quintana Roo y a nivel nacional de 1970 al 2050, con proyección del 2013..... 454

Figura IV-119 Relación de habitantes con establecimiento de servicio médico y consultorio, por entidad estatal y a nivel federal, con resultados para el año 2020..... 460

Figura IV-120 Relación de habitantes con cama hospitalaria y quirófano, por entidad estatal y a nivel federal, con resultados para el año 2020..... 461

Figura V.1.- Distribución de las interacciones ambientales potenciales identificadas por etapa de desarrollo y naturaleza del efecto 553

Figura V.2.- Distribución de los impactos ambientales identificados de acuerdo con su clasificación mediante el RIAM-M 554

Figura V-3. Valores de evaluación de los impactos ambientales identificados mediante el RIAM-M..... 555

Figura V.4.- Distribución de los impactos ambientales por componente de evaluación y naturaleza del efecto..... 560

Figura VI-1. Ilustración de las medidas para aplicación..... 630

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

I.1. Proyecto.

"WAYAK" (el proyecto)

I.1.2. Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica en Parcela 68 Z2 P1/1, del poblado Juan Sarabia, ubicado en la Carretera Federal 307, kilómetro 12+300, municipio de Othón P. Blanco, Estado de Quintana Roo.

I.1.3 Duración del proyecto.

Para la preparación del sitio y construcción del proyecto se solicita el plazo de diez años. La vida útil estimada del proyecto es de 90 años, sujeta a mantenimiento.

I.1.4 Presentación de la documentación legal

I.2 Promovente.

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

I.3 Responsable del estudio.

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 Información general del proyecto.

La **promovente** somete a evaluación de la SEMARNAT la presente Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Particular (MIA-P), correspondiente al desarrollo del proyecto "**WAYAK**", en lo sucesivo **el proyecto**, en el predio localizado en la Parcela 68 Z2 P1/1, del poblado Juan Sarabia, Carretera Federal 307, km 12+300, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, sobre una superficie total de 333,552.60 m^2 (33.355 Ha) como área del proyecto (**AP**).

Tabla II-1. Conformación del polígono del proyecto.

POLÍGONO DEL PROYECTO	Superficie		
	m^2	Ha	Proporción (%)
Parcela 68 Z2 P1/1 **(el predio)**	333,552.60	33.355	100

El proyecto pretende la preparación, construcción y operación de un proyecto inmobiliario, integrado por 1) zona turística de bajo impacto y 2) zona suburbana sustentable, ambos cuentan con infraestructura, servicios y amenidades.

La zona turística, comprende 47 unidades de alojamiento distribuidos en 15 villas y 32 Villas suites; equivalente a 141 cuartos hoteleros, cuenta con caseta de acceso, motor lobby, casas club, spa, canchas deportivas, albercas, áreas operativas y de servicios.

La zona suburbana, contará con un área comercial, 108 departamentos distribuidas en 9 módulos de 4 niveles con 12 departamentos por módulo, integra caseta de acceso amenidades como spa, canchas deportivas y zonas de albercas, áreas operativas y de servicios

El desarrollo contará con una vialidad principal longitudinal y con pasos a desnivel que comunican con la zona turística y con la zona suburbana cada zona cuenta con circuitos internos, así como andadores que conectan los diferentes cuerpos del proyecto.

El conjunto integra amplias áreas de conservación-restauración del proyecto, así como zonas para jardinería con plantas nativas.

El proyecto contempla una superficie total de 33.355 Ha, distribuida en 19.815ha para turístico y 13.541 Ha para suburbano. De las que se pretenden aprovechar 9.86% para el turístico y 10.06% para el suburbano (vivienda), dejando áreas bajo conservación-rehabilitación en 49.54% para turístico y 30.54% para el suburbano. Del total, únicamente 19.92% corresponden a áreas de aprovechamiento y 80.08% corresponden a áreas naturales bajo conservación. (Tabla II-2).

Tabla II-2. Clasificación general

Resumen del aprovechamiento del proyecto									
ELEMENTOS	Turística			Suburbana			Predio General		
	m^2	Ha	%	m^2	Ha	%	m^2	Ha	%
Aprovechamiento	32,901.98	3.290	9.86	33,549.04	3.355	10.06	66,451.02	6.645	19.92
Conservación-rehabilitación	165,243.61	16.524	49.54	101,857.97	10.186	30.54	267,101.58	26.710	80.08
TOTAL	**198,145.60**	**19.815**	**59.40**	**135,407.01**	**13.541**	**40.60**	**333,552.60**	**33.355**	**100%**

La caracterización del predio cuenta con usos de suelo y vegetación integrado por 8 unidades de paisaje de las 5 corresponde a los siguientes tipos de vegetación; secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, de selva baja subperennifolia, hidrófila, petén y manglar. Las tres unidades restantes comprenden áreas sin vegetación aparente, un cuerpo de agua y áreas preexistentes compuestas por un camino rústico de orientación oeste-este, senderos y restos de una cabaña, cuya antigüedad consta en el documento emitido por el Comisariado del Ejido Juan Sarabia el 30 de septiembre de 2026. En este contexto, el proyecto contempla la remoción de vegetación en de18.97% el total del predio y ocupa 0.95% de áreas que no requieren desmonte de vegetación, con una razón total de cambio de uso del suelo de 6.645 Ha equivalentes a 19.92%.

El proyecto presenta un diseño arquitectónico de bajo impacto ambiental y visual, concebido a partir de la zonificación biótica y física del predio, así como de sus atributos topográficos, hidrológicos y paisajísticos. La distribución de las obras se plantea en función de las características naturales del sitio, procurando que las áreas de aprovechamiento se integren al entorno y que los procesos constructivos y operativos reduzcan al mínimo la generación de impactos sobre el medio natural. Para ello, el proyecto incorpora medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación orientadas a conservar la funcionalidad ambiental del predio, mejorar las condiciones de las áreas intervenidas y mantener la calidad paisajística que caracteriza a la zona.

El proyecto, se ajusta a los criterios de desarrollo sustentable y uso racional del suelo, de acuerdo con la delimitación de UGA 29 del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Othón P. Blanco[1](POEL- OPB). En particular, se ajusta a los usos compatibles con turismo convencional y desarrollo suburbano de hasta 15 cuartos/Ha, y 8 viviendas/Ha aplicables al predio, y de las que el proyecto pretende 47 unidades equivalentes a 141 cuartos de hotel y 108 viviendas. Asimismo, respeta los parámetros de aprovechamiento establecidos, al considerar una superficie de 6.645 ha de aprovechamiento, 26.710 ha de áreas bajo conservación y 5.275 ha de superficies con materiales permeables.

Además, se cumple con el alcance del artículo 60 ter y la adición del segundo párrafo al artículo 99 de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 01 de febrero de 2007, así como lo establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la NOM-022-SEMARNAT-2003, de fecha 10 de abril 2003, y la adición de la especificación 4.43.

Las obras y actividades relacionadas con este proyecto se encuadran en los supuestos del artículo 28 fracciones I, VII, IX y X de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), así como a lo indicado por el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), artículo 5, incisos A) fracciones VI y XII, O) fracción I, Q), y R) fracciones I y II.

II.1.1 Naturaleza del proyecto.

El proyecto se pretende en un predio propiedad de la promovente, ubicado en el límite del municipio de Othón P. Blanco colindante con el municipio de Bacalar. La propuesta ocupa principalmente áreas de vegetación[2] de selva, hidrófila, áreas sin vegetación aparente, áreas preexistentes y de manera aérea sobre

[1]POEL-OPB Publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo del 07 de octubre de 2015

[2] *Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, Vegetación de selva baja subperennifolia, vegetación hidrófila, vegetación de petén, áreas sin vegetación aparente, áreas preexistentes.*

el petén. El aprovechamiento se concentra en un total de 6.645 ha, mientras que el resto del predio se mantendrá como áreas de conservación- rehabilitación en 26.710 ha.

La Naturaleza del proyecto obedece a un desarrollo inmobiliario de uso mixto, integrado por dos componentes funcionales principales: una zona turística y una zona suburbana. Las edificaciones se distribuyen en núcleos separados por amplias superficies verdes ajardinadas, procurando la integración de las áreas habitacionales y de hospedaje con los espacios recreativos y el entorno paisajístico.

El conjunto se distribuye sobre un predio de configuración alargada e irregular, organizado con movilidad interna, infraestructura operativa y de servicios, así como áreas de conservación-rehabilitación y espacios abiertos.

La zona turística, presenta varios núcleos de alojamiento y servicios, incluyendo villas turísticas y villas suites, amenidades, dispuestas en un entorno de circulaciones y áreas de conservación- rehabilitación. Este sector cuenta con espacios comunes como un lobby, casa club, spa, alberca, canchas deportivas y BOH. Por otro lado, la zona suburbana se ubica al oeste e incluye nueve edificios rodeados de áreas verdes y conectados por circulaciones internas. Ambos componentes están diseñados para ofrecer un entorno accesible y recreativo, integrando espacios funcionales y estéticos.

En cuanto a la movilidad, el acceso será por el lado suroeste del predio, que atravesará una caseta de vigilancia para ingresar a la circulación vehicular longitudinal; que comunican con el lobby de la zona turística hacia el centro al noroeste, que distribuirá a los huéspedes por los circuitos internos mediante carritos de golf hacia las habitaciones. Por su parte la circulación comunica con dos casetas de acceso a la zona suburbana separadas por amplias zonas de conservación para los ocupantes en la zona oeste del predio.

La infraestructura operativa y de servicios, el proyecto incorpora instalaciones para su funcionamiento autónomo, toda vez que se contará con una Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), Planta de ósmosis inversa (POI), cuartos eléctricos, así como de manejo de residuos, bodegas, cisternas y accesos operativos y vehiculares.

El entorno en el que se pretende la construcción del proyecto corresponde, por su ubicación, alcances, características y dimensiones, a un ecosistema costero.

En virtud de lo anterior, se tiene que la naturaleza del proyecto de vivienda, por lo que este se ajusta a lo establecido por los artículos 28, fracción I, VII, IX y X, de la LGEEPA, y 5, inciso A Fracc. VI y XII, O, Q y R, de su REIA, los cuales establecen lo siguiente:

LGEEPA

"ARTÍCULO 28.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

I. Obras hidráulicas.

VII. Cambios de uso de suelo de áreas forestales, así como selvas y zonas áridas;

IX.- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;

X.- Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales"

REIA

"ARTÍCULO 5: Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

A) Hidráulicas.

VI Plantas para el tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales

XII Planta desaladoras.

O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:

***I.** Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, …*

Q) DESARROLLOS INMOBILIARIOS QUE AFECTEN ECOSISTEMAS COSTEROS:

Construcción y operación de hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de Z. Comercial y servicios en general, marinas, muelles, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, vías generales de comunicación, obras de restitución de playas, o arrecifes artificiales, qua afecten ecosistemas costeros, con excepción de: (…)

R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES:

I.- Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas CONDOMINAL es para las comunidades asentadas en estos ecosistemas, y

II.- Cualquier actividad que tenga fines u objetivos comerciales, con excepción de las actividades pesqueras que no se encuentran previstas en la fracción XII del artículo 28 de la Ley y que de acuerdo con la Ley de Pesca y su reglamento no requieren de la presentación de una manifestación de impacto ambiental, así como de las de navegación, autoconsumo o subsistencia de las comunidades asentadas en estos ecosistemas."

En virtud de los antecedentes jurídicos citados y la historia del predio, se tiene que las condiciones prevalecientes al interior del polígono del proyecto dejan en evidencia que la naturaleza del sitio en el que se inserta la propuesta corresponde a un ecosistema costero.

Desde el marco legal aplicable, el proyecto que se presenta a través de esta Manifestación de Impacto Ambiental se diseñó bajo lo establecido en el POEL-OPB[3], conforme a lo indicado en los criterios de la UGA 29, denominada Corredor turístico Xul-Ha - Bacalar, delimitada por la Carretera Federal 307.

[3] *Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) del Municipio de Othón P. Blanco publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo del 07 de octubre de 2015.*

De acuerdo con la vinculación de los criterios generales y específicos aplicables a la UGA29 (Capítulo III), las obras y actividades del proyecto, se ajustan toda vez que propone con un sistema óptimo de tratamiento de aguas residuales con la implementación de una PTAR, así como el manejo y la gestión integral de residuos sólidos en las áreas de servicios. Se ajusta a los usos de suelo suburbano y turismo de bajo impacto, no rebasa la densidad aplicable, propone una planta de ósmosis inversa, El cumplimiento de las restricciones ambientales será supervisado mediante el Programa de Vigilancia Ambiental descrito en el capítulo VI, el cual contempla acciones específicas para la verificación del uso del suelo, la prevención de impactos no previstos y la implementación de medidas correctivas en caso de desviaciones.

En tal virtud, el proyecto es compatible con el uso turismo convencional y desarrollo suburbano (UGA 29), cuyas normas de restricciones a las que se ajusta el proyecto son densidad 15 cuartos/Ha (CU-22), y 8 viviendas/Ha (CU-19); desmonte máximo de 30% (AS-45) y áreas permeables del 40% (CG-01).

Toda vez que pretende en la zona turística 47 unidades equivalentes a 141 cuartos y en la zona suburbana 108 departamentos o viviendas, sobre una **intervención de 19.92% (6.645 ha);** de éstas contará con áreas **permeables** en el **95.89% (31.986 ha),** de las cuales el **80.08% (26.710 ha)** son área de **conservación**.

II.1.2 Justificación.

El proyecto **"WAYAK"** se justifica como una propuesta integral de aprovechamiento territorial de uso mixto, conformada por un **desarrollo suburbano sustentable (vivienda)** y un **desarrollo turístico convencional (hotelero)**. Ambos se organizan mediante un solo plan maestro, lo que permite ordenar la ocupación del predio, concentrar las obras en superficies previamente definidas, compartir infraestructura de movilidad y servicios, controlar los impactos ambientales y evitar la ejecución fragmentada de desarrollos independientes

De acuerdo con lo anterior, el predio objeto de la presente MIA-P, corresponde al polígono de 33.355 Ha. distribuida en una zona turística de **19.815 Ha** y zona suburbana de **13.541 Ha**.

El planteamiento del proyecto; zona turística de 47 unidades distribuidas en 15 villas de 2 niveles y 32 villas suites de un nivel doble altura y zona suburbana con 9 módulos de 4 niveles cada uno con 108 departamentos; organizado con movilidad interna, infraestructura operativa y de servicios, así como áreas de conservación-rehabilitación y espacios abiertos, y amplias áreas de conservación.

La integración de estos usos en un solo conjunto se considera conveniente porque permite establecer una zonificación funcional clara entre las áreas turísticas, de vivienda, recreativas, operativas y de conservación. El camino principal y los circuitos secundarios permiten distribuir los accesos a los diferentes núcleos del proyecto, mientras que los senderos, circulaciones operativas, estacionamientos, patios de maniobras e instalaciones BOH facilitan la separación entre los desplazamientos de residentes, huéspedes, visitantes, trabajadores y vehículos de servicio.

Uno de los principales elementos que sustenta la justificación ambiental del proyecto es su **ocupación territorial limitada**. La superficie neta de aprovechamiento asciende a **6.645 ha**, equivalentes al **19.92 % del predio**, por debajo del umbral máximo de aprovechamiento de 30 % considerado para la UGA 29. En contraparte, se mantienen **26.710 ha**, equivalentes al **80.08 %**, destinadas a conservación- rehabilitación. Asimismo, se reporta una superficie permeable de **31.99 ha**, equivalente al **95.89 % del predio**.

El cuadro de aprovechamiento del plan maestro establece, que las superficies techadas abarcan 2.06 Ha, equivalentes al 6.16 %, mientras que las superficies no techadas representan 4.51 ha, correspondientes al 13.52 %. Ambas categorías integran la distribución física de las obras del proyecto y deben distinguirse de otros conceptos de superficie utilizados para fines ambientales.

Las superficies no techadas estarán conformadas por elementos como circulaciones, estacionamientos, senderos, albercas y otros espacios abiertos; por su parte, las superficies techadas representarán una proporción reducida del predio y, en diversos componentes, las edificaciones se proyectarán mediante sistemas constructivos elevados sobre apoyos. Esta configuración permitirá conservar espacios libres bajo determinadas estructuras y favorecer la continuidad de los escurrimientos superficiales naturales, en comparación con una ocupación continua del terreno

El diseño adopta una estrategia de ocupación de acuerdo con la sensibilidad ambiental del terreno. Las edificaciones y obras de mayor carga se concentran preferentemente en las áreas con mayor aptitud relativa, mientras que las zonas con vegetación natural, cuerpos de agua se mantienen principalmente como áreas de conservación o se atienden mediante infraestructura ligera, elevada y de contacto puntual. Con ello se busca reducir desmontes, rellenos, cortes, terraplenes, compactaciones generalizadas y barreras físicas que pudieran modificar la dinámica natural del predio.

Las áreas sujetas a cambio de uso de suelo, de áreas forestales, cuentan con una superficie de 6.645 ha integradas por vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, de selva baja subperennifolia, de vegetación hidrófila, vegetación de petén, sin vegetación aparente y de las áreas preexistentes.

Cabe señalar que el diseño del proyecto adopta elementos de estructuras elevadas, soportados por elementos de contacto puntual, y colgantes, manteniendo los patrones naturales de infiltración y escurrimiento, así como la flora que se encuentre debajo de éstos. El proyecto privilegia el manejo distribuido del agua pluvial, el escurrimiento laminar y la conducción de las precipitaciones provenientes de azoteas y superficies impermeables hacia áreas jardinadas y de conservación, o sistemas de infiltración técnicamente diseñados, por lo que el predio alcanza con áreas permeables del 95.89%.

Conforme a lo antes 26.71 ha se dejan bajo conservación natural, considerando que de éstas 0.339 ha deben ser rehabilitadas ya que corresponden a áreas preexistentes. Este esquema permite que la superficie conservada sea sustancialmente mayor que la superficie de aprovechamiento, favoreciendo la permanencia de hábitat, permite la conectividad ecológica, la infiltración pluvial, la protección del suelo y la continuidad de los servicios ambientales.

La autosuficiencia en materia de abastecimiento y saneamiento constituye otro elemento central de la justificación. El expediente técnico prevé sistemas de ósmosis inversa y tratamiento de aguas residuales para las áreas turístico y suburbana, de manera que pueda medir y controlar de forma independiente la captación, producción de agua, rechazo agua salobre, generación de aguas residuales, tratamiento, reúso y disposición de excedentes. Este planteamiento permite reducir transferencias no controladas y facilita la identificación de pérdidas, desviaciones operativas o incumplimientos.

Las Plantas de Ósmosis Inversa deberán producir agua con calidad adecuada para los usos previstos, mientras que las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales incorporan tratamiento biológico y terciario suficiente para permitir el reúso del efluente en riego de áreas verdes, limpieza u otros usos compatibles.

Con ello se busca disminuir el consumo de agua de primer uso y evitar la descarga de aguas residuales sin tratamiento.

El proyecto incorpora, además, espacios específicos para cuartos eléctricos, vigilancia, almacenamiento, manejo temporal de residuos, circulaciones operativas, patios de maniobras y áreas BOH. La previsión de estas instalaciones desde la etapa de planeación permite evitar ocupaciones improvisadas durante la operación y facilita el control de residuos, sustancias, mantenimiento, equipos y vehículos de servicio.

La preparación del sitio y construcción deberán sujetarse a programas de rescate y reubicación de flora y fauna, recuperación de suelo orgánico, manejo del material vegetal, rehabilitación de áreas, control de erosión y sedimentos, manejo integral de residuos, prevención de derrames, mantenimiento de maquinaria y vigilancia ambiental. El material vegetal y el suelo recuperado deberán utilizarse prioritariamente en las áreas de rehabilitación y en el paisajismo con especies nativas.

Durante la operación se mantendrán programas permanentes de monitoreo de la calidad del agua, medición de caudales de extracción y rechazo, control de efluentes, manejo de lodos, mantenimiento de POI y PTAR, verificación de superficies de conservación, seguimiento de la vegetación bajo conservación, control de residuos y vigilancia de fauna. Estos programas cuentan con indicadores, responsables, frecuencia de ejecución, medios de verificación, bitácoras y mecanismos de corrección.

En conclusión, el proyecto se considera técnica y ambientalmente justificable porque plantea un esquema de ocupación limitada y zonificada, conserva la mayor parte del predio, mantiene una alta proporción de superficie permeable, incorpora infraestructura propia de abastecimiento y saneamiento y organiza los componentes suburbanos, turísticos, recreativos y operativos dentro del plan maestro.

En la elaboración de la propuesta del proyecto se tomó en cuenta su concordancia criterios generales y específicos aplicables a la UGA29 establecido en el POEL-OPB, que a éste corresponden, y en las Normas Oficiales Mexicanas como la NOM-059-SEMARNAT-2010 y NOM-022-SEMARNAT-2013 y Art. 60 ter de la LGVS por lo que cumplen con las políticas del uso del suelo y los criterios ambientales, así como con el marco jurídico ambiental aplicable para su desarrollo.

Para la realización del proyecto, no se consideraron otras alternativas ya que el predio ofrece las posibilidades que se requieren para la preparación, construcción y operación, que cumple con los objetivos trazados para su ejecución. Y, las alternativas consideradas están en función de la ubicación y desplante de las obras dentro del predio, siendo la sometida a evaluación la de menor impacto ambiental, y su conservación de áreas relevantes ambientalmente y de cumplimiento a los ordenamientos ecológicos vigentes y aplicables.

II.1.3. Objetivo.

El objetivo general del proyecto **“WAYAK”** es desarrollar y operar un conjunto inmobiliario de **uso mixto turístico y suburbano**, funcionalmente integrado dentro de un solo plan maestro, destinado a proporcionar servicios de vivienda, alojamiento turístico, comercio, recreación, descanso y esparcimiento, mediante la construcción de edificaciones, amenidades, áreas de servicio e infraestructura complementaria.

Objetivos específicos

1. Establecer una zona turística integrado por villas turísticas y villas suites casa club, spa, lobby, clubes de laguna, alberca y espacios complementarios para el alojamiento y esparcimiento.
2. Desarrollar una zona suburbana constituida por 108 departamentos distribuidos en nueve edificios, acompañado de áreas recreativas, deportivas, comerciales y de servicios.
3. Integrar ambos componentes mediante un sistema interno de circulaciones principales, senderos, estacionamientos, circulaciones operativas, accesos y áreas de maniobra que permita ordenar la circulación de residentes, huéspedes, visitantes, trabajadores y vehículos de servicio.
4. Dotar al desarrollo de infraestructura propia para el abastecimiento de agua, tratamiento de aguas residuales, suministro eléctrico, manejo operativo y atención de los servicios requeridos durante su funcionamiento.
5. Incorporar áreas verdes, espacios recreativos, albercas, canchas deportivas y zonas de convivencia como elementos de integración paisajística y funcional del conjunto.
6. Mantener una distribución de baja concentración edificada, con predominio de espacios abiertos, procurando que la ocupación del suelo sea compatible con las características físicas, hidrológicas y ambientales del predio.
7. Desarrollar el proyecto bajo un esquema integral de planeación, construcción y operación que permita controlar los impactos ambientales, aplicar medidas de prevención y mitigación y dar cumplimiento a las autorizaciones y disposiciones ambientales, que resulten aplicables.

II.1.4 Selección del sitio.

Para la selección del sitio se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

1. La promovente cuenta con derechos sobre el predio identificado como Paresircela 68 Z2 P1/1, ubicado en la Carretera Federal 307, kilómetro 12+300, municipio de Othón P. Blanco, estado de Quintana Roo.
2. La superficie del predio es suficiente para el desarrollo que se pretende y es compatible con la vocación de uso de suelo compatible con desarrollo suburbano y turismo convencional, de acuerdo con el POEL-OPB.
3. El proyecto concentra el aprovechamiento en 6.645 ha y conserva 26.710 ha, lo que permite mantener la mayor parte de la cobertura natural. La ubicación permite, además, articular el proyecto con el paisaje lagunar de Bacalar, elemento que constituye uno de los valores paisajísticos y turísticos principales de la zona.
4. No se descartó el análisis de alternativas; por el contrario, las alternativas se evaluaron principalmente dentro del propio predio, mediante ajustes al sembrado de obras, ubicación de componentes, trazos de circulaciones, uso de infraestructura elevada, materiales permeables y conservación de zonas sensibles. El diseño integra sistemas propios de agua potable, tratamiento de aguas residuales, infiltración pluvial, cuenta con factibilidad de energía eléctrica y manejo de residuos.
5. La alternativa sometida a evaluación corresponde a la de menor impacto dentro del predio, al limitar la huella del proyecto en 19.92%, conservar 80.08% y mantener 15.81% de superficie permeable, resuelve las obras mediante infraestructura elevada de contacto puntual y flotante y adopta sistemas propios de agua potable, saneamiento, reúso, residuos y monitoreo. Por ello, el proyecto se considera técnica, ambiental y jurídicamente justificable, siempre que su ejecución se ajuste a las superficies autorizadas, las áreas de conservación, las medidas de manejo, los programas de rescate de flora y fauna, el manejo integral del agua y los residuos.

Dada estas particularidades, se infiere que ambientalmente no se compromete la integridad y funcionalidad de ningún ecosistema. Y, por otro lado, no se contraviene la legislación ambiental vigente y aplicable a este tipo de proyectos.

II.1.4 Ubicación física del proyecto y planos de localización.

El polígono de pretendida ubicación del proyecto se encuentra conformado por el predio Parcela 68 Z2 P1/1, del ejido de Juan Sarabia, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, con acceso principal desde la Carretera Federal 307 en el kilómetro 12+300. En la Tabla II-3 se presentan las coordenadas UTM, Datum WGS 84 Zona 16 N, de los polígonos que conforman el predio para el desarrollo del proyecto y, en la Figura II-2 se muestra la ubicación georreferenciada.

Tabla II-3. Coordenadas UTM, Datum WGS 84 Zona 16 N. del AP del proyecto.

Vertice	Y	X	Tramo	Rumbo	Distancia (m)
1	2,060,222.45	349,575.27	1-2	N 30°52'00.66" E	202.19
2	2,060,396.00	349,679.00	2-3	S 81°41'59.61" E	1,189.98
3	2,060,224.22	350,856.51	3-4	S 81°24'51.60" W	433.37
4	2,060,159.52	351,285.03	4-5	S 50°01'37.89" W	75.45
5	2,060,111.05	351,227.21	5-6	S 57°22'21.23" W	52.31
6	2,060,082.84	351,183.15	6-7	S 64°25'51.87" W	61.20
7	2,060,056.43	351,127.95	7-8	S 85°37'06.93" W	156.75
8	2,060,044.46	350,971.65	8-9	S 74°00'43.07" W	93.21
9	2,060,018.78	350,882.05	9-10	S 59°35'00.98" W	42.26
10	2,059,997.39	350,845.61	10-11	S 80°19'50.10" W	33.57
11	2,059,991.75	350,812.52	11-12	S 62°40'58.60" W	34.38
12	2,059,975.97	350,781.97	12-13	N 78°30'25.95" W	169.85
13	2,060,009.81	350,615.53	13-1	N 78°26'51.48" W	1,061.77

Las colindancias de referencia son: al noreste, en línea quebrada aproximada de 1,623.35 m, con el Ejido Bacalar, con camino de acceso de por medio; al sureste, en línea quebrada aproximada de 549.14 m, con la zona federal asociada a la Laguna de Bacalar; al suroeste, en 1,231.62 m, con la Parcela 69; y al noroeste, en 202.19 m, con la Carretera Federal 307 Chetumal - Bacalar.

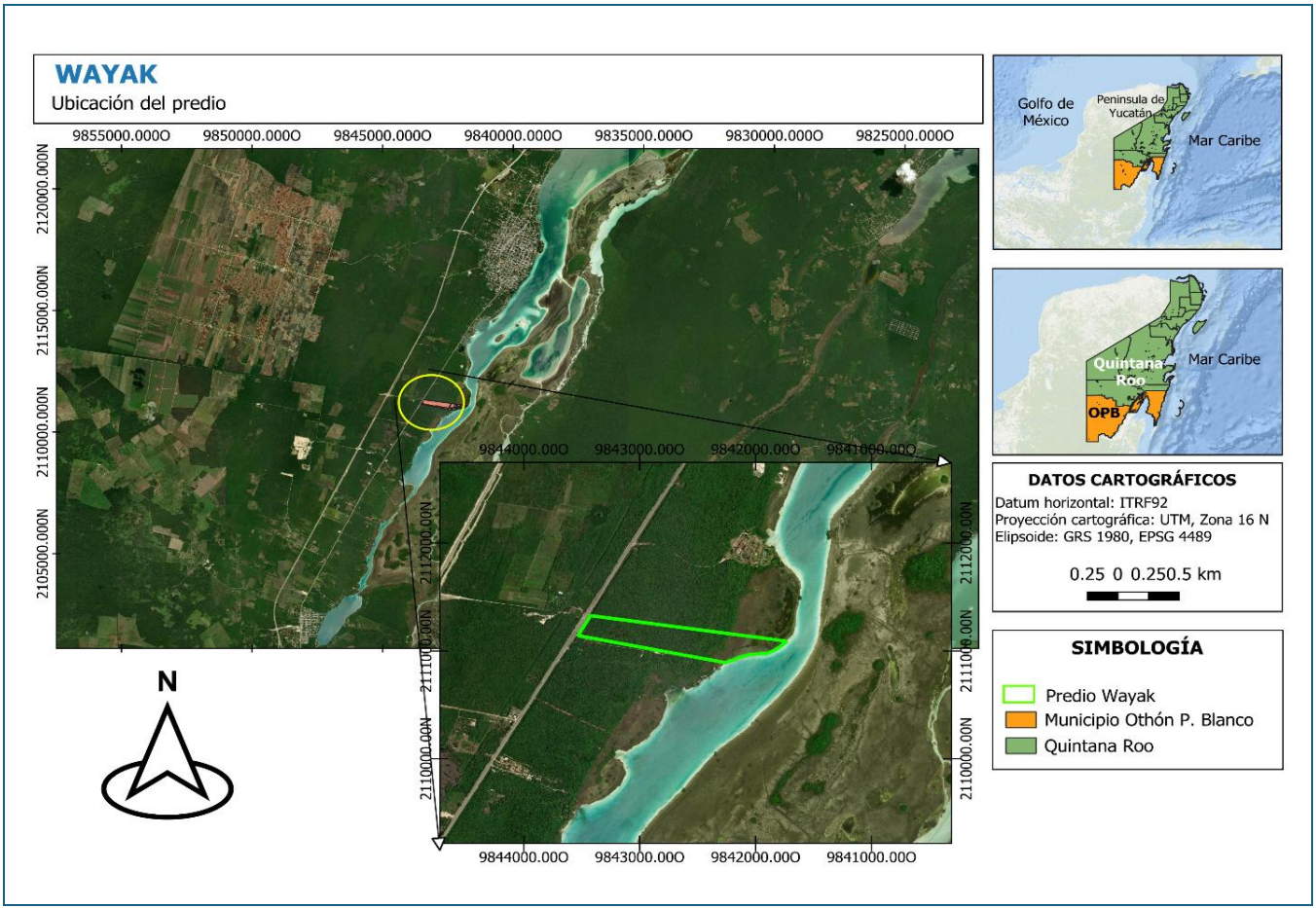


Figura II-1. Ubicación geográfica del predio Parcela 68 Z2 P1/1, del ejido de Juan Sarabia, Othón P. Blanco, Q. Roo.

II.1.5 Inversión Requerida.

ELIMINADO, por contener DATOS PERSONALES que son considerados INFORMACIÓN CONFIDENCIAL de conformidad con los artículos 23 y 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; 9 y 113 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

II.1.6 Dimensiones del proyecto.

El proyecto contempla una superficie total de 33.355 Ha, distribuida en 19.815 Ha para turístico y 13.54 Ha para suburbano (vivienda). Del total, únicamente 2.06 ha corresponden a áreas techadas, equivalentes al 6.16%, mientras que 31.30 corresponden a áreas no techadas, equivalentes al 93.84%. Destaca el predominio de las áreas naturales, que en conjunto comprenden 26.710 Ha y representan aproximadamente el 80.08% de la superficie total del proyecto. (Tabla II-4).

A nivel de paisaje, el desarrollo se integra mediante una circulación longitudinal que comunica las zonas turística y suburbana a través de circulaciones internas con superficies permeables, rodeadas por amplias áreas de conservación-rehabilitación. Considerando las áreas verdes y las superficies con materiales permeables, el proyecto mantiene aproximadamente 31.99 ha de superficie permeable, equivalentes al 95.89% de la superficie total del predio.

Los elementos y superficie del conjunto del proyecto se presentan en las tablas siguientes seguido del resumen de las áreas techadas-no techadas y las permeables diferenciando las áreas que se desplantan en el área turística y en la suburbana y, de manera integral en el total del proyecto.

Las siguientes tablas presentan el conjunto del proyecto de las áreas de aprovechamiento diferenciándola en techadas y no techadas.

Tabla II-4. Áreas de aprovechamiento.

ELEMENTOS	Superficie m²			
	Turística	Vivienda	Total (m2)	Total (ha)
TECHADOS				
Módulos vivienda (9)		7,344.00	7,344.00	0.73
Villas turísticas (15)	2,862.90		2,862.90	0.29
Villas Suites (32)	5,665.79		5,665.79	0.57
Z. Comercial		1,145.00	1,145.00	0.11
POI	312.62		312.62	0.03
Casa Club	395.31	325.01	720.32	0.07
BOH	971.46	151.84	1,123.30	0.11
Lobby	233.10		233.10	0.02
Palapa	78.88	168.64	247.52	0.02
Caseta	32.50	97.50	130.00	0.01
SPA	307.27		307.27	0.03
Área técnica		467.41	467.41	0.05
Subtotal 1	**10,859.83**	**9,699.40**	**20,559.23**	2.06
NO TECHADOS				
Circulación vehicular	4,939.16	12,128.85	17,068.01	1.71
Circulación a desnivel		2,434.71	2,434.71	0.24
Circulación pasarelas	6,403.44	879.37	7,282.81	0.73
Andador mirador	4,484.67		4,484.67	0.45
Senderos	384.53	1,916.04	2,300.56	0.23
Estacionamientos	2,586.55	2,793.31	5,379.86	0.54
Patio de maniobras		132.87	132.87	0.01
Albercas	1,270.97	1,118.89	2,389.86	0.24
Jacuzzis	440.85		440.85	0.04
Asoleadero (arena silica)	699.08	1,200.34	1,899.42	0.19
Canchas	528.00	487.23	1,015.23	0.10
PTAR	287.99		287.99	0.03
Jardines	16.92	758.03	774.95	0.08
Conservación-rehabilitación	165,243.61	101,857.97	267,101.58	26.71
Subtotal 2	187,285.77	125,707.60	312,993.37	31.30
TOTAL	**198,145.60**	**135,407.00**	**333,552.60**	**33.36**

Tabla II-5. Resumen de las áreas techadas y no techadas.

Elementos	Turística (Ha)	Suburbana (Ha)	Predio General (Ha)	Proporción (%)
Área techada	1.086	0.970	2.056	6.164
Área no techada	18.729	12.571	31.299	93.836

Total	19.815	13.541	33.355	**100.00**

De las tablas anteriores se desprende que el área de aprovechamiento es de 19.92% corresponde a las áreas techadas ocupan 6.164% y las áreas no techadas 93.84% que incluye áreas con materiales permeables, así como plataformas elevadas sobre pilas y pilotes y fracciones de puentes colgantes, jardines con vegetación nativa y áreas de conservación. Considerando lo anterior, las áreas permeables cuentan con una razón en general de 95.89%, tal y como se indica en la TablaII-6.

Tabla II-6. Resumen de las áreas permeables del proyecto.

PERMEABLES	Superficie Ha		
	Turística	Suburbana	Predio General
Villas turísticas (15) (elevados sobre pilotes de madera)	0.286	--	0.286
Master Suites (32) (elevados sobre pilotes de madera)	0.567	--	0.567
Z. Comercial (elevados sobre pilas)	--	0.115	0.115
SPA (elevados sobre pilotes de madera)	0.031	--	0.031
Canchas (2) (arena silica y adocreto)	0.053	0.049	0.102
Circulación vehicular (con gravilla)	0.494	1.213	1.707
Circulación a desnivel (elevados sobre pilotes de madera)	0.000	0.243	0.243
Circulación pasarelas (elevados sobre pilotes de madera)	0.640	0.088	0.728
Andador mirador (elevados sobre pilotes de madera)	0.448	--	0.448
Senderos (con gravilla)	0.038	0.192	0.230
Estacionamientos (2) (adopasto)	0.259	0.279	0.538
Patio de maniobras (adocreto)	--	0.013	0.013
Asoleadero (arena silica)	0.070	0.120	0.190
Jardines (nativos)	0.002	0.076	0.077
Conservación-rehabilitación	16.524	10.186	26.710
Total, Permeables	**19.412**	**12.573**	**31.986**
Porcentaje (%)	**58.199**	**37.696**	**95.894**

Del cuadro anterior se desprende que de áreas permeables el área turística contará con el 58.19% y del área suburbana con el 37.69%, mismas que incluyen áreas bajo conservación y rehabilitación que, en conjunto, representan el 95.89% de la superficie total del predio.

Si bien se maximiza la permeabilidad del terreno al minimizar las superficies de contacto, se utiliza materiales permeables, se mantienen las áreas de ocupación de acuerdo con lo que se indica en la Tabla II-7.

Tabla II-7. Resumen de las áreas de trabajo bajo conservación del proyecto.

	Superficie (Ha)			
Concepto	Turística	Suburbana	Total	Proporción (%)
Aprovechamiento	3.290	3.355	6.645	19.92
Conservación-reforestación	16.524	10.186	26.710	80.08
Total	**19.815**	**13.541**	**33.355**	**100.00**

La siguiente figura muestra las áreas de desplante del proyecto.

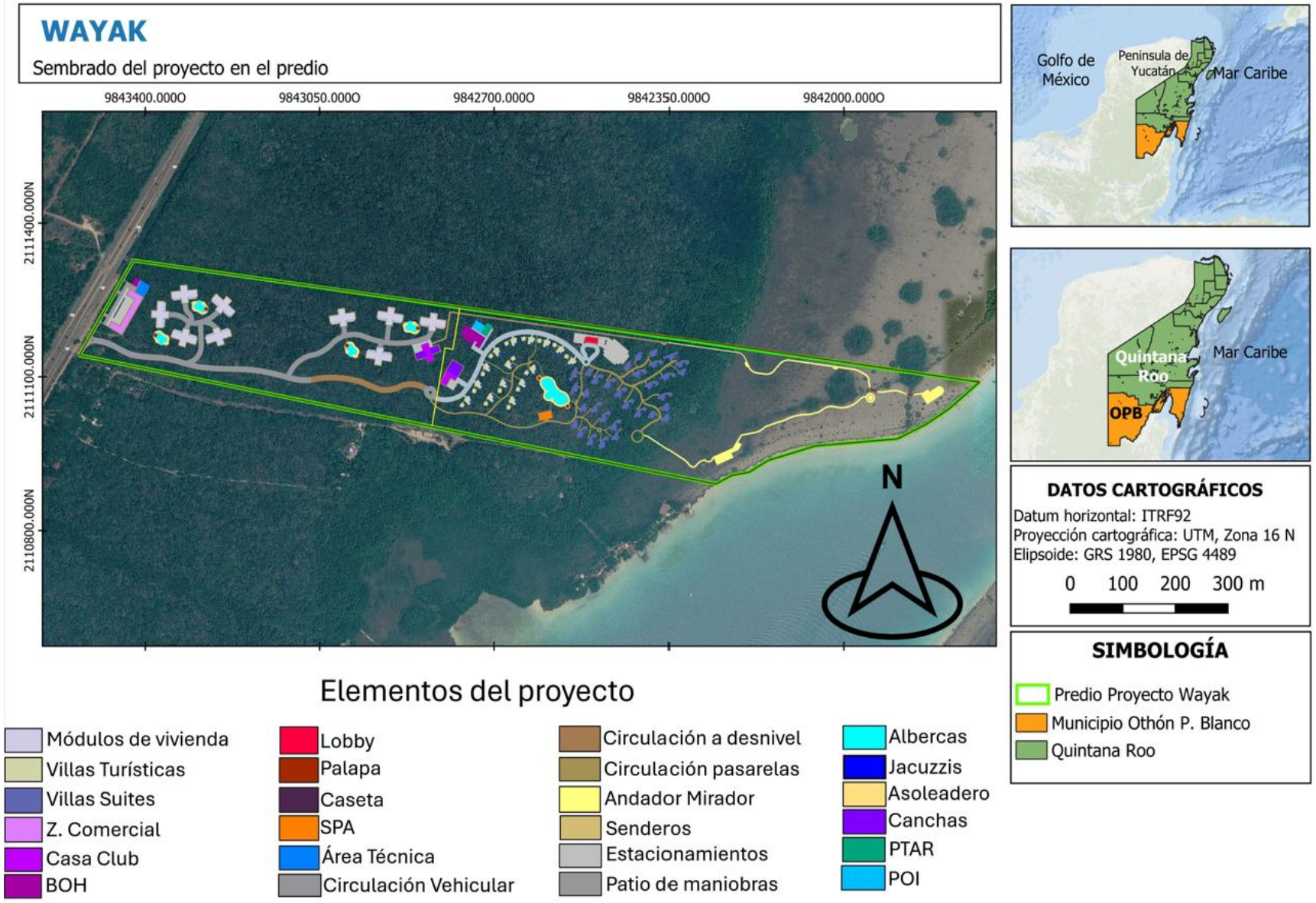


Figura II.2. Áreas de aprovechamiento del proyecto Wayak.



Figura II-3. Diferenciación de las áreas permeables (ecocreto, adopasto y sobre pilas o pilotes etc.) y las áreas bajo conservación del proyecto.

II.1.6.1 Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias.

De conformidad con lo indicado en el artículo 35 de la LGEEPA, el sistema ambiental (SA) se delimitó tomando como referencia la subcuenca hidrológica RH33 Ac-Bahía de Chetumal, el SA comprende una superficie de 21,360.0 has, de la cual el predio representa el 0.16% dentro de este sistema y el área de influencia (AI), con una superficie de 6,289.90 has de las que el predio representa el 0.53%. Lo antes es concordante con el requerimiento de evaluación en materia de impacto ambiental ya que deriva en un diagnóstico del medio, así como en la identificación de cualquier problemática ambiental existente en el área de influencia del proyecto.

El análisis realizado a la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, escala 1:250,000, serie VII, resultó que en el SA y su área de influencia (AI) conforme a lo establecido en el Capítulo IV; se presentan 10 y 7 usos de suelo y tipos de vegetación respectivamente, correspondientes a: vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) vegetación de manglar (VM) vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia (VSa/SBQ) pastizal cultivado (PC), vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia (VSa/SMQ), cuerpo de agua (H2O), agricultura de riego semipermanente (RS) agricultura de temporal anua (AT), y selva mediana subperenifolia (SMQ) Figura II-4.

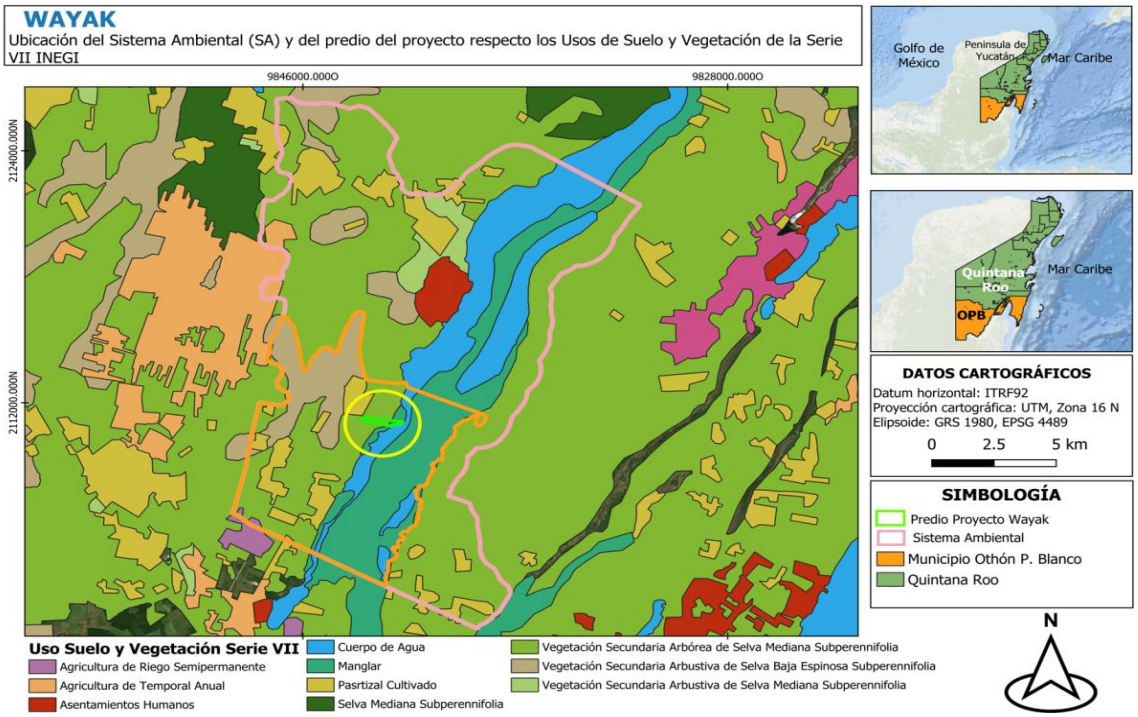


Figura II-4. Usos de suelo y tipos de vegetación del SA y AI.

Conforme al estudio de campo que se realizó en el polígono del área predial (AP) para definir los diferentes usos de suelo y vegetación, a fin de reducir imprecisiones que presenta la resolución, propias de la escala, de las cartas de usos de suelo y vegetación 1:250,000, serie VII del INEGI; se reportan los usos de suelo y tipos de vegetación a nivel de predio en las Figura II-5, los cuales se determinaron a través de campañas de muestreo.

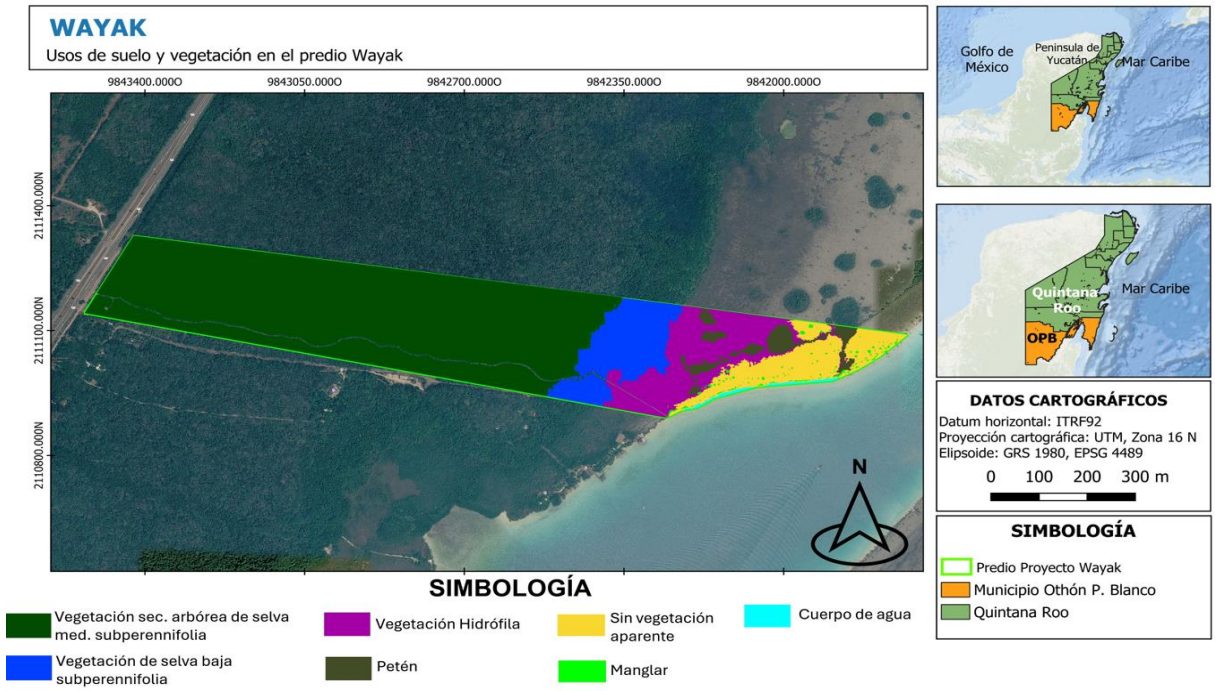


Figura II-5. Usos de suelo y tipo de vegetación en el predio.

Los usos de suelo y tipos de vegetación comprendidos dentro del área que utiliza el proyecto corresponden a una superficie total de 6.64 ha, equivalente al19.92% del Área del Proyecto (AP). Esta superficie de utilización comprende las zonas clasificadas como vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia con16.86%, de selva baja subperennifolia con1.37% considerando que sobre estos dos tipos de vegetación habrá obras que sellan suelo así como de manera puntual por las pilas y pilotes, por lo que de manera preventiva se suma la superficie total de la sombra de las plataformas elevadas; de vegetación hidrófila con 0.73 % considerando la sombra de las plataformas ya que los que sellan suelo son los pilotes; por otro lado de manera aérea sobre vegetación de peten en 0.01% derivado de puentes colgantes; en áreas sin vegetación aparente se ocupan 0.50 % considerando la sombra de las plataformas elevadas ya que de manera puntual los pilotes son los que consumen suelo y por último 0.45 % de las áreas preexistentes.

Lo anterior se presenta de manera detallada en la Tabla II-8.

Tabla II-8. Usos de suelo y tipos de vegetación en el polígono predial (AP).

Usos de suelo y tipo de vegetación	Superficie (ha)	Utilización (ha)
Vegetación secundaria arbórea de selva media subperennifolia	21.336	5.626
Vegetación de selva baja subperennifolia	3.369	0.457
Vegetación hidrófila	3.989	0.245
Vegetación de petén	1.060	0.003
Vegetación de manglar	0.173	0.000
Sin vegetación aparente	2.794	0.166
Cuerpo de agua	0.147	0.000
Usos preexistentes (camino, sendas, palapa)	0.488	0.148
Total	33.355	6.645
Proporción (%)	100.0	19.92

Conforme a las coberturas los usos de suelo y tipos de vegetación (USV) del predio, conserva las coberturas localizadas dentro de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia con el 73.6%; de la selva baja subperennifolia con el 86.4%; de la vegetación hidrófila con el 93.9%; de la vegetación del peten, aunque la tabla indica el 99.72%, del mangle con el 100%, sin vegetación aparente el 94.06%, cuerpo de agua el 100%. De las áreas preexistentes las que serán rehabilitadas el 69.56 % con vegetación nativa; estas áreas se mantendrán bajo un esquema de conservación, rehabilitación y manejo ambiental, conforme a lo señalado en el Capítulo IV y VI. Por lo antes la superficie remanente bajo conservación equivale a 26.71 ha, del predio equivalente al 80.08%.

Tabla II-9. Usos de suelo y tipos de vegetación remanentes, bajo conservación.

Usos de suelo y tipo de vegetación (USV)	Superficie (ha)	Remanente (ha)	Porcentaje (%) USV
Vegetación secundaria arbórea de selva media subperennifolia	21.336	15.710	73.63
Vegetación de selva baja subperennifolia	3.369	2.912	86.44
Vegetación hidrófila	3.989	3.744	93.86
Vegetación de petén	1.060	1.057	99.72
Vegetación de manglar	0.173	0.173	100.00
Sin vegetación aparente	2.794	2.628	94.06
Cuerpo de agua	0.147	0.147	100.00
Usos preexistentes (camino, sendas, palapa)	0.488	0.339	69.47
Total	33.355	26.710	
Proporción (%)	100.0	80.078	80.08

Cabe aclarar que los elementos considerados de manera precautoria de uso del suelo y vegetación son aquellos que implican de manera puntual pilas y pilotes, así como suspendidas o con estructuras elevadas o suspendidas del suelo y de la vegetación.

En el caso del área de los dos tipos de selva, la superficie específica del hincado de 208 pilas más 2,523 pilotes de madera equivalen a 0.13 ha y 0.05 ha de intervención puntual respectivamente, con una sombra de 1.96 ha que integran los elementos en selva como superficie preventiva. manteniendo los flujos hidrológicos naturales y la permeabilidad.

En el caso de las áreas de vegetación hidrófila y sin vegetación aparente, la superficie específica del hincado de 667 pilotes equivale a 0.013 ha de intervención puntual, con una sombra de 0.44 ha que integran como superficie preventiva como cambio de uso de suelo.

En el caso del peten el 0.003 es la sombra de la porción del puente colgante que incide sobre éste por lo que el proyecto deja el 100% del petén, toda vez que lo que se usa es aéreo; es decir no se toca la vegetación del petén. Sin embargo, se integran como superficie preventiva como cambio de uso de suelo.

Los pilotes, que servirán de soporte para las estructuras de madera, se encontrarán elevados del suelo a una altura de 2.50 a 3.00 m. y las pilas a 1.5 a 2 m promedio, manteniendo los flujos hidrológicos naturales, la permeabilidad y la vegetación existente.

La distribución espacial de estas superficies se muestra en la Figura II–6.

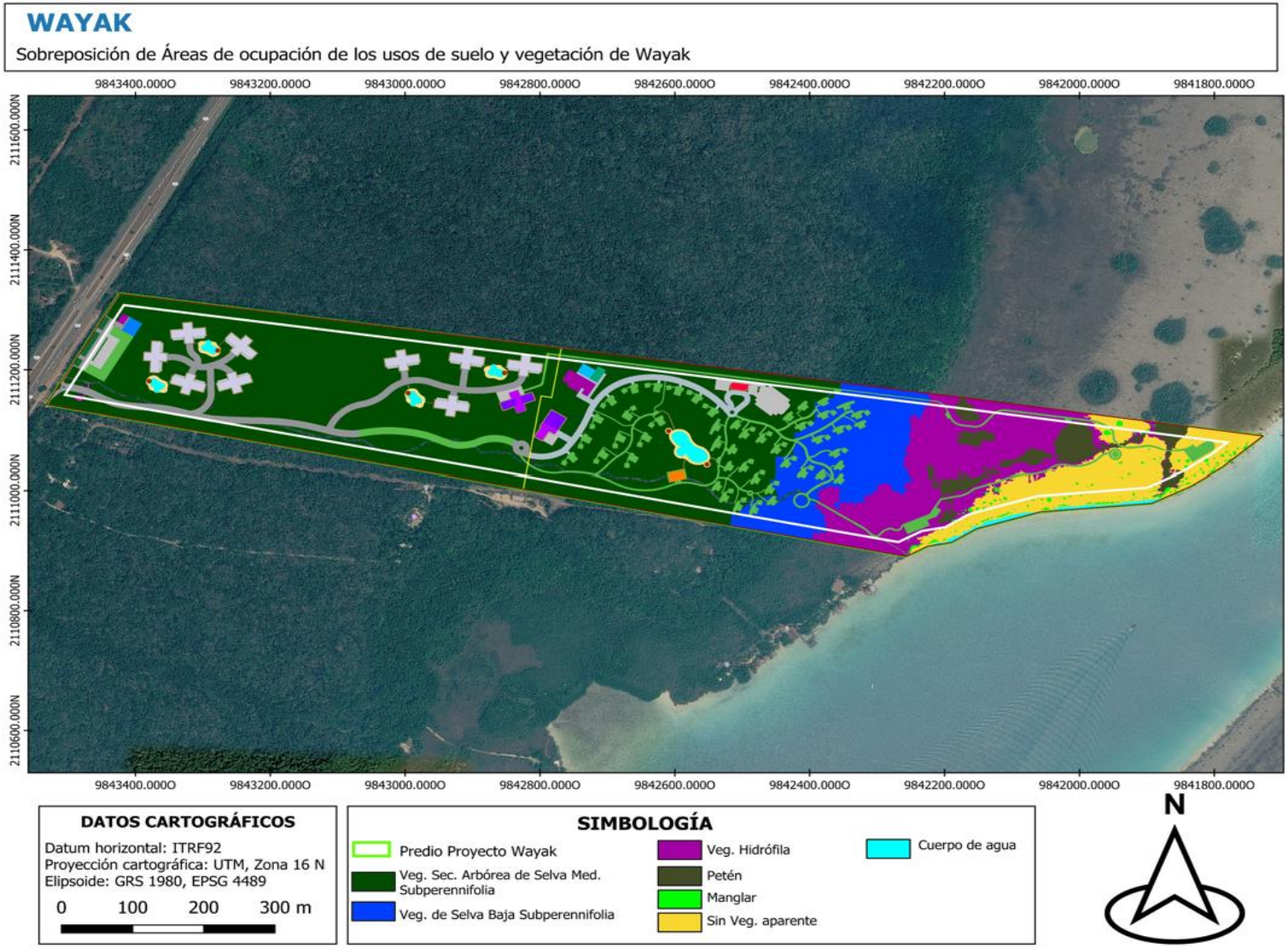


Figura II-6. Áreas de ocupación de los usos de suelo y vegetación con el proyecto.

II.1.6.2. Urbanización del área y descripción de servicios requeridos.

Servicios existentes

El área en la que se localiza el predio corresponde a un sitio que colinda con la carretera federal 307 por lo que cuenta con el suministro de energía eléctrica, servicio de transmisión de voz y datos, así como dotación de gas LP.

Vialidades. La vía de acceso principal al sitio del proyecto es por la carretera federal 307 "Cancún-Chetumal", que se encuentra colindante al predio.

En cuanto a los servicios que serán requeridos para el proyecto a continuación se mencionan de manera general los siguientes y, a través del apartado de balance de agua y sistemas de tratamiento, se describen a detalle.

Agua potable. El agua de abastecimiento puede ser obtenida mediante extracción de agua dulce con concentraciones menores a los 2500 mg/l de sólidos disueltos totales para su uso directo o con ablandamiento y desinfección o aprovechando, también del subsuelo, agua salobre con concentraciones superiores a los 2500 miligramos por litro y desalinizarla mediante un sistema de ósmosis inversa para la producción de agua de calidad óptima para servicios e inclusive para consumo humano.

La promovente opta por instalar y operar un sistema de abastecimiento propio basado en la potabilización POI marca Pure Aqua, serie RO-400 para el proyecto, contemplando una superficie de 312.62 m² (0.0313 ha) para la instalación de la planta de osmosis inversa para agua salobre, el volumen total estimado de alimentación será de 1,0147.59 m^3/día, con un gasto medio de 12.6 l/s.

La infraestructura asociada al almacenamiento de agua potable, así como a operación requerirá la tramitación de concesión de aprovechamiento de aguas subterráneas ante la CONAGUA, y una vez obtenida, se perforarán 2 pozos para aprovechamiento y 1 para rechazo (salobre), la cual será inyectada al subsuelo mediante pozo profundo.

Drenaje sanitario. Las descargas de agua residual se conducirán a través de una red hidrosanitaria que será instalada para el proyecto. Las descargas serán conducidas hacia las PTAR den diseño con 5.8 l/s, contemplando una superficie de 287.99 m² (0.0288 ha). Por la naturaleza, las aguas residuales serán de tipo doméstico, es decir, serán aquellas servidas en sanitarios, duchas y cocinas, sin contener residuos industriales.

Con el objetivo de balancear la demanda hídrica y mitigar la presión sobre el acuífero, se prevé el aprovechamiento del agua tratada generada por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), marca Fluence, serie Tipton Extended Aeration la cual cuenta con una capacidad de tratamiento nivel terciario con aireación extendida se dimensiona en un escenario medio con 416.60 m^3/día y en escenario de diseño de 500 m^3/día que es el que utilizará el proyecto. El volumen del efluente tratado en un escenario medio de 416.18 m^3/día y en escenario de diseño de 499.5 m^3/d. Este volumen será destinado, de manera parcial o total, al riego de áreas verdes y al lavado de superficies exteriores, conforme a los lineamientos de la NOM-003-SEMARNAT-1997, tal y como se expone más adelante en el balance de agua.

Asimismo, en caso de existir excedentes de agua tratada que no sean susceptibles de reúso, se contempla como alternativa la descarga controlada al manto acuífero, para lo cual se gestionaría, ante la autoridad competente, la perforación de dos pozos profundos de inyección de hasta -100 metros, conforme a la

normatividad aplicable. Lo anterior se realizaría en estricto cumplimiento con las disposiciones establecidas en las normas oficiales mexicanas vigentes y bajo la regulación de la dependencia federal correspondiente.

La ubicación de los pozos será regulada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que establecerá los volúmenes concesionables y las condiciones de operación del pozo de aprovechamiento, así como los criterios para el control de los pozos de rechazo, uno para agua salobre y dos pozos para excedente de aguas residuales.

Escurrimientos pluviales. En cuanto a los escurrimientos de agua de lluvia, éstos serán conducidos al subsuelo, ya que la permeabilidad se mantendrá en el 95.89% del AP (área de conservación, jardines, utilización de materiales filtrantes, flujos superficiales naturales y pozos pluviales), permitiendo su traslado al manto freático somero y siendo asistida, en sitios específicos, por pozos de pluviales. Este proceso implica que en ningún momento el agua pluvial tiene contacto o posibilidad de estarlo con aguas servidas. Los pozos serán tramitados ante la CONAGUA.

Una gestión hídrica adecuada permite un balance positivo considerando las principales entradas y salidas del sistema (extracción, evapotranspiración, producción mediante POI y reutilización de aguas tratadas PTAR), toda vez que el abastecimiento de agua potable estará garantizado mediante una combinación de fuentes y estrategias que incluyen la desalación de agua salobre, el reúso de aguas residuales tratadas y la infiltración dentro del proyecto.

Energía eléctrica. El abastecimiento provendrá de la red de CFE mediante acometida localizada en el acceso; las instalaciones internas serán preferentemente subterráneas La dotación de energía eléctrica es factible y será suministrada por la CFE (Comisión Federal de Electricidad). Factibilidad CFE Oficio-ZCHE-SUPT/0245/2026 de fecha 07 de octubre de 2026. Además, se instalará una planta de emergencia con capacidad para generar 2,866.7 KW.

Recolección de basura. En virtud de que bacalar cuenta con relleno sanitario a 4 km de la zona urbana se considera que cuenta con el servicio, no obstante, la promovente considera, con el objeto de no sobrecargar el sistema de recolección local, la promovente gestionará el plan de manejo de residuos, para que el manejo sea a través de municipio y con contratos con recolectores autorizados, cuando corresponda en las diferentes etapas del proyecto.

II.2 Características particulares del proyecto.

El proyecto está integrado por un área turística con 47 unidades de alojamiento temporal, y un área suburbana con 108 departamentos para residentes.

La descripción se desarrolla por área, contabilizando los elementos que lo conforman con respecto al nivel, considerando la pendiente y desniveles para el proyecto, seguido de la tabla de superficies.

Área turística, Se ubica en la parte central y al este del terreno, con las vistas hacia la laguna, contará con los siguientes conceptos y superficies (Tabla II-10).

Villas turísticas (NPT+0.50 m); diseñada en una plataforma elevada entre 2 m de altura sobre pilotes de madera serán de doble altura, cuenta con dos niveles donde se distribuye en el primer nivel recamara con baño, recibidor, estudio, escaleras verticales, sala, comedor, cocineta terraza y jacuzzi, en el segundo nivel 3 recámaras y baño.

Villas Suites (NPT +6.5 y+0.50 m), sobre plataforma elevada entre 2 y 3 m de altura de pilotes de madera. Serán de doble altura comprende: 3 recamaras baño, recibidor, sala cocineta terraza y jacuzzi,

Casa club: (NPT+14.50 m), variable en función a ubicación y características de topografía) Contará con una superficie de desplante de 325.01 m^2 y se desarrollará en dos niveles. De manera general, integrará áreas de acceso y recepción, administración, estancia y convivencia, gimnasio y/o espacios de usos múltiples, sanitarios, bodegas, áreas de apoyo y servicio, así como terrazas y espacios complementarios. La distribución de los diferentes espacios se organizará entre ambos niveles mediante escaleras y circulaciones verticales, complementadas con vestíbulos y pasillos de conexión

Spa: (NPT+16m) Con una superficie de 307.27 m^2, se desarrollará en un nivel con doble altura integra área de recepción y espera, cabinas de masaje y tratamientos, áreas de estética y bienestar, sanitarios y vestidores, bodegas de blancos e insumos, áreas de apoyo y servicio, así como circulaciones interiores y espacios técnicos requeridos para su operación.

Lobby: (NPT+17m) Con una superficie de 233.1046 m^2, se desarrollará en un nivel con doble altura y funcionará como espacio principal de recepción y distribución de los huéspedes de la zona turística. De manera general, podrá integrar recepción y atención a huéspedes, área de espera y estancia, concierge, resguardo de equipaje, áreas de apoyo administrativo y operativo, sanitarios, circulaciones y espacios de conexión hacia las diferentes amenidades y unidades de alojamiento.

Alberca (NPT+16m) con un vaso de agua entre -1.27 ha -1.5 m de profundidad máxima, con dos palapas bar a los extremos y área de camastros sobre arena silica.

Areas deportivas, incluye canchas de pádel y voleibol de playa, las que comprenden 528.0 m^2. La cancha de pádel con 200 m^2 será construida con una base de ecocreto y la cancha de playa con 300 m2 conformada con arena silica.

Infraestructura operativa y de servicios. El proyecto incorpora instalaciones para su funcionamiento autónomo y para la atención de las necesidades de los usuarios. Entre ellas se identifican una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), una Planta de ósmosis inversa (POI) y el área operativa para los colaboradores (BOH).

PTAR (NPT+16.45 m), contará con una superficie de 287.99 m^2 destinada a la instalación modular de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Por tratarse de un sistema en paquete, el área comprenderá las plataformas para los módulos de tratamiento, cuarto de máquinas, equipos de bombeo, instalaciones de control y espacios necesarios para su operación y mantenimiento.

POI (NPT+16.45) La instalación se encontrará en una superficie de 312.62 m^2 destinada a la instalación para la potabilización del agua y su infraestructura complementaria. El área integra equipos de pretratamiento y filtros, bombas, tableros de control, almacenamiento de insumos, instalaciones hidráulicas y espacios de operación y mantenimiento; podrá considerar doble altura de acuerdo con los requerimientos de los equipos.

BOH: (NPT+16.45) Con una superficie de 971.46 m^2, corresponde al área operativa y de servicios de apoyo de la zona turística. De manera general, integra oficinas administrativas y de operación, comedor y área de descanso para personal, vestidores y sanitarios, lavandería y blancos, housekeeping, bodegas de insumos y almacenamiento, áreas de mantenimiento, cuartos de servicio y circulaciones internas. Su distribución se organizará de acuerdo con los requerimientos operativos del proyecto.

Movilidad, La zona turística contará con un sistema de circulaciones de geometría predominantemente curva que conecta las Villas Turísticas, Villas Suites, amenidades, estacionamientos y áreas operativas y de servicio. El sistema comprende 4,939.1639 m^2 de circulación vehicular a nivel de terreno, 6,403.4421 m^2 de circulación pasarelas que son estructuras elevadas sostenidas por pilotes de madera y 4,484.6732 m^2 de andadores mirador que son plataformas elevadas sobre pilotes de madera en la mayoría de su recorrido excepto en dos tramos con puentes colgantes. La movilidad se complementará con glorietas de distribución y retorno, así como con bahías de descanso, espera y ascenso/descenso ubicadas estratégicamente a lo largo de los recorridos

para facilitar la operación de carritos eléctricos, bicicletas o bien caminatas a pie. Las circulaciones a nivel de terreno se adaptarán a la topografía natural del predio, mientras que las circulaciones elevadas se desarrollarán mediante pilotes de madera de aproximadamente 50 cm de diámetro, con una separación aproximada de 2.00 a 3.00 m respecto al terreno natural y anchos variables de aproximadamente 2.50 a 5.00 m, permitiendo la continuidad de los flujos hidrológicos, la permeabilidad del terreno, la conservación de la vegetación existente y el funcionamiento del hábitat.

Estacionamientos. Se contemplan dos áreas de estacionamiento en la zona turística con nivel de piso terminado variable de entre 16 y 14 m adaptadas a las cotas y pendientes naturales del terreno. El estacionamiento general contará con una superficie de 2,337.28 m^2 y capacidad para 94 cajones, de los cuales 80 estarán destinados a huéspedes, 10 a usos operativos y de servicio y 4 a personas con discapacidad. De manera complementaria, la Casa Club contará con un estacionamiento independiente con capacidad para 8 cajones. En conjunto, la zona turística dispondrá de 102 cajones de estacionamiento sobre una superficie total de 2,586.5458 m^2, considerando superficies permeables e integración paisajística con el entorno.

Caseta de acceso; (NPT +13.50 m), contará con, baño zona de control de acceso, y plumas electrónicas de revisión.

Áreas de conservación, el área hotelera cuenta con 16,52 Ha de áreas naturales, dentro de las que se conservarán el ecosistema existente que permiten la continuidad de los corredores biológicos naturales y escurrimientos naturales.

La siguiente tabla presenta los conceptos o elementos por nivel y la superficie que ocupa.

Tabla II-10. Superficies por concepto y por nivel. Área turística.

Área turística				
Elemento		Superficie (m^2)		
		PB	N1	Total
TECHADA	Villas turísticas (15)	2,862.90	3,552.94	5,725.80
	Villas suites (32)	5,665.78	6,106.55	11,331.58
	BOH	971.46	-	971.46
	Casa Club	395.31	395.31	790.62
	SPA	307.27	-	307.27
	POI	312.62	-	312.62
	Lobby	233.17	-	233.17
	Palapa	78.88	-	78.88
	Caseta de acceso	32.50	-	32.50
	Subtotal	10,859.83	10,054.80	19,783.90
NO TECHADO	Circulación vehicular	4,939.16		
	Circulación pasarelas	6,403.44		
	Andador mirador	4,484.67		
	Senderos	384.53		
	Estacionamientos	2,586.55		
	Albercas	1,270.97		
	Jacuzzis	440.85		
	Asoleadero	699.08		
	Canchas	528		
	PTAR	287.99		
	Jardines	16.92		
	Conservación-rehabilitación	165,243.61		
	Subtotal 2	187,285.77		
	TOTAL	**198,145.60**	10,054.80	19,783.90

Área suburbana, Se ubica en la parte oeste del terreno, contará con los siguientes conceptos y superficies (Tabla II-11).

Módulos (NPT +20m y +18m), el módulo tipo cuenta con en Pb y 4 niveles con 14 m de altura, que integra, estacionamiento, circulación vertical (escaleras, elevadores y ductos) y andadores peatonales, así como 12 departamentos con 4 departamentos por nivel.

Planta Baja (P.B+0.0 m), contará con circulaciones verticales (escaleras, elevadores y ductos), se desplantan estacionamiento techado con 12 cajones abierto sobre piso de adocreto.

Nivel 1 al 3 (N1+03.50 m al +10.50 m), integra 4 departamentos con terrazas por nivel dando un total de 12 departamentos, circulaciones verticales (Escaleras, elevadores y ductos), iinstalaciones y volados.

Nivel 4 o Solar (N4 +14m) cuenta con la instalación de equipos de aire acondicionado con el ducto vertical y amenidades como terraza con pergolado.

Zona Comercial (NPT+22.5m) se encuentra en el acceso del proyecto, éste contará con dos niveles, estacionamiento, 12 locales, área administrativa y servicios, el cual se desplanta sobre una losa elevada de 2.5 m respecto al nivel del suelo soportada mediante pilas permitiendo liberar el nivel inferior y mantener la continuidad de los escurrimientos naturales.

Casa club: (NPT+14.5m) Contará con una superficie de desplante de 325.01 m^2 y se desarrollará en dos niveles. La Planta Baja (PB) contará con aproximadamente 325.01 m^2 y el Nivel 1 (N1) con aproximadamente 325.01 m^2, dando una superficie construida total de 650.02 m^2. De manera general, integrará áreas de acceso y recepción, administración, estancia y convivencia, gimnasio y/o espacios de usos múltiples, sanitarios, bodegas, áreas de apoyo y servicio, terrazas y circulaciones verticales. Infraestructura operativa y de servicios.

Área Técnica. (NPT+20.5 m) Contará con una superficie de 467.41 m^2 y estará destinada a concentrar la infraestructura técnica y de servicios necesaria para el funcionamiento de la zona suburbana. De manera general, podrá integrar cuartos de máquinas, equipos hidráulicos y electromecánicos, instalaciones, equipos de bombeo, almacenamiento técnico y áreas de mantenimiento y operación.

Patio de maniobras. (NPT+20.0m) Contará con una superficie de 132.87 m^2 y se ubicará asociado a las áreas operativas y de servicio. Estará destinado a facilitar las maniobras de carga, descarga, abastecimiento, mantenimiento y acceso de vehículos de servicio, manteniendo separados estos movimientos de las circulaciones principales de residentes y visitantes.

Movilidad, La zona suburbana contará con un sistema de circulaciones longitudinales y de geometría curva, diseñado para conectar los módulos de vivienda, área comercial, Casa Club, amenidades, estacionamientos y áreas operativas y de servicio. El sistema comprende 12,128.85 m^2 de circulación vehicular a nivel de terreno, 2,432.71 m^2 de circulación a desnivel, 1,916.09 m^2 de andadores y complementados por 879.49 m^2 de pasarelas. Las circulaciones a nivel de terreno se adaptarán a los desniveles y condiciones topográficas naturales del predio, mientras que los tramos elevados se resolverán mediante estructuras apoyadas sobre pilotes de madera, procurando mantener la permeabilidad del terreno, la continuidad de los escurrimientos naturales y reducir la afectación de la vegetación existente.

Estacionamiento comercial (NPT+20 m). contará con un estacionamiento a nivel de terreno con una superficie aproximada de 2,793.31 m^2 y capacidad para 61 cajones, de los cuales 4 estarán destinados a personas con discapacidad. El estacionamiento se integrará a las circulaciones de acceso y salida del área comercial y se desarrollará mediante superficies permeables y áreas ajardinadas, favoreciendo la infiltración y el manejo de los escurrimientos pluviales. Andadores peatonales con gravilla que conectan con las áreas recreativas y los edificios.

Casetas de acceso. (variables entre NPT+ 20 y+18 m), contará con dos casetas de acceso con un total de 97.5 m^2, baño zona de control de acceso, y plumas electrónicas de revisión.

BOH. (NPT+20 m). Con una superficie de 151.84 m^2, corresponde al área operativa y de servicios de apoyo de la zona suburbana. De manera general, integra oficinas administrativas y de operación, comedor y área de descanso para personal, almacenamiento, áreas de mantenimiento, cuartos de servicio.

Áreas de conservación, el área suburbana cuenta con 10.19 Ha de áreas naturales, dentro de las que se conservarán el ecosistema existente que permiten la continuidad de los corredores biológicos naturales y escurrimientos naturales.

La siguiente tabla presenta los conceptos o elementos del área suburbana por nivel y la superficie que ocupa.

Tabla II-11. Superficies por concepto y por nivel, que comprende Área suburbana.

	Área suburbana	Superficie (m²)			
Tipo de área	Concepto	PB	N1	N2-N3	Total
TECHADA	Módulos vivienda (9)	7,344.00	6934.50	6,934.50*2	28,147.50
	Z. Comercial	1,145.00	1,145.00		2,290.00
	Casa club	325.01	325.0		650.01
	BOH	151.84			151.84
	Palapa	168.64			168.64
	Casetas de acceso	97.5			97.5
	Área técnica	467.41			467.41
	Subtotal	**9,699.40**	**8,404.51**	**13,869.0**	**31,972.90**
NO TECHADO	Circulación vehicular	12,128.85			
	Circulación a desnivel	2,434.71			
	Circulación pasarelas	879.37			
	Senderos	1,916.04			
	Estacionamientos	2,793.31			
	Patio de maniobras	132.87			
	Albercas	1,118.89			
	Asoleadero	1,200.34			
	canchas	487.23			
	jardines	758.03			
	Conservación-rehabilitación	101,857.97			
	Subtotal	125,707.61			
Total		**135,407.01**	**9,484.51**	**13,869.0**	**31,972.90**

De las tablas anteriores se desprende que en general las áreas permeables ocupan 95.89% incluye áreas permeables a) con materiales permeables como gravilla, ecocreto, adopasto arena silica, entre otros b) circulación elevada sobre pilotes, pilas y volados o suspendidos, c) conformación de jardines con vegetación nativa y de ornato y d) conservación de áreas naturales y rehabilitación de espacios preexistentes con vegetación natural, tal y como se indica en la Tabla II-12.

Tabla II-12. Resumen de las áreas permeables del proyecto.

PERMEABLES	Superficie Ha		
	Turística	Suburbana	Predio General
Villas turísticas (15) (elevados sobre pilotes de madera)	0.29	-	0.29
Master Suites (32) (elevados sobre pilotes de madera)	0.57	-	0.57
Z. Comercial (elevados sobre micropilas)	-	0.11	0.11
SPA (elevados sobre pilotes de madera)	0.03	-	0.03
Canchas (2) (arena silica y adocreto)	0.05	0.05	0.10
Circulación vehicular (granular)	0.49	1.21	1.71
Circulación a desnivel (elevados sobre pilotes de madera)	-	0.24	0.24
Circulación pasarelas (elevados sobre pilotes de madera)	0.64	0.09	0.73
Andador mirador (elevados sobre pilotes de madera)	0.45	-	0.45
Senderos (con gravilla)	0.04	0.19	0.23
Estacionamientos (2) (adopasto + adocreto)	0.26	0.28	0.54
Patio de maniobras (granular)	-	0.01	0.01
Asoleadero (arena silica)	0.070	0.120	0.190
Jardines (nativos)	0.002	0.076	0.077
Conservación-rehabilitación	16.524	10.186	26.710
Total, Permeables	**19.41**	**12.57**	**31.99**
Porcentaje (%)	**97.97%**	**92.86%**	**95.89%**

Tomando en cuenta el diseño del proyecto, con sus elementos, conceptos, dimensiones y características, se debe demostrar que cumple con la densidad, Porcentaje de desmonte, aprovechamiento, y áreas permeables, mismos que se exponen a continuación.

El proyecto es compatible con el uso turismo convencional y desarrollo suburbano en la UGA 29 del POEL-OPB (Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Othón P. Blanco) cuyas normas de restricciones a las que se ajusta el proyecto son densidad 15 cuartos/Ha (CU-22), y 8 viviendas/Ha (CU-19); desmonte máximo de 30% (AS-45) y áreas permeables del 40% (CG-01 y CU12). Tabla II.21. El resultado por área turística y suburbana se resumen en la Tabla II.13.

Tabla II-13. Parámetros aplicables y su cumplimiento.

Criterio UGA 29	Parámetro	Turística	Suburbana	Total
	Superficie	19.81ha	13.54 ha	**33.355 ha**
CU-19	8 viv/ha.		108 viviendas	108 viviendas
Cu-22	15 cuartos/ha	141 cuartos		141 cuartos
AS-45	Aprovechamiento (30%)	9.860%	10.060%	**19.920%**
CG-01y CU12	Permeables /verdes (40%)	58.199%	37.696%	**95.895%**
	Uso compatible	Turismo convencional	Desarrollo tipo suburbano sustentable	**Turístico/suburbano**

Considerando la tabla antes expuesta, los componentes del proyecto contempla 141 cuartos equivalentes, 108 viviendas, un aprovechamiento de 19.92% y una superficie permeable de 95.89% de la superficie total, por lo que el proyecto se mantiene dentro de los criterios aplicables al predio.

a) Densidad

El proyecto pretende un total de 47 unidades equivalentes a 141 cuartos y 108 departamentos el desglose, se incluyen en la Tablas II.14 y 15.

Tabla II-14. Número de unidades y cuartos equivalentes.

Elemento	No. De Cuartos		
	Unidades	Equivalencia en cuartos hoteleros	Total, cuartos equivalentes
Villas turísticas	15	3	45
Villas Suite	32	3	96
TOTAL	**47**		**141**

Tabla II-15. Número de departamentos, por Módulo y por nivel.

Módulos	PB	N1	N2	N3	total
M1		4	4	4	12
M2		4	4	4	12
M3		4	4	4	12
M4		4	4	4	12
M5		4	4	4	12
M6		4	4	4	12
M7		4	4	4	12
M8		4	4	4	12
M9		4	4	4	12
Total		36	36	36	**108**

Descripción de las unidades hoteleras

La villa turística tipo:
Se cuenta con 3 tipos suites, que se diferencian por las superficies mismas que se describen a continuación:

- Tipo A con área de 205.24 m^2, cuenta con 3 cuartos, 2 baños, y terrazas
- Tipo B, con área de 148.99.00 m^2 cuenta con 3 cuartos, 2 baños, estancia cocineta, y terrazas con jacuzi.
- Tipo C, con área de 189.49 m^2 cuenta con 3 cuartos, 2 baños, estancia cocineta, y terrazas jacuzi.

Descripción de las viviendas tipo

- Tipo 1, con área habitable de 204 m^2 cuenta con 3 recámaras, un estudio, 3 baños, sala – comedor, cocina, servicio y balcones.
- Tipo 2, con área habitable de 108 m^2 cuenta con 3 recámaras, un estudio, 3 baños, sala – comedor, cocina, servicio y balcones

Las unidades tipo se presentan en los planos impresos y en electrónicos anexos.

b) Altura.

La altura máxima del proyecto es de 4 niveles (PB, N1. N2 y N3) 14 m y corresponde a los módulos de vivienda, el resto de las alturas son de un nivel mínimo y de doble altura y de 2 niveles, con un máximo de 7 m, tal y como se demuestra en los siguientes conceptuales longitudinales y alzados.



Figura II-7. Corte longitudinal de las Villas turísticas y Villas suites, (6 m)



Figura II-8. Alzado frontal y corte longitudinal de la Casa Club, (6 m)



Figura II-9. Zona Comercial, alzado frontal y sección longitudinal (7 m)



Figura II-10. Zona Comercial, alzado frontal y sección longitudinal (7 m)



Figura II-11. Corte longitudinal de las circulaciones a nivel de terreno y elevadas a 2.5 msnm.

Conservación-rehabilitación.

Las áreas naturales del proyecto y las que se pretenden bajo conservación son aquellas áreas que exclusivamente presentan vegetación sujetas a preservación y cuentan con una superficie de **26.71 ha**; se encuentran integradas **15.710 ha** de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, **2.912 ha** de vegetación de selva baja subperennifolia, **3.744 ha** de vegetación hidrófila, **1.057 ha** de vegetación de peten, **0.173 ha** de vegetación de manglar, **0.147 ha** de cuerpos de agua, **2.628 ha** de áreas sin vegetación aparente y finalmente el área a rehabilitar corresponde a aquellas que se encuentran sin vegetación aparente derivado del camino y la palapa preexistentes y que corresponden a **0.339 ha** de áreas preexistentes.

Cabe señalar que existen superficies puntuales en ambientes selva que se encuentran sobre plataformas elevadas sobre pilas o pilotes de contacto puntual, así como en suelos de vegetación hidrófila, peten y sin vegetación aparente que contarán con plataformas elevas y puente colgante a 2.5-3 m por lo que proveerán

sombra parcial al suelo o vegetación que se ubiquen debajo de ésta, en función de la posición del sol, éste tipo de estructuras permitirán los flujos naturales de escurrimientos y recarga natural y funcionaran como corredores biológicos para la fauna, por lo que el hábitat presente tendrá continuará con la funciones de manera natural en la Figura II-12, presentan cobertura vegetal remanente en distintos estados de conservación, y se mantendrán sin alteración física durante la ejecución y operación del proyecto.



Figura II-12. Áreas bajo de conservación del proyecto.

II.2.1.Programa general de trabajo

El desarrollo del proyecto se ha planificado, con una visión a largo plazo para asegurar su éxito y sostenibilidad: La fase de preparación del sitio y construcción se estima en un plazo de 10 años,. La fase de operación y mantenimiento, se contempla un periodo de hasta 90 años, conforme a los escenarios de vida útil proyectada.

El cronograma general del proyecto, incluyendo todas sus fases, periodos y actividades se detallan en la Tabla II-16.

Tabla II-16. Cronograma general del ciclo de ejecución y operación del proyecto.

ACTIVIDADES	PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN							OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			
	años										
	1	2	3	7	8	9	10	20	40	60	90
Preparación del sitio											
Delimitación del predio y topográfica											
Rescate de Flora y fauna											
Trazo de áreas											
Desmonte y despalme											
Nivelación											
Construcción											
Areas provisionales de obra											
Terracerías (nivelación y excavación)											
Cimentaciones y/o estructuras, hincado de pilas, pilotes											
Losa o Plataformas											
Muros y albañilería											
Acabados											
Instalaciones red eléctrica, hidráulicas y sanitarias											
Prueba y puesta en marcha de equipo mayor											
Equipo y mobiliario											
Paisajismo											
Operación y mantenimiento											
Mantenimiento y revisión periódica											

II.2.2 Descripción de las etapas del proyecto.

Una vez obtenidas las autorizaciones requeridas para dar inicio con la ejecución del proyecto y se tengan aseguradas las prestaciones de servicios con instituciones correspondientes y empresas prestadoras de servicios contratadas, se dará inicio con las obras y actividades para la preparación del sitio la construcción de las obras y ejecución de las actividades necesarias para la su operación y mantenimiento, las cuales se describen a continuación.

II.2.2.1 Etapa de preparación del sitio.

Delimitación y topografía. Primero se realizará la delimitación de los límites del terreno, con el uso de equipo topográfico, así como de las áreas de intervención.

Implementación de programas bióticos de manejo de Flora y Fauna: Previo al inicio de las actividades que pudieran afectar a ejemplares de flora y fauna dentro del predio, se implementarán las actividades para llevar a cabo el rescate y reubicación de aquellos que se pudieran verse afectados. Personal especializado en la identificación y manejo de vida silvestre y manejo de vegetación, serán los encargados de implementar estas medidas ambientales de protección y conservación de los componentes bióticos. Estas actividades tendrán como prioridad, pero no exclusividad, la de rescatar ejemplares de especies que se

encuentren formando parte del listado de especies en categoría de riesgo de la Modificación del Anexo Normativo III, de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de noviembre de 2019.

*Trazo, y limpieza: C*on el uso de equipo topográfico se realizará el trazado y definición de las áreas de desplante y afectación. Normalmente, las áreas de desplate son marcadas mediante el uso de estacas con las claves de identificación del tipo de obra que se trata y se delimitan con cinta o malla de seguridad de plástico.

La cuadrilla de topografía asignada, con ayuda de estación total y nivel fijo, es la responsable de trazar niveles de corte conforme al proyecto ejecutivo incluyendo las bermas de protección. Esta delimitación incluye las áreas de conservación, empleando una barrera física que se mantendrá hasta el término de la etapa constructiva. Esta barrera podrá ser de malla electrosoldada con forro plástico, la cual protegerá las áreas de conservación de posibles invasiones involuntarias por personal de la obra.

Chapeo y desmonte. Una vez delimitadas las superficies de desplante del proyecto y realizadas las actividades de rescate de flora y fauna silvestre, se efectuará la remoción de la cobertura vegetal. El desmonte se realizará de manera paulatina con maquinaria según la densidad y tipo de vegetación presente, incluyendo la extracción de raíces cuando sea necesario, para facilitar posteriormente la recuperación del suelo.

Implementación de programas ambientales. Como resultado del desmonte y despalme se generarán residuos de origen vegetal, tierra y una mezcla de ambos. Se calcula un volumen aproximado 940.39 m^3 de material producto del desmonte. El despalme del suelo consistirá en el retiro de una capa superficial del suelo natural, se calcula generar un volumen aproximado de 6,335.0 m^3 producto del despalme. El material vegetal puro derivado de troncos y ramas se enviará al vivero temporal del proyecto donde será triturado y utilizado como acolchado en las zonas de conservación. La tierra se utilizará en las labores de propagación dentro del vivero. El material vegetal mezclado con tierra se podrá utilizar en las labores de jardinería.

Áreas provisionales de obra:

Casetas y áreas de almacenamiento: Se habilitará la caseta provisionalmente con material prefabricado o desmontable para vigilancia y resguardo de materiales y equipos. Asimismo, se contará con un par de campers móviles, los que serán habilitados como oficinas de obra.

Comedor de obra: Para comedor se habilitará una caseta con techo y de material reciclable para que los trabajadores puedan comer y descansar a la hora del consumo de sus alimentos que ellos mismos llevarán, toda vez que los trabajadores provendrán de la misma ciudad de Bakalar.

Instalaciones sanitarias: En los frentes de trabajo se instalarán letrinas portátiles para el uso del personal contratado para la construcción del proyecto (Figura II-13). El número de sanitarios a instalar estará en función del número de trabajadores por frente de trabajo, y se mantendrá una relación máxima de una letrina por cada 20 trabajadores. El servicio de renta y mantenimiento de las letrinas será contratado a una empresa del ramo que cuente con todas las autorizaciones y garantice el manejo correcto de las aguas residuales colectadas. Las letrinas serán retiradas una vez que se concluya la obra.





Figura II-13. Ejemplo de la habilitación y mantenimiento de baños portátiles instalados en frentes de trabajo para uso de los trabajadores.

Oficinas de administración de obra. Se contempla campers para oficina de obra. También se prevé un área de estacionamiento para personal, visitas y proveedores.

Almacenes y resguardo de materiales; se habilitarán almacenes para herramientas, materiales de construcción, equipos menores y sustancias utilizadas en obra. El manejo de sustancias estará sujeto a lo establecido en la NOM-005-STPS-1998, relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

No se almacenarán combustibles en esta zona, y aquellas sustancias que lo requieran se mantendrán en áreas confinadas, ventiladas, con acceso controlado.

Seguridad y control; las áreas habilitadas contarán con señalización de acceso restringido, equipos portátiles para prevención y combate de incendios, y avisos visibles conforme a la normatividad aplicable. Se evitará realizar mantenimiento de maquinaria fuera de las zonas expresamente habilitadas para ello, reduciendo riesgos y posibles afectaciones al entorno inmediato.

Área de lavado de ollas; con el fin de prevenir impactos negativos al suelo y al sistema hidrológico local, se habilitará un área específica para el lavado de ollas concreteras (artesas). Esta zona contará con un piso impermeabilizado, pendiente dirigida hacia un sistema de captación y trampa de sólidos, así como un sistema de tratamiento primario mediante sedimentación para la separación de agregados, cemento remanente y agua residual.

La superficie estimada para esta área será de aproximadamente 50 m^2, lo cual permitirá maniobras seguras, lavado simultáneo de unidades y almacenamiento temporal de residuos sólidos y lodos antes de su disposición final conforme a la normativa aplicable.

Bancos de material: Los materiales pétreos serán adquiridos en locales comerciales especializados o de bancos de material autorizados en la región.
Sitios para la disposición temporal de residuos: Se destinarán en el interior del terreno sitios específicos para la disposición y almacenamiento temporal de los residuos sólidos y de manejo especial que se generen durante la construcción (Figura II-14). Para la disposición de los residuos sólidos urbanos que se generen por los trabajadores, se distribuirán contenedores acondicionados para la colecta y contención de los residuos. Y, para la disposición temporal de los residuos de manejo especial, se delimitarán áreas

diferenciadas de acuerdo con el tipo de residuo especial a disponer para su posterior traslado a su sitio final.



Figura II-14. Ejemplo del acondicionamiento y diferenciación y colecta de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en proyectos en construcción.

Área para maquinaria; se habilitará un espacio de 200 m^2 para estacionar y resguardar maquinaria pesada y vehículos de obra. Este lugar estará bien organizado, señalizado y tendrá acceso restringido, cumpliendo con las normas NOM-001-STPS-2008 y NOM-026-STPS-2008. Contará con equipo contra incendios (NOM-002-STPS-2010) y medidas de seguridad visibles y áreas cubiertas y con sistemas de contención de derrames, en el tiempo que estén estacionados.

Para proteger el subsuelo, especialmente en áreas vulnerables, el mantenimiento de equipos solo se realizará en sitios especializados.

II.2.2.2 Etapa constructiva y requerimientos de personal e insumos.

La etapa de construcción del proyecto contempla el despliegue integral de obras de ingeniería, arquitectura e instalaciones especiales que conformarán el parque acuático en su totalidad, bajo un enfoque funcional, técnico y ambientalmente responsable.

El diseño constructivo de un desarrollo de esta naturaleza requiere la integración coordinada de disciplinas como ingeniería civil, hidráulica, electromecánica, arquitectura y diseño del paisaje. Cada componente,

desde los sistemas estructurales de soporte hasta los elementos recreativos, como toboganes, albercas temáticas, canales navegables o plataformas, es concebido para garantizar no solo su funcionalidad y seguridad estructural, sino también su compatibilidad con el entorno natural y eficiencia en el uso de recursos.

En esta fase se incorporan estrategias de sostenibilidad aplicada, que incluyen el uso racional del agua, con sistemas de recirculación y tratamiento, el empleo de materiales sostenibles, el aprovechamiento de energías limpias o de bajo consumo, así como la gestión diferenciada de residuos durante la obra, bajo esquemas de separación, reúso y reciclaje.

Esta etapa se desarrollará de forma escalonada y por zonas funcionales, conforme al programa general de obra, garantizando la operatividad gradual del proyecto sin comprometer la calidad constructiva ni los estándares de seguridad establecidos.

Trazo y nivelación. Las terracerías se limitarán a las vialidades a nivel, accesos, bases de equipos y sectores donde el proyecto aprobado requiera una superficie de apoyo. La ejecución de plataformas elevadas se organizará para reducir la conformación de rellenos bajo ellas. El material pétreo obtenido se segregará y sólo se reincorporará en rellenos cuando su aptitud haya sido verificada.

Conformación de plataforma para circulación vehicular dentro del predio, requiere nivelación y compactación con material de voladura con equipo, tendido con tractor, incorporando humedad compactación con vibro compactador de rodillo de 10 ton. para circulación de vehículos dentro del predio para los procesos de obra.

Para esta actividad se utilizarán camiones de volteo de 14 m^3 cargados con la excavadora CAT 325 DL. Se utilizará un camión-pipa de 10,000 litros para el riego constante en los frentes de trabajo para mitigar la suspensión de partículas de polvo generada por el corte, carga y movimiento vehicular del acarreo. El material producto de la nivelación que pueda ser aprovechado en el proyecto será resguardado en un área que fungirá como almacén temporal.

Previo a la salida del predio de los camiones se realizará lavado de llantas, y retiro de lodo para evitar dejar huellas en el asfalto. Y se verifica que la caja está cubierta con lona para evitar la dispersión en el aire.

Movimiento de tierras. Se realizará el movimiento de tierras para conformar una plataforma de trabajo que varía de niel conforme a cada elemento, con relación al nivel del suelo, formación y compactación de base hidráulica y con gravilla rosa. Se realizará trazo de las diferentes áreas que se trabajarán para dejar la plataforma donde se realizará la excavación para alcanzar los niveles deseados. Posteriormente a la limpieza, la cuadrilla de topografía delimitará físicamente los diferentes frentes de trabajo, y se realizarán las actividades de nivelación y corte necesarias para las zonas por construir.

Excavaciones. Será necesario llevar a cabo excavaciones controladas con el fin de alcanzar los niveles de desplante requeridos por el diseño del proyecto. Estas excavaciones permitirán la conformación de elementos clave como cimentaciones, losas de cimentación, perforaciones para pilas e hincado de pilotes, vasos de alberca, así como zanjas técnicas para instalaciones eléctricas e hidráulicas.

El material a remover podrá ser reutilizada en zonas de relleno estructural, siempre que cumpla con los requisitos de compactación definidos en el diseño y sea compatible con las cargas estructurales que deberá recibir.

En el AP, el nivel freático en la zona alta se encuentra a 17–20 m en la zona media occidental a 14-17 m en la zona media de 14.9-12 m en la zona intermedia hacia el oriente en 12.1-4 m y en la zona baja oriental de 3.9-2.0 m somero lo antes conforme a las curvas de nivel del predio; bajo la superficie del terreno dentro de un medio heterogéneo calizo caracterizado por calizas margosas, calizas cretosas y calizas dolomitizadas con horizontes arcillosos, arenosos o silicificados, además de fracturas y rasgos de disolución. En este contexto, los trabajos puntuales que puedan interceptar estratos saturados deberán ejecutarse con un sistema de control geotécnico y ambiental reforzado, a fin de prevenir deformaciones, pérdida de estabilidad, infiltraciones no controladas y afectaciones al sistema hidrogeológico local.

Si bien las excavaciones abiertas convencionales del proyecto no se prevén como excavaciones masivas generalizadas por debajo del nivel freático, sí existen perforaciones especializadas que, por su profundidad o por la naturaleza de los elementos a construir, pueden interceptar zonas saturadas. Estas corresponden principalmente a:

a) pilas de cimentación profunda para elementos estructurales, con profundidades variables promedio entre 5 y 10 m; y

b) pozos asociados a la infraestructura hidráulica:
    a. 2 Pozo de aprovechamiento de 25 m de profundidad
    b. 1 Pozo para rechazo (salobre) con profundidad de 60 m de profundidad
    c. 2 Pozos para inyección de aguas tratadas o residuales 100 m de profundidad.
    d. 11 pozos pluviales 45 m de profundidad. Para su diseño durante la perforación se deberá llevar un registro de los diferentes estratos referenciados a la profundidad, lo que permite hacer los ajustes pertinentes en la profundidad del pozo y del ademe.

Con base en los estudios topográficos y geotécnicos disponibles, se estima que las profundidades de excavación requeridas no alcanzarán el nivel freático somero, por lo que no se prevén interferencias directas con el acuífero ni generación de descargas de agua subterránea durante esta fase.
Para el desarrollo de estas actividades se contempla el uso de maquinaria especializada, incluyendo excavadoras, retroexcavadoras y camiones de volteo, operados bajo los criterios de seguridad, eficiencia y control ambiental establecidos para el sitio

Pilas de cimentación profunda y plataforma elevada; La cimentación se resolvió con una cimentación profunda a base de pilas, micropilas, dados, contratrabes y losas de cimentación elevadas.

Cimentación profunda**.** Perforación para cimentación profunda con equipo rotatorio Tipo SOILMEC en los diámetros y profundidades especificadas por mecánica de suelos y/o el estructurista, se considera que la profundidad será aproximadamente de 5-7 m. y con diámetros que van desde 1.00 m hasta 1.40 m. Posteriormente, se introduce el armado de acero y se coloca el ademe donde sea necesario para realizar el vaciado de concreto en las pilas con concreto de F´c= 350kg/cm2 Todo el material producto de excavación, se moverá hasta sitio de acopio con camión de volteo de 14 m^3 y cargado con cargador frontal, una Retroexcavadora Caterpilar 416 C (Pachara) o similar. Todo el producto de la perforación se almacenará en un sitio designado para su posterior retiro de la obra al lugar de depósito final determinado por la autoridad.

Pilas fuste único (monopilas) o grupos reducidos de pilotes unidos por un cabezal elevado, que soportarán la carga y permitirán los flujos superficiales naturales, se realiza la perforación con maquetas rotopercutantes o de rotación continua. Dependiendo de la estabilidad de las paredes del suelo, se utilizan para suelos firmes perforación a sección abierta una vez alcanzada la profundidad de diseño, se limpia el

interior del taladro inyectando aire a presión o agua, se introduce el núcleo de acero en el interior del taladro limpiado. La armadura se rellena la perforación con lechada de agua-cemento o mortero, desplazando el aire o agua remanente de abajo hacia arriba 5.5. remate y conexión a la estructura con capa final y transmisión de cargas.
Se retira la tubería de revestimiento provisional mientras la lechada está fresca. Una vez fraguado el cemento, Se sanea la cabeza del micropilote cortando el exceso de acero degradado. Se solda una placa de reparto o platina de acero en la cabeza. Se embuten las platinas dentro del encepado o zapata de concreto para integrar estructuralmente el micropilote a la edificación.

Descabece de pilas. Se utilizará rompedoras neumáticas para evitar dañar la estructura de la pila, el producto de la demolición se almacena en un lugar para posteriormente ser retirado del sitio al tiro autorizado para su destino final.

Colocación de bombas para achique de agua para trabajar la cimentación somera, dependiendo del volumen que se requiera mover, se determinará en el proceso de la obra.

En zonas del predio donde los estudios geotécnicos indiquen condiciones de mayor estabilidad y capacidad portante superficial suficiente, se optará por métodos convencionales como zapatas aisladas o corridas, de acuerdo con los requerimientos estructurales de cada elemento.

Para el desplante estructuras tipo palapa como las villas, así como circulaciones andador mirador y pasarelas elevadas, y elementos arquitectónicos menores, se utilizarán cimientos aislados, ya sea zapatas o dados o pilotes de madera, dimensionados según las cargas específicas de cada componente.

Sobre las cimentaciones, se construirán estructuras de madera, según el uso y función del elemento, garantizando estabilidad, durabilidad y compatibilidad con los criterios de diseño.

Pilotes de madera y elementos ligeros elevados el diseño prevén pilotes de madera en villas, villas suites, casas club y circulaciones elevadas, con plataformas de referencia a 2.50 m sobre el terreno y separación conceptual de apoyos de 4.00 m. El texto base menciona otras elevaciones de 0.60 a 3.00 m y diámetros de 50 cm para circulaciones. Se mantienen esas diferencias identificadas.

La madera se recibirá con identificación del suministro, calidad, condición y tratamiento compatible con el uso previsto. Se revisarán defectos, daños y preparación de uniones. El tratamiento, almacenamiento y cortes se realizarán en área controlada. Se establecerán los ejes con medios que reduzcan la apertura de accesos. El método de hincado, perforación previa o anclaje deberá definirse según el terreno y el diseño del apoyo; no se supone que un pilote de madera pueda hincarse directamente en roca competente. Se controlarán alineación, verticalidad, longitud colocada y cota de cabeza. El equipo ligero sólo se empleará cuando sea adecuado para la instalación y las cargas de trabajo. Una vez aceptados los apoyos se montarán cabezales, vigas, arriostramientos y elementos de piso en la secuencia establecida. Las superficies de circulación se terminarán con condiciones de tránsito, accesibilidad y protección de bordes definidas por su uso.

Para las áreas de albercas se contempla la ejecución de dados integrados a las losas del vaso, generando un sistema monolítico en el que el refuerzo de acero trabaja de manera conjunta con la losa, otorgando rigidez, continuidad estructural y resistencia frente a cargas hidráulicas y empujes laterales.

Manejo de maquinaria y equipo. Para la construcción del proyecto se requiere del uso de maquinaria pesada, vehículos para transporte de materiales y equipo para las cimentaciones e instalaciones. Se exigirá

al contratista que el equipo sea nuevo o se encuentre en óptimas condiciones mecánicas con la finalidad de evitar fallas en el frente de trabajo y retrasos en la construcción. Asimismo, no se debe dar mantenimiento mayor a los equipos al interior del predio.

Excavación de cepas por medios mecánicos en material pétreo para dar nivel. Para este proceso, se utilizará una retroexcavadora Caterpilar mod. 416 C

Colado de plantilla de concreto premezclado de F´c= 100Kg/cm2 de 5 cm de espesor para desplantar la cimentación somera.

Cimentación somera. Colocación de acero de refuerzo en la cimentación somera. Se procede a hacer el habilitado de acero, cimbrado de contratrabes de secciones aproximadas 0.6 m x 1.2 m(bxh), siguiendo la forma del edificio, con concreto premezclado que se tendrá una resistencia de f'c=350 kg/cm2. de y dados, colocación de acero y colado de contratrabes y dados, dejando ahogadas las varillas de donde se armarán las columnas. Posteriormente al descimbrado, se hará la impermeabilización de la cimentación somera por medio de una capa de vaportite.

Compactación para nivelación de cepas. Se procede a colocar la cimbra para desplante de losa, para este fin, se utilizaran mesas a base de poste tubular cimbraplay y casetones de fibra de vidrio o poliestireno, según sea el caso, se coloca el acero en trabes y nervaduras, se coloca también los torones indicados por el estructurista, verificando la topografía de estos, una ver revisado todo el armado, se libera el concreto para vaciarlo en la losa, es importante mencionar que durante este proceso, se dejan los pasos requeridos por instalaciones.

Perforaciones profundas asociadas a la infraestructura hidráulica. El Proyecto contempla perforaciones especializadas vinculadas a la infraestructura hidráulica; entre éstas se incluye 2 pozo para aprovechamiento de agua a 25 m de profundidad y 1 pozo para rechazo (salobre) cuya inyección al subsuelo se realizará mediante un barreno de 60 m de profundidad. 2 pozos de adsorción de agua tratada a 100 m, 11 pozos pluviales a 45 m. Por su naturaleza, estas perforaciones requieren un control técnico diferenciado.
Para estas perforaciones profundas se utilizará el sistema de sostenimiento temporal o revestimiento que resulte procedente conforme a las condiciones reales del terreno y al diseño específico autorizado, con el propósito de evitar derrumbes, deformaciones del eje de perforación, lavado de paredes, pérdidas no controladas de material y conexiones indeseadas con fracturas o vacíos del subsuelo. La ejecución deberá realizarse mediante un procedimiento continuo y controlado, evitando dejar la perforación abierta por más tiempo del estrictamente necesario y procurando su estabilización progresiva conforme avance el barreno.

En estos casos, el control preventivo será especialmente relevante, dado que la operación hidráulica proyectada considera la interacción con estratos profundos del acuífero y requiere mantener la integridad física del pozo, así como el aislamiento funcional entre los diferentes niveles del subsuelo. Por ello, cualquier señal de pérdida súbita de fluido, caída de herramienta, derrumbe parcial o comportamiento anómalo del barreno deberá atenderse de inmediato mediante ajustes en el sistema de sostenimiento, estabilización local o adecuación del procedimiento constructivo, según corresponda.

Losa elevada. Se realiza el colado 30 cm de espesor para la losa elevada, se utiliza una membrana de plástico de alta densidad, y/o colar una plantilla de concreto. Columnas con secciones desde 0.90x0.60 m hasta 1.40x0.60 m, así como algunas columnas especiales de secciones cuadradas de 0.75x0.40 m utilizando concreto de 350 Kg/cm2 y hasta 550 Kg/cm2 en algunos elementos puntuales. Cimbra, habilitado de acero, y colado de columnas. Se procede a revestir con estribos las varillas que están ancladas al dado,

una vez terminado se colocará la cimbra para poder revisar con topografía los trazos y plomos de las columnas, y posteriormente proceder al vaciado de concreto en las columnas.

Losas. Variaran en su espesor de acuerdo con la zona en que se encuentran, es decir: Sistema de piso será de 0.30 m de espesor con concreto de 350 F´c/cm2. La losa de planta baja utiliza un sistema de losa nervada y postensada de 0.40 m de espesor. El resto de las losas en módulos, comercio, BOH y casa club; se resuelve con sistema de losa nervada y postensada de 0.30 m de espesor. En apéndices se tendrá sistema de piso de losa maciza de 0.15 m. El procedimiento de ejecución es: Cimbra, habilitado de acero y colado de losas. Una vez descimbrada la columna, se inicia a colocar el tendido de puntales para colocar la cimbra que conformará la losa, se hace el armado de trabes y nervaduras y se colocan los torones para posteriormente vaciar el concreto premezclado, con las características especificadas por el estructurista, Es muy importante dejar los pasos necesarios para las instalaciones. Y siempre con la revisión de niveles, auxiliándose de la topografía. Como las losas son postensadas, se espera a que el concreto tenga el 70 u 80% de su resistencia para proceder al tensado de los torones. Con la carga indicada por el estructurista.

Existen muros de concreto considerados para proporcionar rigidez a la estructura, dichos elementos tienen espesores variables de 80 a 30 cm variando en su altura.

Las losas nervadas postensadas están ancladas a las trabes y tienen una capa de compresión de 6 cms; para el diseño se consideró la suma de carga muerta, viva y adicional, así como el claro para cada caso en particular, el resultado se especifica en cada plano estructural. La capa de compresión de concreto estructural F´c= 350 kg/cm2 de 6 cm de espesor armada con malla electrosoldada 6-6/10-10. El desplante de la losa se hará siempre sobre material resistente. Para lograr que la posición del armado superior no cambie, se colocan silletas hechas con varilla de desperdicio, se cortarán y doblaran a la medida de la losa.

Se procede al descimbrado de la losa, conforme se vaya subiendo cada planta, este descimbrado se realiza dejando el 100% de cimbra en la losa recién colada, el 75% de la cimbra en la inferior, el 50 % en la siguiente y apuntalado en la cuarta losa debajo de la recién colada.

Estructura; El concepto de la estructura es, de acuerdo con lo anterior, de marcos rígidos a base de trabes y columnas, las columnas tienen secciones desde 0.90x0.60 m hasta 1.40x0.60 m, así como algunas columnas especiales de secciones cuadradas de 0.75x0.40 m con concreto de 350 Kg/cm2 y hasta 550 Kg/cm2 en algunos elementos puntuales.

Desde la cimentación, se desplantan las columnas de sección rectangular constantes a lo largo de todos los niveles. Por los requerimientos de altura de entrepiso, las losas de los cuartos se resolverán mediante un sistema de losa plana aligerada con una retícula de nervaduras postensadas y capiteles macizos en las zonas de conexión con las columnas.

Las losas nervadas postensadas, que permiten el aislamiento acústico y térmico. Variaran en su espesor de acuerdo con la zona en que se encuentran, es decir: Sistema de piso en sótanos será de 0.30 m de espesor con concreto de 350 F´c/cm2. La losa de planta baja utiliza un sistema de losa nervada y postensada de 0.40 m de espesor. El resto de las losas en torres se resuelve con sistema de losa nervada y postensada de 0.30 m de espesor. En apéndices se tendrá sistema de piso de losa maciza de 0.15 m.

Existen muros de concreto considerados para proporcionar rigidez a la estructura, dichos elementos tienen espesores variables de 80 a 30 cm variando en su altura

Las losas nervadas postensadas están ancladas a las trabes y tienen una capa de compresión de 6 cms; para el diseño se consideró la suma de carga muerta, viva y adicional, así como el claro para cada caso en particular, el resultado se especifica en cada plano estructural. La capa de compresión de concreto estructural F´c= 350 kg/cm2 de 6 cm de espesor armada con malla electrosoldada 6-6/10-10. El desplante de la losa se hará siempre sobre material resistente. Para lograr que la posición del armado superior no cambie, se colocan silletas hechas con varilla de desperdicio, se cortarán y doblaran a la medida de la losa.

Estructuración. El sistema de piso está constituido por una losa de concreto reforzado de 25 en la zona de P.B. el espesor de la losa será de 40 cm y en la zona de las huellas de los módulos de 30 cm, aligerada con casetones de fibra de vidrio y/o poliestireno, y nervaduras postensadas en una dirección, apoyadas en trabes de concreto con peraltes variables. Tanto en las nervaduras como en las trabes se utilizarán mono torones no adheridos, con trazas parabólicas para controlar las deflexiones de la losa. El sistema de losa postensada consiste en cables de acero no adherido, cubiertos por grasa y forrados por una funda plástica, de anclajes y refuerzo adicional de acero adherido. La fuerza de presfuerzo inducida a los cables al tensarlos es introducida al modelo estructural por medio de una carga equivalente ascendente y sus respectivas reacciones.

El sistema estructural para soportar las cargas verticales y las acciones accidentales está formado por marcos rígidos compuestos por columnas y trabes de concreto reforzado.

La secuencia de las actividades que intervienen en el proceso. Primeramente, se hará la delimitación de áreas de construcción con malla ciclónica y colocación de malla sombra. Se continuará con la ubicación y perforación de los sondeos de exploración para determinar el tipo y profundidad de las pilas de acuerdo con el material y tipo de suelo que está constituido el terreno. Carga y acarreo del producto de limpieza de sondeos y residuos sólidos fuera del predio, se dispondrán al sitio indicado por la autoridad para dicho fin.

Muros. Especificaciones de muros de carga o divisorios: Los muros son de block de 15x20x40 cm con resistencia a la compresión de 60 kg/cm2, según especificaciones en planos de estructurales y están confinados por castillos y cadenas que cumplen con los siguientes requisitos de las N.T.C y del reglamento de construcción:

Las dalas o castillos tendrán como dimensión mínima el espesor del muro. El concreto tendrá una resistencia mínima a la compresión no menor de f´c= 200 kg/cm2 y

El refuerzo longitudinal estará formado de por lo menos por tres barras. Existirán castillos por lo menos en los extremos de los muros y en puntos intermedios del muro a una separación no mayor de una vez y media su altura, ni 4 m. Una dala en todo extremo horizontal de muro, a menos que este último esté ligado a un elemento de concreto reforzado de al menos 15 cms de peralte y dalas en su interior del muro a una separación no mayor de 3 m.

El mortero en las juntas cubrirá totalmente las caras horizontales y verticales de cada pieza de una resistencia a la compresión de 125 kg/cm2. El espesor de las juntas no excederá de 1.5 cms.

Durante la construcción de todo muro se tomarán las precauciones necesarias para garantizar su estabilidad en el proceso de construcción. En el proceso de obra, los muros deberán estar siempre confinados. El desplome de un muro no será mayor que 0.004 veces su altura ni 1.5 cm.

De lo anterior se desprenden actividades con obreros que habilitan el acero, carpinteros que hacen la cimbra de madera y albañiles para la elaboración del trabajo de concreto, muros de mamposterías y acabados.

El trabajo de albañilería. contemplan la ejecución de diversos elementos constructivos mediante el uso de morteros, bloques de cemento-arena, componentes prefabricados, armados y modulares, comúnmente empleados en este tipo de desarrollos. Dichas actividades se aplicarán en la conformación de muros divisorios, firmes, elementos arquitectónicos y demás soluciones funcionales asociadas al proyecto.

Para su desarrollo se utilizarán materiales tales como concreto premezclado, acero de refuerzo, cemento, bloques, agua para la preparación de mezclas, así como elementos metálicos que requerirán procesos de soldadura, madera, materiales naturales, limpieza, imprimación y pintura de recubrimiento para su adecuada protección y durabilidad.

Estas labores se llevarán a cabo en áreas específicas previamente habilitadas, contando con infraestructura provisional adecuada para la preparación, manejo y aplicación de mezclas. A fin de prevenir afectaciones al entorno, las operaciones relacionadas con morteros, lavado de herramientas o manipulación de materiales se realizarán sobre superficies impermeables delimitadas, evitando escurrimientos no controlados hacia el suelo o hacia zonas no intervenidas; asimismo, el almacenamiento de materiales sueltos se efectuará en áreas confinadas y protegidas contra lluvia y viento, priorizando el uso eficiente del agua y de los insumos, conforme a las buenas prácticas ambientales establecidas en el programa de obra.

Los componentes y criterios constructivos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla II-17. Se indican por elemento; el uso, altura, tipo de cimentación profunda, se indica método constructivo.

	Componente	uso	Altura (m)	Plataforma (m)	Tipo de Cimentación	Método Constructivo	Permeable
Techados	1.Módulos vivienda	Vivienda	14	0.5	pilas	Block concreto techo de losa	
	2.Villas turísticas	hospedaje	6	+2.5	Pilotes madera	Madera y elementos ligeros	permeable
	3.Villas suites	hospedaje	6	+2.5	madera pilotes	Madera y elementos ligeros	permeable
	4.Z. Comercial	Locales, administración	6	+1.5	micropilas	concreto techo de losa	permeable
	5.POI	potabilización	6	0.5	Mampostería	Block concreto techo de losa	
	6.Casa club	recreativo	6	+1.50	Concreto ligero y madera	Madera y elementos ligeros	permeable
	7. BOH	operativa	7	0.8	Losa de cimentación pilas	Concreto armado, block de cemento y techo de losa	
	8. Lobby	Recepción turistas	7	0.5	Mampostería	Block concreto techo de losa	
	9.Palapa	En alberca	3.5-4	0.8			
	10.Caseta	Control seguridad	3.5-4	0.5	Mampostería	Block concreto techo de losa	
	11. Spa	Descanso	3.5	0.5	Mampostería	Block concreto techo de losa	
	12.Area técnica	Uso de equipo mecánico	3.5	0.8	Mampostería	Block concreto techo de losa	

NO TECHADOS	13. Circulación vehicular	Conectividad vehicular		0.5	natural	Naturales con gravilla	permeable
	14. Circulación a desnivel	Conectividad vehicular	3	+2.5-3	Pilotes de madera	Madera dura	permeable
	15. 16. Circulación pasarelas	Conectividad villas		+2.5	Pilotes madera	Madera y elementos ligeros	permeable
	17. Andador mirador	Caminata contemplación		+2.5	Pilotes madera	Madera y elementos ligeros	permeable
	18.Sendero	Conectividad del proyecto a pie,	-	0	Naturales	gravilla	permeable
	19.Estacionamiento	Estacionamiento vehicular			Piso adocreto y de adoquín	materiales permeables	permeable
	20.Patio de maniobras			0.5	base granular	Pavimento de concreto	
	21. Albercas	Uso recreativo	-	0.4	pilas	Concreto y acabados epóxicos	
	22. Jacuzzis	Uso recreativo		+2.5		instalación	permeable
	23. Área de asoleadero	recreación	-	0	conformación de base	Arena silica	permeable
	24. Canchas	Uso deportivo	-	0.5	conformación de base	huesca drenante y arena	permeable
	25. PTAR	Tratar el agua servida.	6	0.8	Área con base rígida	Concreto armado cemento	
	26. Jardines	con nativos	0	0.5		jardines nativos	permeable
	27. Conservación	Vegetación natural, Conservación, Rehabilitación	0	0		Se mantendrán Naturales	permeable

Construcción de áreas techadas

Módulos. Se realizará el trazo y delimitación del área de desplante de cada módulo, utilizando equipos topográficos para definir ejes, niveles y geometría del componente, asegurando precisión en la ejecución; ocuparán una superficie total de7,344.00 m^2. Finalmente, se llevará a cabo la nivelación del terreno, mediante cortes y rellenos con material seleccionado, colocado en capas de 15 a 20 cm de espesor y compactado. La función de esta actividad es alcanzar la cota de proyecto, homogenizar el terreno y generar una superficie estable para las etapas posteriores.

La cimentación se ejecutará con las pilas y cabezales que resulten del diseño, conservando a la vista la distinción entre pilotes enterrados y columnas sobre el terreno. El archivo base propone alternativamente losa, contratrabes y pilas, pero no acredita una cimentación somera suficiente para un módulo de 14 m. Las pruebas de los apoyos y el control de los estratos encontrados precederán al montaje de la superestructura.

La planta baja se mantendrá abierta para estacionamiento y servicios en los términos de la directriz, sin añadir muros de cierre en las áreas de estacionamiento. Los núcleos de circulación y servicios que requieran cerramiento se identificarán expresamente. La solución de marcos, núcleos y conexiones deberá contemplar la distribución de rigidez correspondiente a esta planta baja abierta; no se copiará el confinamiento de muros de los niveles habitacionales como si también existiera en PB.

Después de construir cabezales y columnas se ejecutarán losas, núcleo y escaleras por niveles, con controles de plomo, cotas y reservas. Los niveles habitacionales tendrán cuatro departamentos por planta según el programa comunicado. Los huecos del elevador y sus condicionantes de foso, sobre carrera,

rescate y mantenimiento se resolverán con el proveedor y el proyectista, considerando el agua y el límite de altura. La azotea, parapetos y equipos se integrarán dentro del criterio de altura total que se apruebe, sin añadir un piso habitable extra.

En la planta baja se colocará el sistema de adoquín previsto sobre una base específicamente diseñada. Que el acabado sea adoquín no comprueba por sí solo la infiltración del conjunto: se definirán juntas, base, pendientes y ruta del agua. Se evitará que los accesos y guarniciones formen un vaso que concentre agua dentro del estacionamiento. Las acometidas y cuartos de servicio se protegerán de acuerdo con las cotas locales.

Las fachadas incorporarán celosías, terrazas y acabados tropicales conforme al proyecto. Las jardineras requerirán revisión de peso, impermeabilización y drenaje; el agua de riego no se conducirá al núcleo de circulación ni a las juntas estructurales. La entrega se hará por módulo con pruebas de instalaciones, elevador, escaleras, acabados y control de la continuidad de los escurrimientos exteriores.

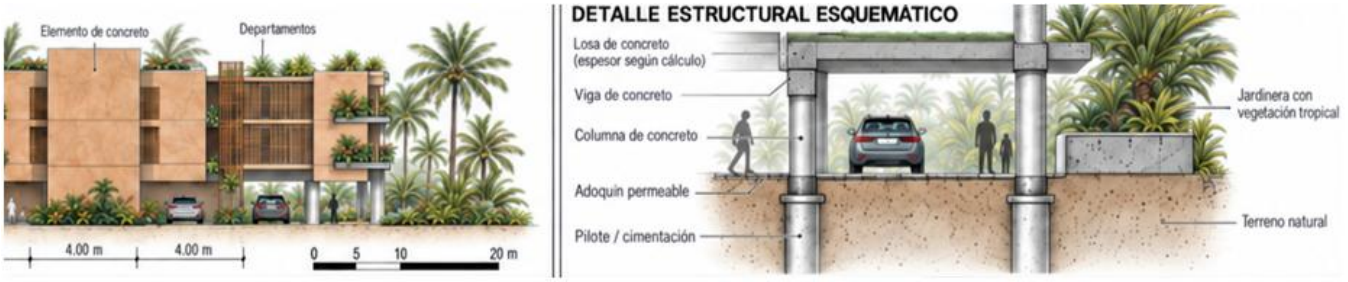


Figura II-15. Referencia del módulo y de la cimentación puntual ilustra la relación entre estructura, PB abierta y piso de adoquín.

Villas turísticas. Estas áreas en su conjunto ocupan una superficie total de 2,862.90 m^2, con una altura de 2 niveles 6.00 m. sobre una plataforma de referencia de +2.50 m sobre pilotes de madera y los dos niveles una combinación de mampostería (block), concreto armado y estructuras ligeras tipo palapa, con cubiertas variables que incluyen losa de concreto, techumbres ligeras y cubiertas vegetales o tipo pasto, en función del diseño arquitectónico y paisajístico.

Se montarán pilotes, cabezales, vigas, arriostramientos y plataforma antes de completar la superestructura. Las diferencias de nivel entre apoyos se resolverán mediante la geometría diseñada de la estructura y no rellenando automáticamente el terreno. Las paredes, cubiertas y acabados se integrarán con un sistema compatible con la madera y con el uso de los espacios. Techumbres ligeras (palapas), con estructura de madera y cubiertas de zacate o materiales similares, cuya función es generar sombra, confort térmico y una integración paisajística.
Se integrarán instalaciones necesarias para operación, incluyendo sistemas hidráulicos (agua potable y drenaje), para instalación del jacuzzi, así como instalaciones eléctricas y de iluminación, equipamiento para calentar alimentos, las canalizaciones serán embebidas en muros y losas, con recubrimientos cuya función es protegerlas contra daños y corrosión. Los acabados incluirán; pisos de madera, con antiderrapantes, y recubrimientos resistentes a humedad y uso intensivo en su caso.

Villas Suites. Estas áreas en su conjunto ocupan una superficie total de 5,665.79 m^2, con una altura de 2 niveles 6.00 m. sobre una plataforma de referencia de +2.50 m sobre pilotes de madera y los dos niveles una combinación de mampostería (block), concreto armado y estructuras ligeras tipo palapa, con cubiertas variables que incluyen losa de concreto, techumbres ligeras y cubiertas vegetales o tipo pasto, en función del diseño arquitectónico y paisajístico.

Se montarán pilotes, cabezales, vigas, arriostramientos y plataforma antes de completar la superestructura. Las diferencias de nivel entre apoyos se resolverán mediante la geometría diseñada de la estructura y no rellenando automáticamente el terreno. Las paredes, cubiertas y acabados se integrarán con un sistema compatible con la madera y con el uso de los espacios. Techumbres ligeras (palapas), con estructura de madera y cubiertas de zacate o materiales similares, cuya función es generar sombra, confort térmico y una integración paisajística.

Se integrarán instalaciones necesarias para operación, incluyendo sistemas hidráulicos (agua potable y drenaje), para instalación del jacuzzi, así como instalaciones eléctricas y de iluminación, equipamiento para calentar alimentos, las canalizaciones serán embebidas en muros y losas, con recubrimientos cuya función es protegerlas contra daños y corrosión. Los acabados incluirán; pisos de madera, con antiderrapantes, y recubrimientos resistentes a humedad y uso intensivo en su caso.

Zona Comercial. Destinadas a la prestación de locales con servicios de alimentos y bebidas, etc; así como de áreas administrativas y la que ocupa una superficie de 1,145.00 m^2. El proceso comenzará con la entrega de la huella, los accesos y las cotas. El tipo constructivo es sobre losa elevada sobre pilas +1.5 m de altura máximo y las que respetan cotas de seguridad recomendadas. Diseñada para minimizar la alteración del suelo y permitir el libre flujo natural del agua.

La construcción se realizará bajo un enfoque de mínima intervención, considerando el tipo constructivo sobre micropilas de cimentación controlada. Sobre los cabezales se ejecutarán vigas y plataforma, dejando los pasos para redes, desagües de áreas húmedas y acceso a registros. La construcción de columnas, entrepiso y cubierta se realizará por etapas con sus correspondientes liberaciones. La estructura elevada no se complementará con un relleno continuo bajo el edificio salvo que tal solución haya sido expresamente evaluada.

La subdivisión de locales se efectuará después de coordinar estructura e instalaciones. Las áreas de alimentos y bebidas incorporarán las redes y dispositivos que establezca su proyecto, diferenciando aguas sanitarias, pluviales y de limpieza. Se instalarán circulaciones verticales, salidas y accesos de mantenimiento sin invadir los espacios destinados al paso del agua. Las celosías, pérgolas y acabados tropicales se fijarán a elementos preparados para ello.

El diseño garantiza su alta permeabilidad ambiental, ya que permite el libre flujo hidrológico superficial y subterráneo, no interrumpe los gradientes de inundación natural y evita la generación de barreras físicas para fauna terrestre.

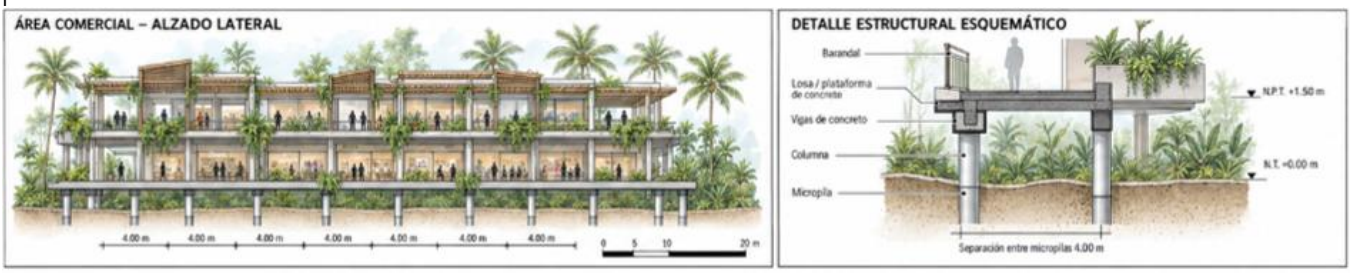


Figura II-16. Ilustración conceptual de la Zona Comercial.

Plantas de ósmosis inversa (POI). Cuenta con una superficie de 312.62 m^2, Este elemento es fundamental para el abastecimiento hídrico del proyecto, permitiendo la producción de agua de calidad mediante procesos de separación por membranas. El proceso empezará con la definición del arreglo de equipos, pasillos de mantenimiento, tanques, bombas, membranas y acometidas. Se comprobarán cargas,

vibración, contención y cota de protección. Tras ejecutar la cimentación y plataforma se colocarán las bases y anclajes, se montarán equipos y tuberías y se integrarán la alimentación eléctrica, los controles y los puntos de muestreo.
Los circuitos de alimentación, permeado, rechazo y limpiezas químicas quedarán identificados y separados. Antes de la puesta en servicio se comprobarán integridad de equipos, hermeticidad, instrumentación, secuencias de paro y destino de las aguas de prueba y limpieza. La aceptación se basará en los parámetros de la memoria y del proveedor.
El edificio de la planta deberá permitir mantenimiento sin usar sus drenajes como receptores de residuos de construcción.
El sistema de cimentación estructural será definido con base en el estudio geotécnico, considerando, pilas o pilotes (para condiciones de baja capacidad portante), alternativamente, se puede realizar cimentación superficial mediante zapatas corridas, aisladas o losa de cimentación; posteriormente se realizará la colocación de plantilla de concreto pobre (lechada) de aproximadamente 5 cm de espesor, que proporciona una base uniforme para el armado estructural con armado de acero de refuerzo para zapatas, trabes de liga y dados estructurales.

Casa club turístico y suburbano. Se realizará el trazo y delimitación del área de desplante dos áreas en la selva, cabe señalar que uno es para la zona turística y otro para la zona suburbana, Se utilizarán equipos topográficos para definir ejes, niveles y geometría del componente, asegurando precisión en la ejecución; ambas ocuparán una superficie de 720.32 m^2, con una altura de 2 niveles 6.00 m. sobre una plataforma de referencia de +1.50 m sobre pilotes de madera y los dos niveles una combinación de mampostería (block), concreto armado y estructuras ligeras, con cubiertas variables que incluyen, techumbres ligeras y cubiertas vegetales o tipo pasto, en función del diseño arquitectónico y paisajístico. Se montarán pilotes, cabezales, vigas, arriostramientos y plataforma antes de completar la superestructura. Las diferencias de nivel entre apoyos se resolverán mediante la geometría diseñada de la estructura y no rellenando automáticamente el terreno. Las paredes, cubiertas y acabados se integrarán con un sistema compatible con la madera y con el uso de los espacios. Techumbres ligeras (palapas), con estructura de madera y cubiertas de zacate o materiales similares, cuya función es generar sombra, confort térmico y una integración paisajística.

Se integrarán instalaciones necesarias para operación, incluyendo sistemas hidráulicos (agua potable y drenaje), así como instalaciones eléctricas y de iluminación, equipamiento para calentar alimentos, las canalizaciones serán embebidas en muros y losas, con recubrimientos cuya función es protegerlas contra daños y corrosión.

BOH. Área donde se concentrarán todas las actividades operativas, logísticas y administrativas necesarias para garantizar el funcionamiento del área turística, y de manera diferenciada la suburbana; integran zonas de mantenimiento, almacenamiento, operación técnica, abastecimiento, áreas de carga y descarga, así como instalaciones del personal operativo. Los edificios suman una superficie de 1,123.30 m^2. Se proyecta alcanzar los niveles de construcción con profundidad de excavación de cimentación de 0.80 m y altura promedio de 7 m. El proceso constructivo, va desde la colocación de pilas dependiendo del estudio geotécnico y de carga estructural, mejoramiento de terreno con material cementante para base hidráulica, posterior se realiza una plantilla con una lechada de concreto de 5 cm para colocación y armado de acero para zapatas corridas, trabes y dados que servirán para generar un vaso de confinamiento para evitar derramamientos de aguas servidas. Las instalaciones serán ahogadas con un espesor mínimo de 5 a 7 cm de recubrimiento para evitar grietas y los espesores de los muros varían desde 25 a 35cm, el techo será de losa maciza.
La secuencia propuesta comprende cimentación y bases de equipos, estructura de columnas y cubierta, montaje del mezzanine parcial, escaleras y circulaciones, redes y acabados. El mezzanine se destinará a

oficinas y comedor de colaboradores, manteniendo los vacíos de doble altura que se definan. Su geometría, cargas y altura libre propuesta.

Lobby. Contará con una superficie aproximada de 233.17 m^2 y se desarrollará en un solo nivel con doble altura, alcanzando una altura máxima aproximada de 7.00 m. La cimentación se resolverá mediante un sistema somero de concreto armado, pudiendo emplearse zapatas aisladas o corridas, dados, contratrabes y/o losa de cimentación, conforme a las cargas estructurales y a las condiciones geotécnicas verificadas en sitio. La profundidad definitiva de desplante será establecida en el proyecto estructural.
La estructura principal se conformará mediante marcos de concreto armado, integrados por columnas y trabes. Los cerramientos exteriores podrán resolverse mediante muros de block de concreto, mientras que las divisiones interiores podrán incorporar sistemas ligeros de tablaroca de acuerdo con la distribución arquitectónica y los requerimientos de cada espacio. La cubierta se resolverá mediante losa aligerada de concreto armado, adecuada para cubrir los claros y conservar la condición de doble altura característica del Lobby. El sistema podrá estar constituido por nervaduras, elementos aligerantes y capa de compresión, cuyos espesores, refuerzos y dimensiones serán definidos por el proyecto estructural.

Palapas. El proyecto contempla un total de seis palapas ubicadas 2 en la alberca turística y 2 en las albercas suburbanas, contarán con un total de 2,389.86 m^2. se desarrollarán en un solo nivel, con una altura aproximada del orden de 3.50 m, medida hasta la parte superior de la cubierta, valor que deberá confirmarse mediante los planos arquitectónicos definitivos.

El sistema constructivo será de carácter ligero, mediante postes y vigas de madera estructural y/o elementos metálicos ligeros, con cubiertas inclinadas tipo palapa, palma o materiales equivalentes compatibles con la imagen arquitectónica del proyecto. Las conexiones se realizarán mediante herrajes, placas, pernos y elementos metálicos con protección anticorrosiva adecuada para las condiciones de humedad del sitio, en su interior integran una barra, instalaciones de almacen.

Casetas de acceso. El proyecto contempla un total de cuatro casetas de control y vigilancia, distribuidas estratégicamente para regular el ingreso y la circulación interna del desarrollo. Tres de ellas se localizarán en la zona suburbana o de vivienda y una en la zona turística en total cuentan con una superficie de 130.0 m2. La construcción se resuelve con cimentación mediante un sistema somero de concreto armado, con zapatas aisladas o corridas, dados, contratrabes y/o losa de cimentación. La estructura de las casetas se resolverá mediante elementos de concreto armado y mampostería confinada. Los cerramientos se construirán principalmente con muros de block de concreto, reforzados mediante castillos, cadenas y demás elementos estructurales indicados en el proyecto ejecutivo. En divisiones interiores podrán utilizarse sistemas ligeros de tablaroca cuando la distribución arquitectónica así lo requiera.

La cubierta se resolverá mediante losa maciza de concreto armado, adecuada para los claros y dimensiones reducidas de este tipo de edificaciones. El espesor de la losa, su armado y sistema de apoyo serán determinados mediante el proyecto estructural.

Las casetas contarán con las instalaciones necesarias para su operación, incluyendo energía eléctrica, iluminación, comunicación, control de acceso y sistemas de seguridad. Las canalizaciones se preverán desde la etapa constructiva y se coordinarán con el proyecto arquitectónico y estructural. En los accesos vehiculares podrán incorporarse plumas de control, elementos de protección, interfonía, lectores de acceso, señalización, sistemas de CCTV y demás equipos de seguridad, conforme a los requerimientos operativos de cada punto de control.

Área técnica. Destinados al alojamiento de equipos eléctricos y mecánicos e hidráulicos de bombeo, recirculación y distribución de agua, los cuales son fundamentales para la operación de albercas, sistemas hidráulicos.

La infraestructura se proyecta con una profundidad de cimentación de 0.80 m y una altura máxima de 3.50 m, permitiendo albergar equipos, tuberías, válvulas y sistemas de control en condiciones seguras y operativas; una vez alcanzado la cota de seguridad, se llevará a cabo el trazo y delimitación del área de desplante, así como la nivelación del terreno, con material colocado en capas de 15 a 20 cm de espesor, compactadas de forma controlada. La función principal de esta etapa es generar una superficie uniforme, estable y con capacidad de carga adecuada para la cimentación.

Se efectuará una excavación controlada hasta una profundidad aproximada de 0.60 m, correspondiente al desplante de la cimentación. El fondo de excavación será perfilado y compactado para mejorar la capacidad portante del terreno; en caso de requerirse, se colocará una capa de mejoramiento con material granular, con un espesor de 10 a 15 cm, cuya función es incrementar la resistencia del terreno, mejorar el drenaje y evitar asentamientos diferenciales.

El sistema de cimentación se conformará mediante una base de concreto armado, complementada con elementos de mampostería, integrando la plantilla de concreto pobre, con un espesor de 5 cm, cuya función es proporcionar una superficie nivelada para el armado estructural. Losa de cimentación o zapatas corridas, con un espesor aproximado de 20 a 25 cm, cuya función es distribuir las cargas de la estructura hacia el terreno.

En su caso, elementos de mampostería (block) en la base, cuya función es brindar soporte adicional y mejorar la estabilidad del sistema. Los muros se construirán mediante block de concreto, con espesores aproximados de 15 a 20 cm, asentados con mortero cemento-arena.
La cubierta estará conformada por una losa maciza de concreto armado, con un espesor aproximado de 12 a 15 cm, ubicada a una altura de 3.50 m.

Se integrarán las instalaciones necesarias para la operación de los equipos, incluyendo canalizaciones eléctricas, pisos de concreto armado, con acabado liso o pulido, cuya función es soportar cargas de equipos, facilitar limpieza y permitir mantenimiento, se podrán incorporar recubrimientos resistentes a humedad y condiciones salinas.

Elementos No Techados

Circulación vehicular. Cuenta con una superficie total de 17,068.01 m^2, de los cuales 12,128.85 m^2 con una longitud de 1,280.0 m corresponden a la zona suburbana o de vivienda y 4,939.16 m^2 con 523.0 m a la zona turística. El eje longitudinal total es de 1,803.0 m con un ancho promedio de 11.00 m, El proceso constructivo iniciará con el trazo topográfico de los ejes de las vialidades, delimitación de anchos, radios de giro, intersecciones y niveles de proyecto. Posteriormente se realizará la limpieza y preparación de la franja estrictamente necesaria para la circulación, seguida de la regularización de la superficie natural. Cuando las condiciones del terreno lo requieran, se efectuarán cortes y rellenos localizados, procurando aprovechar el material producto de excavación que resulte apto para su reutilización. Los rellenos se ejecutarán mediante material seleccionado colocado en capas sucesivas y compactado de manera controlada hasta obtener las condiciones de estabilidad y capacidad de soporte requeridas para el tránsito vehicular.

Sobre la subrasante regularizada se colocará una base granular permeable, constituida por material pétreo seleccionado y compactado. Sobre ésta se conformará la capa final de rodamiento granular, también de

naturaleza permeable, generando una superficie estable para el tránsito vehicular sin constituir una barrera impermeable continua. La superficie de rodamiento de la circulación vehicular será de carácter permeable, utilizando principalmente material graduado de características equivalentes. con el fin de favorecer la infiltración del agua pluvial y reducir la generación de escurrimientos superficiales concentrados. Se conformarán con las pendientes longitudinales y transversales necesarias para el manejo de los escurrimientos pluviales, favoreciendo su conducción superficial hacia áreas verdes y superficies permeables adyacentes. En los puntos donde la topografía o los escurrimientos naturales lo requieran podrán incorporarse soluciones localizadas de drenaje que mantengan la continuidad del flujo superficial. Las banquetas y franjas peatonales asociadas a la sección vial se resolverán, cuando corresponda, mediante materiales permeables o sistemas que permitan la infiltración del agua, manteniendo continuidad con los senderos y andadores del proyecto.



Figura II-17. Detalle transversal conceptual de la circulación vehicular.

Circulación desnivel o elevada. Elemento previsto como circulación a desnivel sobre una superficie de 2,434.71 m^2, con una longitud de 200.00 m de oeste a éste, y la que conectan con zonas bajas que se dejan como continuidad ecológica natural. La plataforma elevada de madera sobre 141 pilotes de 50 cm de diámetro con distribución cada 4 m y una altura variables que van desde el arranque 0.6 m a 3.0 m de altura máximo dependiendo de la topografía y contacto puntual de 27.67 m2, escurrimientos superficiales, el ancho de 11 m máximo que permite el tránsito controlado sin generar sobrecarga. Separación entre elementos estructurales diseñada para minimizar la alteración del suelo y permitir el libre flujo natural del agua. La construcción será por tramos preparación puntual, colocación de pilotes, aceptación de apoyos, montaje de cabezales y vigas, estabilización lateral y colocación del tablero. Los componentes prefabricados o modulares se utilizarán cuando el diseño los contemple, aprovechando el avance de tramos aceptados como apoyo logístico sin sobrecargarlos.

Las conexiones a nivel del suelo se ejecutarán después de validar las rasantes y la continuidad del drenaje. No se construirán accesos con relleno que sellen las depresiones bajo las plataformas. Los apoyos y arriostramientos se inspeccionarán para verificar que no retengan materiales de obra.

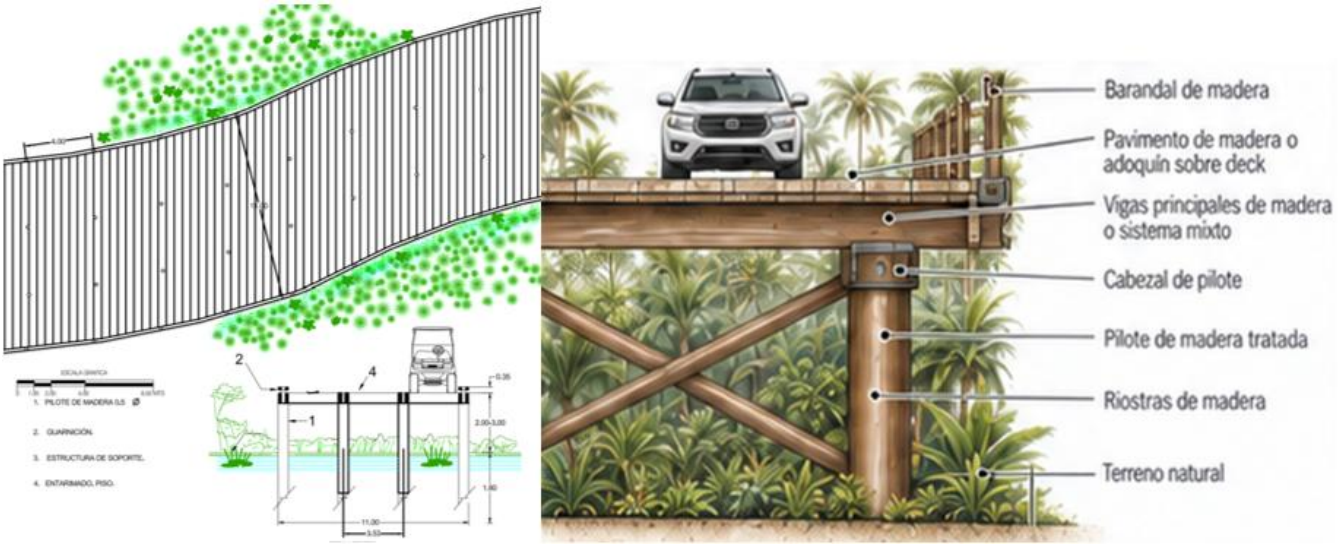


Figura II-18. Detalle en planta y estructural esquemático de la circulación a desnivel.

Uso de elementos prefabricados o modulares, reduciendo tiempos de obra y afectaciones al entorno. Barandales de protección en tramos elevados o de mayor tránsito, construidos con materiales compatibles con el entorno.

Circulación pasarelas y Andador mirador; La instalación, se realizará bajo un enfoque de **mínima intervención y ocupación puntual del terreno**, aprovechando el trazo previsto para garantizar la conectividad interna entre los diferentes componentes del proyecto. Ambas estructuras serán elevadas y se apoyarán sobre **pilotes de madera**, cuyo hincado se efectuará de forma manual o mediante equipo ligero, procurando restringir las maniobras y la intervención del terreno a los puntos estrictamente necesarios para la colocación de los apoyos.

Las **pasarelas** tendrán una superficie de proyección horizontal o sombra de **7,282.81 m²** y estarán sustentadas por **895 pilotes de madera**, a los cuales se atribuye una superficie acumulada de contacto directo con el terreno de **175.69 m²**. Por su parte, el **andador mirador** comprenderá una superficie de proyección horizontal o sombra de **4,484.67 m²** y estará sustentado por **869 pilotes de madera**, cuya superficie acumulada de contacto directo con el terreno será de **170.58 m²**.

En conjunto, ambos elementos tendrán una superficie de proyección horizontal de **11,767.48 m²** y estarán sustentados por **1,734 pilotes de madera**, con una superficie acumulada de contacto directo con el terreno de **346.27 m²**. Esta última superficie corresponderá exclusivamente a la huella atribuida a los elementos de apoyo y deberá distinguirse de la superficie de proyección horizontal de las estructuras elevadas, ya que ésta representa el área sobre la cual se dispondrán las pasarelas y el andador mirador, sin que implique necesariamente una ocupación directa continua del suelo.

La siguiente figura muestra la planta, el esquemático e ilustración para las pasarelas y andadores.

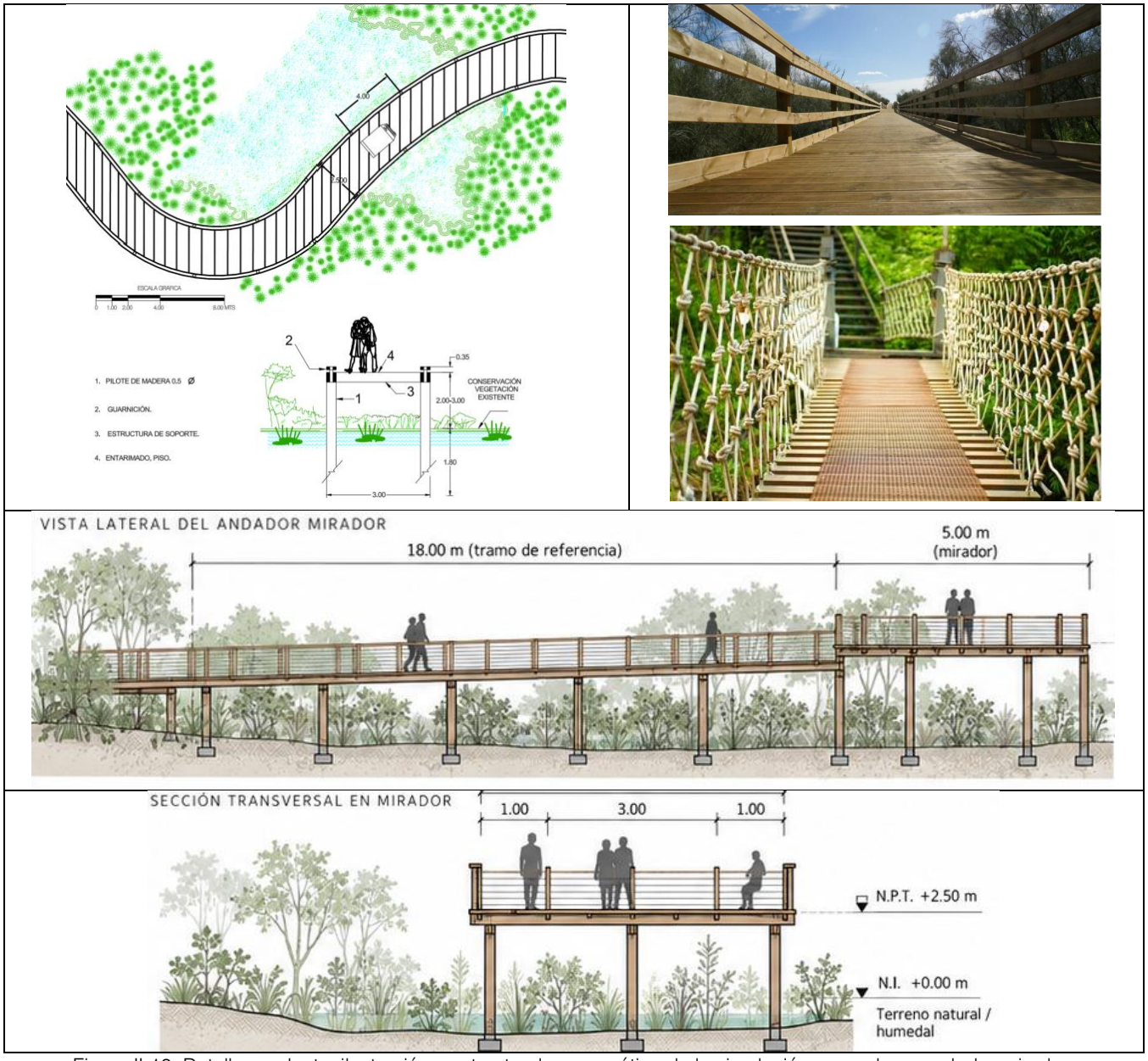


Figura II-19. Detalla en planta, ilustración y estructural esquemático de la circulación pasarelas y andador mirador.

La instalación se plantea por tramos preparación puntual, colocación de pilotes, aceptación de apoyos, montaje de cabezales y vigas, estabilización lateral y colocación de las tablas. Los componentes prefabricados o modulares se utilizarán cuando el diseño los contemple, aprovechando el avance de tramos aceptados como apoyo logístico sin sobrecargarlos.

Permeabilidad e interacción hidrológica, el diseño de circulación elevada garantiza su alta permeabilidad ambiental, ya que permite el libre flujo hidrológico superficial y subterráneo, no interrumpe los gradientes de inundación natural. favorece la entrada de luz al sotobosque, permitiendo la regeneración natural y evita la generación de barreras físicas para fauna terrestre.

Este componente constituye una infraestructura de bajo impacto, alineada con criterios de conservación, evitando fragmentaciones del flujo hidrológico natural, reducir la presión sobre las zonas inundables.

favorecer la recuperación de la cobertura vegetal y procesos ecológicos, y mantener la conectividad funcional del ecosistema presente.

Estacionamientos. El proceso comprende trazo de rasantes, preparación selectiva de la superficie, conformación de base, instalación de redes o cruces, colocación del pavimento y terminación de bordes. Se priorizarán los tramos que el proyecto realmente define a nivel de suelo 0.5 m, sin convertir todas las conexiones elevadas en caminos de obra mediante rellenos provisionales.
En las superficies de adoquín previstas para estacionamiento se verificará la base, juntas y pendiente final. El carácter permeable deberá mantenerse para la función del suelo subyacente. Se mantendrá un destino controlado de los escurrimientos, especialmente donde exista posibilidad de arrastre de finos o contaminantes asociados al servicio vehicular.

Los estacionamientos de PB de los módulos se mantendrán sin muros en sus áreas de aparcamiento. Las guarniciones, rampas y encuentros con plataformas deberán comprobarse respecto de accesibilidad, paso del agua y maniobra de los vehículos que ocupen el estacionamiento.

Patio de maniobras. Comprenderá una superficie de 132.87 m^2, la solución constructiva, se propone un pavimento de concreto sobre una base granular, cuyo espesor, resistencia y, en su caso, refuerzo serán considerando las cargas vehiculares y las condiciones del terreno. Las excavaciones y los rellenos se limitarán a lo estrictamente necesario, posteriormente, se colocará y compactará la base granular por capas, verificando su estabilidad y los niveles de proyecto. Sobre esta se ejecutará el pavimento mediante colocación de cimbra, instalación del refuerzo cuando corresponda, colado, nivelación y acabado antiderrapantes. Se incorporarán las juntas previstas en el diseño y se realizará el curado del concreto antes de permitir el tránsito vehicular.

La superficie contará con pendientes dirigidas hacia los puntos de captación del drenaje pluvial, separado del sistema sanitario. El diseño deberá prever la retención de sedimentos y, cuando exista riesgo de arrastre de aceites o combustibles, el tratamiento correspondiente, evitando conducir escorrentías potencialmente contaminadas hacia las áreas de conservación o directamente al subsuelo. Finalmente, se verificarán el acabado, las pendientes y el funcionamiento del drenaje, y se colocará la señalización para organizar las maniobras.

Albercas. El proyecto contempla la construcción de 3 albercas una en la zona turística (1,270.97 m^2) y 2 en la zona suburbana (1,118.89 m^2) con una superficie total de 2,389.86 m^2.

Las albercas serán desplantadas sobre plataformas previamente conformadas mediante trabajos de terracería a cota de seguridad, estableciendo como límite superior del espejo de agua, con el fin de prevenir riesgos asociados a inundaciones y garantizar la estabilidad operativa.

En conjunto, las albercas contarán, con profundidades variables que van desde 0.60 m en zonas somera hasta una profundidad máxima de 1.50 m. Requerirán del trazo del eje conforme al diseño geométrico. Controles de nivel, excavación a 2.0 m, considerando el alojamiento del vaso estructural y espacios para instalaciones hidráulica. Perfilados del terreno y estabilización de taludes temporales durante la obra. Excavación controlada hasta 2.0 m para en ella permitir alojar el vaso de concreto armado, espacios para instalaciones hidráulicas. Perfilado del terreno de acuerdo con la geometría de cada alberca.

La construcción del vaso de concreto armado mediante la ejecución de losa de fondo, muros laterales elementos construidos con concreto armado de 30 cm de espesor, diseñado para resistir empujes hidráulicos, evitar deformaciones, fisuración y garantizar durabilidad en condiciones de humedad

permanente e integración estructural monolítica para asegurar continuidad y hermeticidad. Colocación de sistemas hidráulico y sistemas de circulación. Sistemas de impermeabilización y acabados y elementos complementarios como conformación de accesos, rampas, ingreso y salida, integración de elementos paisajísticos, instalación de sistemas de seguridad.

Elementos complementarios, construcción de andadores perimetrales, accesos, rampas y escaleras, integración de elementos, áreas de asoleadero con arena silica e Instalación de sistemas de seguridad y señalización.

Asoleadero. Comprenderá una superficie de 1,899.42 m², de configuración irregular alrededor de las albercas, destinada al descanso y estancia de los usuarios. Se proyecta como un área permeable con acabado de arena silica lavada y cribada, cuyos espesores, niveles y pendientes se definirán durante la ejecución. En los sectores sobre terreno natural, la construcción iniciará con el trazo y delimitación del área, seguida de la limpieza y regularización superficial mediante trabajo manual o equipo ligero, evitando rellenos generalizados y compactación innecesaria. Posteriormente, se colocarán las capas de soporte y transición permeables previstas en el diseño, sobre las cuales se extenderá y nivelará la arena. Se instalarán elementos de confinamiento para limitar su desplazamiento hacia las albercas, circulaciones y áreas de conservación, sin obstruir los escurrimientos naturales. Finalmente, se verificarán los niveles, las pendientes, la estabilidad de los bordes y el funcionamiento del drenaje.

Canchas. Las canchas deportivas incluyen una cancha de voleibol de playa (2), canchas de pádel (2), disponibles para actividades en grupo, equipos o en pareja. En conjunto estas instalaciones ocupan en total una superficie total de 1,015.23 m².

El diseño de este componente prioriza el uso de materiales permeables, lo que permite la infiltración de agua pluvial, reduce la escorrentía superficial y favorece la integración con el entorno natural.

El proceso inicia con el trazo y con la nivelación por tipo de cancha del terreno a la cota de seguridad planteada para garantizar la estabilidad operativa, compactación controlada de la subrasante para proporcionar la base uniforme. Conformación de la cimentación a 0.60 m integrada por capas granulares permeables, estas capas están diseñadas para favorecer el drenaje vertical, evitar encharcamientos y mantener estabilidad estructural.

El tipo de material permeable depende del tipo de cancha:

- Canchas de pádel: acabado superficial con huesca drenante, con capas estabilizadas.
- Cancha de voleibol de playa: relleno con arena seleccionada, con granulometría controlada



Figura II-20. Representación de las canchas de pádel y voleibol.

Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Se trata de la huella para la instalación de la PTAR Modular. el proceso constructivo inicia con la nivelación del terreno a la cota de seguridad planteada para el proyecto, excavación y conformación de las áreas de desplante hasta una profundidad promedio de 0.80 m,
El proceso constructivo que se implementará será; inicialmente lograr el relleno y nivelación del terreno, para la preparación del trazo será necesario el trazo de cimentación conforme a la carga del modular, se plantea la excavación puntual hasta una profundidad aproximada de 0.80 m, destinada al alojamiento de cimentaciones e integración de instalaciones hidráulicas, eléctricas y mecánicas que permitirán la operación y función la PTAR.

Construcción de una plataforma de concreto armado de alta resistencia, diseñada para soportar cargas estáticas del modular, equipos (bombas de alta presión, racks de membranas), vibraciones operativas y condiciones de humedad constante. Losa de fondo y losa de cubierta (losa maciza), asegurando rigidez estructural. Formación de áreas confinadas tipo vaso, que actúan como sistema de contención secundaria ante posibles fugas.

El fondo de las excavaciones será perfilado y regularizado se realizará un mejoramiento localizado mediante material granular o estabilizado. La infraestructura se desplantará sobre una plataforma y losa de concreto armado, diseñada para soportar las cargas estáticas y dinámicas generadas por los módulos de tratamiento, equipos de bombeo, tuberías, válvulas, equipos electromecánicos y demás componentes asociados a la operación de la planta. La plataforma podrá incorporar dados, bases y anclajes de concreto armado para la fijación de los equipos, así como registros, canalizaciones y pasos de instalaciones previstos desde la etapa constructiva. La integración de módulos de tratamiento, equipos de bombeo, instalaciones hidráulicas, equipos electromecánicos, tableros y sistemas de control, tuberías, válvulas y espacios destinados a inspección, operación y mantenimiento.
Por tratarse de una infraestructura no techada, los módulos, equipos, tuberías, tableros y elementos expuestos contar con las protecciones requeridas para condiciones exteriores.

Jardines. Se contempla la conformación de 774.95 m^2 de áreas ajardinadas, las cuales serán desarrolladas mediante la utilización de suelo nutritivo recuperado durante las actividades de despalme y rescate de capa vegetal. Este material edáfico será previamente acopiado, manejado y reincorporado en las zonas destinadas a jardinería, con el objetivo de conservar sus propiedades físico-químicas y microbiológicas, favoreciendo así el establecimiento de la vegetación.

Las áreas verdes que conforman el proyecto, integrándose al diseño paisajístico y funcional del desarrollo.

La revegetación se llevará a cabo utilizando especies nativas producto del rescate de flora, así como otras ornamentales, adaptadas a las condiciones ambientales locales (clima tropical costero, suelos calcáreos, influencia salina y régimen hídrico), lo que permitirá optimizar el consumo de agua, reducir requerimientos de mantenimiento y promover la conservación de la biodiversidad.

La conformación de estas áreas incluirá actividades de preparación del terreno, nivelación, mejoramiento del sustrato, plantación de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, así como la instalación de sistemas de riego eficientes. Adicionalmente, se implementarán prácticas de protección y mantenimiento inicial, tales como riego de establecimiento, control de maleza, reposición de individuos y monitoreo del porcentaje de supervivencia.

Desde el punto de vista ambiental, esta acción constituye una medida de rehabilitación y compensación ecológica, al contribuir a la recuperación de cobertura vegetal, mejora de la infiltración, regulación microclimática y generación de hábitat para fauna local, fortaleciendo la conectividad ecológica dentro del predio y su entorno inmediato.

Conservación-rehabilitación. El proyecto contempla la delimitación y conservación de áreas naturales existentes dentro del predio, integradas por diferentes tipos de vegetación natural, entre las que se incluyen vegetación de selva secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, selva baja subperennifolia, vegetación hidrófila, peten, manglar y zonas asociadas. Estas superficies corresponden a la vegetación actualmente presente en el sitio, por lo que se mantendrán sin modificación, cambio de uso, remoción o intervención directa.

Las zonas de conservación abarcan una superficie total de 267,101.57 m^2, distribuida dentro del predio en zonas donde se prioriza la protección ambiental, la conectividad ecológica y el mantenimiento de los procesos naturales. En consecuencia, dichas áreas permanecerán intactas y se conservarán en sus condiciones actuales, constituyendo un elemento fundamental para la preservación de la biodiversidad y la funcionalidad ecológica del sitio.

La rehabilitación y compensación ecológica ocurre en aquellas áreas que no serán utilizadas por el proyecto como el área de la cabaña y parte del camino persistente que no serán utilizados y que consta de 3,392.81 m^2, y en cuya área pretende contribuir a la recuperación de cobertura vegetal, mejora de la infiltración, regulación microclimática y generación de hábitat para fauna local, fortaleciendo la conectividad ecológica dentro del predio y su entorno inmediato.

Acabados en áreas exteriores.

Las áreas exteriores del proyecto se conformarán conforme al diseño paisajístico y funcional establecido por el diseño. Se contemplan superficies con acabados diversos, incluyendo pavimentos permeables y de materiales naturales, según su función dentro del esquema de circulación vehicular y peatonal. Asimismo, se desarrollarán zonas jardinadas con vegetación nativa, integradas al sistema de drenaje pluvial natural o dirigido, según la microtopografía del terreno.

Estos acabados deberán garantizar la durabilidad de las superficies, facilitar el escurrimiento superficial sin concentraciones ni erosión localizada, y favorecer la infiltración o captación cuando así se indique. La selección de materiales y tratamientos se alineará con las medidas de control de escurrimientos, generación de polvo y compatibilidad con los servicios ambientales del sitio. (Tabla II-18).

Tabla II-18. Acabados de áreas exteriores.

Áreas de acabados en áreas exteriores	Tipo de Acabado
Circulación natural	gravilla
Circulación elevada	Plataforma elevada sobre pilotes
Terraza albercas	Arena silica
Estacionamientos	adoquín
Albercas	Acabados epóxicos
Áreas jardinadas	Paisajismo con vegetación nativa
Canchas	Huesca drenante y arena

El uso de materiales filtrantes en áreas determinadas puede incluir una base compactada, capas sucesivas de grava calibrada y una capa superficial porosa, favoreciendo la infiltración del agua pluvial, reduciendo escurrimientos y apoyando el equilibrio hidrológico.

Esta técnica constructiva puede constituir una solución ambientalmente favorable, al facilitar la gestión eficiente del agua pluvial, reducir la carga sobre los sistemas convencionales de drenaje y contribuir al equilibrio hidrológico del sitio.

Criterios de las instalaciones:

Aire acondicionado: El sistema de Aire Acondicionado será a base de unidades fan and coil de ahorro energético. Los condensadores serán instalados al lado de los núcleos de escaleras. Sistema de Ventilación de Estacionamientos Se empleará un sistema de ventilación mecánica compensada, el cual consiste en utilizar ventiladores de extracción e inyección tipo axial, ubicado en costados opuestos, para lograr un barrido de aire y con esto obtener una ventilación eficiente del espacio.

Adicional a los ventiladores axiales se colocarán ventiladores de impulsión los cuales tomarán el aire inyectado y lo dirigirán hacia los ventiladores de extracción. Esto con el fin de lograr un barrido de aire más eficiente y mantener toda la zona de estacionamientos ventilada.

El flujo de aire de extracción se calcula de acuerdo con el Reglamento de Construcción a 10 Cambios por Hora para estacionamientos. Para el flujo de inyección se considera el 90% del flujo de extracción, esto con el fin de generar una presión negativa en el espacio.

Instalación Hidro sanitaria: Desde la toma de agua potable, la cual según las necesidades del proyecto tendrá un diámetro de 75 mm, se alimentará la cisterna con capacidad que contempla la posibilidad de ausencia de servicio de agua potable por dos días, así como la reserva para el sistema contra incendios. Se instalará un equipo formado por dos bombas y dos tanques presurizados. Estos equipos se ubicarán en el nivel de registro de las cisternas.

Instalación hidráulica: Desde la toma de agua potable, la cual según las necesidades del desarrollo tendrá un diámetro de 100 mm, se alimentará la red de distribución. Será por medio de tubería de diferentes diámetros con válvulas para seccionarlas. El agua potable será obtenida a partir de un pozo de extracción para su potabilización a través de ósmosis inversa. El agua será dirigida a una cisterna de almacenamiento para el abastecimiento, siendo presurizada con equipo hidroneumático que se ubicará en el nivel de registro de las cisternas.

Instalación hidráulica: Desde la toma de agua potable, la cual según las necesidades del proyecto tendrá un diámetro de 100 mm, se alimentará la cisterna con capacidad que contempla la posibilidad de ausencia de servicio de agua potable por dos días, así como la reserva para el sistema contra incendios. Se instalará un equipo formado por dos bombas y dos tanques presurizados. Estos equipos se ubicarán en el nivel de registro de las cisternas.

Instalaciones del sistema contra incendios: El sistema de protección contra incendios contempla una solución que consiste en sistema de hidrantes diseñado con base en el reglamento de construcción y un sistema de extintores. El gasto necesario para la red a instalar se calculó considerando 120 minutos de funcionamiento continuo. Para un óptimo funcionamiento, se utilizará una bomba principal con motor eléctrico (conectada a los generadores de emergencia) asociada a una bomba de combustión interna diésel, con las características de la bomba principal, más una bomba jockey de tres caballos para mantener la presión en la red en cada una de las torres.

Instalaciones eléctricas: La demanda de energía eléctrica será de 6.9 MVA la cual estará dividida en 4.6 MVA para departamentos 2.0 MVA para torres y 0.3 MVA para el Marina Club. La que será dotada por la CFE (Comisión Federal de Electricidad).

Los medidores de CFE se ubicarán sobre el nivel sótano, junto con los transformadores. Toda la acometida, cableado para la conducción y distribución de energía eléctrica será subterránea.

Se utilizarán luminarias, leds y equipos ahorradores de energía, así como también los equipos de aire acondicionado estarán dotados de un servicio de automatización, con el objeto de ahorrar energía cuando no se requiere el servicio.

Instalaciones de emergencia: En caso de que se vaya la luz de la CFE, se contará con una planta de emergencia turbodiésel con capacidad de ofrecer 1,200 KW. Se utilizará cable de cobre de alta calidad, canalizado dentro de tubería de PVC retardante al fuego, o de aluminio. La planta eléctrica se encuentra en el Nivel Sótano.

Descargas de aguas residuales. Las aguas generadas durante la operación y mantenimiento del proyecto provendrán principalmente de los sanitarios, duchas y cocinas, por lo que se tratan de aguas domésticas. No contendrán, en ninguna fase, restos industriales de acuerdo con lo definido en la norma oficial mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, por lo que el sistema se instalará para conectarse directamente al sistema de descarga a las plantas de tratamiento de aguas residuales.

La instalación sanitaria que el proyecto considera es una planta de tratamiento de aguas residuales tecnología Ecolo-Systems, nivel terciario de aireación extendida, la cual consiste en un proceso biológico convencional de lodos activados. Al final, el agua residual tratada logra estar por debajo de los valores límite máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas respectivas, la NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-004-SEMARNAT-2002, para descargas de aguas residuales y lodos y biosólidos, respectivamente.

Instalación de sistemas especiales. Esto se refiere a los medios de voz, datos y video para los que se diseñarán las trayectorias de las canalizaciones y sus ubicaciones de salida de manera asociada a las instalaciones eléctricas.

Canalización telefónica desde conmutador, acometida y derivaciones a estaciones de trabajo establecen la red de intercomunicaciones considerando sonido para antena, central consola de sonido y voceo. La canalización para sistema de voz y datos se diseñará de acuerdo lo establezca el contratista que desarrolle

esta instalación, mismo que especificará el tipo de cableado. La canalización para el sistema será únicamente en pasillos, áreas públicas y exteriores listadas a continuación.

- Colocación de tubería hidrosanitaria.
- Colocación de tubería para drenaje pluvial.
- Instalación de canalizaciones y cableado para instalación eléctrica.
- Instalación de canalizaciones para instalación de sistemas especiales como C. C. T. V., voz, control de accesos, detección de humos, etc.
- Instalación de ductos para Aire Acondicionado.
- Montaje equipos Aire Acondicionado.
- Posteriormente a la colocación de las canalizaciones, tanto en Torre Isla como en Torre Marina, se procede con:
- Recubrimiento en muros con aplanado de mortero cemento arena, yeso o similar.
- Colado de firmes para dar nivel, para recibir acabado final. interiores.
- Rellenos en azotea para dar pendientes.
- Instalación del sistema de impermeabilización en regaderas y azoteas.
- Instalación de cables eléctricos.
- Instalación red contra incendio.
- Cableado de C. C. T. V.
- Instalación de Red de voz y datos.
- Instalación de cables de Sistemas Especiales.
- Instalación de muros, lambrines y plafones de Tablaroca ® o tablacemento.
- Herrería exterior e interior.
- Suministro e instalación de cancelería de aluminio, fijados a trabes, losas, piso, o elementos rígidos de la estructura.
- Suministro e instalación de acabado en muros, los cuales consisten en instalación de materiales pétreos, como son cerámicas, porcelanatos o piedra natural, asentados con el adhesivo recomendado por el proveedor.
- Pintura en muros interiores y exteriores.
- Redes exteriores de drenaje y riego.
- De manera simultánea a la colocación de albañilerías y acabados, se instala en el sótano de Torre Marina, los equipos de los diferentes sistemas que proveerán los servicios al proyecto. Como son:
- Suministro e instalación de equipos para sistemas de bombeo de agua potable.
- Suministro e instalación de Sistema de bombeo de agua residual.
- Suministro e instalación de equipos del sistema contra incendio.
- Suministro e instalación de caldera central.

Balance de agua y sistemas de tratamiento del agua

El sistema hidráulico propuesto para el proyecto comprende la captación de agua subterránea, su acondicionamiento en una planta de ósmosis inversa (POI), la distribución a los usos del proyecto y el tratamiento de las aguas residuales en una planta central (PTAR). Aquí se desarrolla el balance previamente calculado y explica la función de cada unidad, la relación entre sus caudales y el manejo de las corrientes resultantes.

La demanda potable adoptada es de 490.12 m^3/día. Para producir ese volumen con una recuperación hidráulica de 45%, el banco de membranas requiere 1,089.16 m^3/día y genera 599.04 m^3/día de rechazo

salino. Al incorporar la limpieza exterior y los lavados propuestos del pretratamiento, la extracción ordinaria estimada asciende a 1,147.59 m³/día. La PTAR se predimensiona para recibir 500 m³/días externos, frente a un caudal medio provisional de 416.60 m³/día.
El proyecto se atenderá mediante una planta de ósmosis inversa (POI) y una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Para 693 usuarios, incluidos 105 colaboradores que operaran el proyecto, por lo que requiere 490.12 m³/día de agua potable. La POI operará al 45% de recuperación. La PTAR central recibirá 416.60 m³/día de caudal medio y se dimensiona a 500 m³/día y tendrá tratamiento terciario con aireación extendida y control de nutrientes.

Demanda de agua del proyecto.

Para el cálculo de la demanda se consideraron el número de personas que ocuparán el hotelero (261) y la vivienda (327 personas) más los colaboradores del proyecto, así como las áreas que demandarán agua adicional como el comercio, áreas comunes, limpieza de exteriores, albercas, riego de áreas verdes en resumen de aquellos los elementos del proyecto que dependen del agua para su operación y mantenimiento (tabla II-19).

Tabla II-19. Resumen de los valores base del proyecto.

Concepto	Valor	Carácter del dato
Demanda potable	490.12 m³/día	Consumos conservados del informe fuente
Recuperación de la POI	45%	Criterio de cálculo solicitado
Extracción con lavados	1,147.59 m³/día	Escenario ordinario de prediseño
Caudal medio a PTAR	416.60 m³/día	Retorno agregado provisional de 85%
Capacidad externa de PTAR	500.00 m³/día	Predimensionamiento
Reúso para riego	20.86 m³/día	Demanda conservada del balance

La distribución del agua distingue los usos que requieren producto de la POI, la limpieza exterior que utiliza agua de pozo desinfectada y el riego abastecido con agua residual tratada. Esta separación permite calcular la extracción sin contabilizar nuevamente el agua que ya fue captada y se aprovecha después del tratamiento sanitario (tabla II.20).

Tabla II-20. Demanda de agua por uso.

Uso	m³/día	m³/año
Viviendas	172.8	63,072.00
Villas turísticas y suites	94	34,310.00
Comercio	13.74	5,015.10
Áreas comunes	4.58	1,671.70
Limpieza interior	8.52	3,111.16
Restaurantes	15.55	5,676.48
Lavandería	9.4	3,431.00
Empleados	10.5	3,832.50
Albercas	143.39	52,337.93
Jacuzzis	17.63	6,436.41
Limpieza exterior	28.67	10,464.59
Riego conservación y aprovechamiento	3.9	1,423.50
Riego conservación y reforestación	16.96	6,191.88
Total, potable	**490.12**	**178,894.28**
Total, agua de primer uso entregada	**518.79**	**189,358.88**
Total, de usos incluido reúso	**539.66**	**196,974.25**

Los 693 usuarios, están integrados por 588 residentes y huéspedes y 105 empleados. La demanda se conserva por partidas, sin sustituirla por una dotación uniforme aplicada a esa población.
La reposición de albercas y jacuzzis suma 161.03 m³/día, equivalente al 32.85% de la demanda potable. El balance mantiene la reposición de 5% utilizada en el informe ya que considera pérdidas por evaporación, arrastre, retrolavados.

El balance toma como entrada el agua extraída de los pozos. Dentro del sistema se producen separaciones y recirculaciones: las membranas dividen la alimentación en producto y rechazo; los usos generan un retorno sanitario parcial; la PTAR separa agua tratada y sólidos; y una fracción del efluente se utiliza para riego. Las capacidades de los tanques representan volúmenes almacenados, mientras que los valores en m³/día representan corrientes que circulan cada día.

Tabla II-21. Corrientes del balance ordinario con lavados propuestos.

Corriente	m³/día	m³/año	Observación
Extracción total	**1,147.59**	**418,870.71**	**Incluye lavado de filtros POI.**
Alimentación a membranas	1,089.16	397,542.85	45% se transforma en producto.
Agua potable	**490.12**	**178,894.28**	**Demanda del proyecto.**
Rechazo POI	**599.04**	**218,648.57**	**Corriente salina separada.**
Lavados POI	29.76	10,863.27	Escenario de 2 ciclos/día.
Pozo para limpieza exterior	28.67	10,464.59	Retorno segregado por caracterizar.
Entrada media a PTAR	**416.60**	**152,060.14**	**85% del agua potable, provisional.**
Agua retirada con lodos	0.42	154.32	Estimación con 20% de sólidos en torta.
Efluente líquido neto	416.18	151,905.82	Descuenta agua retirada con lodos.
Reúso para riego	20.86	7,615.38	8 horas/día de aplicación.
Reúsos exteriores+ emergencia	158.13	57,7166.72	8 horas/día de aplicación
Efluente PTAR a inyección	**237.19**	**86,575.08**	**Destino sujeto a acreditación.**

La extracción básica resulta de sumar 1,089.16 m³/día de alimentación a membranas y 28.67 m³/día para limpieza exterior, con un total de 1,117.83 m³/día. Los 29.76 m³/día de lavados del pretratamiento elevan ese requerimiento a 1,147.59 m³/día, equivalente a 418,870.71 m³/año. Los 20.86 m³/día de riego y 158.13 m³/día de reúso para exteriores y emergencia proceden del agua recuperada en la PTAR y no se añaden a esta extracción.

El siguiente diagrama presenta el recorrido general el agua dentro del proyecto.

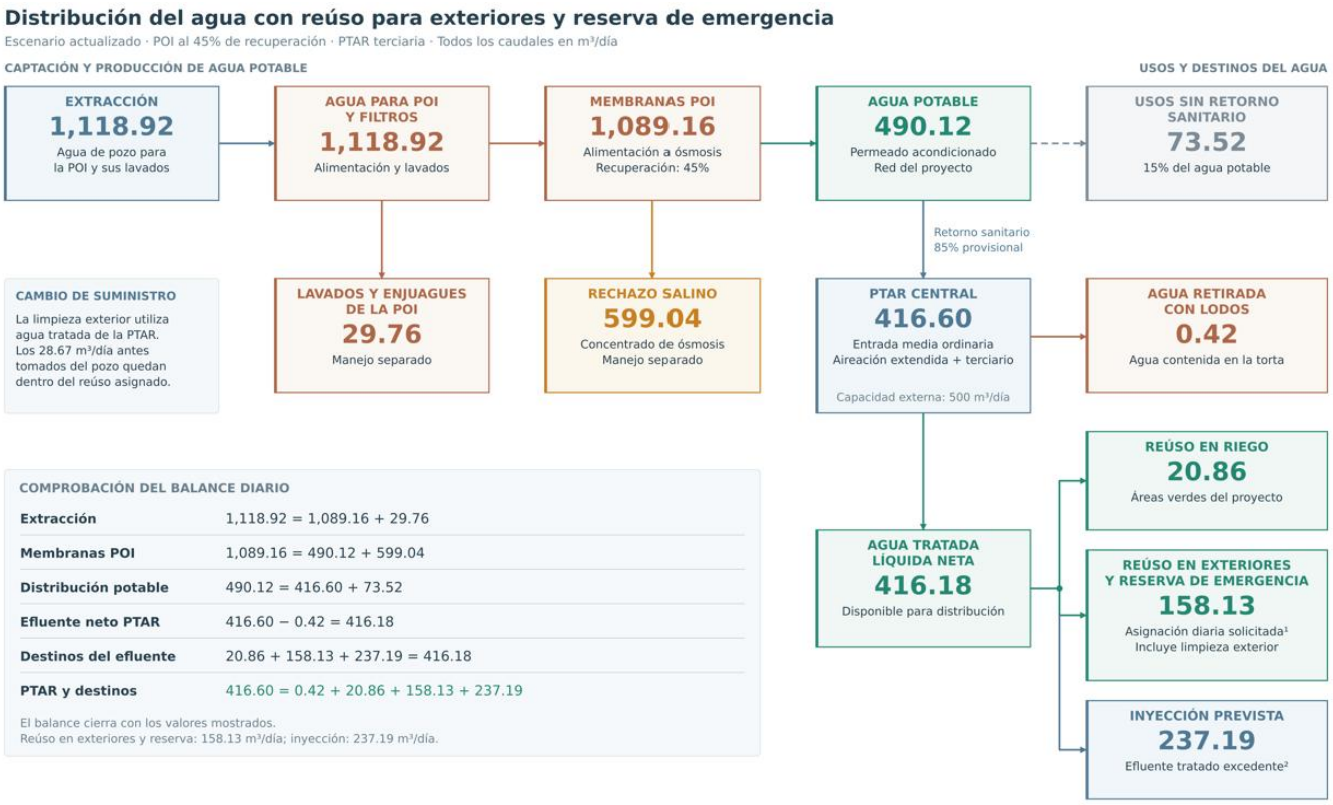


Figura II-21. Distribución del agua en el escenario ordinario.

La diferencia entre el consumo potable y el retorno sanitario es de 73.52 m³/día. Ese valor es el saldo del coeficiente agregado de retorno; no constituye una medición exclusiva de evaporación o fugas. La limpieza exterior se mantiene como uso con retorno segregado.

El cierre aproximado con valores redondeados es: 1,147.59 = 599.04 + 29.76 + 28.67 + 73.52 + 20.86 + 237.19 + 0.42 m³/día.

Las salidas corresponden a rechazo, lavados POI, limpieza exterior, usos sin retorno sanitario, riego, efluente de PTAR y agua contenida en lodos.

Disponibilidad del recurso hídrico

La disponibilidad media anual de agua subterránea corresponde al volumen de agua disponible en un acuífero susceptible de ser concesionado para su explotación, uso o aprovechamiento, adicional al volumen actualmente concesionado a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio del acuífero ni los ecosistemas asociados.

De conformidad con la metodología establecida en la normatividad previamente referida, la disponibilidad media anual se determina mediante la diferencia entre la recarga total media anual (R), la descarga natural comprometida (DNC) y el volumen de extracción de aguas subterráneas (VEAS), conforme a la siguiente expresión.

$$DMA = R - DNC - VEAS$$
$$DMA = 14{,}931.8 - 7{,}686.8 - 5{,}185.37$$
$$DMA = 2{,}059.634923 \text{ hm3 /año}$$

El resultado indica que existe un volumen disponible de 2,059,634,923 m^3 anuales para otorgar nuevas concesiones.

Para el proyecto, considerado en su conjunto, se estima una demanda de agua de suministro de 178894.28 m^3 anuales, para lo que se requerirá un aprovechamiento aproximado de agua salobre de 418870.71 m^3 anuales de agua salobre, volumen que será objeto de las concesiones respectivas.

El volumen de aprovechamiento requerido representa aproximadamente el 0.020% de la disponibilidad media anual destinada a nuevas concesiones en el Acuífero Península de Yucatán.

Planta de osmosis inversa (POI)

La POI desarrolla un tren de pretratamiento físico y químico, desalación por ósmosis inversa, estabilización y desinfección. Todos sus componentes se dimensionan al caudal de operación de la planta. Las fichas Pure Aqua, serie RO-400 (tabla II.22) orientan el proceso, pero sus tamaños de filtros, bombas y tuberías, las especificaciones se presentan en la tabla II.22.

Tabla II-22. Especificaciones de la Planta de Osmosis Inversa.

Concepto	Especificación
Marca	Pure Aqua, Inc.
Serie	RO-400 para agua salobre
Modelo de referencia por tren	BW-87K-3480, con adaptación específica
Configuración	Una POI central con dos trenes paralelos
Producción mínima que debe garantizarse	12.5 m^3/h por tren; 25 m^3/h en conjunto
Capacidad equivalente a 24 horas	600 m^3/día de permeado
Operación para cubrir la demanda	Aproximadamente 19.60 horas/día, con ambos trenes
Recuperación de diseño	0.45
SDT de alimentación de referencia	6,604 mg/L, s
Meta preliminar de permeado	SDT ≤500 mg/L,

Tren de tratamiento.

Captación y regulación. Pozo caracterizado, medidor, sensores de nivel y conductividad, tanque de agua cruda y bombeo. El intervalo de extracción se define mediante estudio y pruebas; no se fija profundidad solo para cumplir un caudal.

Control de sulfuros y metales. Si se confirman H_2S, hierro o manganeso, incorporar oxidación/contacto o tratamiento cerrado validado, seguido de separación de precipitados. Captar y tratar gases. No colocar una aireación abierta antes de evaluar seguridad, oxidación y formación de sólidos.

Filtración multimedia. Retener turbiedad y precipitados con filtros dimensionados al caudal instantáneo y al lavado. La ficha incluye multimedia; su diámetro no acredita por sí solo la capacidad. Añadir coagulación o ultrafiltración únicamente si los ensayos lo justifican.

Protección de membranas. Ajustar pH y antiincrustante con proyección iónica a 40% de recuperación. Eliminar oxidantes si se dosificaron aguas arriba, controlar ORP o cloro y colocar cartuchos de seguridad de 1 a 5 μm según garantía. El cartucho y la filtración no eliminan sales disueltas.

Bombeo de alta presión y ósmosis. Instalar elementos aptos para la salinidad extrema y medir alimentación, permeado y concentrado. Determinar presión, arreglo y flujo mediante corrida del fabricante; los 40 psi de entrada de la ficha World Water no son la presión de desalación. Incorporar desvío automático por conductividad alta.

Limpieza del sistema. Prever CIP con tanque, bomba, filtración, conexiones y contención. Segregar y caracterizar soluciones agotadas. Sus volúmenes y el permeado de enjuague son consumos adicionales al balance cuando no se recuperan.

Desgasificación y pulimiento. La ficha World Water incluye torre desgasificadora, tanque de trasvase y carbón activado. Validar remoción de gases y gestión del aire descargado. Usar carbón solo para la función acreditada y controlar biopelículas; no atribuirle por sí solo potabilización o remoción de toda especie disuelta.
Remineralización. Estabilizar pH, alcalinidad y dureza mediante calcita o dosificación. Verificar corrosividad e incrustación. Esta etapa debe quedar expresamente incorporada a la oferta, pues la baja salinidad del permeado no demuestra estabilidad en la red.
Desinfección y entrega. Desinfectar después de membranas y carbón, con contacto efectivo validado; disponer de cisterna sanitaria central y red potable a todas las zonas. Medir residual y calidad en puntos alejados, y mantener fuera de consumo todo producto no conforme.
Corrientes separadas. Medir concentrado, lavados y CIP individualmente. Los filtros pueden generar sólidos y los reactivos modificar pH o toxicidad. Cualquier mezcla o disposición requiere evaluación del receptor y autorización; no se envían al proceso biológico por defecto.

Los componentes del sistema incluyen:

- Construcción de pozos de captación.
- Tuberías de conexión de los pozos de captación a la planta desaladora
- Tuberías de interconexión entre las diferentes etapas del proceso de tratamiento, hasta la entrega del agua en el reservatorio de agua tratada.
- Filtración/clarificación.
- Corrección de dureza.
- Desalinización.
- Desolorización.
- Desinfección.
- Tuberías de conexión de la planta desaladora al pozo de rechazo.

La propuesta técnica considera tuberías críticas en cabezales a la descarga de la bomba de alta presión y rechazo y para las partes húmedas de la bomba de alta presión.

Captación y regulación del abastecimiento.

Captación y caudal de suministro. El abastecimiento se plantea mediante dos pozos alternados, con capacidad de referencia de 18 L/s por pozo. Esa cifra expresa la capacidad requerida para el esquema de operación, sujeta a pruebas de bombeo y a la definición del aprovechamiento.
La extracción ordinaria equivale a 13.28 L/s como promedio de 24 horas. Cuando los dos trenes de ósmosis operan a su capacidad nominal conjunta, la alimentación a membranas alcanza 55.56 m^3/h, equivalente a 15.43 L/s. La diferencia entre el promedio diario y el caudal instantáneo explica la necesidad de almacenar agua cruda y programar bombeos, limpieza exterior y reposición del tanque de lavado.

Cisterna de agua salobre y conducción. La cisterna salobre propuesta tiene 600 m^3 útiles. El criterio de referencia consiste en almacenar aproximadamente 12 horas de la extracción ordinaria, para lo cual se calculan 573.80 m^3. Su función es desacoplar la captación y la alimentación de tratamiento, absorber variaciones de bombeo y permitir una operación más estable de los filtros y de las membranas.
El volumen útil corresponde al agua operativa entre los niveles de control. El diseño cuenta con el espacio libre superior y considera drenaje, acceso, limpieza y condiciones estructurales. La conducción requiere medición de caudal, control de nivel, protección de bombas y puntos de muestreo.
Abastecimiento de limpieza exterior
La limpieza exterior demanda 28.67 m^3/día de agua de pozo desinfectada y se considera una derivación independiente de la producción potable.
Control de la captación. La operación deberá registrar el volumen extraído por pozo, niveles de agua, horarios de bombeo y calidad de la alimentación. Estos registros permitirán distinguir una variación de la demanda de un cambio en la calidad o productividad de la captación.

Funcionamiento de la planta de ósmosis inversa (POI)

Balance de hidráulico y régimen de operación.

La POI se mantiene con una recuperación hidráulica del 45% de eficiencia con dos trenes de tratamientos. La producción neta requerida es 490.12 m³/día con reúso disponible. Se reserva agua pretratada para lavados a razón de 2% de la alimentación neta a membranas.

Tabla II-23. Caudales y régimen de operación de la POI.

Cálculo	Operación reproducible	Resultado
Producto diario	Suma de consumos potables	490.12 m³/día
Alimentación	490.12 / 0.45	1,089.16 m³/día
Rechazo	1,089.15849 − 490.12	599.04 m³/día
Producción instalada	2 trenes × 12.50 m³/h	25.00 m³/h; 600 m³/día a 24 h
Alimentación instantánea	25.00 / 0.45	55.56 m³/h; 15.43 L/s
Rechazo instantáneo	55.56 − 25.00	30.56 m³/h; 8.49 L/s
Horas para cubrir la demanda	490.12132 / 25.00	19.60 h/día
Caudales por tren	La mitad de los caudales instantáneos	Producto 12.50; alimentación 27.78; rechazo 15.28 m³/h
Margen nominal diario	600 − 490.12	109.88 m³/día

La alimentación se calculó como producto dividido entre recuperación: 490.12 / 0.45 = 1,089.16 m³/día.

El rechazo corresponde a la diferencia entre alimentación y producto: 1,089.16 − 490.126 = 599.04 m³/día, este volumen corresponde al agua salobre que será enviada a pozos de rechazo a -60 m de profundidad.

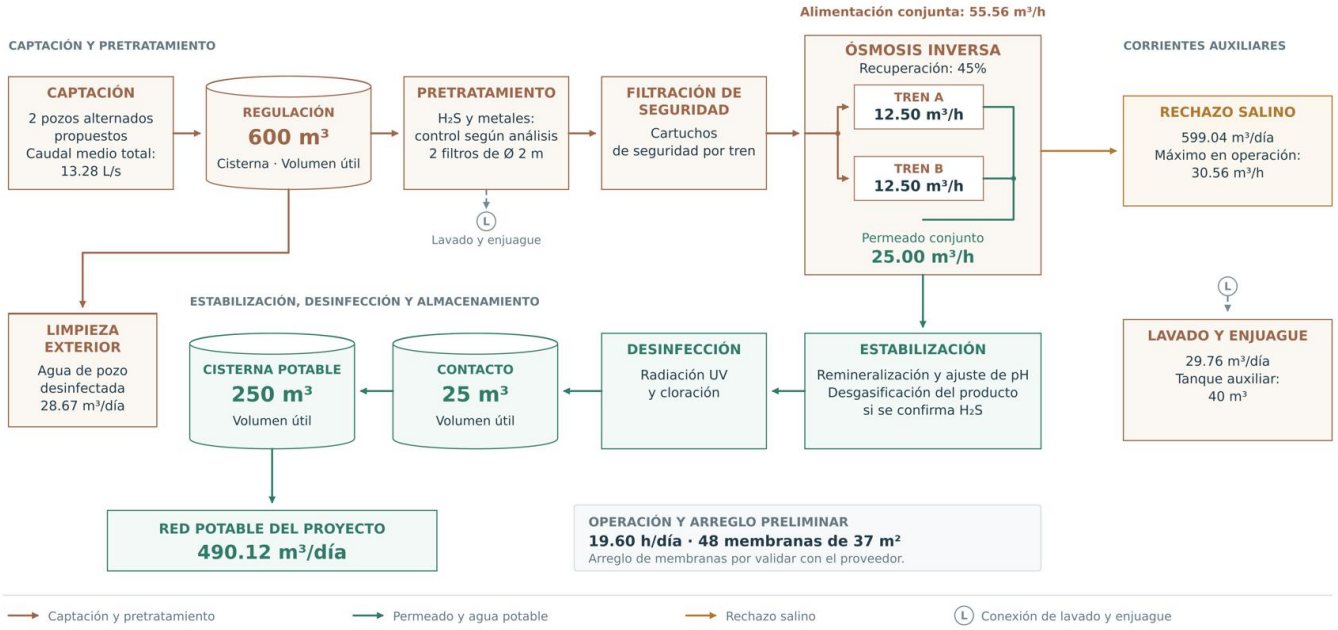


Figura II-22. Secuencia del tren de tratamiento de la POI.

Lavado del Banco de membranas.

Lavado de los filtros de la POI

El escenario diario considera dos ciclos de lavado, equivalentes a un ciclo por filtro en servicio. Cada ciclo utiliza 48 membranas con una intensidad de 19h/día sobre 37 m^2 de superficie filtrante, con retrolavado; acto seguido, se realiza un enjuague de 5 minutos al caudal de 27.78 m^3/h, que representa otros 2.31 m^3 por ciclo. El consumo conjunto es de 29.76 m^3/día.

Para suministrar el lavado se propone un tanque auxiliar de 25 m^3 de volumen útil. son una capacidad de almacenamiento y no se agregan como consumo diario a los 29.76 m^3 ya calculados. El agua utilizada en lavado arrastra sólidos y conserva características salobres; se recolectará separadamente del tratamiento sanitario biológico.

Caudales requeridos del banco de membranas
A 25 m^3/h de permeado y 45% de recuperación, el banco de membranas requiere 55.56 m^3/h de alimentación y genera 30.56 m^3/h de concentrado. El tiempo de operación calculado es 490.12 m^3/día dividido entre 25 m^3/h, equivalente a 19.60 horas/día.

Tabla II-24. Caudales requeridos del banco de membranas.

Corriente	Por tren en m^3/h	Conjunto en m^3/h	Volumen medio en m^3/día
Alimentación	27.78	55.56	1,089.16
Permeado	12.5	25	490.12
Concentrado	15.28	30.56	599.04

Los volúmenes diarios se obtienen con los caudales y tiempos sin redondear. Los lavados del pretratamiento se contabilizan por separado. La capacidad de 600 m^3/día es la equivalencia a operación continua de 24 horas; la producción media solicitada sigue siendo 490.12 m^3/día.

Operación y disponibilidad de producción

La producción nominal conjunta de 600 m^3/día deja un margen de 109.88 m^3/día respecto de la demanda de 490.12 m^3/día. El tiempo nominal requerido es de 19.60 horas diarias. Ese margen permite programar paros cortos, pero debe verificarse frente a limpiezas, variaciones térmicas, envejecimiento y demanda horaria.

Calidad de entrada y salida de la POI

La nueva condición se interpreta como sólidos disueltos totales (SDT) superiores a 2,500 mg/L. Es un límite inferior, no una concentración máxima de diseño. Se evalúan escenarios de 3,000 a 15,000 mg/L y se conserva 36,000 mg/L únicamente como referencia alta de las fichas, sin atribuir ese valor al pozo ni clasificarlo como agua salobre.

Se mantiene recuperación hidráulica Y = 40%. Para estimar la calidad se ensaya rechazo global de sales Rs = 99%, con sensibilidad al 98%.

Método de cálculo

$$C_p = (1 - R_s) \times C_f$$

$$C_c = \frac{C_f - Y \times C_p}{1 - Y}$$

Cf = SDT a membranas; Cp = SDT del permeado antes de remineralizar; Cc = SDT del concentrado, todos en mg/L. Rs = 1 − Cp/Cf es el rechazo global aparente de concentración. El balance supone estado estable, sin precipitación ni adición neta de sales en el banco; no sustituye la proyección de cada elemento.

La estimación de salinidad utiliza producto igual a 1% de la concentración de alimentación, equivalente a rechazo aparente de sales de 99%. El concentrado se obtiene conservando masa de sales con 45% de recuperación.

Tabla II-25. Escenarios de salinidad al 45% de recuperación.

SDT de entrada mg/L	Producto mg/L	Concentrado mg/L
3000	30	5430
5000	5000	9050
7500	75	13575
10000	100	18100
15000	150	27150

Separación de sales y calidad prevista.

El balance anterior utilizó escenarios de sólidos disueltos totales para ilustrar el reparto de sales, suponiendo que la concentración del producto equivale al 1% de la alimentación. Bajo esa hipótesis de rechazo aparente de sales de 99%, una alimentación de 5,000 mg/l produce un permeado de 50 mg/l y un concentrado de 9,050 mg/l a una recuperación de agua de 45%. Estas concentraciones son escenarios de cálculo, no resultados analíticos del proyecto.

La comprobación de masa del escenario de 5,000 mg/l arroja 5,445.79 kg/día de sales en la alimentación, 24.51 kg/día en el permeado y 5,421.29 kg/día en el concentrado. La suma de las salidas corresponde a la entrada. Esta aproximación no representa por igual a todos los iones, gases disueltos o compuestos específicos, ni acredita la idoneidad del arreglo ante cualquier salinidad.

Tabla II-26. Salinidad concentrada del permeado y del concentrado por escenario.

Entrada Cf mg/L	Permeado Cp al 99% mg/L	Permeado Cp al 98% mg/L	Concentrado Cc al 99% mg/L	Rs mínimo para Cp ≤400
3,000	30	60	4,980	86.66%
5,000	50	100	8,300	92.00%
7,500	75	150	12,450	94.66%
10,000	100	200	16,600	96.00%
15,000	150	300	24,900	97.33%
36,000	360	720	59,760	98.88%

Ejemplo a 5,000 mg/L y Y = 40%: con Rs = 99%, el permeado resulta en 50 mg/L y el concentrado en 8,300 mg/L. Con Rs = 98%, serían 100 y 8,266.67 mg/L. Mantener Rs conserva el Cp calculado, pero no garantiza igual rechazo real al cambiar Y. La estabilización posterior puede aumentar los SDT del agua terminada.

Para los escenarios de 3,000 a 15,000 mg/L, Cp queda entre 30 y 150 mg/L al 99%, o entre 60 y 300 mg/L al 98%. A 36,000 mg/L, un 98% produciría 720 mg/L y no satisfaría la especificación de 400 mg/L de las fichas; el 99% produciría 360 mg/L. Estos resultados son escenarios, no un intervalo garantizado para cualquier agua mayor de 2,500 mg/L.

Parámetros de calidad y aceptación de la POI

La salinidad total no permite deducir pH, dureza, sulfatos, hierro, manganeso, sulfuros o microbiología. Esos parámetros requieren caracterización independiente. Las metas siguientes se conservan como criterios de proceso; el agua terminada incluye remineralización y desinfección.

Tabla II-27. Calidad de entrada y metas de salida de la POI.

Parámetro	Agua cruda del pozo	Antes de membranas	Agua terminada
SDT mg/L	>2,500; máximo por determinar	Valor real de diseño; el pretratamiento no desala	≤500 M, después de estabilización
pH	Por medir	Ajuste según proyección iónica	7.0 a 8.2 M
Temperatura °C	Por medir	25 de referencia en ficha; verificar rango real	Registrar
Turbiedad UNT	Por medir	<1 M	≤1 M
SDI15	Por medir	≤3 M; límite final del proveedor	No aplica como criterio de potabilidad
Hierro mg/L	Por medir	≤0.05 M	≤0.10 M
Manganeso mg/L	Por medir	≤0.05 M	≤0.05 M
H_2S y sulfuros	Por medir y especiar	Acondicionamiento específico si se confirma	Sin olor objetable; H_2S no detectable con método validado M
Dureza como $CaCO_3$ mg/L	Por medir	Control de saturación e incrustación	50 a 150 M
Alcalinidad como $CaCO_3$ mg/L	Por medir	Control de pH y saturación	40 a 100 M
Cloro libre mg/L	Según fuente y dosificación	No detectable; confirmar límite del elemento	0.2 a 1.5 en red clorada
E. coli	Por analizar	Control de biopelícula; sin atribuir potabilidad	Sin detección en 100 mL según método aplicable
Cl, SO_4, NO_3, Ca, Mg, sílice, Ba, Sr, boro y metales	Panel completo	Proyección por especie y control de saturación	Panel sanitario completo; no aplicar 99% a cada especie

La estabilización se ajustará mediante balance iónico y evaluación de corrosividad; no se añade una cantidad fija de sales a todos los escenarios. Los gases disueltos y el boro pueden comportarse de forma distinta a las sales mayoritarias y requieren control específico.

NOM-127-SSA1-2021 referencias seleccionadas de SDT 1,000 mg/L, pH 6.5–8.5, hierro 0.30 mg/L y manganeso 0.15 mg/L. Aplicar los demás parámetros, métodos y disposiciones de gradualidad que correspondan.

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

La PTAR, propuesta es el modelo Fluence, serie Tipton Extended Aeration la cual contará con una capacidad de tratamiento nivel terciario con aireación extendida**,** se alimentará mediante una red sanitaria común y cárcamos donde lo exijan las cotas, con ecualización antes del proceso biológico. El régimen será continuo, con control de aireación a carga variable y equipos críticos de reserva.

Caudal y Capacidad de la PTAR.

Las aguas residuales sanitarias se originan en viviendas, unidades turísticas y servicios que efectivamente vierten al drenaje. El balance previo adoptó de forma provisional un retorno agregado de 85% sobre los 490.12 m³/día de demanda potable. La operación resulta en 416.60 m³/día, equivalente a 4.82 L/s como promedio diario.

Al separar los 161.03 m³/días recreativos, quedan 329.1 m³/día de otros consumos; un retorno de 85% sobre estos últimos representa 279.73 m³/día. Como sensibilidad superior se agregaron toda la reposición recreativa y la limpieza exterior, con un resultado de 469.43 m³/día.

Tabla II-28. Caudales y provisiones de capacidad de la PTAR.

Concepto	Valor	Uso en el diseño
Aportación media del proyecto	416.60 m³/día	Balance ordinario provisional
Capacidad externa propuesta	500.00 m³/día	Recepción de agua residual del proyecto
Reserva de retornos internos	40.00 m³/día	Lavados terciarios y filtrados de lodos
Caudal medio de proceso	540.00 m³/día	500 externos más 40 internos
Caudal horario medio de proceso	22.50 m³/h	Regulación ordinaria a capacidad
Caudal hidráulico máximo conjunto	31.25 m³/h	Límite con retornos regulados

La capacidad de 500 m³/día aporta un margen de 20.02% sobre el caudal medio adoptado. La diferencia entre 500 y 540 m³/día se debe al agua que vuelve desde unidades de la propia planta; no representa demanda nueva ni mayor extracción. El máximo conjunto de 31.25 m³/h, equivalente a 8.68 L/s, se obtiene con un factor de 1.5 sobre 500/24 y exige regular los retornos para no superarlo.
Para cargas de diseño se consideran 400 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO5), con 200 kg/días aplicados a 500 m³/día. La meta de proceso de 20 mg/L representa aproximadamente 10 kg/día en el efluente y una remoción de 190 kg/día. También se adoptan, como hipótesis, 300 mg/L de sólidos suspendidos totales (SST), un escenario de 30 mg/L de nitrógeno amoniacal a oxidar y 8 mg/L de fósforo antes del tratamiento químico.

Tabla II-29. Concentraciones y cargas de entrada para verificar la PTAR.

Parámetro	Concentración adoptada	Carga a 500 m³/día	Condición
DBO5 de entrada	400 mg/L	200.00 kg/día	Del informe; confirmar
DBO5 de salida	20 mg/L	10.00 kg/día	Meta de proceso
DBO5 removida	380 mg/L	190.00 kg/día	95% calculado
SST de entrada	300 mg/L	150.00 kg/día	Supuesto de prediseño
SST de efluente final	10 mg/L	5.00 kg/día aprox.	Meta de proceso
N amoniacal a oxidar	30 mg/L como N	15.00 kg N/día	Escenario para oxígeno
Fósforo antes de etapa química	8 mg/L como P	4.00 kg P/día	Hipótesis conservadora
Fósforo de salida	2 mg/L como P	1.00 kg P/día	Meta sujeta a permiso
SSLM y SSVLM	4,000 y 2,800 mg/L	Fracción volátil 0.70	Criterio de operación

Pretratamiento y proceso biológico de la PTAR

Recepción y separación de materiales. El drenaje conducirá las aguas residuales hacia el pretratamiento, donde un tamiz retendrá materiales que puedan obstruir bombas o interferir con la aireación. La separación de arenas reducirá acumulaciones en tanques y abrasión de equipos. Las grasas de cocinas se controlarán preferentemente en su punto de generación, para limitar su llegada al proceso biológico y facilitar su retiro como una corriente diferenciada.

Los equipos de llegada deben admitir al menos 31.25 m^3/h conforme al límite hidráulico adoptado. Los residuos de tamizado, arenas y grasas se retirarán de manera controlada y no se confundirán con los lodos biológicos.

Ecualización y alimentación regulada. El tanque de ecualización de 125 m^3 útiles recibe las variaciones de caudal y permite dosificar la alimentación hacia el tratamiento biológico. El volumen corresponde a seis horas del caudal externo de 500 m^3/día. Cuando se consideran 540 m^3/día con retornos, el tiempo nominal es de 5.56 horas. Se prevé mezclado mecánico para limitar sedimentación y mantener una alimentación más uniforme.

Como comprobación del balance, una punta de 31.25 m^3/h durante dos horas, con salida regulada a 22.50 m^3/h, acumularía 17.50 m^3.

Zona anóxica y recirculación de nitratos. La zona anóxica propuesta dispone de 100 m^3 útiles, distribuidos en dos unidades de 50 m^3. Su finalidad es favorecer la transformación de nitratos en nitrógeno gaseoso mediante biomasa y carbono biodegradable, bajo condiciones de bajo oxígeno disuelto. El mezclado mantiene los sólidos en suspensión y el retorno desde la zona aeróbica aporta el nitrato que se busca remover.

La recirculación interna de referencia es de tres veces el caudal medio de proceso: 1,620 m^3/día, equivalente a 67.50 m^3/h. Al incorporar ese flujo y 270 m^3/día de retorno de lodos, el tiempo de paso calculado en la zona anóxica es de aproximadamente 0.99 horas, frente a 4.44 horas si se usa solamente el caudal de 540 m^3/día.

Reactor aeróbico de aireación extendida. Se proponen 500 m^3 útiles de reactor aeróbico, repartidos en dos unidades de 250 m^3. Para 200 kg/día de DBO aplicada, una concentración de sólidos suspendidos volátiles del licor mezclado de 2.8 kg/m^3 y una relación alimento a biomasa de 0.15, el volumen calculado es de 476.19 m^3. Al adoptar 500 m^3, la relación efectiva resulta de 0.143 kg DBO/kg SSV/día y el tiempo hidráulico nominal de 22.22 horas a 540 m^3/día.

La biomasa utiliza la materia orgánica y, bajo condiciones adecuadas, oxida el nitrógeno amoniacal. La nitrificación depende de temperatura, alcalinidad, oxígeno y edad de lodos; la desnitrificación depende además del carbono disponible.

Clarificación y aireación de la PTAR

Separación de biomasa y retorno de lodos. El licor mezclado pasa del reactor aeróbico a la clarificación secundaria, donde se separa la biomasa sedimentable del agua. Se proponen dos clarificadores con 16 m^2 cada uno, para un total de 32 m^2 y una profundidad útil de referencia de 3 m. La carga hidráulica superficial calculada es de 16.88 m^3/m^2/día al caudal medio de proceso y 23.44 m^3/m^2/día al máximo adoptado.

Una parte del lodo sedimentado se devuelve a la etapa biológica para sostener la concentración de microorganismos. Con 4 kg/m³ de sólidos en el licor mezclado y 12 kg/m³ en el lodo de retorno, la aproximación Q × X / (Xr − X) produce un retorno de 270 m³/día para Q = 540 m³/día. La purga retira el excedente que se genera durante el tratamiento. Los caudales de retorno y de purga se ajustarán con sedimentación, concentración de sólidos y control del proceso.

La comprobación de sólidos al máximo, usando un retorno de 50%, arroja 140.63 kg SST/m²/día. Ese dato deberá revisarse con el índice volumétrico de lodos y ensayos de sedimentación. El retorno interno de nitratos se conduce entre zonas biológicas y no se suma como una aportación externa a la planta.

Suministro de oxígeno. La estimación de oxígeno comprende 400.00 kg/día para la carga carbonácea, 68.55 kg/día para oxidar el escenario de 15 kg de nitrógeno amoniacal y 37.77 kg/día para digestión de lodos. El conjunto suma 506.32 kg/día. El balance adopta un factor de punta de 1.5, con una capacidad de cálculo de 759.48 kg de oxígeno por día, sin descontar un crédito por desnitrificación.

Con una transferencia efectiva supuesta de 12%, el requerimiento se estima en 879.10 Nm³/h de aire. El metro cúbico normal se refiere aquí a 0 °C y una atmósfera. Se proponen tres sopladores de 500 Nm³/h cada uno, con dos en servicio y uno de reserva. El caudal disponible en servicio sería de 1,000 Nm³/h, sujeto a la presión real de operación y a las curvas del equipo.

Tabla II-30. Capacidades biológicas y de aireación.

Elemento	Propuesta total	Distribución o comprobación
Ecualización	125 m³ útiles	6 h respecto del caudal externo
Zona anóxica	100 m³ útiles	2 unidades de 50 m³
Reactor aeróbico	500 m³ útiles	2 unidades de 250 m³
Clarificación secundaria	32 m²	2 unidades de 16 m²
Retorno de lodos	270 m³/día	Referencia ajustable de 50%
Recirculación de nitratos	1,620 m³/día	3 veces el caudal de proceso
Sopladores	3 de 500 Nm³/h	2 operativos y 1 de reserva

Tratamiento terciario y desinfección

Remoción química de fósforo. Después de la clarificación biológica se propone una etapa química para retirar fósforo mediante su incorporación a sólidos que puedan separarse. El escenario adoptado reduce la concentración de 8 a 2 mg/L sobre 500 m³/día, con una carga de 3.00 kg de fósforo removido por día. La función de esta etapa es transferir el fósforo a un lodo químico manejable; la digestión biológica no elimina ese fósforo del sistema.

La dosificación preliminar utiliza una relación de dos moles de hierro por mol de fósforo inicial. Sobre 4.00 kg/día de fósforo de entrada, el cálculo requiere 14.42 kg de hierro al día, equivalentes a 41.89 kg/día de cloruro férrico puro. Para una solución de 40% en masa y densidad de 1.4 kg/L, el consumo estimado es de 74.81 L/día. La concentración comercial y la dosis efectiva deberán confirmarse mediante prueba de jarras y operación piloto o ajuste controlado.

Tabla II-31. Unidades de tratamiento terciario.

Unidad	Capacidad propuesta	Función
Mezcla rápida	0.75 m³ útiles	Dispersar el reactivo

Floculación	12 m³ útiles	Formar flóculos separables
Clarificación química	32 m² efectivos	Retirar sólidos con fósforo
Filtros terciarios	3 de 2 m de diámetro	2 en servicio y 1 de reserva
UV	31.25 m³/h como mínimo	Desinfección con dosis validada
Contacto con cloro	35 m³ útiles	Tiempo efectivo preliminar de 33.6 min

Clarificación química y filtración. La mezcla rápida se calculó inicialmente con un minuto de contacto al caudal máximo, equivalente a 0.52 m³, y se adoptaron 0.75 m³. La floculación parte de veinte minutos, equivalentes a 10.42 m³, y se proponen 12 m³. El área de clarificación química se basa en una carga de referencia de 1 m³/m²/h; deberá comprobarse la separación.

La filtración terciaria retiene sólidos remanentes para estabilizar la calidad y favorecer la desinfección. Dos filtros de 2 m de diámetro proporcionan 6.28 m² en servicio, con velocidades de 3.58 m/h al caudal medio de proceso y 4.97 m/h al máximo. El tercer filtro ofrece reserva para alternancia o mantenimiento. Los lavados previstos consumen 27.74 m³/día de agua de proceso, que se recircula de manera controlada hacia la ecualización.

Desinfección y salida de agua tratada. El efluente filtrado pasa a desinfección UV y contacto con cloro. Para un volumen de 35 m³, caudal máximo de 31.25 m³/h y factor hidráulico de 0.5, el tiempo efectivo preliminar es de 33.6 minutos. El ejemplo de dosificación de 5 mg/L equivale a 2.50 kg/día de cloro disponible a 500 m³/días externos. La dosis y el residual se ajustarán a la calidad del efluente, y se evaluará decloración cuando las condiciones del destino la requieran.

Producción y manejo de lodos

La línea de lodos retira los sólidos generados durante el tratamiento biológico y la remoción química. El rendimiento de sólidos biológicos capturados es de 0.50 kg por kg de DBO removida. Aplicado a 190 kg/día de remoción, produce una estimación de 95.00 kg secos/día. El balance simplificado del tratamiento con hierro agrega 31.86 kg secos/día de sólidos químicos, para un total de 126.86 kg secos/día a capacidad de diseño.

Tabla II-32. Lodos y aguas separada en la PTAR.

Concepto	A 500 m³/día	Al caudal medio de 416.60 m³/día
Sólidos biológicos capturados	95.00 kg secos/día	79.15 kg secos/día
Sólidos químicos estimados	31.86 kg secos/día	26.54 kg secos/día
Total, de sólidos capturados	126.86 kg secos/día	105.70 kg secos/día
Torta al 20% de sólidos	634.29 kg húmedos/día	528.50 kg húmedos/día
Agua contenida en torta	0.51 m³/día	0.42 m³/día
Purga biológica a 12 kg/m³	7.92 m³/día	6.60 m³/día
Efluente líquido neto	499.49 m³/día	416.18 m³/día

Estabilización y deshidratación. Con una concentración de 12 kg de sólidos por m³ de purga, los 95 kg secos/día representan 7.92 m³/día de lodo biológico. El criterio de veinte días de permanencia produce un volumen calculado de 158.33 m³, por lo que se propone un digestor de 160 m³ útiles. Su función es estabilizar la fracción biodegradable, bajo condiciones de aireación que deberán verificarse en la selección de equipos y en la operación.

Los lodos químicos requieren manejo diferenciado, con un almacenamiento propuesto de 15 m^3 y una concentración de referencia de 10 kg de sólidos por m^3. Posteriormente se realiza deshidratación para reducir el volumen de transporte. La estimación adopta una torta de 20% de sólidos y conserva la masa previa a digestión como criterio conservador de manejo; el rendimiento depende de estabilización, captura y desempeño del equipo de deshidratación.

Agua contenida en los sólidos y retornos de proceso. El agua retirada con la torta se obtiene multiplicando la masa seca por la relación 0.80/0.20 y dividiendo entre 1,000 kg/m^3. De esta forma se separa el agua de la masa total húmeda y se evita descontar toda la torta como si fuera volumen de agua. En el escenario medio se retiran aproximadamente 0.42 m^3/día, de manera que el efluente líquido neto es de 416.18 m^3/día. Los filtrados de deshidratación y los lavados terciarios regresan a ecualización bajo control de caudal y calidad. La reserva hidráulica de 40 m^3/día contempla 27.74 m^3/día de lavados y del orden de 11 m^3/día de líquidos de la línea de lodos. Estos retornos se contabilizan dentro de la planta y no se suman al agua residual generada por el proyecto.

Reúso y destino del efluente

Disponibilidad ordinaria de agua tratada. El volumen útil para distribución después del tratamiento es el efluente líquido neto. Para el caudal medio provisional de 416.60 m^3/día, el descuento del agua retirada con los lodos produce 416.18 m^3/día. De este volumen se asignan 20.86 m^3/día a riego y 158.13 m3/día para lavado de exteriores y reserva de emergencias, el remanente de 237.19 m^3/día se identifica como efluente previsto para inyección, condicionado a la definición y acreditación del receptor.

Tabla II-33. Distribución del efluente según el escenario de operación.

Corriente	Escenario medio m^3/día	Escenario de diseño m^3/día
Agua residual externa	416.60	500.0
Agua retirada con lodos	0.42	0.51
Efluente líquido neto	416.18	499.49
Reúso para riego	20.86	20.86
Reúsos exteriores+ reserva emergencia	158.13	158.13
Remanente previsto para inyección	237.19	320.5

El escenario a capacidad de diseño sirve para dimensionar el destino del efluente cuando la planta recibe 500 m^3/días externos.

Riego con agua recuperada

El riego comprende 3.90 m^3/día para conservación y aprovechamiento y 16.96 m^3/día para conservación y reforestación. La suma de 20.86 m^3/día corresponde a una aplicación de referencia de 5l/m^2/día sobre 4,172.81 m^2 en el balance de origen. Para distribuirla durante ocho horas se requiere un caudal de 0.724 L/s. Se propone un almacenamiento de 30 m^3 útiles para desacoplar el tratamiento continuo del horario de riego.

El reúso representa aproximadamente 5.01% del efluente neto del escenario medio. Su programación deberá ajustarse a la lluvia, humedad del suelo y necesidad de la vegetación. Si el riego disminuye, el excedente deberá considerarse en la regulación y el destino autorizado del efluente; no se justifica aplicar agua adicional solo para sostener una cifra fija de reúso. La red de riego debe permanecer identificada y separada de la red potable.

Manejo de excedentes y corrientes salinas

El efluente tratado de PTAR y el concentrado de la POI son corrientes de origen y composición distintos. El rechazo salino no se diluye de manera automática con el efluente sanitario para considerarlo tratado. La calidad, caudal, obras de conducción, receptor y condiciones de disposición deben definirse para cada corriente; una eventual combinación requeriría demostrar su compatibilidad y corresponder al esquema autorizado.

La profundidad de inyección es de -100 m, conforme a lo indicado en el estudio geohidrológico. Los controles propuestos deben impedir que un desbordamiento, una avería o una desviación de calidad se conviertan en una descarga no prevista.

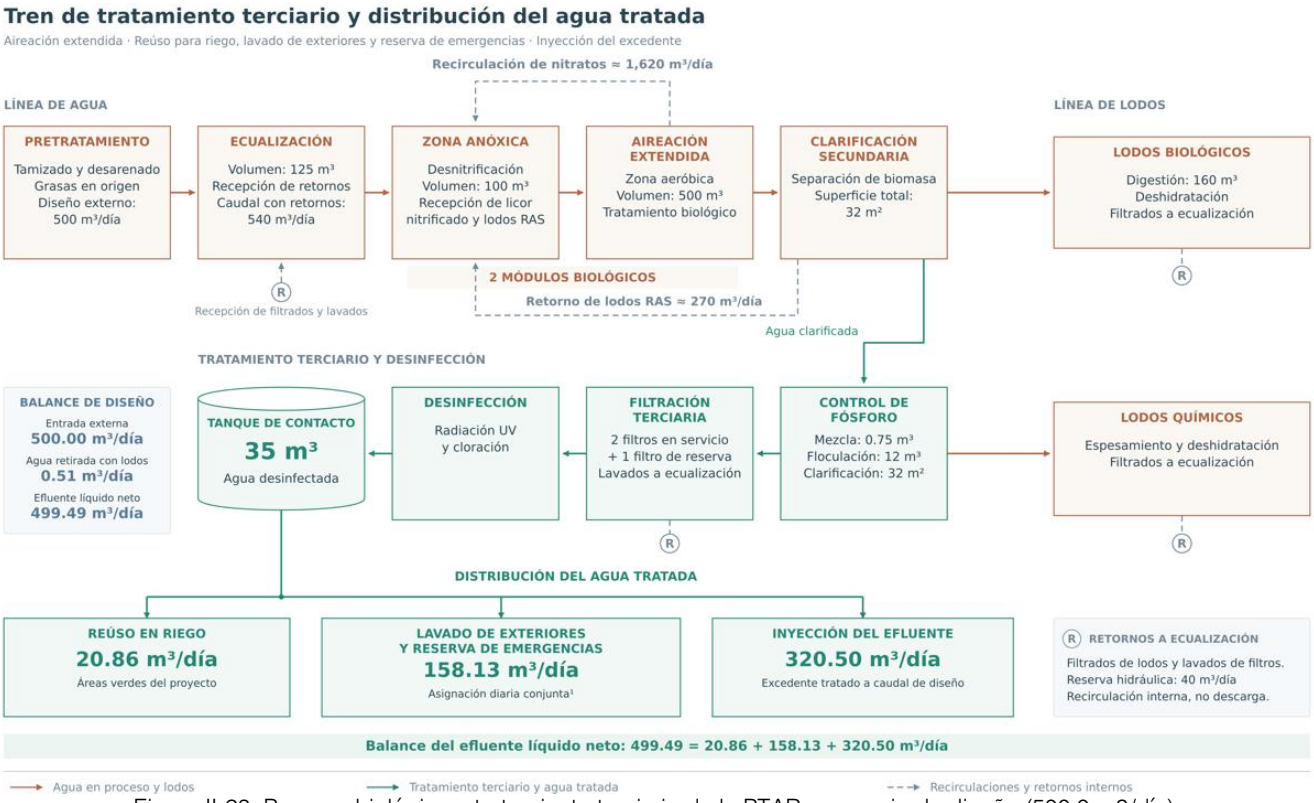


Figura II-23. Proceso biológico y tratamiento terciario de la PTAR escenario de diseño (500.0 m3/día).

El retorno de lodos mantiene biomasa en el proceso, mientras que la recirculación interna aporta nitratos a la zona anóxica. Los filtrados y lavados se regulan hacia ecualización. Cada módulo biológico tiene una capacidad externa de referencia de 250 m³/día; un módulo aislado no cubre los 416.60 m³/día del escenario medio. El mantenimiento debe coordinarse con almacenamiento y reducción efectiva de aportaciones.

Control operativo y verificación del balance

La verificación del sistema debe relacionar mediciones de cantidad y calidad. La instrumentación debe permitir identificar el origen de diferencias y ajustar el proceso sin mezclar las corrientes.

Tabla II-34. Punto de control propuestos.

Punto	Registro o medición	Propósito

Captación y cisterna salobre	Volumen por pozo, nivel, horario y calidad	Comprobar suministro y variaciones de agua cruda
Pretratamiento POI	Pérdida de presión, turbiedad, SDI y volumen de lavado	Proteger membranas y verificar demanda auxiliar
Alimentación producto y rechazo	Caudal, presión y conductividad por tren	Calcular recuperación y detectar variaciones de separación
Agua potable terminada	Calidad, desinfección, nivel y volumen distribuido	Comprobar suministro a los usos previstos
Entrada y biología de PTAR	Caudal, DBO, SST, nutrientes, pH, oxígeno y sólidos de biomasa	Ajustar cargas, aireación, retornos y purga
Efluente de PTAR	Caudal, sólidos, nutrientes y calidad microbiológica	Comprobar aptitud para reúso y destino final
Lodos lavados y filtrados	Volumen, concentración y masa retirada	Cerrar balance de agua y sólidos
Riego y disposición	Volumen por destino y calidad correspondiente	Evitar doble conteo y comprobar destinos reales

En la POI, la recuperación real se obtiene dividiendo el producto entre la alimentación al banco en un mismo intervalo. El cierre de esa unidad compara alimentación con producto más concentrado. Los lavados se registran por separado. En la PTAR, el cierre compara entrada externa y cambios de almacenamiento con efluente final y agua retirada con sólidos, sin sumar los retornos internos como entradas nuevas.

La comprobación diaria debe considerar los niveles iniciales y finales de cisternas y tanques. Cuando el almacenamiento aumenta, una parte de la extracción todavía no aparece como consumo o descarga; cuando disminuye, la entrega puede superar la captación del día. Por ello, la diferencia de un día no se interpreta automáticamente como fuga. El balance ordinario presentado supone almacenamiento estable en el periodo considerado.

Características principales de los pozos

Los pozos de aprovechamiento de la POI contarán con un gasto de 13.28 l/s, tendrá un aprovechamiento anual de 418,870.35 m^3, el pozo de rechazo (PROI) contará anualmente con un caudal de 6.93 l/s (218,649.6 m^3 $año^{-1}$). Para el caso de la PTAR constará con un pozo de rechazo o inyección de agua tratada (PRAT) con caudal de diseño de 3.71 l/s (116,982.5 m^3/año y estarán equipados con medidor totalizador para su fiscalización.

Para verificar el volumen de agua que se descarga, el pozo estará equipado con medidor totalizador para su fiscalización, ya que esta es parte de la información básica solicitada por la CONAGUA a todos los concesionarios.

Tabla II-35. Pozos de aprovechamiento y rechazo.

Pozos	Profundidad (m)	Volumen diario (m^3/día)	Caudal promedio (l/s)	Volumen anual (m^3/año)
2 pozos Aprovechamiento (PA)	-25	1,147.59	13.28	418,870.35
1 pozo Rechazo (PROI1)	-60	599.04	6.93	218,649.60
1 pozo de Rechazo (PRAT2)	-100	320.5	3.71	116,982.5

En lo referente a las características constructivas de los pozos, éstas serán concordantes con las especificaciones técnicas de la NOM-003-CNA-19963F[4], al término del pozo se deja reposar por un lapso de 24 horas para tomar las muestras de agua y hacer un análisis físico-químico cada 5 m. Terminado el muestreo para los análisis físico-químicos, se procede a realizar el registro eléctrico para detectar la conductividad en el pozo, una vez recolectadas las muestras pétreas a cada metro perforado se les serán

[4] NOM-003-CNA-1996 Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.

entregadas a la CONAGUA para su valoración y dictaminación. Una vez tomadas las muestras, se procederá a introducir la barrena al fondo del pozo para desinfectar con cloro y hacer el sifoneo, como lo marca la norma.

El proceso antes descrito se realiza para el pozo de rechazo de 80 m, tal como se describe a continuación:

a) Perforación de pozos.

El proyecto contempla la perforación de dos pozos de aprovechamiento y de rechazo.

La siguiente tabla muestra las coordenadas UTM, datum horizontal WGS 1984 zona 16N, de la ubicación de cada uno de los pozos mencionados, a expensas de que sean autorizados por la CONAGUA.

Tabla II-36. Coordenadas UTM, datum horizontal WGS 1984 zona 16N, de la ubicación de cada uno de los pozos.

POZO	COORDENADA	
	X	Y
pozos Aprovechamiento (PA1)	350322.3345	2060268.1158
2 pozos Aprovechamiento (PA2)	350330.5046	2060262.9551
pozo Rechazo (PROI 1)	350334.84.59	2060220.0981
pozo de Rechazo (PRAT2)	350363.0970	2060263.8791

La ubicación física de cada uno de los pozos se presenta en los planos adjuntos a la MIA-P.

Para los pozos de aprovechamiento previa concesión otorgada por la CONAGUA, tendrá 300 mm de diámetro, utilizando una máquina rotatoria con barreno tricónico y puntas de diamante a -60 m de profundidad, para su perforación.

Cada pozo tendrá su contrademe, mismo que será un tubo de PVC de 14” de diámetro, y su ademe, que constará de tubo liso y ranurado de PVC de 10” de diámetro.

Para verificar la calidad del agua que se aprovecha de los pozos perforados, se realizarán los muestreos requeridos de acuerdo el método de muestreo indicado en la norma NOM-014-SSA1 y los límites utilizados para verificar la desinfección del pozo serán de acuerdo con la norma NOM-127-SSA1-1994 en cuanto a los parámetros bacteriológicos.

Los pozos de descarga (rechazo) de la planta potabilizadora, el cual incluye la perforación de pozo de 300 mm de diámetro, utilizando máquina rotatoria con barreno tricónico, puntas de diamante y hasta los -60 m de profundidad para el rechazo de agua salobre y a -100 m para la inyección de agua tratada.

Suministro y colocación de tubo liso y ranurado de PVC de 10” de diámetro para ademar el pozo.

Croquis de los pozos de aprovechamiento

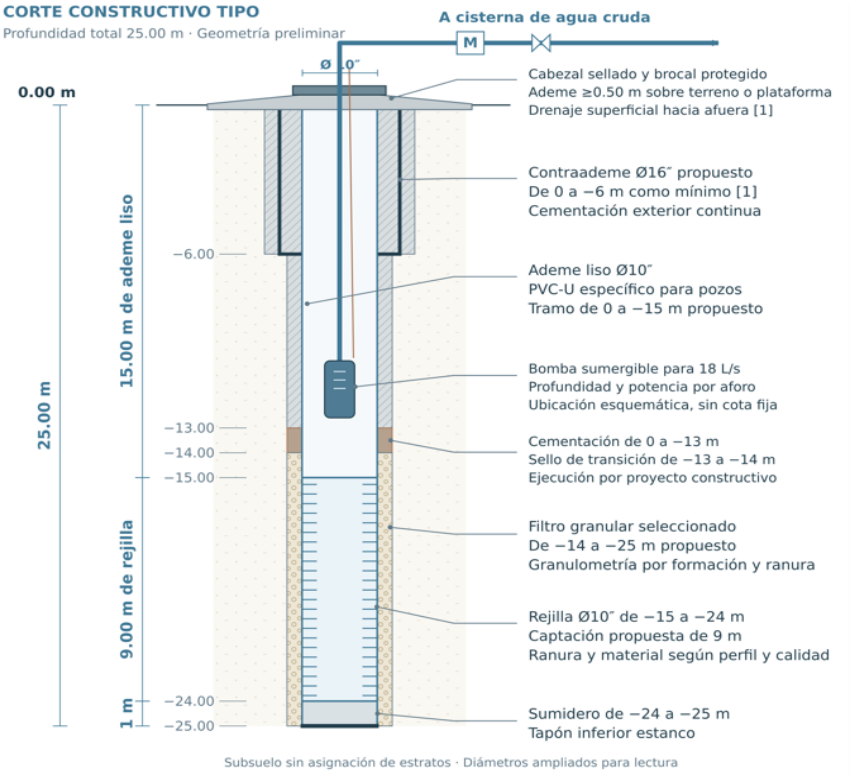


Figura II-24. Coquis del pozo de aprovechamiento (PA1,2)(-25m).

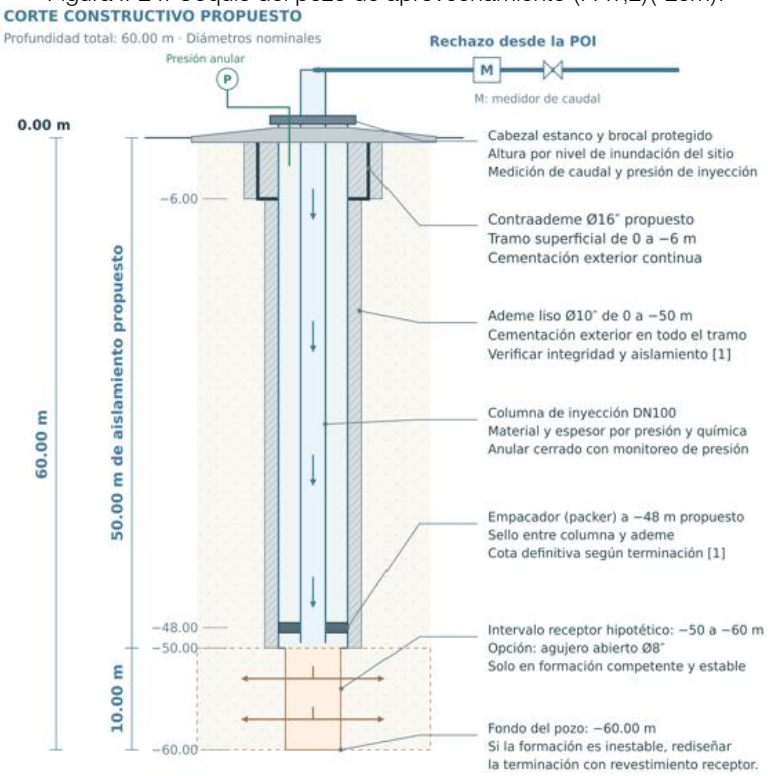


Figura II-25. Croquis del pozo de rechazo de agua salobre (PROI-1) (-60m).

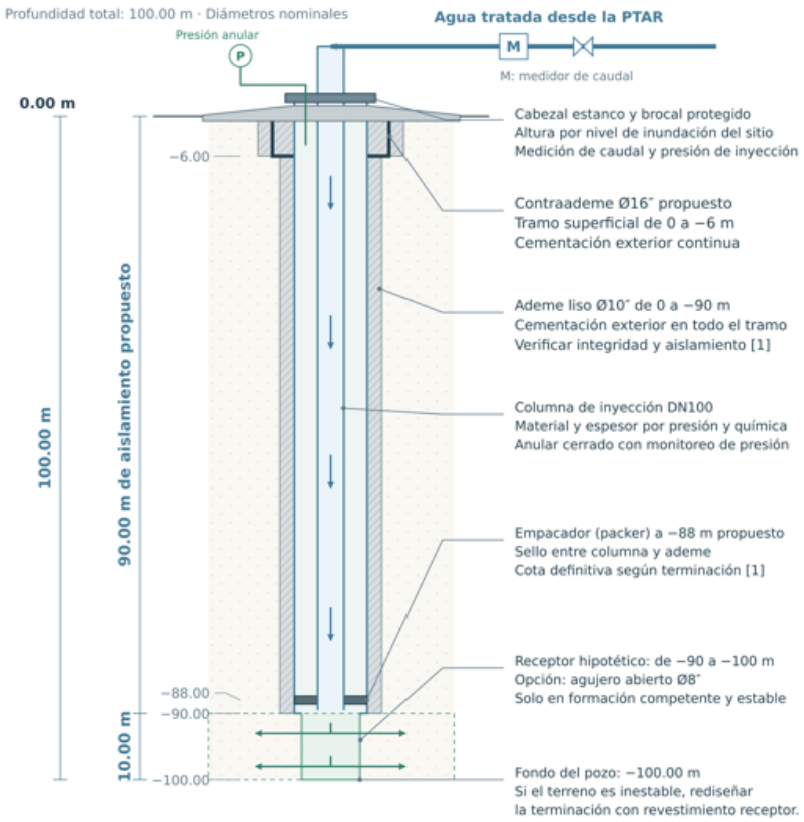


Figura II-26. Croquis del pozo de rechazo de agua tratada (PRAT-2) (-100m)

a) Equipamiento de los pozos

Se incluye el siguiente alcance para el equipamiento de los pozos:

Los pozos contarán, cada uno, con una bomba sumergible, marca GRUNDFOS, para un gasto de 260 gpm, motor eléctrico de 20 Hp 440 Vca 60 Hz 3 f, fabricada en su totalidad en acero inoxidable tipo 904 L para agua de mar que incluye:

Tubería de montaje en pozo en 3” de PVC Ced. 80, válvula de corte, válvula check, cable de sujeción, válvula de muestreo y tablero de Nema 4x con desconectador para mantenimiento.

Instalación de sistema integral para monitoreo y transmisión de conductividad eléctrica de agua SIMTCA-H de pozo de captación que incluye: comunicación GPRS protocolo TCP, medidor de calidad, data logger para almacenamiento de datos, memoria no volátil de 4 Gb, sistema de telemetría con servicio de comunicación y entrega de datos bajo reglas operativas de la CONAGUA. Todo el sistema viene montado en gabinete IP66 para intemperie, incluye calibración y programación.

Instalación de sistema para monitoreo y transmisión de flujo de agua con totalizador M5000 para pozos de captación y el de rechazo que incluye: dos medidores de flujo de 4.0” para pozos de aprovechamiento y un medidor de flujo de 3” para pozo de rechazo.

Medidas normativas para la prevención de la contaminación del acuífero.

Para prevenir la contaminación del agua subterránea durante la perforación de los pozos, se tomará en consideración las medidas y especificaciones mencionada en la norma oficial mexicana NOM-003-CNA-1996, la cual tiene como objeto establecer los requisitos mínimos durante la construcción de pozos de agua y minimizar el riesgo de contaminación de los acuíferos. El seguimiento de estos lineamientos ayudará a definir las medidas ambientales a considerar para el desarrollo del proyecto en el cuerpo de esta manifestación de impacto ambiental; y, por otro lado, a cumplir con los requisitos para contar con los títulos de concesión otorgados por la CONAGUA. Entre las especificaciones de la norma NOM-003-CNA-1996 a considerar resaltan las siguientes:

Previo a la perforación, la herramienta y tubería se deben desinfectar aplicando proporcionalmente al volumen de agua contenido en el pozo el desinfectante removiendo antes grasas, aceites, necesario para que el cloro activo sea de 200 mg/l como mínimo.

Los fluidos de perforación como el agua estarán libres de substancias que degraden las características químicas del agua subterránea.

El agua debe estar libre de patógenos y poseer un pH entre 6 y 10, lo antes para que no inhiban las propiedades del fluido y no degraden el agua del subsuelo.

Una vez concluidos los trabajos de perforación de los pozos, se deben de retirar los residuos de lodo y materiales de construcción.

Una vez abierto, se efectuará un monitoreo de calidad de agua del pozo, para determinar el pH, conductividad eléctrica, sulfatos, nitratos, cloruros, dureza total, calcio, sodio, potasio, sólidos disueltos totales y bacterias Coliformes fecales. Este procedimiento deberá de realizarse cada tres años o de acuerdo con las especificaciones de la concesión.

Para evitar la contaminación del agua del pozo el aprovechamiento hidráulico subterráneo contará con protección sanitaria, esto es, el espacio anular entre las paredes de la formación y el ademe, así como la terminal superior del pozo, son las áreas que presentan mayor riesgo de contaminación, por lo que aplicará proporcionalmente al volumen de agua contenido en el pozo el desinfectante necesario para que el cloro activo sea de 200 mg/l como mínimo, para evitar cualquier riesgo de contaminación, seguido de la colocación del sello en el espacio anular que queda entre el ademe y la perforación de 14” se construirá un contra ademe para evitar la infiltración de agua superficial que pudiera estar contaminada. Esta estructura sobresaldrá 0.50 M del terreno natural.

II.2.3 Requerimiento de personal e insumos

a) Requerimiento de personal

El desarrollo del proyecto que nos ocupa genera una base de empleos temporales y permanentes, los cuales varían a razón del avance en el frente de preparación y construcción del proyecto, flujo de capitales de desarrollo y requerimientos de la misma obra.

Se estima que por el desarrollo del proyecto se generarán 1,357 empleos totales. En la siguiente tabla se desglosa por tipo y etapa de desarrollo del proyecto.

Tabla II-37. Listado del personal para el proyecto.

ACTIVIDAD	EMPLEO (No.)	TRABAJADOR	TIPO DE EMPLEO
ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO			
Ejecución de rescate de fauna	5	Especialista	Temporal, durante las actividades preliminares.
	5	Supervisor	Temporal, durante las actividades preliminares.
	10	Ayudantes	Temporal, durante las actividades del rescate de fauna.
Ejecución de rescate de vegetación	5	Supervisor	Temporal, durante las actividades de preparación del sitio y constructivas.
	5	Jardinero	Temporal, durante las actividades de preparación del sitio y constructivas.
	5	Ayudantes	Temporal, durante las actividades del rescate de flora.
Trabajo topográfico (delimitación)	5	Topógrafo	Temporal, durante las actividades de preparación del sitio y constructivas.
	5	Auxiliar	Temporal, durante las actividades de preparación del sitio y constructivas.
Chapeo y deshierbe	5	Gerente	Temporal, durante las actividades de preparación del sitio.
	5	Supervisor	Temporal, durante las actividades de preparación del sitio.
	25	Operarios	Temporal, durante las actividades de preparación del sitio y constructivas.
	50	Peones	Temporal, durante las actividades de preparación del sitio.
Triturado de vegetación	5	Supervisor	Temporal, durante las actividades de preparación del sitio.
	5	Operario	Temporal, durante las actividades de preparación del sitio.
	5	Peón	Temporal, durante las actividades de preparación del sitio.
Nivelación	1	Gerente de obra	Temporal, durante las actividades constructivas.
	5	Subgerente de obra	Temporal, durante las actividades constructivas.
	2	Coordinador de obra	Temporal, durante las actividades constructivas.
	3	Capataz de obra	Temporal, durante las actividades constructivas.
	480	Cabo de obra	Temporal, durante las actividades constructivas.
Seguimiento técnico	5	Especialista	Permanente.
Residentes de obra	3	Encargado	Permanente.
Supervisor	15	Supervisor	Permanente.
Vigilantes	20	Vigilancia	Permanente.
Administrativo	35	Personal de oficina	Temporal.
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN			
Jardinería	5	Supervisor	Temporal, al final de la etapa de construcción.
	25	Jardineros	Temporal, al final de la etapa de construcción.
Obra	5	Seguimiento técnico	Permanente
	1	Gerente de obra	Permanente.
	2	Subgerente de obra	Permanente.
	3	Coordinador de obra 1	Permanente.
		Coordinador de obra 2	Temporal, durante las actividades constructivas.
	3	Capataz de obra 1	Temporal, durante las actividades constructivas.
		Capataz de obra 2	Temporal, durante las actividades constructivas.
		Capataz de obra 3	Temporal, durante las actividades constructivas.

ACTIVIDAD	EMPLEO (No.)	TRABAJADOR	TIPO DE EMPLEO
	480	Cabo de obra	Temporal, durante las actividades constructivas.
Programa de manejo de residuos	1	Coordinador de obra	Temporal, durante las actividades constructivas.
	3	Capataz de obra	Temporal, durante las actividades constructivas.
	20	Peón	Temporal, durante las actividades constructivas.
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			
Personal de limpieza	30	Encargado de limpieza	Permanente
Mantenimiento	30	Encargado de mantenimiento y verificación	Permanente
Vigilancia	15	Vigilantes y veladores	Permanente
Administrativo	30	Administración	Permanente

De acuerdo con lo anterior, se tiene que el proyecto considera generar con el desarrollo del proyecto un aproximado de 1,387 empleos directos, entre temporales y permanentes.

Si consideramos la relación de que por cada empleado directo se generan 2 empleos indirectos adicionales, se estarían generando 4,161 empleos totales por el desarrollo integral del proyecto.

a) Materiales demandados para la construcción

Para el desarrollo de las actividades de construcción se considera la utilización de los materiales listados en la tabla, la cual es enunciativa y no limitativa en cuanto al tipo de materiales demandados y las cantidades mencionadas. contemplando que los materiales pétreos requeridos provendrán de bancos que acrediten debidamente su permiso de extracción por la autoridad competente. Cabe señalar que, el material que se presenta a continuación es indicativo más no limitativo ya que conforme al avance de obra se pueden requerir materiales específicos que no se consideraron en este listado.

Tabla II-38. Listas y volúmenes de materiales de construcción demandados para la construcción del proyecto.

Materiales	Cantidad	Origen
Material pétreo para nivelación y terracerías	11,000 m^3	Banco autorizado
Gravas	3,300 m^3	Banco autorizado
Arenas	880 m^3	Banco autorizado
Concreto premezclado	11,000 m^3	Cementera
Madera	43,000 pie tablón	Maderería autorizada

Además del listado de materiales de construcción mencionados en la Tabla II-39, la construcción del proyecto demandará: acero de refuerzo, acero estructura, aluminio, adhesivo porcelánico, boquilla sin arena, cemento blanco, impermeabilizante, membrana para curado, microfibra, piedra natural, adoquín, falso plafón, tablaroca, pasta, pasta acrílica, pintura, cemento tipo II, concreto premezclado F'c= 150 y 200 kg cm^{2-1}, grava triturada y lavada 3/4" de diámetro, tubería de PVC de diversos diámetros Cables y alambres Acero de refuerzo F'y= 4200 kg $cm^{2-1,}$ block ligero de concreto 15x20x40 cm Vigueta pretensada 12-5. Pilotes de madera, y cimbraplay de madera de pino, cancelería de aluminio y vidrio de 6 mm y bovedilla de casetón de poliestireno.

a) Maquinaria y equipos requeridos

Para la construcción del proyecto se requiere de la contratación y uso de maquinaria pesada, vehículos para transporte de materiales y equipo para las cimentaciones e instalaciones. Para su uso, se exigirá al contratista responsable de la construcción del proyecto que los automotores sean nuevos o se encuentren en óptimas condiciones mecánicas. Además, deberán someterse a un programa de mantenimiento de acuerdo con las especificaciones por tipo de automotor de que se trate. En la tabla se incluye un listado enunciativo, más no limitativo, de los automotores mayormente a usarse.

Tabla II-39. Listado de maquinaria y equipos automotores, uso e intensidad de ruido normalmente emitido durante la operación a usarse durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.

Equipo	Cantidad (No.)	Tiempo demandado		Ruido [(dB (A)]	Combustible
		Meses	Diario (h)		
Hinca pilotador	1	5	8	114	Diésel
Camión con grúa	1	18	4	85 - 90	Diésel
Camión orquesta	1	18	4	85 - 90	Gasolina
Pipa de agua	2	18	6	85 - 90	Diésel
Olla de concreto	3	18	8	85 - 90	Diésel
Bomba de concreto	1	14	6	85 - 90	Diésel
Volteos de 7 y 14 m^3	10	18	8	85 - 90	Diésel
Camioneta.	4	18	8	85 - 90	Gasolina
Excavadora.	1	18	4	85 - 90	Diésel
Generador de energía.	2	18	4	85	Diésel
Grúa	2	2	8	78 - 90	Diésel
Máquina de soldar	2	18	8	85 - 90	Eléctricas
Moto conformadora	2	18	4	75	Diésel
Perforadora	2	2	8	95	Diésel
Retroexcavadora	2	18	4	97 - 107	Diésel
Vibro compactador	2	18	4	91 - 104	Diésel

II. 2.4 Etapa de operación y mantenimiento.

La etapa de operación del proyecto implica el uso y mantenimiento de las instalaciones construidas que se destinarán a la operación turística y suburbana. En esta fase es donde también se aplican programas ambientales estratégicos para minimizar el impacto ambiental a los que se dará seguimiento, siendo documentados y presentados de acuerdo con la periodicidad que indique el resolutivo que eventualmente se emita. Bajo esta gestión, se espera tener control de impactos ambientales adversos y, en caso de que ocurrieran, tomar de decisiones e implementar acciones que permitan revertirlos.

Durante esta fase imperarán criterios precautorios que permiten mantener las diferentes áreas e instalaciones orientadas a la prestación de servicios evitando afectaciones al sistema ambiental. Estas acciones derivan de la atención a los siguientes aspectos indicativos más no limitativos:

En las áreas construidas, las aguas pluviales serán recogidas y filtradas al subsuelo.

Favorecer zonas reforestadas con vegetación nativa.

Fomentar que los escurrimientos pluviales sean trasladados al subsuelo o a la cuenca que fluye hacia la laguna de manera natural.

La construcción basada en plataformas elevadas del suelo mediante uso de pilas y pilotes, así como la aplicación de métodos constructivos propuestos, permiten que el terreno construible sea permeable en un 95.89% asegurando la conectividad ecológica, el flujo superficial y subterráneo y la continuidad de los procesos ecológicos.

Desde el punto de vista operativo, el proyecto funcionará como un espacio turístico-suburbano habitacional de bajo impacto, con áreas abiertas, zonas techadas y equipamiento de servicios, bajo un esquema de operación y control administrativo centralizado. Las actividades estarán enfocadas a la prestación de servicios hotelero y de residentes, así como, gastronómicos, recreativos, con prestación de servicios hidráulicos de manera autónoma a través de la POI, drenaje sanitario conectado a la PTAR, electricidad a través de la CFE y la implementación de los diversos programas ambientales.

El mantenimiento preventivo de la infraestructura incluirá revisiones periódicas de los sistemas estructurales, eléctricos, hidráulicos y sanitarios, así como de los equipos electromecánicos asociados a las habitaciones, la alberca y las áreas de servicios. Este mantenimiento tendrá como propósito conservar la funcionalidad de las instalaciones, evitar fugas o descargas accidentales y prevenir la generación de residuos peligrosos. Se implementará un programa de inspección trimestral de los sistemas de drenaje y captación pluvial, asegurando su limpieza y operatividad para mantener la permeabilidad natural del terreno y prevenir encharcamientos.

Se verificará periódicamente, el funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento de aguas residuales. Las descargas habrán de cumplir con los límites que imponen las Normas Oficiales Mexicanas y serán fiscalizadas por la autoridad correspondiente.

Se supervisará, de manera constante, la eficacia de la operación de trampas de grasas, sólidos y arenas que se colocarán en los registros de desagüe de las cocinas.

Se verificará el funcionamiento adecuado de la planta de osmosis inversa. Su operación se ceñirá a las disposiciones sanitarias y a las regulaciones que imponga la CONAGUA en el título de concesión correspondiente.

Las áreas verdes y paisajísticas se mantendrán mediante un programa de riego eficiente, utilizando dotaciones racionalizadas de agua conforme a las condiciones climáticas locales y priorizando el uso de especies nativas de bajo consumo hídrico. No se emplearán fertilizantes o plaguicidas sintéticos, sustituyéndolos por alternativas orgánicas o biológicas que garanticen la protección de la fauna y eviten la contaminación del suelo o el agua.

En materia energética, se fomentará el uso racional de la electricidad mediante sistemas de iluminación LED de bajo consumo, controlados por temporizadores y sensores de presencia, y el mantenimiento periódico de equipos eléctricos para asegurar su eficiencia.
El monitoreo ambiental incluirá la revisión sistemática de los indicadores de desempeño del proyecto, entre ellos la calidad del agua de la alberca, el consumo de energía y agua, la generación y manejo de residuos, así como el estado fitosanitario y cobertura de la vegetación. Estos parámetros permitirán evaluar la eficiencia ambiental del proyecto, identificar áreas de mejora y garantizar la conservación de las condiciones ecológicas del sitio.

Dicho monitoreo se sujetará a los términos y condicionantes que se establezcan en la resolución que emita la autoridad ambiental competente, con lo cual se asegurará el cumplimiento cabal de la normatividad aplicable a obras y actividades en los ecosistemas, y la observancia permanente de las medidas de prevención, mitigación y programas de manejo y control ambiental previstas en el presente documento.

II. 2.5 Etapa de abandono del sitio

El proyecto no considera esta fase dada su característica de permanente.

No se prevé el abandono del sitio durante la vida útil estimada del proyecto. La operación se proyecta a 90 años, con mantenimiento preventivo y correctivo. En caso de cierre, abandono, terminación anticipada o cambio sustantivo de uso, la promovente deberá presentar a la autoridad competente un programa específico de abandono, desmantelamiento, manejo de residuos, estabilización de suelos, retiro de infraestructura no funcional, restauración de áreas alteradas y seguimiento ambiental post-cierre.

El programa de abandono, en su caso, deberá priorizar la protección de zonas inundables con individuos de mangle dispersos, la permanencia de individuos de mangle, la estabilización de zonas intervenidas, el retiro de residuos y la restitución de la cobertura vegetal mediante especies nativas. Cualquier acción de abandono o cierre deberá ejecutarse con supervisión ambiental y con las autorizaciones que resulten aplicables.

II. 2.6 Utilización de explosivos

En ninguna de las etapas del proyecto se utilizarán explosivos.

II.2.7 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.

La cantidad y tipo de estos residuos variará dependiendo de la etapa del proyecto. Durante las dos primeras etapas, preparación del sitio y construcción, este tipo de residuos serán generados por los trabajadores que laboren en el predio, quienes llevan alimentos y bebidas refrescantes para consumirlos durante las horas de trabajo, además de los residuos vegetales que se generen en la preparación de las áreas de desplante de las obras. Y, por otro lado, durante las etapas de operación y mantenimiento del proyecto, este tipo de residuos se generarán por los baños cocinas, áreas de servicio, oficinas, y del restaurante. Además, aquí se incluyen también los residuos vegetales que se produzcan del mantenimiento de las áreas ajardinadas.

Los residuos sólidos urbanos que se generen se subclasificarán en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria para, de esta manera, poder diferenciar entre aquellos que se pueden reciclar, los que se pueden usar para composteo y aquellos que ya no tendrían algún uso.

Para su colecta y disposición temporal, durante las dos primeras etapas se instalarán contenedores rotulados para diferenciar el tipo de residuos a disponer en ellos. Estos estarán junto a los frentes de trabajo, en lugares estratégicos donde no interfieran con las actividades.

Los contendores que se instalen contarán con tapadera para evitar que los residuos se dispersen, ingrese fauna nociva en búsqueda de alimentos en ellos y que la basura se moje (afecte) en caso de lluvias.

Los residuos orgánicos que se produzcan por la remoción de la vegetación en los sitios de desplante de las obras del proyecto se manejarán por separado para facilitar su manejo a la empresa encargada de su manejo y disposición final.

Preparación del sitio y construcción:

Residuos de manejo especial: Se generarán de manera mínima residuos de restos derivados del retiro de flora exótica, serán erradicados con la flora invasiva. Durante la construcción los que se definen como los sobrantes de las actividades de obra, tales como restos derivados de pisos, muros, castillos, trabes, cimbra, colado de losas, instalaciones y acabados, se estima un desperdicio de 8% del total de los materiales utilizados. Este material será dispuesto de acuerdo a las indicaciones municipales o bien vendido para su reciclamiento.

Residuos sólidos urbanos: Se generarán residuos por la presencia de los trabajadores en el área del proyecto, los residuos serán orgánicos de tipo doméstico, restos de alimentos, e inorgánicos, recipientes, platos desechables, envolturas de alimentos y pet de bebidas refrescantes. Estos residuos serán acopiados en contenedores con tapa. Se procurará que los trabajadores coman en puntos específicos o próximos al comedor de obra.

La disposición final de todos estos residuos sólidos será de acuerdo con lo indicado por la autoridad municipal competente. En la obra se colocarán tambos diferenciados por color para acopiar estos desechos y facilitar su reciclaje.

LÍQUIDOS: Se generarán aguas residuales durante la etapa de construcción mismas que serán contenidas en los sanitarios portátiles. Estas instalaciones provisionales recibirán el mantenimiento y aseo correspondiente periódico que es proporcionado por la empresa especializada en este rubro.

EMISIONES A LA ATMÓSFERA: Los niveles de ruido generados por la maquinaria utilizada serán temporales, no rebasarán los límites máximos establecidos en norma, y ocurrirán en horas laborables.

Durante la etapa de construcción, se generarán emisiones a la atmósfera producto de la combustión interna de los motores de la maquinaria y equipo que se empleé en las actividades constructivas. Se espera, dadas las condiciones locales de viento y calidad del aire, una rápida dispersión atmosférica de éstas.

El flujo constante de los equipos automotores para el traslado de insumos requeridos para las actividades constructivas, así como las actividades propias de la etapa, podrán generar un mayor riesgo de afectar la calidad del aire debido a las partículas de polvo que se levantan y la emisión de gases de automotores que operan en condiciones no aptas y de las emisiones sonoras que emitan. El polvo levantado generalmente se deposita sobre el área foliar de la cobertura vegetal reduciendo la actividad fotosintética y el desarrollo de la vegetación, además de afectar la calidad del aire para la población.

Para mitigar esta afectación se establecerá que los vehículos que transporten materiales que puedan generar suspensión de partículas deberán usar lonas que reduzcan la dispersión. Para reducir la suspensión de partículas por operar en suelos secos y desprotegidos se aplicarán riegos en la frecuencia requerida. Y, para reducir la emisión de gases producto de una mala combustión se definirá que todo el equipo y la maquinaria que se requiera para el desarrollo del proyecto deba encontrarse en perfectas condiciones mecánicas, de tal manera que el ruido y los gases que generen no sobrepasen los límites establecidos en las normas aplicables. Para ello, se seguirá un programa regular de mantenimiento preventivo de los automotores en un sitio destinado para tal fin fuera del predio del proyecto. A los

automotores que se les detecte altas emisiones de gases se le prohibirá el acceso al predio hasta en tanto no se hayan sometido al programa de mantenimiento vehicular.

Operación

Durante la etapa de operación y mantenimiento, los residuos sólidos urbanos constituirán la corriente de mayor generación dentro del proyecto, como resultado de la presencia cotidiana de turistas, propietarios, empleados y personal de servicio, así como del funcionamiento de restaurantes, cocinas, áreas de atención al público, sanitarios, zonas recreativas, espacios comunes y áreas de servicio. En esta etapa se estima una generación aproximada de 576 kg/día de residuos sólidos urbanos, por lo que el proyecto deberá operar bajo un esquema de manejo reforzado y sistemático para esta corriente.

Para ello, se implementará un sistema permanente de manejo integral de residuos sólidos urbanos, sustentado en la separación en la fuente, la recolección interna diferenciada, el almacenamiento temporal seguro, la valorización de materiales reciclables y la disposición final controlada de la fracción no aprovechable. Se instalarán estaciones de clasificación distribuidas estratégicamente en el complejo, tanto para usuarios como para personal, distinguiendo al menos las fracciones orgánica, inorgánica reciclable e inorgánica no reciclable, con énfasis en la captación ordenada de residuos en zonas de mayor afluencia.

Todos los residuos serán depositados y resguardados en contenedores con tapa hermética, con capacidad suficiente para la demanda operativa del proyecto, a fin de prevenir la dispersión por viento, la infiltración de agua pluvial, la atracción de fauna nociva y la generación de lixiviados; la recolección se llevará a cabo mediante rutas internas y traslado al área de almacenamiento temporal, desde donde se coordinará su retiro mediante el servicio de recolección correspondiente. En congruencia con la sensibilidad ambiental del sitio, no se permitirá la permanencia de residuos por periodos mayores a 48 horas, debiendo programarse la frecuencia de retiro en función del volumen real generado, especialmente en temporadas de mayor afluencia.

Como parte del esquema de valorización, se prevé que el 100% de los residuos con potencial de reciclaje, particularmente cartón, plásticos PET/PEAD y metales, sea separado y canalizado a centros de acopio autorizados, siempre que se mantengan condiciones adecuadas de segregación y exista viabilidad operativa para su recuperación. La fracción no valorizable será entregada al servicio de limpia municipal o a prestadores privados autorizados para su traslado y confinamiento en rellenos sanitarios controlados, conforme a las disposiciones aplicables.

Se realizará la coordinación operativa con la Dirección de Servicios Públicos Municipales de Othón P. Blanco, los residuos podrán ser canalizados al relleno sanitario de que opera en Bacalar, siempre que ello se realice conforme a la logística y autorizaciones correspondientes. De no ser así, el promovente deberá asegurar su retiro mediante un prestador debidamente autorizado, manteniendo el control documental de su entrega y destino final.

Estrategia de mitigación y buenas prácticas

Como parte del manejo integral de los residuos sólidos urbanos, se implementará un Programa de Educación Ambiental y Capacitación dirigido al 100% del personal de obra y operativo, orientado a fortalecer la segregación en la fuente, el uso adecuado de contenedores, la prevención de contaminación del suelo y del agua, y las buenas prácticas de limpieza y orden en las áreas de trabajo y operación. Este programa incluirá temas de sensibilización respecto de la fragilidad del ecosistema costero, la importancia

de evitar la dispersión de residuos y la necesidad de mantener una separación correcta de los materiales valorizables y no valorizables.

De manera complementaria, quedará estrictamente prohibida la quema, entierro o abandono de residuos dentro del predio, así como cualquier práctica de disposición inadecuada. Todos los residuos generados deberán ser retirados mediante los mecanismos autorizados y con la periodicidad necesaria para evitar acumulación excesiva; asimismo, se mantendrá la trazabilidad de los residuos a través de registros internos, controles de recolección y, cuando aplique, documentos de transporte y entrega-recepción que permitan acreditar su retiro y destino final.

II.2.9 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos.

Al tratarse de un proyecto que contempla la preparación, construcción y operación del proyecto, como parte de ambos procesos se espera la generación de diversos tipos de residuos los cuales van a depender de la etapa de desarrollo y las actividades que se estén realizando. Para identificar los tipos de residuos que se generarán en esta descripción se toma en consideración la clasificación de residuos presentada por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento y, el manejo que se les dé depende del tipo de residuos y lo indicado en el marco jurídico respectivo.

De acuerdo con la Ley existen tres tipos de residuos: sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos. En la Ley, éstos se definen como sigue:

- *Residuos Sólidos Urbanos: Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole.*

- *Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.*

- *Residuos Peligrosos: Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley.*

A continuación, se describe la generación de residuos y el manejo a implementar para reducir el impacto ambiental de éstos por la ejecución del proyecto.

Generación y manejo de residuos sólidos urbanos

La cantidad y tipo de estos residuos variará dependiendo de la etapa del proyecto. Durante las dos primeras etapas, preparación del sitio y construcción, este tipo de residuos serán generados por los trabajadores que laboren en el predio, quienes llevan alimentos y bebidas refrescantes para consumirlos durante las horas de trabajo. Y, en la etapa de operación, este tipo de residuos se generarán en las cocinas de viviendas.

En ambos casos, los residuos sólidos urbanos que se generen se subclasificarán en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria para, de esta manera, poder diferenciar entre aquellos que se pueden reciclar, los que se pueden usar para composteo y aquellos que ya no tendrían algún uso.

Para su colecta y disposición temporal, durante las dos primeras etapas se instalarán contenedores rotulados para diferenciar el tipo de residuos a disponer en ellos (Figura II-27). Estos estarán junto a los frentes de trabajo, en lugares estratégicos donde no interfieran con las actividades.

Los contendores que se instalen contarán con tapadera para evitar que los residuos se dispersen, ingrese fauna nociva en búsqueda de alimentos en ellos y que la basura se moje (afecte) en caso de lluvias.

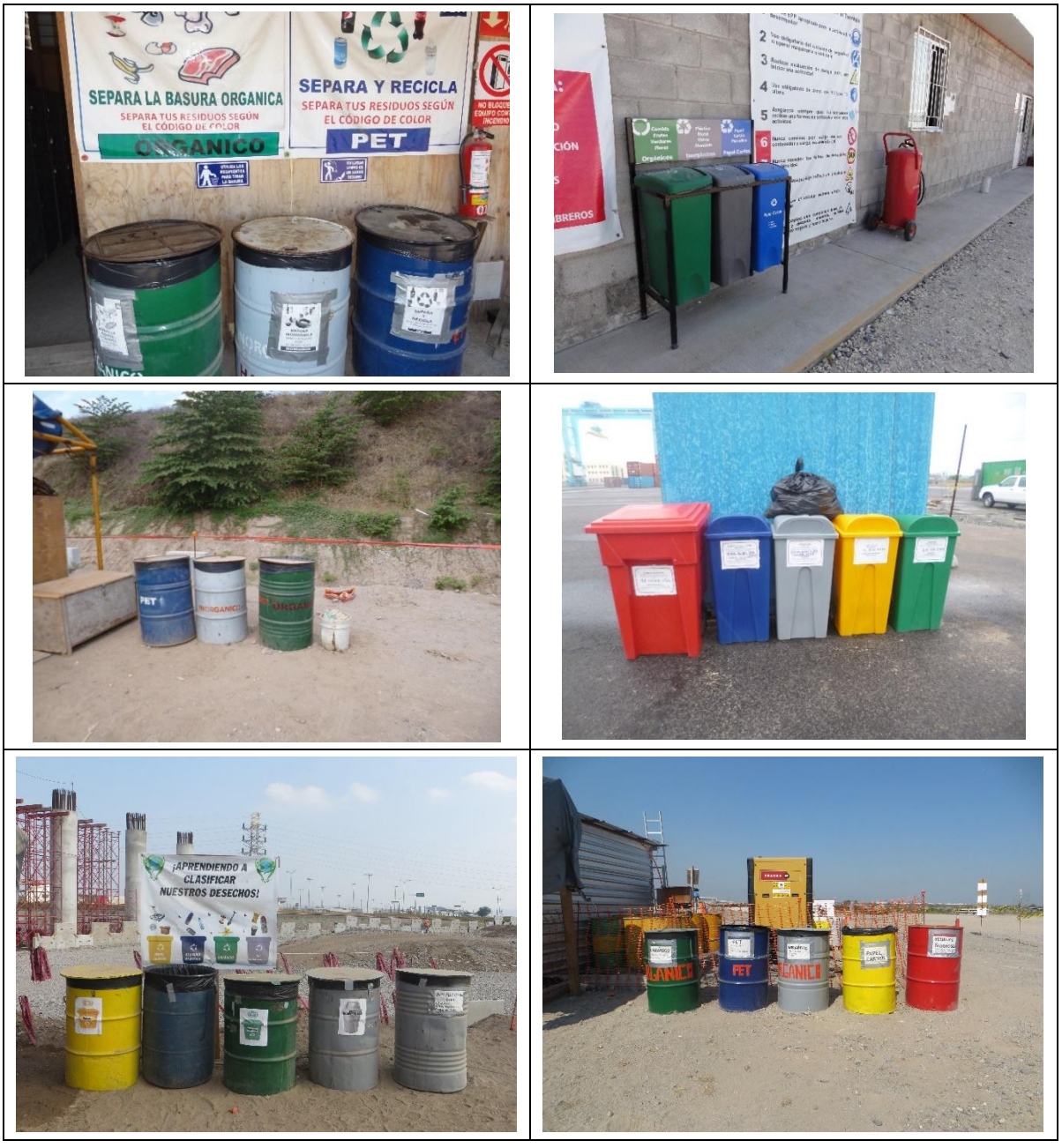


Figura II-27. Ejemplos del tipo y acondicionamiento de contenedores para residuos sólidos urbanos que se pueden usar en los frentes de trabajo para la disposición separada de los residuos.

Durante la etapa de operación, se habilitarán contenedores para la disposición de estos residuos, de donde serán recolectados para su disposición final por el personal encargado.

De acuerdo como lo establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, los municipios son los que tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, por ellos mismos o a través de un tercero, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final. En este caso el manejo y transporte de los residuos sólidos urbanos que se generen serán retirados del predio con la frecuencia requerida que evite la descomposición, y con ellos la generación de malos olores, en los frentes de trabajo, la cual no debe ser mayor de tres días.

Para el manejo, transporte y disposición final se contratará los servicios que brinde el Municipio o una empresa autorizada para ello, la cual deberá probar que cuenta con toda la documentación vigente para brindar el servicio (Figura II-28).



Figura II-28. Ejemplo de retiro de los residuos sólidos urbanos por una empresa privada autorizada de los frentes de trabajo habilitados.

Durante las etapas de preparación y construcción es cuando se debe tener un poco más de vigilancia pare evitar la contaminación por el mal manejo de los residuos sólidos urbanos, esto debido a que hay una gran cantidad de trabajadores lo que por estar inmersos en sus labores y cumplimiento de sus tareas se les olvida tener cuidado en la disposición de sus residuos. Y, en las etapas de operación y mantenimiento es más fácil controlar la disposición y manejo de estos residuos ya que se tiene personal asignado específicamente para la realización de estas labores y los sitios de generación son fácil de controlar.

Generación y manejo de residuos de manejo especial

De acuerdo con lo clasificación de residuos presentada en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, así como lo indicado en los numerales 6.1 y 6.2 de la norma oficial mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, los residuos de manejo especial son y se clasifican de la siguiente manera:

I. Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas, excluidos de la competencia federal conforme a las fracciones IV y V del artículo 5 de la Ley Minera;

II. Residuos de servicios de salud, generados por los establecimientos que realicen actividades médico-asistenciales a las poblaciones humanas o animales, centros de investigación, con excepción de los biológico-infecciosos;

III. Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades;

IV. Residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas;

V. Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales;

VI. Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales generados en grandes volúmenes;

VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;

VIII. Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que, al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico;

IX. Pilas que contengan litio, níquel, mercurio, cadmio, manganeso, plomo, zinc, o cualquier otro elemento que permita la generación de energía en las mismas, en los niveles que no sean considerados como residuos peligrosos en la norma oficial mexicana correspondiente;

X. Los neumáticos usados, y

XI. Otros que determine la Secretaría de común acuerdo con las entidades federativas y municipios, que así lo convengan para facilitar su gestión integral.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, las cuales se desarrollan de manera simultánea, los residuos de manejo especial que se generarán son los de origen de la construcción, mantenimiento y demolición en general. Los tipos de residuos a generarse son: a) pedacería de manera que se utiliza mayormente para los cimbrados; b) chatarra de sobrantes de los trabajos estructurales y, c) cascajo de los sobrantes de la construcción.

En este caso, como parte de la separación primaria de los residuos se habilitarán áreas dentro del predio para la disposición temporal de estos residuos. Las áreas a condicionar para este fin serán parte de las destinas para desplante de obras, no se afectarán áreas que no tengan la finalidad de servir para la construcción.

Las áreas estarán claramente diferencias e indicadas para evitar la dispersión y disposición mezclada de residuos y, al mismo tiempo, facilitar el manejo para su retiro y reciclaje. En este caso, dado que los residuos que se generan y disponen no producen ningún lixiviado, no es necesario poner alguna protección especial al suelo.

En la Figura II-29 se muestran condiciones que se deben evitar durante la disposición temporal de estos residuos; la Figura II-30 muestras las condiciones deseadas para el manejo de estos residuos y, la Figura II-31 muestra las ventajas de la separación para el transporte y su disposición final



Figura II-29. Ejemplo de evidencias del mezclado durante la disposición temporal de residuos de manejo especial durante la etapa de construcción.





Figura II-30. Ejemplo de la habilitación y señalización de áreas para la disposición temporal de residuos de manejo especial durante la etapa de construcción.





Figura II-31. Ejemplo de manejo y transporte de los diferentes tipos de residuos de manejo especial generados durante los procesos constructivos de proyectos en desarrollo.

Generación y manejo de residuos peligrosos.

Los residuos considerados como peligrosos están determinados por su nivel de riesgo determinado por las características CRETIB que lo identifican, es decir, por sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad ambiental, inflamabilidad y características biológico-infecciosas que tenga. Además, de acuerdo con lo indicado con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos los productos que se mezclen con residuos peligrosos o hayan servido como envase o embalaje de materiales peligrosos, deberán ser tratados como residuos peligrosos.

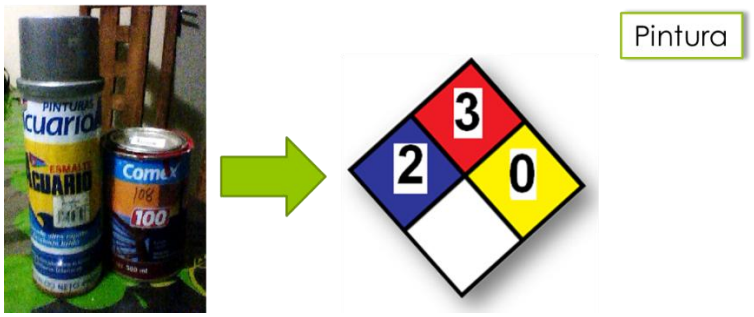
El listado de los residuos peligrosos está indicado en la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, en la que también se describe el procedimiento para determinar si los residuos se deben considerar dentro de esta clasificación.

Una de las formas prácticas para determinar el grado CRETIB de las sustancias químicas utilizadas es revisar el rombo de seguridad, el cual es un símbolo internacional que indica el nivel de riesgo de una sustancia para la seguridad y salud humana (Figura II-32).





Fuente: Imagen tomada de la página https://www.uaeh.edu.mx/dlcyt/documentos/conferencias/presentacion_sust_quim_uaeh_julio_2017_hidrobiologo.pdf



Fuente: Imagen tomada de la página https://quimicahogarenp9.wordpress.com/

Figura II-32. Rombo de seguridad o símbolo internacional que indica el nivel de riesgo de una sustancia para la seguridad y salud humana y clasificación de sustancias químicas a usar.

En las etapas de preparación del sitio y construcción es donde se da un mayor manejo de sustancias químicas que al final se pueden convertir en residuos peligrosos, dentro de estas sustancias están los hidrocarburos que se usan en la maquinaria y equipos automotores, tales como generadores de energía, maxilight, bailarinas compactadoras, perforadoras hidráulicas, martillos hidráulicos, bobcats, trascabos, retroexcavadoras, entre otras. Además, también se usan otras sustancias en menor cantidad, tales como pinturas y desmoldantes, que al final terminan generando residuos peligrosos.

Los mayores riesgos de generar residuos peligrosos en este tipo de proyectos se tienen durante las etapas de preparación del sitio y construcción debido al uso de hidrocarburos en la maquinaria y equipos a usar, así como durante la etapa de acabados. Los principales residuos peligrosos que se generan son envases, embalajes y suelo y material pétreo contaminado por fugas y derrames de los equipos automotores, ya sea por fallas mecánicas o derrames accidentales que se tienen al momento de su manejo, y derrames accidentales o malos manejos de pintura, solventes y desmoldantes.

La contaminación de suelo por fugas y derrames de equipos automotores se pueden prevenir poniendo algún tipo de protector de suelo, en dirección de los depósitos de hidrocarburos o sitios de posibles fugas, durante el tiempo que estarán estacionados o inhabilitados por periodos considerados de tiempo, ejemplo durante la noche o durante el llenado de depósitos. Normalmente se usan charolas de plástico o películas de plástico (Figura II-33). Un método similar de protección del suelo se puede usar para el resguardo y aplicación de pinturas, desmoldantes y solventes.

Durante los tiempos de operación, la maquinaria puede sufrir desperfectos y fallas por desgastes de piezas, golpes o fallas de manipulación que pueden ocasionar que se tengan pérdidas de líquidos de los depósitos, mangueras o juntas. Estas pérdidas, si son de consideración, pueden ocasionar contaminación

de suelo y material pétreo, el cual tiene que ser levantado y tratado como residuo peligroso al estar contaminado (Figura II-33).

Los residuos peligrosos generados en estas dos primeras etapas de desarrollo del proyecto se dispondrán en contenedores o envases seguros para evitar su derrame y permitir su manejo, almacenaje temporal y transporte. Residuos peligrosos sólidos y líquidos de hidrocarburos, solventes y pinturas pueden almacenarse en contenedores metálicos debidamente identificados y, por disposición oficial no deben llenarse a más del 80% de su capacidad (Figura II-33).

De igual forma, todo residuo peligroso que se genere en el predio del proyecto deberá ser registrado en la bitácora que se habilite para el manejo del almacén temporal de residuos peligrosos (Figura II-33). El manejo de la bitácora tiene como objetivo el llevar un control de los residuos peligrosos que ingresan y salen del almacén temporal y controlar que el tiempo de almacenamiento no rebase los seis meses estipulados en la Ley.

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>



Figura II-33. Ejemplos de la prevención de la generación y manejo de los residuos peligrosos durante las etapas de preparación y construcción de proyectos de obra civil.

Material de contingencia para derrames

El Proyecto mantendrá de forma permanente material limpio de contingencia equivalente a 1.5 a 2.0 m^3, o aproximadamente 500 kg de absorbente, distribuido en kits antiderrames ubicados en el ATRP, zonas de mantenimiento, áreas de manejo de combustibles y frentes de trabajo donde se utilicen sustancias susceptibles de generar derrames. Este material incluirá, como mínimo: absorbente granular o arena sílica, paños o almohadillas absorbentes, barreras o salchichas absorbentes, charolas de contención, bolsas o sacos resistentes, tambos o recipientes compatibles para material impregnado, pala y escoba, cinta de acordonamiento, etiquetas, equipo de protección personal y hojas de datos de seguridad de las sustancias manejadas.

El material de contingencia permanecerá limpio y separado del inventario de residuos peligrosos. En caso de utilizarse para contener o limpiar hidrocarburos, aceites, pinturas, solventes, desmoldantes u otras sustancias peligrosas, el material impregnado se clasificará como residuo peligroso, se colocará en recipientes cerrados y etiquetados, se ingresará a la bitácora del ATRP y se retirará mediante empresa autorizada.

Estrategia de mitigación y buenas prácticas

La identificación formal de los residuos peligrosos se realizará conforme a las características CRETIB y a las hojas de datos de seguridad de las sustancias utilizadas. Cada corriente será segregada desde el punto de generación, envasada en recipientes compatibles, etiquetada con nombre del residuo, fecha de ingreso,

área generadora, características de peligrosidad y responsable de manejo. Se prohíbe mezclar residuos peligrosos con residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial, lodos no caracterizados, efluentes, escurrimientos pluviales o suelo natural.

Todo residuo peligroso generado dentro del predio será registrado en una bitácora de manejo de residuos peligrosos, incluyendo fecha de generación, corriente, cantidad en unidad original, volumen equivalente, masa estimada o pesada, ubicación, responsable, fecha de ingreso al ATRP, fecha de salida y empresa autorizada receptora. La gestión externa se documentará mediante manifiestos de entrega, transporte y recepción y mediante comprobantes del tratamiento, reciclaje, coprocesamiento o disposición final autorizada.

Como medidas preventivas se implementará capacitación al personal, inspección periódica de contenedores, verificación del estado del ATRP, control de incompatibilidades, revisión de extintores y kits antiderrames, uso de charolas o superficies impermeables durante trasvases, prohibición de mantenimiento mayor dentro del predio salvo emergencia controlada, y retiro anticipado de residuos cuando se observe saturación, daño de recipientes, olor, escurrimientos, incompatibilidad o cualquier condición de riesgo.

Anexo se presenta un programa integral de manejo de residuos para las diferentes etapas del proyecto.

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y REGULACIÓN DEL USO DE SUELO.

En enero de 1988 se publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en el Diario Oficial de la Federación, la cual tiene como objetivo el definir la política de protección ambiental a seguir en el territorio nacional, incluyendo específica y detalladamente la relacionada con la evaluación en materia de impacto ambiental.

La LGEEPA define, en su artículo 28, lo que se entiende por evaluación de impacto ambiental y, además, establece las obras y actividades que requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); listado que es ampliado y detallado en el artículo 5 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA). Además, en el artículo 30 de la LGEEPA se indica que, como parte del procedimiento a seguir para la obtener la autorización en la materia, los promoventes deberán presentar una manifestación de impacto ambiental. Y, en los artículos 12 y 13 del reglamento en materia de impacto ambiental se define el contenido general de las manifestaciones de impacto ambiental, según su modalidad, con la finalidad de que la autoridad pueda evaluar y dictaminar la viabilidad jurídico-ambiental del proyecto sometido a evaluación.

Tanto en el artículo 12 como en el 13, fracción III, se solicita incluir la vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo. En este apartado de las manifestaciones de impacto ambiental, los promoventes deben demostrar el cumplimiento de las formalidades definidas en el marco jurídico-ambiental nacional e internacional, incluyendo: leyes generales, reglamentos ambientales, ordenamientos ecológicos, planes de desarrollo urbano, normas oficiales, entre otros, así como acuerdos internacionales de los que México es signatario.

La aplicación del marco normativo depende básicamente de dos aspectos, el primero el tipo de proyecto (obras y actividades a realizar) que se pretenda desarrollar y, el segundo, el territorio donde se pretenden llevar a cabo las obras y/o actividades. En este caso se puede actuar de dos formas, si ya se tiene definido conceptualmente el tipo de proyecto a ejecutar y el sitio, se tiene que saber si el marco normativo aplicable al sitio lo permite o hasta donde lo permite. O, de lo contrario, conociendo el sitio y el marco normativo ambiental, se puede definir el proyecto con base las restricciones o especificaciones definidas en el marco jurídico ambiental vigente y aplicable en el área donde se ubica el predio.

Una vez analizado lo establecido en el artículo 11 del REIA y a haber descartado estar en alguno de los casos indicados en sus fracciones, se concluye que para el proyecto que nos ocupa se deberá presentar una manifestación de impacto ambiental en su modalidad particular. Por lo que, esta debe contener la información indicada en el artículo 12 del REIA.

Es así que, el desarrollo del presente capítulo tiene como finalidad el presentar la vinculación del desarrollo del proyecto con los diferentes instrumentos jurídicos de carácter ambiental vigentes y aplicables en la región y al tipo de proyecto sometido al procedimiento de evaluación. Esto para dar cumplimiento a la fracción III del artículo 12 del REIA, por ser el artículo que aplica al desarrollo del proyecto como se muestra más adelante.

De conformidad con lo anterior, en este apartado se establece de manera puntual y detallada cómo el proyecto se vincula con los diferentes instrumentos jurídicos de política ambiental y planeación urbana que ordenan la zona donde se ubica el proyecto, tales como:

A) Leyes y reglamentos Nacionales:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM).
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA).
- Ley General de Vida Silvestre (LGVS).
- Ley General de Cambio Climático (LGCC).
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento.
- Ley General de Bienes Nacionales y Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar.
- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.

B) Ordenamientos ecológicos, planes de desarrollo urbanos, áreas naturales protegidas y sitios RAMSAR.

- Programa de ordenamiento ecológico general del territorio (POET).
- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMMC).
- Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Othón P. Blanco, (POEL-OPB).

C) Decretos y programas de áreas naturales protegidas de carácter federal, estatal y municipal.

D) Normas Oficiales Mexicanas.

- NOM-022-SEMARNAT-2003
- NOM-059-SEMARNAT-2010

Demás Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto.

A continuación, se presentan a la autoridad ambiental los elementos de juicio que motivan y sustentan los preceptos más relevantes del proyecto en materia ambiental, y la forma como se da cumplimiento al marco jurídico ambiental y de planeación urbana, para que esté en posibilidad de aplicar lo dispuesto en los párrafos primero y segundo del artículo 35 de la LGEEPA, que a la letra dice:

*"**ARTÍCULO 35** Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días.*

Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el Artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables".

III.1 Leyes y reglamentos nacionales

III.1.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM).

Se trata del instrumento jurídico rector de la vida nacional, en la cual quedan claramente establecidos los poderes y órdenes de gobierno, sus relaciones y alcances, incluyendo a la sociedad. Además, sienta las bases generales que normarán la vida política nacional, mismas que derivan en la elaboración de las leyes generales para detallar específicamente la forma de su aplicación, considerando las relaciones antes mencionadas.

De los artículos contenidos en la Constitución aplicables al desarrollo del proyecto, están los mencionados en la Tabla III-1.

Tabla III-1. Vinculación jurídico-ambiental considerando la naturaleza del proyecto y lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
Artículo 4o., párrafos 5° y 6°. … *Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.* (el subrayado es nuestro). *Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.* …	En ambos párrafos se puede identificar que su aplicación y cumplimiento involucra tanto al Estado como a la sociedad. Por un lado, el Estado tendrá la obligación de garantizar el derecho a un ambiente sano, así como acceso y uso de los recursos hídricos. Pero, por otro lado, se involucra a la sociedad, primero indicando la responsabilidad a la que se hace acreedor quien provoque afectaciones al medio ambiente y, en segundo lugar, indicando el derecho que tiene toda persona de tener el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos. Es así como en el presente documento se identifican los impactos ambientales potenciales a generarse por el desarrollo del proyecto y se proponen a la autoridad las medidas ambientales tendientes a prevenir y mitigar su efecto negativo en el medio ambiente. Lo anterior tiene la finalidad de brindar los elementos suficientes a la autoridad para que evalúe los posibles efectos de la ejecución de las obras y actividades del proyecto sobre el ecosistema y dictamine de manera fundada y motivada la procedencia de su ejecución bajo alguno de los términos establecidos en el artículo 35 de la LGEEPA.
Artículo 27, párrafo tercero. *La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás*	En cumplimiento de lo establecido en este artículo de la Carta Magna, el gobierno ha elaborado y decretado el marco jurídico ambiental para regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación para observancia de la sociedad. En este marco se incluyen las medidas para el ordenamiento de los asentamientos humanos, se definen los usos, reservas y destinos del suelo, aguas y bosques, además de incluir la planeación y regulación de la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población. Por lo que, el planteamiento del proyecto observa lo establecido en el marco jurídico ambiental de referencia para el cumplimiento de lo establecido. Para demostrar lo aquí dicho, en el presente capítulo se presenta la vinculación de las obras y actividades del proyecto con el marco jurídico ambiental y de desarrollo urbano vigente y aplicable en el sitio de ubicación del proyecto.

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.	

III. 1.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA).

La LGEEPA se trata de una ley reglamentaria de las disposiciones de la CPEUM, misma que fue elaborada para definir el marco jurídico para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como para la protección al ambiente en todo el territorio nacional. Para ello, retoma los preceptos establecidos en los artículos arriba mencionados de nuestra Constitución Política.

El procedimiento de evaluación de impacto ambiental es uno de los mecanismos definidos en la LGEEPA para cumplir las disposiciones antes mencionadas, el cual quedó definido en su artículo 28. En éste se define la evaluación del impacto ambiental como el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades, en este especificadas de manera general, que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas. Por su contenido, este artículo se considera el alma y uno de los más importante de esta ley.

Como su nombre lo indica, la LGEEPA es una ley general por lo que algunas de sus especificaciones fueron detalladas en los reglamentos en materia ambiental elaborados para detallar aspectos generales, entre ellos el correspondiente en materia de evaluación del impacto ambiental. Así se tiene que, las obras y actividades que se indican en la LGEEPA, artículo 28, que se sujetarán de manera previa al procedimiento de evaluación de impacto ambiental fueron detalladas más ampliamente en el artículo 5 del REIA. Además, también presenta una descripción más detallada del procedimiento de evaluación.

Considerando la naturaleza del proyecto que se somete a evaluación a través del presente documento, su ubicación y las características del predio, obras y actividades a ejecutar se somete a evaluación en cumplimiento de lo establecido en el artículo 28, fracciones IX y X, de la LGEEPA; y, 5, incisos Q y R, del REIA. En la Tabla III-2 se presenta la vinculación entre la naturaleza del proyecto que se pretende desarrollar y lo establecido en la LGEEPA y el REIA.

Previo a ello se aclara que, para el desarrollo del proyecto es importante tomar en cuenta lo indicado en el "Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente" publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2018. Especialmente la adición hecha al artículo 3o., fracción XIII Bis., en la cual se define los ecosistemas costeros y determina los encargados de determinarlos, quedando como sigue:

Ecosistemas costeros: Las playas, las dunas costeras, los acantilados, franjas intermareales; los humedales costeros tales como las lagunas interdunarias, las lagunas costeras, los esteros, las marismas, los pantanos, las ciénegas, los manglares, los petenes, los oasis, los cenotes, los pastizales, los palmares y las selvas inundables; los arrecifes de coral; los ecosistemas formados por comunidades de macroalgas y de pastos marinos, fondos marinos o bentos y las costas rocosas. Estos se caracterizan porque se localizan en la zona costera pudiendo comprender porciones marinas, acuáticas y/o terrestres; que abarcan en el mar a partir de una profundidad de menos de 200 metros, hasta 100 km tierra adentro o 50 m de elevación.

La Secretaría, en colaboración con las entidades federativas y los municipios, determinará la zona costera nacional tomando en consideración las interacciones fisiográficas y biológicas particulares de la zona que se trate y la publicará en el Diario Oficial de la Federación mediante Acuerdo.

Al respecto, en el Modelo de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, Q. Roo, en el glosario de términos aplicables, se define a los ecosistemas costeros como:

"Aquéllos que se localicen en la zona costera, misma que abarca en el mar a partir de una profundidad o isóbata de menos cincuenta metros respecto de la pleamar media inferior, hasta 3.5 kilómetros tierra adentro, o diez metros de elevación, entre los que se encuentran, manglares, humedales, franja intermareal, dunas costeras, lagunas costeras, macroalgas, arrecifes de coral, pastos marinos, fondos marinos o bentos, y las costas rocosas."

Por lo que, considerando que el predio del proyecto se encuentra dentro de los límites definidos en el ordenamiento ecológico, se considera que se ubica dentro de la franja que clasifica como ecosistema costero.

Tabla III-2. Vinculación jurídico-ambiental considerando la naturaleza del proyecto y lo establecido en la LGEEPA y el REIA.

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
LGEEPA	
ARTÍCULO 28. *La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:* ***I****.- Obras hidráulicas* ***VII.-*** *Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;* *…* ***IX.-*** *Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;* *…* ***X.-*** *Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales;* *……*	Con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en las fracciones aquí indicadas del artículo 28 de la LGEEPA, es que previo al inicio del desarrollo del proyecto se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental la presente MIA-P, incluyendo la información indicada en la **"Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector turístico"**, modalidad particular. Ello, con la finalidad de proporcionarle a la autoridad ambiental los elementos suficientes para que pueda llevar a cabo la evaluación y dictaminación en materia ambiental para el desarrollo del proyecto en cuestión. Lo anterior tomando en cuenta que el proyecto trata de la preparación, construcción y operación de infraestructura de **uso turístico y suburbano** con amenidades, servicios e infraestructura operativa en general incluyendo una planta de ósmosis (POI) y planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), que se ejecutarán en un ecosistema costero. Lo antes, implica el cambio de uso de suelo en 6.645 ha, para uso turístico y suburbano. Por lo que asume la implementación de medidas de mitigación, compensación, rescate y reubicación que correspondan. Por otro lado, conviene advertir que, si bien se plantean plataformas elevadas de conectividad y contemplación de la naturaleza, montadas estas sobre pilotes de madera, deben de concebirse como un elemento de que permiten la continuidad del flujo hidrológico, eliminando barreras físicas que generan fragmentación del ecosistema. Su diseño elevado evitará la compactación del suelo, mantiene la conectividad entre cuerpos de agua y facilita la conectividad de la fauna. Además, al ordenar el tránsito humano, se previenen impactos directos sobre la vegetación y reducen la presión sobre las áreas sensibles, contribuyendo así a su estabilidad y funcionalidad.
ARTÍCULO 30.- *Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una*	En cumplimiento de este artículo, se debe elaborar y someter al procedimiento de evaluación una manifestación de impacto ambiental, para que, de esta manera, la Secretaría cuente con los elementos necesarios que le permitan dictaminar la viabilidad

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.	ambiental del proyecto. Por lo que, en cumplimiento a ello se elaboró y somete al procedimiento de evaluación del impacto ambiental la presente MIA-P.
ARTÍCULO 35.- Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días. *Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.* *Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación.* *Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente…*	En este capítulo se analiza la congruencia del proyecto con lo que indican todas las disposiciones aplicables en la materia. Tal y como se muestra en el contenido del presente capítulo, no se identificaron instrumentos de política ambiental o normatividad alguna que limite el desarrollo del proyecto, pero si lo regula; por lo que, en este documento se presenta el cumplimiento de las regulaciones establecidas para su realización. Es importante considerar que con relación al segundo párrafo del artículo 35 de la LGEEPA en cita, el presente estudio fue elaborado considerando todas las implicaciones potenciales al ecosistema y sus procesos ecológicos que definen su integridad funcional. Es decir, la evaluación de impacto ambiental llevada a cabo fue desarrollada bajo el enfoque ecosistémico.
REIA	
Artículo 5º.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental: *A) Hidráulicas* *VI Plantas para el tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales* *XII Planta desaladoras* *…* *O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:* *I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, …* *Q) DESARROLLOS INMOBILIAROS QUE AFECTEN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS:*	Se considera esta vinculación tomando en cuenta que el proyecto que se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental implica la construcción de un desarrollo turístico y suburbano para las obras y actividades descritas en el capítulo II de este documento. Por lo que, con la finalidad de dar cumplimiento con lo establecido en los incisos aquí mencionados, es que se somete al procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental el presente proyecto, de manera previa a su ejecución. A lo largo de este documento se proporcionan los elementos suficientes para que la autoridad ambiental cuente con los elementos suficientes para poder evaluar y dictaminar su viabilidad ambiental.

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
Construcción y operación de hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de Z. Comercial y servicios en general, marinas, muelles, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, vías generales de comunicación, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, que afecte ecosistemas costeros, con excepción de: ***a)*** *Las que tengan como propósito la protección, embellecimiento y ornato, mediante la utilización de especies nativas;* ***b)*** *Las actividades recreativas cuando no requieran de algún tipo de obra civil, y* ***c)*** *La construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en los ecosistemas costeros.* ***R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES:*** ***I.*** *Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas, y* ***II.*** *Cualquier actividad que tenga fines u objetivos comerciales, con excepción de las actividades pesqueras que no se encuentran previstas en la fracción XII del artículo 28 de la Ley, y que de acuerdo con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables y su reglamento no requieren de la presentación de una manifestación de impacto ambiental, así como de las de navegación, autoconsumo o subsistencia de las comunidades asentadas en estos ecosistemas.* *…*	
Artículo 9º.- *Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.* *…*	En cumplimiento de este artículo, se somete al procedimiento de evaluación esta MIA-P, la cual se ajusta con lo indicado en la "**Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector turístico**", modalidad particular. El presente documento contiene la información relevante sobre las circunstancias ambientales relacionadas con la realización del proyecto, desarrollada en VIII Capítulos en los que se hace una descripción de los posibles efectos en el ecosistema que pudiera ser afectados por la ejecución del proyecto, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas de prevención y mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.
Artículo 10.- *Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:* ***I.*** *Regional, o* ***II.*** *Particular.*	Tomando en cuenta la naturaleza y las características del proyecto descritas en el capítulo II de esta MIA-P, se determinó que no se estaba en lo indicado en alguna de las fracciones del artículo 11 aquí referido, por lo que se procedió a elaborar una MIA-P para ser sometida al procedimiento de evaluación de impacto ambiental el presente proyecto. Ello, con la finalidad de obtener la autorización en la materia otorgada, en este caso, por las SEMARNAT. Para ello, el capitulado de este documento sigue los indicado en las fracciones del artículo 12 del REIA, aquí referido. Para mayor detalle
Artículo 11.- *Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:* ***I.*** *Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y,*	

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas; ***II.*** *Un conjunto de obras o actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento;* ***III.*** *Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y* ***IV.*** *Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.* *En los demás casos, la manifestación deberá presentarse en la modalidad particular.*	se siguió lo indicado en la guía específica para proyectos del sector turístico, misma que fue consultada en la página web: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121010/Guia_MIA-Particular_Turistico.pdf.
Artículo 12.- *La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad particular, deberá contener la siguiente información:* ***I.*** *Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;* ***II.*** *Descripción del proyecto;* *III. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo;* ***IV.*** *Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del proyecto;* ***V.*** *Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales;* ***VI.*** *Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales;* ***VII.*** *Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas, y* ***VIII.*** *Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en las fracciones anteriores.*	

III. 1.3 Ley General de Vida Silvestra (LGVS).

Esta se trata de otra ley reglamentaria de la Carta Magna, en este caso en referencia al artículo 27, párrafo tercero, y 73, fracción XXIX inciso G. Tiene como objetivo general establecer la concurrencia de los gobiernos federal, estatal y municipal, en el ámbito de sus respectivas competencias, para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio nacional y zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

Adicional al documento de la LGVS, el 01 de febrero de 2007 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto por el que se adiciona el artículo 60 TER a la LGVS, el cual se incluye en esta vinculación jurídica.

Si bien el proyecto no tiene por objeto ni contempla el aprovechamiento extractivo, comercial o de manejo de ejemplares de vida silvestre, ya sea de flora o fauna, es previsible que durante las etapas de preparación del sitio y construcción puedan generarse afectaciones directas o indirectas sobre individuos pertenecientes a estos grupos taxonómicos.

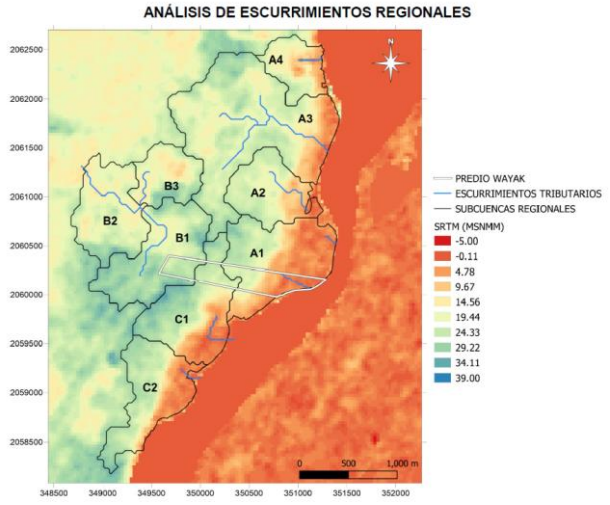
En virtud de lo anterior, y conforme al principio de prevención consagrado en el artículo 15 de la LGEEPA, el promovente reconoce la necesidad de implementar medidas específicas orientadas a prevenir, mitigar o minimizar las posibles afectaciones que pudieran sufrir los ejemplares silvestres presentes en el polígono del proyecto.

La identificación de tales medidas, así como su fundamento legal, se presenta de manera sistemática en la Tabla III-3 se incluye una vinculación entre lo establecido en la Ley y las implicaciones del proyecto.

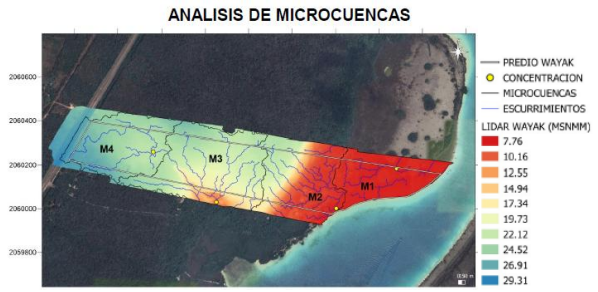
Tabla III-3. Vinculación jurídico-ambiental considerando la naturaleza y lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre.

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
Artículo 1º. *La presente Ley es de orden público y de interés social, reglamentaria del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción. El aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables y de las especies cuyo medio de vida total sea el agua, quedará excluido de la aplicación de esta Ley y continuará sujeto a las leyes forestal y de pesca, respectivamente, salvo que se trate especies o poblaciones en riesgo.*	El desarrollo del proyecto no implica el aprovechamiento de ejemplares de flora o fauna silvestre, ni se incidirá directamente sobre un área con presencia de vida silvestre. No obstante, su desarrollo pudiera ocasionar alguna afectación indirecta a la vida silvestre en el área de influencia del proyecto. Dado lo anterior, en la presente MIA-P se identifican los impactos ambientales potenciales a generarse a estos componentes ambientales y se proponen las medidas ambientales a implementar para prevenirlos y/o mitigarlos y, de esta forma, reducir la afectación del hábitat y contribuir con la protección y conservación del medio ambiente con la finalidad de cubrir el objeto de la presente ley. Para mitigar estos efectos, se contempla la implementación de un Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre, con énfasis en las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como lo dispuesto en la NOM-022-SEMARNAT-2003, relativa a la protección y uso sustentable de los humedales costeros.
Artículo 2º. *En todo lo no previsto por la presente Ley, se aplicarán las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de otras leyes relacionadas con las materias que regula este ordenamiento.*	A lo largo de todo este capítulo se vincula el desarrollo del proyecto con el marco jurídico ambiental vigente y aplicable a este tipo de proyectos. Ello incluye a esta Ley, así como a la LGEEPA, otras leyes generales y sus reglamentos, ordenamientos ecológicos, normas oficiales mexicanas, entre otras. En particular, en la Tabla III-2 se hace la vinculación respectiva con la LGEEPA y su REIA.
Artículo 18. *Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento. Los propietarios y legítimos poseedores de dichos predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.*	De acuerdo con lo descrito en el capítulo II de este documento, el desarrollo del proyecto no tiene como objetivo ni implica el aprovechamiento de ejemplares de especies de flora y fauna silvestre, así como tampoco el aprovechamiento de recursos forestales no maderables. La LGEEPA en su artículo 3, fracción III, define aprovechamiento sustentable de la siguiente manera: *III.- Aprovechamiento sustentable: La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos;* En este sentido, se reitera que se propone la implementación de medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales, en apego con lo estipulado en el Capítulo VI que implica respetar la integridad funcional de la vida silvestre y su hábitat. Dichas medidas se

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
	desarrollan a través de la elaboración de las acciones establecidas dentro del programa de vigilancia ambiental propuesto.
Artículo 19. *Las autoridades que, en el ejercicio de sus atribuciones, deban intervenir en las actividades relacionadas con la utilización del suelo, agua y demás recursos naturales con fines agrícolas, ganaderos, piscícolas, forestales y otros, observarán las disposiciones de esta Ley y las que de ella se deriven, y adoptarán las medidas que sean necesarias para que dichas actividades se lleven a cabo de modo que se eviten, prevengan, reparen, compensen o minimicen los efectos negativos de las mismas sobre la vida silvestre y su hábitat.*	En el capítulo VI de esta MIA-P se propone una serie de medidas ambientales tendientes a prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales negativos potenciales a generarse a la fauna silvestre, así como al medio ambiente, por la ejecución del proyecto. Dichas medidas se agrupan en una serie de programas que inciden directa o indirectamente sobre la vida silvestre y que se encuentran anexos a este documento.
Artículo 29 *Los Municipios, las Entidades Federativas y la Federación, adoptarán las medidas de trato digno y respetuoso para evitar o disminuir la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor que se pudiera ocasionar a los ejemplares de fauna silvestre durante su aprovechamiento, traslado, exhibición, cuarentena, entrenamiento, comercialización y sacrificio.* ***Artículo 31*** *Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.*	Como parte de la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto, implementará el Programa de manejo de fauna silvestre, se ejecutarán acciones de ahuyentamiento, rescate y reubicación de los ejemplares de fauna silvestre identificados en las áreas de afectación, las cuales serán llevadas a cabo por un equipo de especialistas con conocimiento del manejo de fauna silvestre. Las actividades de ahuyentamiento, captura, manejo y liberación a implementar se detallan en el programa de manejo de fauna anexo al presente documento.
Artículo 60 TER. *Queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; de ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en la características y servicios ecológicos.* *Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.*	De la lectura del primer párrafo del citado precepto legal se advierte que se tiene una prohibición de remoción, relleno, trasplante, poda o cualquier otra actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar. Por lo anterior, se tiene que las actividades del proyecto quedarán excluidas de dicha prohibición, toda vez que, para el diseño del proyecto arquitectónico de bajo impacto ambiental y visual, concebido a partir de la zonificación biótica y física del predio, así como de sus atributos topográficos, hidrológicos, bióticos y paisajísticos. La distribución de las obras se planteó en función de las características naturales del sitio, procurando que las áreas de aprovechamiento se integren al entorno y que los procesos constructivos y operativos reduzcan al mínimo la generación de impactos sobre el medio natural. Para ello, el proyecto Desde el punto de vista hidrológico y geohidrológico conserva los patrones naturales de infiltración y escurrimiento y cuenta con una proporción mayoritaria de superficies permeables privilegia el manejo distribuido del agua pluvial, el escurrimiento laminar y la conducción de las precipitaciones provenientes de azoteas y superficies impermeables hacia áreas jardinadas y de conservación, o sistemas de infiltración técnicamente diseñados. Incorpora medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación orientadas a conservar la funcionalidad ambiental del predio, mejorar las condiciones de las áreas intervenidas y mantener la calidad paisajística que caracteriza a la zona. Con relación al ecosistema del manglar dentro de la región, se sustenta en los siguientes preceptos: Las obras y actividades para el desarrollo del proyecto, en sus diferentes etapas (Preparación del sitio, construcción, operación y

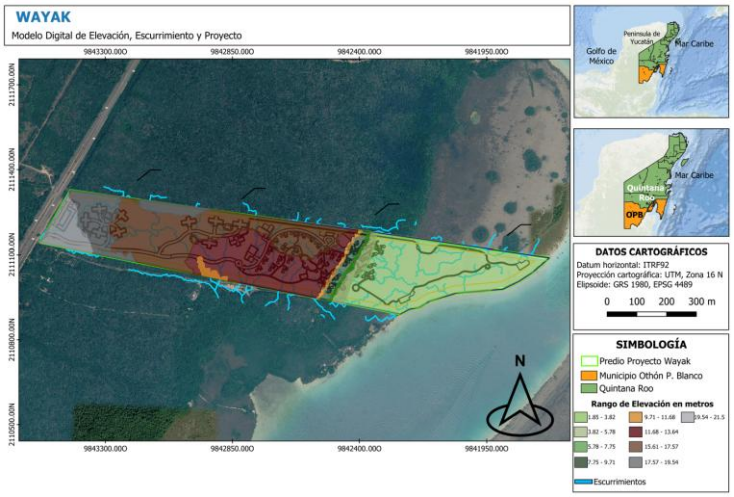
ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
	mantenimiento) No considera la remoción, relleno, trasplante, poda, ni actividades que afecten la integralidad del flujo hidrológico. Contrario a ello, el proyecto pretende la conservación de individuos de manglar. • El proyecto no interrumpirá los flujos hidrológicos que mantienen la dinámica en la cuenca existente del sistema ambiental y su área de influencia, toda vez que mantendrá las edificaciones con cota de seguridad diferenciadas por microcuenca desde 6 a 22 msnm como máxima. • En la zona caracterizada como hidrófila y sin vegetación aparente, las instalaciones en esas zonas son de bajo impacto, alineada con criterios de conservación, evitando fragmentaciones del flujo hidrológico natural, reducir la presión sobre el suelo de las zonas inundables, favorecer el desarrollo vegetal y procesos ecológicos, y mantener la conectividad funcional del ecosistema presente. • Las obras permanentes se concentran en las porciones de mayor elevación y estabilidad, mientras que en la zona baja e inundable se utilizarán estructuras elevadas y de contacto puntual, sin rellenos, terraplenes, muros, bordos ni nivelaciones extensivas. Los elementos piloteados permitirán el flujo superficial y subsuperficial del agua hacia la Laguna de Bacalar y limitarán la intervención al hincado puntual de pilotes. El proyecto no afecta el flujo superficial de las cuencas regionales A1, B1 y C1, que es donde influye el predio el proyecto, en un acuífero semiconfinado o confinado influenciada por los periodos de secas y lluvias; las microcuencas almacenan poca agua de las precipitaciones debido a la baja elevación de sus parteaguas. Gran parte de los escurrimientos superficiales drenan hacia la laguna de Bacalar. Por lo tanto, las inundaciones en la zona baja ésta gobernada por el nivel de la laguna de Bacalar. tal y como se indica en las siguientes figuras.  Escurrimientos regionales en el predio.

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO



Escurrimientos microcuencas, sobre modelo digital de elevaciones en el predio.

Respecto a lo anterior las siguientes figuras muestra el proyecto sobre el análisis del modelo de elevaciones y las microcuencas demostrado que el proyecto no infiere sobre los escurrimientos superficiales naturales ni con el caudal de agua subterránea. Por lo que se mantienen los 0.83 m^3/d (estudio hidrológico) con dirección oeste-este, es decir hacia la laguna bacalar.



Los elementos del proyecto cuentan con los siguientes coeficientes de escurrimiento.

- Áreas verdes (nativos), C = 0.30 es aprovechada por la vegetación, por la saturación natural del suelo, es evaporada de forma instantánea.
- Asoleadero con arena silica peatonal con material filtrante, C = 0.50 Área destinada al descanso y tránsito peatonal, conformada por superficie de material filtrante sin cobertura vegetal circundante. Aunque el material tiene cierta capacidad de infiltración, el uso frecuente provoca una compactación progresiva que reduce su permeabilidad.
- Comercial con plataforma elevada C=50 Superficie con mantenimiento de la pendiente y escurrimientos superficiales.
- Pata formas de madera elevada, C = 0.50 Este valor refleja una condición intermedia entre superficies semipermeables (plataforma de madera, C= 0.30) y prácticamente permeables por estar elevada del suelo y mantener las pendientes de escurrimiento.
- Techados, C = 0.95 Superficies lisas y completamente

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
	impermeables, con captación del escurrimiento mediante bajantes pluviales. No presentan infiltración. o Circulaciones naturales con gravilla, C = 0.30 circulación con gravilla o material filtrante e irregularidades superficiales, mantiene la saturación natural del suelo, es evaporada de forma instantánea o Canchas deportivas (corcho y arena), C = 0.50 Superficies niveladas. Conformada por superficie de material filtrante sin cobertura vegetal. o Estacionamientos de adoquin, C = 0.50 de adoquin, instalado sobre base compactada. Infiltra parte del agua, pero no actúa como superficie adsorbente por completo. Su uso recreativo y compactación justifican un valor intermedio. o Albercas y, C = 0.00 Estas superficies reciben exclusivamente la lluvia directa que cae sobre su espejo de agua, sin escorrentía adicional desde otras áreas. El volumen de agua se almacena temporalmente hasta que es evacuado mediante un pozo pluvial independiente, que se opera manualmente. En caso de rebosamiento eventual, el mismo sistema permite la descarga controlada. Por este motivo, no se consideran como aporte al gasto pluvial inmediato y se excluyen del cálculo hidrológico mediante el Método Racional Americano. • El proyecto no afectará la integralidad del flujo hidrológico del manglar de su ecosistema y área de influencia, entendiéndose que el proyecto utilizará un mosaico del predio compuesto por áreas con dos tipos de selva en 18.23%; vegetación hidrófila 0.735% sin vegetación aparente con 0.497% y de uso preexiste en 0.445%. • Dejando bajo conservación un total del predio de dos tipos de selva en 55.82%; vegetación hidrófila 11.22%, peten 3.16 % manglar 518% sin vegetación aparente con 7.89%, cuerpo de agua 0.441% y uso preexistente 1.017%. • Los métodos constructivos que se utilizan son para comercio sobre plataforma elevada sobre pilas, y las estructuras elevadas sobre pilotes de madera, cuyos métodos permiten el movimiento y la distribución del agua continue de manera superficial a través de los flujos que rebosan en la laguna existente para el segundo método. • Los escurrimientos superficiales serán favorecidos con los desniveles del terreno en las 4 microcuencas del predio, así como por los materiales que se utilizarán para las áreas exteriores serán con materiales filtrantes más los pozos pluviales, y las áreas jardinadas, promoverán por un lado la permeabilidad y por otro permitirán la recarga al acuífero somero. El agua de rechazo de la Planta de Ósmosis Inversa (POI) será dispuesta mediante inyección en pozos a 15 m de profundidad, y su incorporación directa en el horizonte natural del acuífero, cuyas condiciones fisicoquímicas son compatibles con el fluido descargado. Por su parte, el efluente excedente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) se inyectará en pozos diseñados a -100 m de profundidad, con sellado de los primeros 80 m, a fin de asegurar su disposición en el horizonte profundo, protegiendo así las aguas subterráneas someras de posible afectación. En ambos casos, las descargas deberán cumplir estrictamente con la normatividad oficial aplicable, en particular con la NOM-001-SEMARNAT-2021 en la categoría de infiltración en suelo cárstico, además de las disposiciones específicas que establezca la CONAGUA. En virtud de lo anteriormente expuesto, se establece que el proyecto

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
	mantendrá en todo momento la integridad funcional del flujo hidrológico asociado al ecosistema de manglar, asegurando su continuidad y dinámica natural dentro del predio y su zona de influencia. Asimismo, se salvaguardarán las condiciones ecológicas esenciales que garantizan la productividad natural del sistema y sus funciones ecosistémicas clave, particularmente aquellas vinculadas con procesos de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje de especies de fauna silvestre. Las actividades contempladas en el proyecto han sido diseñadas y serán ejecutadas conforme a criterios técnico-jurídicos, basados en estudios específicos, orientados a preservar la integridad de los procesos hidrológicos y biológicos que sustentan la funcionalidad del ecosistema de manglar, considerado prioritario para la conservación. Esta orientación se encuentra alineada con lo establecido en la NOM-022-SEMARNAT-2003, así como con los artículos 28 y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y demás disposiciones normativas aplicables en materia de protección de humedales costeros. En consecuencia, el artículo 60 Ter de la LGVS no resulta jurídicamente aplicable como limitante al desarrollo del proyecto, en tanto que no se actualiza el supuesto de hecho normativo que dicho precepto sanciona, consistente en la realización de actividades que modifiquen, destruyan o afecten la integridad del flujo hidrológico del manglar y sus funciones ecológicas. Por el contrario, el proyecto ha sido estructurado bajo un enfoque de mínima alteración y máxima salvaguarda ecológica, asegurando la no afectación sustantiva del régimen hidrológico del manglar, así como la continuidad de los servicios ambientales que dicho ecosistema presta. El diseño y ejecución de las obras no solo se apegan a los principios de preservación, prevención y aprovechamiento sustentable, sino que integran de forma proactiva medidas de compensación, mitigación y rehabilitación ambiental, orientadas a fortalecer la funcionalidad ecológica del sistema y mejorar su capacidad de respuesta ante presiones antrópicas acumulativas. En este sentido, la infraestructura propuesta no interfiere con los procesos hidrológicos naturales ni ocasiona fragmentación del ecosistema y contribuye al reforzamiento estructural y funcional de los servicios ambientales. Dado que el objeto del Artículo 60 Ter de la Ley General de Vida Silvestre consiste en impedir la realización de obras que provoquen afectaciones negativas al manglar, particularmente sobre su flujo hidrológico y funciones ecológicas, su aplicación no se actualiza en el presente caso, en tanto que no se verifica el supuesto normativo de alteración ni se contravienen las prohibiciones sustantivas contenidas en este precepto. La iniciativa es plenamente congruente con el principio de conservación activa, y con los criterios técnicos establecidos en la NOM-022-SEMARNAT-2003, que regulan la gestión y uso responsable de humedales costeros bajo parámetros de sustentabilidad. En consecuencia, el proyecto representa un modelo de intervención compatible con los fines de compatibilidad ecológica dentro del sistema ambiental, que equilibra el aprovechamiento del suelo con la protección y funcionalidad de los individuos de mangle, asegurando su integridad a largo plazo mediante un esquema de manejo integral, técnico y ambientalmente responsable.

III.1.4 Ley General del Cambio Climático (LGCC).

La presente ley también es reglamentaria de la CPEUM en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico, estableciendo las disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Se trata de una ley que es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional.

Entre los objetivos de esta Ley está el de garantizar el derecho a un medio ambiente sano y definir las competencias para la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. La Tabla III-4 contiene la vinculación de la naturaleza del proyecto con lo establecido en esta ley.

Tabla III-4. Vinculación jurídico-ambiental considerando la naturaleza del proyecto y lo establecido de la Ley General del Cambio Climático.

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
Artículo 7º. *Son atribuciones de la federación las siguientes:* *…* *VI. Establecer, regular e instrumentar las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con esta Ley, los tratados internacionales aprobados y demás disposiciones jurídicas aplicables, en las materias siguientes:* *a) Preservación, restauración, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, los ecosistemas terrestres, acuáticos, marinos, costeros, islas, cayos, arrecifes y los recursos hídricos;* *...* *XIV. Formular y adoptar metodologías y criterios, expedir las disposiciones jurídicas que se requieran para la elaboración, actualización y publicación del inventario y en su caso los inventarios estatales; así como requerir la información necesaria para su integración a los responsables de las siguientes categorías de fuentes emisoras:* *…* *c) Agricultura, ganadería, bosques y otros usos de suelo;* *d) Residuos;* *…* ***Artículo 8º.*** *Corresponde a las entidades federativas las siguientes atribuciones:* *…* *II. Formular, regular, dirigir e instrumentar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, de acuerdo con la Estrategia Nacional y el Programa en las materias siguientes:* *a) Preservación, restauración, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y recursos hídricos de su competencia;* *f) Ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y desarrollo urbano de los centros de población en coordinación con sus municipios o delegaciones;* *g) Recursos naturales y protección al ambiente dentro de su competencia;* *h) Residuos de manejo especial;* *…*	Estos artículos definen las competencias, atribuciones y obligaciones exclusivas de las entidades de gobierno para garantizar la conservación, preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales como parte del proceso de adaptación al cambio climático. Y, en este respecto, como parte del desarrollo del proyecto se establecen medidas ambientales tendientes a prevenir y mitigar los impactos adversos al medio ambiente con la finalidad de coadyuvar en su conservación y protección. Como parte de la ejecución de las medidas propuestas, se han identificado las entidades gubernamentales encargadas de definir las reglas, obligaciones y otorgar las autorizaciones, cuando es necesario, para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales y realización de obras y actividades específicas, así como para el manejo y disposición final de agentes que pudieran poner en riesgo el ecosistema. Además, se realizó una revisión para la identificación de los ordenamientos ecológicos de los diferentes niveles de gobierno, así como de los planes de desarrollos urbanos aplicables en la región del proyecto para poder definir la naturaleza y planteamiento del proyecto y demostrar el cumplimiento de cada una de las especificaciones establecidas y aplicables a su desarrollo. El resultado de este ejercicio se presenta en este capítulo en apartados que se incluyen más adelante.

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
Artículo 9º. Corresponde a los municipios, las siguientes atribuciones: *I. …* *II. Formular e instrumentar políticas y acciones para enfrentar al cambio climático en congruencia con el Plan Nacional de Desarrollo, la Estrategia Nacional, el Programa, el Programa estatal en materia de cambio climático y con las leyes aplicables, en las siguientes materias:* *a) Prestación del servicio de agua potable y saneamiento;* *b) Ordenamiento ecológico local y desarrollo urbano;* *c) Recursos naturales y protección al ambiente de su competencia;* *d) Protección civil;* *e) Manejo de residuos sólidos municipales;* *…*	
Artículo 26. En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de: *I. Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y los elementos naturales que los integran;* *II. Corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático;* *…* *IV. Prevención, considerando que ésta es el medio más eficaz para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático;* *…* *VIII. Responsabilidad ambiental, quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y, en última instancia, a la compensación de los daños que cause;* *…* *XI. Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad, y*	De conformidad con lo que dispone la LGCC se entiende por adaptación al conjunto de medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Como se advertirá de la lectura de los capítulos II, IV y VI de la presente MIA-P, como parte del desarrollo del proyecto se prevé una serie de medidas a fin de prevenir y mitigar los impactos ambientales. Tales medidas contribuyen a las acciones de adaptación previstas por la ley, como son la implementación de los programas y acciones tendientes a prevenir y mitigar los impactos ambientales potenciales. Estas están incluidas en el capítulo VI de este documento. Las medidas propuestas incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes para prevenir y/o reducir los posibles efectos adversos que por la ejecución del proyecto pudieran contribuir al cambio climático, entre las que se destacan las siguientes: ✓ El proyecto se desplanta considerando, los resultados aportados por las cotas de seguridad para los diferentes periodos de retorno RT 2, 10 y 100 años, bajo los que se diseñó el proyecto en su tipo constructivo y tipo de materiales. ✓ Por lo anterior se cuenta con medidas de seguridad considerando los modelos e predicción. ✓ Se consideran de manera integral medidas de buenas prácticas, en beneficio al ambiente. ✓ Se tendrán equipos y grifería que contribuyan al ahorro de agua, y se adoptarán estrategias, acciones y tecnologías para hacer un uso racional, responsable y eficiente del agua. ✓ Se implementará las mejores prácticas y equipos de trabajo con tecnología limpia que minimice las emisiones de gases a la atmósfera. ✓ La instalación del sistema de distribución eléctrica se realizará con equipos ahorradores de energía, con lo que se contribuirá a una menor emisión de gases efecto invernadero.
Artículo 28. La federación, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, deberán ejecutar acciones para la adaptación en la elaboración de las políticas, la Estrategia Nacional, el Programa y los programas en los siguientes ámbitos: *…* *IV. Ecosistemas y biodiversidad, en especial de zonas costeras, marinas, de alta montaña, semiáridas, desérticas, recursos forestales y suelos;* *…*	
Artículo 29. Se considerarán acciones de adaptación: *…*	

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
III. El manejo, protección, conservación y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y suelos; *IV. La conservación, el aprovechamiento sustentable, rehabilitación de playas, costas, zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar y cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas para uso turístico, industrial, agrícola, pesquero, acuícola o de conservación;* *…* *X. El establecimiento y conservación de las áreas naturales protegidas y corredores biológicos;* *…* *XIII. Los programas de conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad;* *…* *XVI. Los programas en materia de desarrollo turístico;* *…*	✓ Se contará con un plan integral de manejo de residuos, promoviendo la separación de residuos reciclables, llamados también valorables y cumplirá con toda la normatividad aplicable. ✓ Se tendrá la adquisición de equipos eficientes de aires acondicionados utilizando menos energía eléctrica. ✓ Se consideran modelos hidráulicos operativos, como la planta potabilizadora y de tratamiento de aguas servidas, sin afectar la disponibilidad del acuífero, toma medidas de la recarga de contaminantes, con pozos profundos, y reutiliza mparte del agua tratada. En concordancia con lo establecido en el Artículo 26, fracción XI de la Ley General de Cambio Climático, el proyecto no solo garantiza la conservación de los individuos de manglar, sino que también fortalece su capacidad de resiliencia frente al cambio climático mediante medidas de diseño del proyecto y manejo sustentable. Aunque corresponde a las autoridades en el ámbito de su competencia ejecutar las acciones necesarias para la política nacional de adaptación frente al cambio climático por cuanto hace a ecosistemas y biodiversidad, desde su planeación, el proyecto se orientó hacia un desarrollo sustentable, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social.

III.1.5 Ley Aguas Nacionales y su Reglamento

Al igual que las anteriores, se trata de una ley reglamentaria del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales y es también de observancia general en todo el territorio nacional. Su objetivo primordial es regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable, de acuerdo con lo especificado en su artículo 1.

El aprovechamiento de aguas subterráneas necesita contar con el título de concesión que otorgue el derecho para la explotación del volumen determinado por la CONAGUA, bajo las especificaciones que esta autoridad establezca. De la misma manera, se debe tramitar y obtener el permiso para la descarga de aguas residuales a cuerpos de aguas receptores de propiedad nacional o hacia el suelo.

La PTAR se dimensiona por caudales recolectables y operará bajo el principio de aprovechamiento potencial del efluente tratado para usos no potables permitidos por la NOM-003-SEMARNAT-1997 (riego de áreas verdes y lavado de superficies), priorizando su utilización interna y minimizando descargas. La fracción no reutilizada únicamente se dispondrá mediante pozo de inyección en horizonte profundo salino en cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-2021 y con los títulos, autorizaciones y pruebas de inyección correspondientes conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. efectos de control, el proyecto contará con: a) medición de caudales de entrada y salida, b) monitoreo en línea de parámetros de proceso críticos (pH, ORP, cloro residual, caudal) y muestreo acreditado del efluente tratado con cadena de custodia; c) bitácoras operativas. La eventual asignación de efluente a riego y lavado se gestionará con base en caudales operativos asegurando, en su caso, que el efluente destinado a reúso cumpla los límites aplicables de la NOM-003-SEMARNAT-1997, y que cualquier descarga cumpla los parámetros y frecuencias de reporte de la NOM-01-SEMARNAT-2021.

Tabla III-5. Vinculación jurídica-ambiental considerando la naturaleza del proyecto y lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

Especificación	Cumplimiento
LAN	
ARTÍCULO 3. *Para los efectos de esta Ley se entenderá por:* … ***VI.*** *"Aguas Residuales": Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas;* ***VII.*** *"Aprovechamiento": Aplicación del agua en actividades que no impliquen consumo de la misma;* … ***XIII.*** *"Concesión": Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos* ***XIV.*** *"Condiciones Particulares de Descarga": El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para cada usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios de un cuerpo receptor específico con el fin de conservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la presente Ley y los reglamentos derivados de ella;* … ***XVII.*** *"Cuerpo receptor": La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, subsuelo o los acuíferos;* …	En atención a estas disposiciones, los conceptos jurídicos ahí definidos resultan plenamente aplicables al diseño y ejecución del presente proyecto, dada la necesidad de utilización del recurso hídrico en todas sus etapas, así como por la generación de aguas residuales derivadas de su operación. En particular, la noción de "aguas residuales", en términos de la fracción VI, comprende aquellas que, producto de las descargas derivadas del uso público urbano, doméstico, comercial y de servicios, se originarán en el sitio del proyecto y deberán ser sujetas a tratamiento conforme a lo que dispongan las condiciones particulares de descarga que determine la Comisión Nacional del Agua. El concepto de "aprovechamiento", establecido en la fracción VII, también es considerado en el diseño técnico-operativo del proyecto para aquellas actividades que impliquen el uso del agua sin consumo directo, bajo esquemas de eficiencia hídrica. Asimismo, para la extracción y uso de aguas nacionales, el promovente estará obligado a gestionar el correspondiente título de "concesión", conforme a lo previsto en la fracción XIII, debiendo cumplir con los requisitos, condiciones y limitantes establecidos por la autoridad competente. De igual manera, toda descarga deberá sujetarse a las "condiciones particulares de descarga" señaladas en la fracción XIV, las cuales establecen los parámetros físico-químicos y biológicos permisibles para proteger la calidad del recurso, preservando con ello la integridad del cuerpo receptor conforme a la fracción XVII, que en este caso podrá incluir cuerpos de agua, zonas costeras o terrenos susceptibles de infiltración. El requerimiento, disponibilidad, uso, tratamiento y descarga del recurso hídrico son abordados de manera transversal en este documento. En el capítulo II se detalla la demanda específica del proyecto y los mecanismos de abastecimiento previstos; en el capítulo IV se realiza una caracterización ambiental del sistema hidrológico regional; en los capítulos VI y VII se identifican los impactos asociados al uso y descarga del recurso, y se proponen medidas concretas de prevención, mitigación y control, conforme a los principios de conservación, uso eficiente y protección de la calidad del agua, previstos en la legislación aplicable.
ARTÍCULO 9. *"La Comisión" es un órgano administrativo desconcentrado de "la Secretaría", que se regula conforme a las disposiciones de esta Ley y sus reglamentos, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y de su Reglamento Interior.* … *Son atribuciones de "la Comisión" en su Nivel Nacional, las siguientes:* …	Como ha sido descrito en el capítulo II de esta MIA-R, como parte del proyecto se tiene contemplado construir y operar una POI y una PTAR. LA POI servirá para potabilizar el agua y, la PTAR se usará para tratar el agua residual que se genere en la operación del desarrollo turístico. Si bien, se tiene contemplado reutilizar la mayor parte del agua tratada, el agua sobrante

Especificación	Cumplimiento
XX. Expedir títulos de concesión, asignación o permiso de descarga a que se refiere la presente Ley y sus reglamentos, reconocer derechos y llevar el Registro Público de Derechos de Agua;	se descargaría directamente al manto freático, clasificado bien nacional. Para poder realizar el aprovechamiento del agua y disponer el rechazo derivado del tratamiento y la descarga de aguas residuales tratadas derivadas del tratamiento de aguas servidas tratadas de manera previa, se deberá realizar el trámite ante la CONAGUA para obtener las concesiones para el aprovechamiento de aguas subterráneas (trámite CNA-01-004) y el permiso de descarga de aguas residuales (Trámite CONAGUA-01-001).
ARTÍCULO 20. De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas. *Corresponde a los Organismos de Cuenca expedir los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga a los que se refiere la presente Ley y sus reglamentos, salvo en aquellos casos previstos en la Fracción IX del Artículo 9 de la presente Ley, que queden reservados para la actuación directa de "la Comisión".* *La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por parte de personas físicas o morales se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que establece esta Ley, sus reglamentos, el título y las prórrogas que al efecto se emitan.*	
ARTÍCULO 28. Los concesionarios tendrán los siguientes derechos: *I. Explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales y los bienes a que se refiere el Artículo 113 de la presente Ley, en los términos de la presente Ley y del título respectivo;* *II. Realizar a su costa las obras o trabajos para ejercitar el derecho de explotación, uso o aprovechamiento del agua, en los términos de la presente Ley y demás disposiciones reglamentarias aplicables;* *…*	Una vez obtenida la concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales ante la CONAGUA, la concesionaría ejercerá sus derechos en apego con lo indicado en el artículo 28, así como de sus obligaciones para mantenerla vigente bajo los términos considerados en el artículo 29 de la LAN y los indicados en el título de concesión que se llegara a otorgar. Aquí cabe aclarar que, tal y como quedó descrito en el capítulo II de esta MIA-R, el suministro de agua para la etapa de operación y mantenimiento del proyecto se realizará a través de la perforación, habilitación y operación del pozo para el aprovechamiento de aguas. El agua extraída se transportará del punto de extracción al sitio de consumo por medio de tuberías. Una vez habilitado el pozo, y durante la operación, el aprovechamiento de agua se realizará con apego al volumen y condiciones establecidas en el título de concesión, lo cual será comprobado con los del medidor instalado. Para reducir el volumen de aprovechamiento, se adoptarán estrategias, acciones y tecnologías para hacer un uso racional, responsable y eficiente del agua, incluyendo la aplicación de riegos en el área de jardines con agua tratada solo en época de secas y sequías prolongadas en la época de lluvias y la instalación de equipos ahorradores de agua en todas las instalaciones.
ARTÍCULO 29. Los concesionarios tendrán las siguientes obligaciones, en adición a las demás asentadas en el presente Título: *I. Ejecutar las obras y trabajos de explotación, uso o aprovechamiento de aguas en los términos y condiciones que establece esta Ley y sus reglamentos, y comprobar su ejecución para prevenir efectos negativos a terceros o al desarrollo hídrico de las fuentes de abastecimiento o de la cuenca hidrológica; así como comprobar su ejecución dentro de los treinta días siguientes a la fecha de la conclusión del plazo otorgado para su realización a través de la presentación del aviso correspondiente;* *II. Instalar dentro de los cuarenta y cinco días siguientes a la recepción del título respectivo por parte del interesado, los medidores de agua respectivos o los demás dispositivos …;* *III. Conservar y mantener en buen estado de operación los medidores …;* *IV. Pagar puntualmente conforme a los regímenes que al efecto establezca la Ley correspondiente, los derechos fiscales que se deriven de las extracciones, consumo y descargas volumétricas que realice en relación con la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales que le hayan sido concesionadas o asignadas; …;*	

Especificación	Cumplimiento
V. Cubrir los pagos que les correspondan de acuerdo con lo establecido en la Ley Fiscal vigente y en las demás disposiciones aplicables; *…*	
ARTÍCULO 86 BIS 2. Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.	En atención a este mandato, el proyecto ha sido estructurado de forma que se asegure el cumplimiento de la prohibición relativa al depósito, vertimiento o disposición de basura, lodos residuales, materiales y demás desechos en cuerpos receptores o zonas federales, en contravención a las disposiciones legales, reglamentarias o a las normas oficiales mexicanas aplicables. En ese sentido, se reconoce que el desarrollo del proyecto generará residuos clasificados conforme a lo previsto en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento, incluyendo residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos, cuya generación y manejo dependerán de la etapa del proyecto en que se originen. Durante las fases de preparación del sitio y construcción se prevé la generación predominante de residuos de manejo especial y peligrosos, tales como cascajo, chatarra metálica, restos de madera y sustancias químicas derivadas del uso de hidrocarburos, pinturas o solventes. De manera accesoria, también se generarán residuos sólidos urbanos como resultado de las actividades cotidianas del personal en obra. Una vez iniciada la etapa operativa del proyecto, los residuos generados corresponderán exclusivamente a sólidos urbanos, en términos equivalentes a los de un establecimiento turístico de uso intensivo. Para todas las etapas del proyecto, se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos, debidamente estructurado conforme a los principios de prevención, valorización, separación, almacenamiento temporal, transporte, disposición final y trazabilidad, observando en todo momento las disposiciones normativas federales, estatales y municipales aplicables. Este programa considera una gestión diferenciada de residuos por tipo, peligrosidad y características fisicoquímicas, con énfasis en evitar cualquier tipo de disposición que pudiera generar contaminación de cuerpos de agua superficiales o subterráneos, de conformidad con lo previsto en el citado artículo 86 Bis 2. La disposición final de los residuos se realizará exclusivamente en sitios autorizados por la autoridad competente, conforme al marco jurídico vigente. Las medidas previstas se encuentran descritas con mayor detalle en los capítulos II, apartado II.2.7, y VI de esta MIA-P, y serán objeto de seguimiento mediante el programa de vigilancia ambiental correspondiente.
ARTÍCULO 88. Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua" para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean	En observancia a lo dispuesto por este artículo, la promovente, gestionará ante la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) el permiso correspondiente para la descarga de aguas residuales tratadas derivadas de las operaciones del proyecto, en virtud de que dicha descarga podría realizarse, de forma permanente o

Especificación	Cumplimiento
bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos. *El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes.*	intermitente, en cuerpos receptores que constituyen bienes nacionales o que pudieran implicar infiltración con potencial contaminante hacia el subsuelo o acuíferos. Si bien el diseño del proyecto considera un sistema de tratamiento que permite el reúso del agua tratada para actividades como riego de áreas verdes y limpieza de superficies, conforme a lo dispuesto en las normas oficiales mexicanas aplicables en materia de calidad del agua para uso no potable, se prevé la existencia de volúmenes residuales que, por exceder la capacidad de reúso, deberán ser descargados con sujeción a una concesión específica emitida por la Autoridad del Agua. En este sentido, la promovente deberá tramitar el permiso respectivo para descarga al acuífero, en apego a los procedimientos establecidos en la Ley. Se tiene previsto el manejo del rechazo generado por la Planta potabilizadora (POI), cuya disposición se realizará mediante inyección profunda, a 60 m de profundidad, tal y como indica el estudio geohidrológico, todo ello conforme a los parámetros y restricciones que determine la CONAGUA, con base en la evaluación técnica del expediente y la disponibilidad del recurso hídrico. Finalmente, es preciso señalar que el control de las descargas a los sistemas de alcantarillado público no será aplicable al presente caso, dado que el proyecto operará con infraestructura hidráulica propia, sin vinculación al drenaje municipal.
Reglamento de la LAN	
ARTICULO 29.- *Las solicitudes de concesiones o asignaciones podrán ser presentadas tanto por personas físicas como por personas morales, debiendo acreditar estas últimas su existencia legal, así como la personalidad jurídica del promovente.*	Para la realización de los trámites de concesión para el aprovechamiento de agua subterránea y de descarga de aguas residuales, esta promovente realizará los procedimientos cumpliendo con los términos establecidos por la CONAGUA, entre ellos presentando la documentación legal aquí mencionada.
ARTICULO 30.- *Conjuntamente con la solicitud de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales se solicitará, en su caso: el permiso de descarga de aguas residuales, el permiso para la realización de las obras que se requieran para el aprovechamiento del agua y la concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de cauces, vasos o zonas federales a cargo de "La Comisión".*	Como ha sido descrito en el capítulo II de esta MIA-P, como parte del proyecto se tiene contemplado construir y operar una POI y una PTAR. LA POI servirá para potabilizar el agua a aprovechar del manto hídrico profundo y, la PTAR se usará para tratar el agua residual que se genere en la operación del desarrollo turístico. Si bien, se tiene contemplado reutilizar la mayor parte del agua tratada, el agua sobrante se descargaría directamente al pozo de adsorción, no sin antes obtener los permisos y concesiones necesarias. Para poder realizar el aprovechamiento del agua y descargar el agua residual tratada, de manera previa se deberá realizar el trámite ante la CONAGUA para obtener las concesiones para el aprovechamiento de aguas subterráneas (trámite CNA-01-004) y el permiso de la descarga de aguas residuales (Trámite CONAGUA-01-001).
ARTICULO 135.- *Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la "Ley", deberán:*	Esta promovente tiene contemplado tramitar la concesión para la descarga de aguas residuales tratadas ante la CONAGUA. Si bien se tiene considerado reusar el agua residual tratada en actividades de riego y lavado de exteriores, prevé la verificación del cumplimiento de la

Especificación	Cumplimiento
I. Contar con el permiso de descarga de aguas residuales que les expida "La Comisión", o en su caso, presentar el aviso respectivo a que se refiere la "Ley" y este Reglamento; *II. Tratar las aguas residuales previamente a su vertido a los cuerpos receptores, cuando esto sea necesario para cumplir con las obligaciones establecidas en el permiso de descarga correspondiente;* *III. Cubrir, cuando proceda, el derecho federal por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales;* *IV. Instalar y mantener en buen estado, los dispositivos de aforo y los accesos para muestreo que permitan verificar los volúmenes de descarga y las concentraciones de los parámetros previstos en los permisos de descarga;*	normatividad aplicable en cuanto a la calidad del agua, se tiene considerado que habrá un volumen sobrante del agua residual tratada que no se reusaría, por lo que se tramitaría la concesión para poder descargar dicho volumen al manto acuífero.

III. 1.6 Ley General de Bienes Nacionales y su reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías de navegables, playas, zona federal marítima terrestre y terrenos ganados al mar.

La Ley de Bienes Nacionales es la ley que tiene el objeto de establecer los bienes que forman parte del patrimonio nacional y las normas para la adquisición, titulación, administración, control, vigilancia y enajenación de los inmuebles federales y los de propiedad de las entidades, entre otros.

El predio donde se pretende desarrollar el proyecto colinda con la Laguna de Bacalar, por lo que resulta necesario considerar las disposiciones aplicables a los bienes nacionales asociados a dicho cuerpo de agua y, en su caso, a la zona federal que se encuentre oficialmente delimitada en el frente colindante con el predio. En este sentido, el artículo 7 de la Ley General de Bienes Nacionales reconoce como bienes de uso común, entre otros, los vasos de los lagos, lagunas y esteros de propiedad nacional, así como las zonas federales correspondientes. Asimismo, el artículo 119 establece los supuestos para la determinación de la zona federal marítimo terrestre tratándose de lagos, lagunas, esteros o depósitos naturales de agua marina que se comuniquen directa o indirectamente con el mar.

Por lo anterior, cualquier uso, ocupación o aprovechamiento que, en su caso, se pretenda realizar sobre bienes de dominio público de la Federación asociados a la Laguna de Bacalar deberá sujetarse a la delimitación oficial correspondiente y a la obtención previa de las concesiones, permisos o autorizaciones que resulten procedentes ante la autoridad competente.

Tabla III-6 Vinculación jurídica considerando la normativa relacionada con la zona federal marítimo terrestre y la naturaleza del proyecto.

Especificación	Cumplimiento
Ley General de Bienes Nacionales	
ARTÍCULO 7.- Son bienes de uso común: *…* *V.- La zona federal marítimo terrestre;* *…*	Artículos normativos de observancia que establecen las características del régimen del dominio público al que están sujetos los bienes de uso común, incluyendo las playas y la zona federal marítimo terrestre, y los requisitos que se tienen que cumplir en caso de querer hacer uso o aprovechamiento de ellos. Bajo el conocimiento de lo estipulado en estos artículos, el proyecto no incide en la Zona Federal Marítimo Lagunar ZFMLAG.
ARTÍCULO 13.- Los bienes sujetos al régimen de dominio público de la Federación son inalienables, imprescriptibles e inembargables y no estarán sujetos a acción reivindicatoria o de posesión definitiva o provisional, o alguna otra por parte de terceros. *ARTÍCULO 15.- Los particulares y las instituciones públicas sólo podrán adquirir sobre el uso, aprovechamiento y explotación de los bienes sujetos al régimen de dominio público de la Federación, los*	

derechos regulados en esta Ley y en las demás que dicte el Congreso de la Unión. *ARTÍCULO 16.- Las concesiones, permisos y autorizaciones sobre bienes sujetos al régimen de dominio público de la Federación no crean derechos reales; otorgan simplemente frente a la administración y sin perjuicio de terceros, el derecho a realizar los usos, aprovechamientos o explotaciones, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes y el título de la concesión, el permiso o la autorización correspondiente.*	
ARTÍCULO 119.- Tanto en el macizo continental como en las islas que integran el territorio nacional, la zona federal marítimo terrestre se determinará: *I.- Cuando la costa presente playas, la zona federal marítimo terrestre estará constituida por la faja de veinte metros de ancho de tierra firme, transitable y contigua a dichas playas o, en su caso, a las riberas de los ríos, desde la desembocadura de éstos en el mar, hasta cien metros río arriba;*	
Reglamento de para el Uso y Aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar	
Artículo 5o.- Las playas, la zona federal marítimo terrestre y los terrenos ganados al mar, o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, son bienes de dominio público de la Federación, inalienables e imprescriptibles y mientras no varíe su situación jurídica, no están sujetos a acción reivindicatoria o de posesión definitiva o provisional.	Los presentes artículos del Reglamento No son aplicables; dado que no pretende actuaciones sobre la ZFMLAG.
Artículo 7o.- Las playas y la zona federal marítimo terrestre podrán disfrutarse y gozarse por toda persona sin más limitaciones y restricciones que las siguientes: *…* *II. Se prohíbe la construcción e instalación de elementos y obras que impidan el libre tránsito por dichos bienes, con excepción de aquéllas que apruebe la Secretaría atendiendo las normas de desarrollo urbano, arquitectónicas y las previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;*	
Artículo 26.- Toda solicitud de concesión en los términos de la Ley y del presente Capítulo, deberá hacerse por escrito ante la Secretaría, en original y dos copias proporcionando los datos y elementos siguientes: *I. Nombre, nacionalidad y domicilio del solicitante; cuando se trate de personas morales, se deberá acompañar el acta constitutiva de la empresa; cuando se trate de personas físicas se deberá proporcionar el acta de nacimiento;* *II. Plano de levantamiento topográfico referido a la delimitación de la zona o en su defecto, a cartas del territorio nacional en coordenadas geodésicas. La superficie estará limitada por una poligonal cerrada, presentando su cuadro de construcción, se incluirá también un croquis de localización, con los puntos de localización más importantes;* *III. Descripción detallada del uso, aprovechamiento o explotación que se dará al área solicitada;* *IV. Cuando se pretenda realizar la explotación de materiales deberán precisarse sus características, volúmenes de extracción, su valor comercial y el uso a que vayan a destinarse;* *V. Para los efectos de la prelación establecida en el artículo 24 de este Reglamento, se deberán acompañar los documentos que acrediten los supuestos referidos en dicho artículo;*	

VI. Instalaciones que pretendan llevarse a cabo, anexando los planos y memorias descriptivas de las obras; *VII. Cuando existan edificaciones o instalaciones en el área de que se trate realizadas por el solicitante, se indicarán mediante los planos y memorias correspondientes y se presentará el acta de reversión de los inmuebles en favor de la Federación, misma que será previamente levantada por autoridad competente;* *VIII. Monto de la inversión total que se proyecte efectuar, con un programa de aplicación por etapas;* *IX. Constancias de las autoridades estatales o municipales, respecto de la congruencia de los usos del suelo en relación al predio colindante; y* *X. Término por el que se solicita la concesión.*	

III.1.7 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPEGIR) y su Reglamento.

Se trata de otra ley reglamentaria de las disposiciones establecidas en la CPEUM, en este caso a la que hace referencia a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. Su objetivo primordial es garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención, generación, valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación. En la Tabla III-7 se tiene la vinculación entre los principales preceptos de esta ley y su reglamento con el desarrollo y naturaleza del proyecto.

Tabla III-7. Vinculación jurídico-ambiental considerando la naturaleza del proyecto y lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPEGIR).

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
LGPGIR	
Artículo 5.- *Para los efectos de esta Ley se entiende por:* … ***IX.*** *Generador: Persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo;* … ***XI.*** *Gestor: Persona física o moral autorizada en los términos de este ordenamiento, para realizar la prestación de los servicios de una o más de las actividades de manejo integral de residuos;* … ***XII.*** *Gran Generador: Persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida;* … ***XIX.*** *Microgenerador: Establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida;* ***XX.*** *Pequeño Generador: Persona física o moral que genere una cantidad igual o mayor a cuatrocientos kilogramos y*	Bajo la definición y diferenciación de los diferentes tipos de residuos, se considera que por el desarrollo del proyecto se generarán los tres tipos de residuos, variando en su tipo y cantidad de acuerdo con las actividades que se realizan como parte del proyecto, las cuales cambian según la etapa de desarrollo. Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se genera una mayor cantidad de residuos de manejo especial y menor de residuos sólidos urbanos, los cuales son producto del proceso constructivo y presencia de trabajadores. Entre los residuos de manejo especial están la pedacería de madera producto de la cimentación, chatarra (producto de metales empleados) y cascajo, como parte de residuos de mezcla de concreto sobrante, derrames, pruebas de revenimiento y residuos de construcciones. En estas etapas también se generan residuos sólidos urbanos provenientes de los consumos de alimentos realizados por los trabajadores en la obra. Como parte de las medidas ambientales propuestas a implementar está el de manejar de manera separada los diferentes tipos de residuos que se producirían por el desarrollo del proyecto. Esta separación se dará a dos niveles; el primero es diferenciando entre residuos sólidos urbanos y de manejo especial. El segundo nivel es diferenciando entre residuos de las categorías anteriormente mencionadas, siendo, entre los residuos sólidos urbanos, en residuos orgánicos, inorgánicos. Por

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida; … ***XXI.*** *Plan de Manejo: Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno;* … ***XXX.*** *Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos;* … ***XXXII.*** *Residuos Peligrosos: Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley;* ***XXXIII.*** *Residuos Sólidos Urbanos: Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole;* …	otro lado, los residuos de manejo especial se separarán en residuos de madera, chatarra, cascajo y residuos de mezcla y cristal. El traslado y disposición final de los diferentes tipos de residuos generados se realizará por medio de empresas especializadas y con las autorizaciones respectivas para prestar sus servicios, asegurando que la disposición final donde la autoridad lo tenga asignado. Por otro lado, durante la etapa de operación y mantenimiento se generarán residuos sólidos urbanos, siendo del mismo tipo de los que se producen en cualquier hogar. Adjunto al presente documento se presenta el plan de manejo integral de residuos que se pondría en práctica durante el desarrollo del proyecto.
Artículo 7*.- Son facultades de la Federación:* … ***VII.*** *La regulación y control de los residuos peligrosos provenientes de pequeños generadores, grandes generadores o de microgeneradores, cuando estos últimos no sean controlados por las entidades federativas;* … ***XI.*** *Autorizar el manejo integral de residuos peligrosos, así como la prestación de los servicios correspondientes, de conformidad con lo previsto en esta Ley;* ***Artículo 9.-*** *Son facultades de las Entidades Federativas:*	En el Plan de manejo integral de residuos se diferencian los tipos de residuos, las fuentes del proyecto generadoras, los volúmenes generales esperados a producirse por etapa de ejecución del proyecto, así como la disposición final de cada uno de los tipos de residuos. El promovente del presente proyecto delinea el plan de manejo de residuos a generarse por el desarrollo del proyecto con base en las obligaciones que le confiere la presente Ley, así mismo identifica a los responsables del manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final, de los residuos producidos por

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
I. Formular, conducir y evaluar la política estatal, así como elaborar de manera coordinada con la Federación los programas en materia de residuos de manejo especial, acordes al Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial y el Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados, en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática, establecido en el artículo 25 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; … *III. Autorizar el manejo integral de residuos de manejo especial, e identificar los que dentro de su territorio puedan estar sujetos a planes de manejo, en coordinación con la Federación y de conformidad con el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial y el Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados;* … *V. Autorizar y llevar a cabo el control de los residuos peligrosos generados o manejados por microgeneradores,* …	los diferentes generadores, conforme a las facultades y obligaciones que le otorga la ley. Por lo que respecta a esta promovente, manifiesta que está consciente, y en disposición de cumplir con la ley, con respecto al cobro que implica el pago de los servicios por el manejo integral no solo de los residuos sólidos urbanos que brinda el Municipio, por sí o por un tercero, sino del que representa el manejo, transporte y disposición final de los residuos de manejo especial y peligrosos antes las instancias correspondientes, así como lo manifiesta la presenta Ley.
Artículo 10.- Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final, conforme a las siguientes facultades: … *I. Controlar los residuos sólidos urbanos;* *II. Prestar, por sí o a través de gestores, el servicio público de manejo integral de residuos sólidos urbanos, observando lo dispuesto por esta Ley y la legislación estatal en la materia;* … *XI. Efectuar el cobro por el pago de los servicios de manejo integral de residuos sólidos urbanos y destinar los ingresos a la operación y el fortalecimiento de los mismos, y* …	
Artículo 42.- Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. *La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones*	Dadas las dimensiones del proyecto, las obras y actividades que implican su ejecución y el tiempo de duración de las etapas en las que se divide el desarrollo, no se estima la generación de grandes volúmenes de residuos peligrosos durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Los residuos peligrosos que más pudieran ser generados en este tipo de proyectos son los residuos derivados de hidrocarburos por la operación de maquinaria y equipo y el suelo contaminado por fugas y derrames accidentales de aceites, grasas y combustibles. Sin embargo, durante la preparación del sitio y construcción del proyecto el uso de maquinaria será mínimo, por lo que no se prevé se requiera darle mantenimiento profundo durante el tiempo que se encuentren en operación en el predio. Para ello, la maquinaria que se requiera para la preparación del sitio deberá estar en buenas condiciones de operación. En caso de que sea necesario darle

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador. *Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.* ***Artículo 43.-*** *Las personas que generen o manejen residuos peligrosos deberán notificarlo a la Secretaría o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales, de acuerdo con lo previsto en esta Ley y las disposiciones que de ella se deriven.*	mantenimiento, este se realizará fuera del predio, en un taller especializado y autorizado para ello. Durante la etapa de operación no se prevé la generación de residuos peligrosos.
Artículo 48.- *Las personas consideradas como microgeneradores de residuos peligrosos están obligadas a registrarse ante las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas o municipales, según corresponda; sujetar a los planes de manejo los residuos peligrosos que generen y que se establezcan para tal fin y a las condiciones que fijen las autoridades de los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios competentes; así como llevar sus propios residuos peligrosos a los centros de acopio autorizados o enviarlos a través de transporte autorizado, de conformidad con las disposiciones legales aplicables.* *El control de los microgeneradores de residuos peligrosos, corresponderá a las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas y municipales, de conformidad con lo que establecen los artículos 12 y 13 del presente ordenamiento.*	
Reglamento de la LGPGIR	
Artículo 35.- *Los residuos peligrosos se identificarán de acuerdo con lo siguiente:* ***I.*** *Los que sean considerados como tales, de conformidad con lo previsto en la Ley;* ***II.*** *Los clasificados en las normas oficiales mexicanas a que hace referencia el artículo 16 de la Ley, mediante:* ***a)*** *Listados de los residuos por características de peligrosidad: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad; agrupados por fuente específica y no especifica; por ser productos usados, caducos, fuera de especificación o retirados del Z. Comercial y que se desechen; o por tipo de residuo sujeto a condiciones particulares de manejo. La Secretaría considerará la toxicidad crónica, aguda y ambiental que les confieran peligrosidad a dichos residuos, y* ***b)*** *Criterios de caracterización y umbrales que impliquen un riesgo al ambiente por corrosividad, reactividad, explosividad, inflamabilidad, toxicidad o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, y* ***III.*** *Los derivados de la mezcla de residuos peligrosos con otros residuos; los provenientes del tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos y*	La diferenciación de los residuos peligrosos del resto de residuos y entre ellos sería tomando en cuenta las especificaciones indicadas en estos artículos y las características, clasificación y listado de residuos peligrosos de la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. Por lo que, durante el desarrollo del proyecto se tendrá muy en cuenta las especificaciones de estos artículos para la identificación, clasificación y manejo de los residuos que se generen para poder diferenciar aquellos que se clasifiquen como peligrosos para evitar su manejo y disposición inapropiada y contaminación ambiental y de otros residuos.

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
aquellos equipos y construcciones que hubiesen estado en contacto con residuos peligrosos y sean desechados. *Los residuos peligrosos listados por alguna condición de corrosividad, reactividad, explosividad e inflamabilidad señalados en la fracción II inciso a) de este artículo, se considerarán peligrosos, sólo si exhiben las mencionadas características en el punto de generación, sin perjuicio de lo previsto en otras disposiciones jurídicas que resulten aplicables.*	
Artículo 39.- *Cuando exista una mezcla de residuos listados como peligrosos o caracterizados como tales por su toxicidad, con otros residuos, aquélla será peligrosa.* *Cuando dentro de un proceso se lleve a cabo una mezcla de residuos con otros caracterizados como peligrosos, por su corrosividad, reactividad, explosividad o inflamabilidad, y ésta conserve dichas características, será considerada residuo peligroso sujeto a condiciones particulares de manejo.*	
Artículo 40.- *La mezcla de suelos con residuos peligrosos listados será considerada como residuo peligroso, y se manejará como tal cuando se transfiera.*	

III. 1.8 Ley General de Bienes Nacionales y Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playa, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar.

La Ley de Bienes Nacionales es la ley que tiene el objeto de establecer los bienes que forman parte del patrimonio nacional y las normas para la adquisición, titulación, administración, control, vigilancia y enajenación de los inmuebles federales y los de propiedad de las entidades, entre otros.

Considerando que el proyecto pretende hacer uso de la zona federal marítimo terrestre aledaña a la Laguna Nichupté, misma que es considera un bien de uso común, de acuerdo con lo dispuesto por el artículo 7 de la ley en comento, se observan los lineamientos establecidos en esta ley, así como lo establecido en el Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar con la finalidad de ejercer los derechos de la concesión para el uso respectivo. En la Tabla III-8 se presenta la vinculación del proyecto con este marco jurídico.

Tabla III-8. Vinculación jurídica considerando la normativa relacionada con la zona federal marítimo terrestre y la naturaleza del proyecto.

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
Ley General de Bienes Nacionales	
ARTÍCULO 7.- *Son bienes de uso común:* *…* ***IV.-*** *Las playas marítimas, entendiéndose por tales las partes de tierra que por virtud de la marea cubre y descubre el agua, desde los límites de mayor reflujo hasta los límites de mayor flujo anuales;* ***V.-*** *La zona federal marítimo terrestre;* *…*	Artículos normativos de observancia que dictan el alcance de los bienes de uso común, incluyendo las playas y la zona federal marítimo terrestre, y los alcances que se tienen en caso de querer hacer uso o aprovechamiento de ellos. Bajo el conocimiento de lo estipulado en estos artículos, la promovente pretende solicitar la Zona federal lagunar colindante al predio.
ARTÍCULO 13.- *Los bienes sujetos al régimen de dominio público de la Federación son inalienables, imprescriptibles e*	

<table>
<tr><td>inembargables y no estarán sujetos a acción reivindicatoria o de posesión definitiva o provisional, o alguna otra por parte de terceros.
ARTÍCULO 15.- Los particulares y las instituciones públicas sólo podrán adquirir sobre el uso, aprovechamiento y explotación de los bienes sujetos al régimen de dominio público de la Federación, los derechos regulados en esta Ley y en las demás que dicte el Congreso de la Unión.
ARTÍCULO 16.- Las concesiones, permisos y autorizaciones sobre bienes sujetos al régimen de dominio público de la Federación no crean derechos reales; otorgan simplemente frente a la administración y sin perjuicio de terceros, el derecho a realizar los usos, aprovechamientos o explotaciones, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes y el título de la concesión, el permiso o la autorización correspondiente.</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>ARTÍCULO 119.- Tanto en el macizo continental como en las islas que integran el territorio nacional, la zona federal marítimo terrestre se determinará:
I.- Cuando la costa presente playas, la zona federal marítimo terrestre estará constituida por la faja de veinte metros de ancho de tierra firme, transitable y contigua a dichas playas o, en su caso, a las riberas de los ríos, desde la desembocadura de éstos en el mar, hasta cien metros río arriba;</td></tr>
<tr><td colspan="2">Reglamento de para el Uso y Aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar</td></tr>
<tr><td>Artículo 5o.- Las playas, la zona federal marítimo terrestre y los terrenos ganados al mar, o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, son bienes de dominio público de la Federación, inalienables e imprescriptibles y mientras no varíe su situación jurídica, no están sujetos a acción reivindicatoria o de posesión definitiva o provisional.</td><td rowspan="3">Los presentes artículos del Reglamento son también de observancia para la solicitud de la concesión de uso de la playa y de la zona federal marítimo terrestre; Será considerado solo para la solicitud que se realizará en su momento a la Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros.</td></tr>
<tr><td>Artículo 7o.- Las playas y la zona federal marítimo terrestre podrán disfrutarse y gozarse por toda persona sin más limitaciones y restricciones que las siguientes:
…
II. Se prohíbe la construcción e instalación de elementos y obras que impidan el libre tránsito por dichos bienes, con excepción de aquéllas que apruebe la Secretaría atendiendo las normas de desarrollo urbano, arquitectónicas y las previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;</td></tr>
<tr><td>Artículo 26.- Toda solicitud de concesión en los términos de la Ley y del presente Capítulo, deberá hacerse por escrito ante la Secretaría, en original y dos copias proporcionando los datos y elementos siguientes:
I. Nombre, nacionalidad y domicilio del solicitante; cuando se trate de personas morales, se deberá acompañar el acta constitutiva de la empresa; cuando se trate de personas físicas se deberá proporcionar el acta de nacimiento;
II. Plano de levantamiento topográfico referido a la delimitación de la zona o en su defecto, a cartas del territorio nacional en coordenadas geodésicas. La superficie estará limitada por una poligonal cerrada, presentando su cuadro de construcción, se</td></tr>
</table>

incluirá también un croquis de localización, con los puntos de localización más importantes; *III. Descripción detallada del uso, aprovechamiento o explotación que se dará al área solicitada;* *IV. Cuando se pretenda realizar la explotación de materiales deberán precisarse sus características, volúmenes de extracción, su valor comercial y el uso a que vayan a destinarse;* *V. Para los efectos de la prelación establecida en el artículo 24 de este Reglamento, se deberán acompañar los documentos que acrediten los supuestos referidos en dicho artículo;* *VI. Instalaciones que pretendan llevarse a cabo, anexando los planos y memorias descriptivas de las obras;* *VII. Cuando existan edificaciones o instalaciones en el área de que se trate realizadas por el solicitante, se indicarán mediante los planos y memorias correspondientes y se presentará el acta de reversión de los inmuebles en favor de la Federación, misma que será previamente levantada por autoridad competente;* *VIII. Monto de la inversión total que se proyecte efectuar, con un programa de aplicación por etapas;* *IX. Constancias de las autoridades estatales o municipales, respecto de la congruencia de los usos del suelo en relación al predio colindante; y* *X. Término por el que se solicita la concesión.*	
Artículo 31.- La Secretaría podrá otorgar permisos en zonas no concesionadas con vigencia máxima de un año para el uso de la zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito de aguas marítimas, de acuerdo a lo dispuesto por la Ley y este Reglamento, cuando se trate de realizar actividades tendientes a satisfacer servicios requeridos en las temporadas de mayor afluencia turística, de investigación científica y otras de naturaleza transitoria que, a juicio de la Secretaría sean congruentes con los usos autorizados en las áreas de que se trate.	

III. 1.9 Ley de Responsabilidad Ambiental.

Esta Ley se publicó en el Diario Oficial de la Federación del 7 de junio de 2013 y es reglamentaria del artículo 4 de la CPEUM, siendo de orden público e interés social. Tiene por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad subjetiva generada por el daño y el deterioro ambiental.

De acuerdo con lo indicado en su artículo 1, tiene como objeto regular la responsabilidad ambiental derivada de las afectaciones ocasionadas al medio ambiente, por actividades ilícitas así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

Tabla III-9. Vinculación jurídico-ambiental considerando la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental y la naturaleza del proyecto.

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
Artículo 6º.- No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas,	

ESPECIFICACIÓN	CUMPLIMIENTO
afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de: ***I.*** *Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que,* ***II.*** *No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.* *La excepción prevista por la fracción I del presente artículo no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad.*	La Ley Federal de Responsabilidad Ambiental establece una acción judicial para demandar la reparación de daños ambientales causados por actos ilícitos y sólo cuando no sea posible su reparación, su compensación. Esta Ley regula la responsabilidad subjetiva derivadas de actos y omisiones ilícitas que resulta de manera directa en un daño ambiental. Igualmente se señala que no se considerará que existe un daño ambiental, cuando los menoscabos, perdidas o afectaciones al medio ambiente hayan sido expresados e identificados, así como evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes y autorizados por SEMARNAT. Es precisamente a través de esta Manifestación de Impacto Ambiental, se expresan, identifican, describen, valorizan y delimitan en su alcance y se evalúan los posibles impactos ambientales por el desarrollo del proyecto. De igual forma, se proponen medidas ambientales para prevenir y mitigar su presencia durante las diferentes etapas de desarrollo del proyecto. Asimismo, se podrá observar y quedará en evidencia que la forma en como fue planificado el proyecto y con las medidas de prevención y mitigación se da cabal cumplimiento a las disposiciones aplicables.
Artículo 10.- *Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligada a la reparación de los daños, o bien, cuando la reparación no sea posible a la compensación ambiental que proceda, en los términos de la presente Ley.* *De la misma forma estará obligada a realizar las acciones necesarias para evitar que se incremente el daño ocasionado al ambiente.*	

III.2 Ordenamientos ecológicos, planes de desarrollo urbanos y áreas naturales protegidas.

Los ordenamientos ecológicos, de acuerdo con lo establecido en la LGEEPA, artículo 3 fracción XXIV, son considerados un instrumento de política ambiental que tienen el objetivo de regular o definir el uso del suelo y las actividades productivas potenciales; con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Debido a que este objetivo va ligado a uno de los objetivos del procedimiento evaluación de impacto ambiental, es obligatorio, e importante, considerar los criterios, lineamientos, estrategias y prohibiciones en ellos establecidos como parte del procedimiento de evaluación. De cierta manera, sus planteamientos funcionan, como una guía para definir las medidas ambientales a llevar a cabo para prevenir y mitigar los impactos ambientales. Por lo anterior, en el presente apartado se realiza la vinculación de la naturaleza del proyecto con los ordenamientos ecológicos aplicables y vigentes en el área de desarrollo del proyecto.

III.2.1 Programa de ordenamiento ecológico general del territorio.

El 07 de septiembre de 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Acuerdo por el que se expidió el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). Este fue resultado del trabajo realizado por el grupo de trabajo intersecretarial conformado por las Secretarías de Gobernación; Desarrollo Social; Energía; Economía; Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Comunicaciones y Transportes; Reforma Agraria; Turismo; el INEGI; PEMEX y la CFE, todos bajo la coordinación de la SEMARNAT.

El POEGT contiene la regionalización ecológica del territorio nacional, y de las zonas sobre las que la nación ejerce soberanía y jurisdicción, así como los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, como lo establece el artículo 20 de la LGEEPA; por lo que se considera de interés público y de observancia obligatoria en el todo el territorio nacional. El objetivo del establecimiento de los lineamientos y estrategias ecológicas de este ordenamiento es, de manera general, promover la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; y, promover medidas de mitigación de los posibles impactos ambientales causados por las acciones, programas y proyectos por desarrollarse, tanto públicos como privados.

Sin embargo, es importante mencionar que el POEGT no tiene como objetivo autorizar o prohibir el uso del suelo para el desarrollo de las actividades productivas, conforme lo especifica el mismo Acuerdo de publicación del POEGT, sino que fue elaborado para orientar a las diferentes dependencias, a través de lineamientos generales, hacia un desarrollo sustentable. Los lineamientos y estrategias delineadas no tienen el objetivo de limitar o restarle aplicabilidad a los programas de ordenamiento ecológico locales, los que sí presentan restricciones al uso del suelo y al desarrollo de obras y actividades productivas.

El POEGT está integrado por 80 regiones ecológicas, áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial, divididas en 18 grupos y 145 unidades denominadas unidades ambientales biofísicas (UAB). Estas UAB están caracterizadas por 10 lineamientos y 44 estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Tomando en cuenta las coordenadas del polígono del proyecto y la regionalización del POEGT, el predio se ubica en el sistema ambiental 6.33 y en la UAB 64 denominada “Karst del sur de Quintana Roo” (Figura III.1). Esta UBA se ubica en la parte sureste del Estado, al límite con el Mar Caribe, y comprende 9,729.2 km^2 de superficie total. Se le asignó una política ambiental de “protección, preservación y aprovechamiento sustentable” (6), un rector de desarrollo de “preservación de flora y fauna – turismo” (33), y una prioridad de atención “media”.

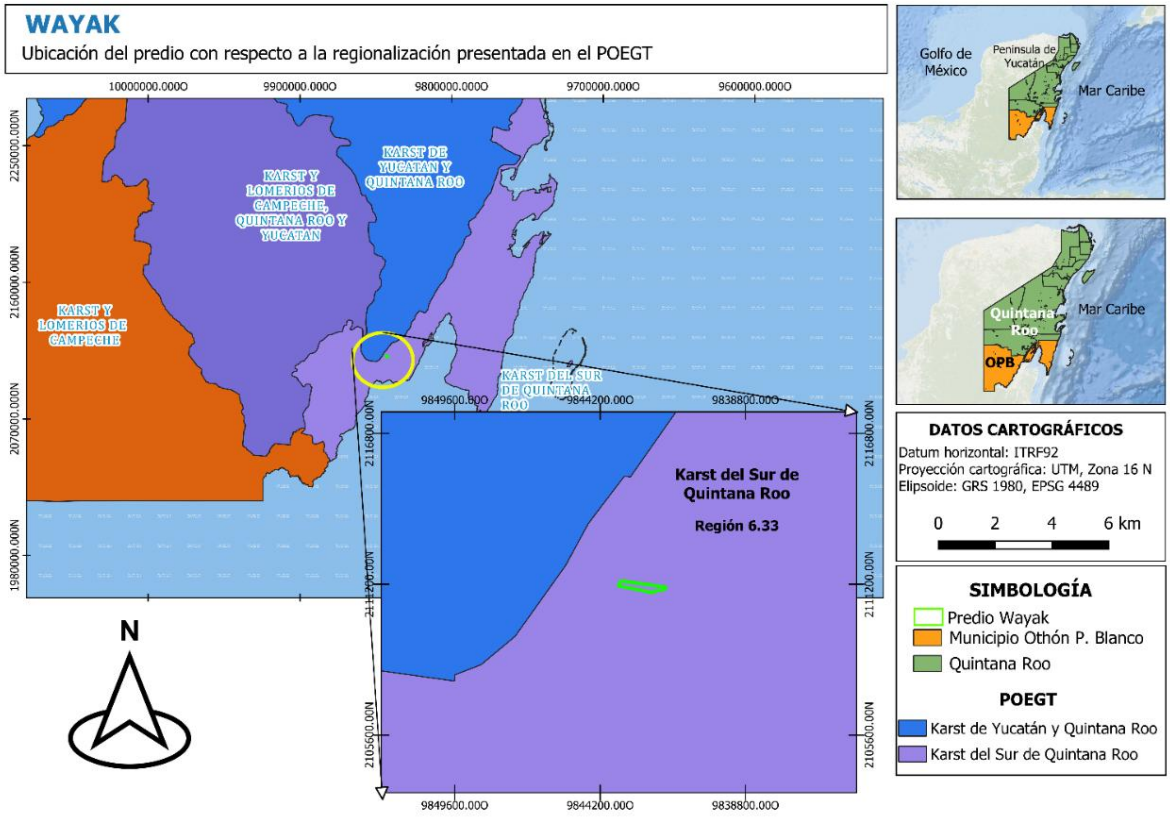


Figura III-1. Ubicación del predio del proyecto con respecto a la regionalización presentada en el POEGT.

De acuerdo con el estado ambiental reportado en el 2008, presentado en el Acuerdo de publicación del POEGT, la UAB se describe como:

Medianamente estable. Conflicto Sectorial Alto. *Media superficie de ANP's. Baja degradación de los Suelos. Media degradación de la Vegetación. Sin degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es baja. Longitud de Carreteras (km): Baja. Porcentaje de Zonas Urbanas: Muy baja. Porcentaje de Cuerpos de agua: Media. Densidad de población (hab/km^2): Baja. El uso de suelo es Forestal y Otro tipo de vegetación. Con disponibilidad de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 1.7. Media marginación social. Medio índice medio de educación. Alto índice medio de salud. Medio hacinamiento en la vivienda. Bajo indicador de consolidación de la vivienda. Muy bajo indicador de capitalización industrial. Bajo porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Alto porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola de transición. Media importancia de la actividad minera. Media importancia de la actividad ganadera.*

En la Tabla III-10 se presentan la ficha técnica con las estrategias sectoriales aplicables para esta UAB, de acuerdo con su estabilidad, política ambiental, prioridad de atención y estado ambiental anteriormente mencionadas.

Tabla III-10. Especificaciones aplicables a la UBA-64 de acuerdo con lo establecido en el POEGT.

Rector del desarrollo	Coadyuvante del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Estrategias sectoriales
Preservación de flora y fauna - turismo	Forestal	Agricultura	Ganadería - minería	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 21, 22, 23, 28, 29, 36, 37, 42, 43, 44

Estrategias sectoriales	
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio	
A) Preservación	***1.*** *Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.* ***2.*** *Recuperación de especies en riesgo.* ***3.*** *Conocimiento análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.*
B) Aprovechamiento sustentable	***4.*** *Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.* ***5.*** *Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.* ***6.*** *Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.* ***7.*** *Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.* ***8.*** *Valoración de los servicios ambientales.*
C) Protección de los recursos naturales	***9.*** *Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.* ***10.*** *Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.* ***11.*** *Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA.* ***12.*** *Protección de los ecosistemas.* ***13.*** *Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.*
D) Dirigidas a la restauración	***14.*** *Restauración de ecosistemas forestales y suelos agrícolas.*
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	***15.*** *Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.* ***15 BIS.*** *Consolidar el marco normativo ambiental aplicable a las actividades mineras, a fin de promover una minería sustentable.* ***21.*** *Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.* ***22.*** *Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.* ***23.*** *Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) –beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional).*
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana	
C) Agua y Saneamiento	***28.*** *Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.* ***29.*** *Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.*
E) Desarrollo Social	***36.*** *Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.* ***37.*** *Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.*
Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional	
A) Preservación	***42.*** *Asegurara la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.*
B) Aprovechamiento sustentable	***43.*** *Integrar, modernizar y mejorar el acceso al Catastro Rural y la Información Agraria para impulsar proyectos productivos.* ***44.*** *Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.*

Como se mencionó anteriormente, las estrategias establecidas en el POEGT no autorizan o prohíben el uso del suelo para el desarrollo de las actividades productivas, sino que solo son guías hacia el desarrollo sustentable. Y, así se tiene que, en la UAB donde se ubica el predio del proyecto cuenta con una estrategia de aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios encaminada a orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional, propiciando, a la vez, la restauración de ecosistemas forestales, la protección de los ecosistemas y reglamentado el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.

Entre las estrategias sectoriales se incluye la de sostener y diversificar la demanda turística nacional e internacional para un incremento en el beneficio económico regional, criterio que está en estrecha relación con el objetivo y naturaleza del proyecto. Además, es de considerar que no se plantean estrategias

sectoriales que contravengan el desarrollo del proyecto o alguna que lo limita o restrinja. En su mayoría se trata de estrategias que regulan la naturaleza y objetivos del proyecto.

La naturaleza del proyecto que se somete al procedimiento de evaluación a través de la presente MIA-P trata de fomentar y diversificar el desarrollo de actividades turísticas y suburbanas. El desarrollo del proyecto pretende hacer un aprovechamiento del 19.92% del predio y conservar y mejorar el restante 80.08%.

El desplante de los componentes del proyecto se desarrollará sobre un área de intervención de 6.645 ha, de las cuales 6.331 ha presentan vegetación y sin vegetación 0.43 ha. La superficie remanente que corresponden a las áreas naturales del AP cuenta con cobertura vegetal de los siguientes tipos de vegetación; secundaria, arbórea de selva mediana subperennifolia, de selva baja subperennifolia, hidrófila, petén, manglar, así como áreas sin vegetación aparente y cuerpo de agua. En la que se desarrollan especies de flora y fauna silvestre de relevancia para el ecosistema, algunas de ellas clasificadas como especies en categoría de riesgo, de acuerdo con la establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Y para rehabilitación con reforestación natica los remanentes de usos preexistentes

Como se demuestra a lo largo del presente capítulo, el planteamiento del proyecto cumple con lo establecido en el marco jurídico ambiental vigente y aplicable en la región para proyectos de esta naturaleza, incluyendo lo establecido en este ordenamiento ecológico.

III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMMC).

El 24 de noviembre de 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el “Acuerdo por el que se expide la parte marina del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe y se da a conocer la parte regional del propio Programa”, sustentándose en los principios establecidos en los artículos 4 y 25 de la Carta Magna. Se considera que es el instrumento de política ambiental creado con el objetivo de regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

El Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (POEMRGMMC) es un instrumento de planeación territorial dirigido principalmente a dependencias gubernamentales y sectores productivos que operan en la zona. Su aplicación no recae directamente sobre particulares, pero sí condiciona las autorizaciones, permisos y regulaciones ambientales que estos deben cumplir para desarrollar actividades dentro del área de influencia del programa.

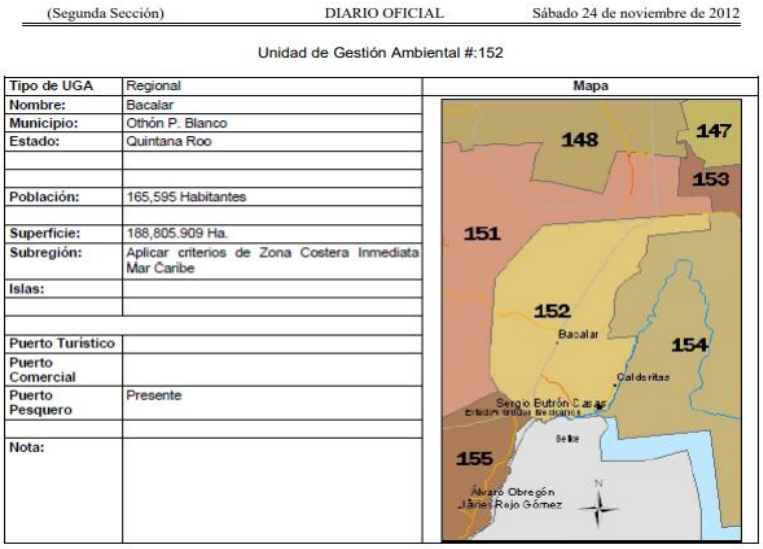
Los principales responsables de la implementación de las estrategias y acciones del POEMRGMMC son las dependencias del Gobierno Federal, tales como:

SEMARNAT, responsable de la supervisión y cumplimiento de las estrategias de conservación y ordenamiento ambiental.

SAGARPA, CONAGUA, SCT, SEDESOL, SECTUR, SENER, SEGOB, SEP, CDI, PEMEX, CFE, INAPESCA e INAH, entre otras, en función de sus competencias.

Gobiernos estatales y municipales, quienes deben armonizar sus planes de desarrollo urbano y ambiental con este programa.

Si bien el cumplimiento del POEMRGMMC es una responsabilidad primaria de las autoridades, su contenido es vinculante para cualquier proyecto que requiera permisos ambientales en la región. En este sentido, el promovente de este proyecto ubicado en la UGA terrestre 152 “Bacalar”, por lo que a continuación se presenta la vinculación correspondiente (Figura III-2).



(Segunda Sección) DIARIO OFICIAL Sábado 24 de noviembre de 2012

Unidad de Gestión Ambiental #:152

		Mapa
Tipo de UGA	Regional	
Nombre:	Bacalar	
Municipio:	Othón P. Blanco	
Estado:	Quintana Roo	
Población:	165,595 Habitantes	
Superficie:	188,805.909 Ha.	
Subregión:	Aplicar criterios de Zona Costera Inmediata Mar Caribe	
Islas:		
Puerto Turístico		
Puerto Comercial		
Puerto Pesquero	Presente	
Nota:		

Figura III-2. UGA 152.

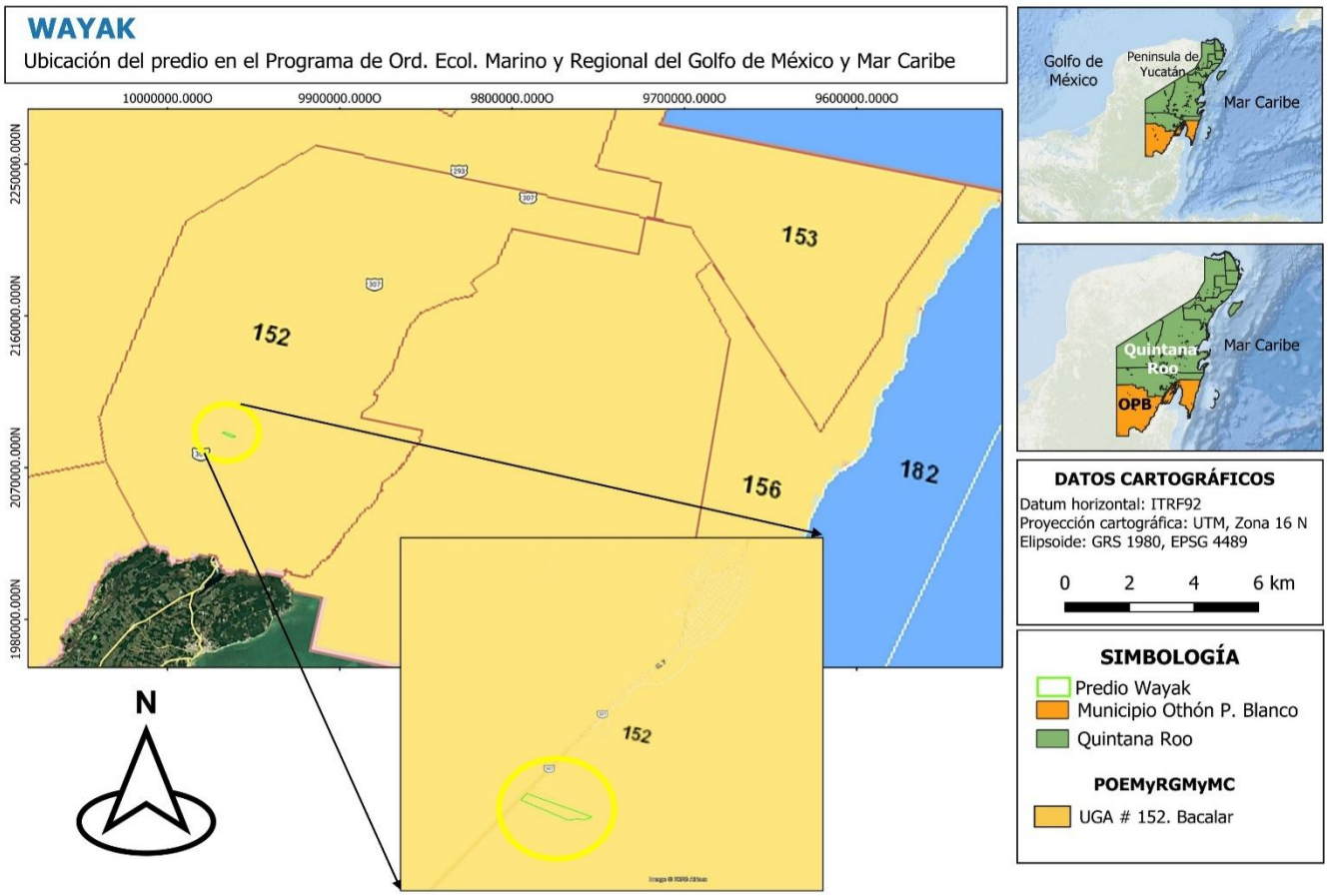


Figura III-3. Ubicación del predio en Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.

Tabla III-11. Acciones generales aplicables a la UGA 152 del POEMRGMMC donde se ubica el predio del proyecto.

Criterio	Vinculación
G001.- Promover el uso de tecnologías y prácticas de manejo para el uso eficiente del agua en coordinación con la CONAGUA y demás autoridades competentes.	Tal como ha quedado expuesto, el proyecto contempla la instalación y operación de infraestructura hidráulica suficiente y técnicamente adecuada, incluyendo una Planta de osmosis (POI) y una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), que permitirán gestionar de forma integral el suministro de agua potable y el tratamiento de las aguas servidas generadas durante la etapa operativa. Esta infraestructura ha sido diseñada para cumplir con la normatividad vigente aplicable, tanto en materia de reúso como de descarga, de conformidad con lo previsto en la Ley de Aguas Nacionales, su reglamento y las disposiciones emitidas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), así como con los ordenamientos municipales aplicables. Adicionalmente, el diseño propuesto incorpora sistemas independientes de captación, conducción y descarga para cada tipo de agua: de aprovechamiento, residual, tratada, de rechazo y pluvial, con el objeto de evitar cualquier mezcla que comprometa la calidad del recurso o genere riesgo de contaminación. Esta segregación técnica del manejo hídrico permite asegurar la trazabilidad y eficiencia en el uso del recurso, en apego a los principios de sustentabilidad y control ambiental que rigen la política nacional del agua.
G002.- Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos en coordinación con la CONAGUA y las demás autoridades competentes.	En su momento se dará cumplimiento a las obligaciones fiscales con la CONAGUA, así como por los pagos que correspondan.
G003.- Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el Z. Comercial de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.	El presente criterio general no es vinculante con el proyecto. Las obras y actividades propuestas no implican la comercialización ni la extracción de especies silvestre de flora o fauna. No es objeto del proyecto.
G004.-Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia y control de las actividades extractivas de flora y fauna silvestre, particularmente para las especies registradas en la NOM-SEMARNAT-059 y las especies de captura comercial.	El proyecto se ajusta al presente criterio ya que las especies de flora y fauna bajo protección que se ubiquen dentro de las áreas que requieren la remoción de vegetación forestal dentro del predio del proyecto serán rescatas y reubicadas. Con lo anterior, se reforzará las estrategias de protección y conservación de flora y fauna existentes en el sitio del proyecto. No se pretende la extracción con fines de comercialización.
G005.- Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.	La presente acción general no guarda relación con el proyecto, en tanto que las obras y actividades propuestas no tienen por objeto la producción, comercialización ni la extracción de flora, sino la prestación de un servicio turístico. La política de este criterio está dirigida a las autoridades forestales.
G006.- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	Durante las distintas etapas del proyecto, en particular en las fases de preparación del sitio, construcción y operación, se generarán emisiones a la atmósfera principalmente asociadas al uso temporal de maquinaria, vehículos y equipo auxiliar. En atención a ello, se garantizará que todas las fuentes móviles y estacionarias empleadas cumplan con las condiciones técnicas de operación y mantenimiento preventivo requeridas por la normatividad ambiental aplicable, especialmente lo previsto en las Normas Oficiales Mexicanas en materia de emisiones contaminantes a la atmósfera. Este cumplimiento se verificará de manera sistemática como parte de las acciones del Programa de Vigilancia Ambiental del proyecto.
G007.- Fortalecer los programas económicos de apoyo para el establecimiento de metas voluntarias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y Z. Comercial de Bonos de Carbono.	

Criterio	Vinculación
	Con ello, el proyecto no solo se compromete a prevenir y controlar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por sus actividades, sino que además se alinea con los principios de corresponsabilidad climática y mejora continua, contribuyendo al fortalecimiento de los instrumentos económicos y de gestión ambiental orientados a la transición hacia un modelo de desarrollo bajo en carbono.
G008.- El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente.	El presente criterio general no guarda relación con el proyecto en análisis ya que las obras y actividades propuestas no tienen por objeto experimentar, producir, comercializar, liberar o alguna otra acción relacionada con los organismos genéticamente modificados.
G009.- Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.	El proyecto no incluye la construcción de vías generales de comunicación terrestre este criterio no es aplicable.
G010.- Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.	El sitio seleccionado para el emplazamiento del proyecto no guarda relación alguna con la existencia de áreas agropecuarias. No es aplicable.
G011.- Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.	La promovente, en su calidad de particular obligado conforme al marco jurídico ambiental, instrumentará medidas técnicas y normativas para evitar afectaciones al ecosistema costero derivadas del proyecto. Estas medidas se encuentran integradas en el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) y sus instrumentos específicos, contemplados en el Capítulo VI de esta MIA-P. Entre ellos destacan los programas de preservación del manglar, manejo del recurso hídrico, control de erosión, manejo de residuos y conservación de fauna. Por tanto, el proyecto propuesto se alinea con el cumplimiento sustantivo del criterio en cita. Por lo que, el proyecto propuesto se ajusta al criterio en cita. Los programas que integran el PVA son: • Programa de conservación de suelo y control de la erosión. • Programa de manejo integral de residuos. • Programa de calidad del aire. • Programa para el manejo integral del recurso hídrico. • Programa de rescate y reubicación de flora silvestre. • Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre. • Programa de supervisión y educación ambiental. • Programa de monitoreo de zonas bajo conservación. • Programa de Compensación
G012.- Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.	El presente criterio rebasa el ámbito de competencia de la promovente y no guarda relación con el proyecto que estriba en la prestación de servicios.
G013.- Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.	El proyecto privilegiará la reubicación de las especies de flora rescatadas. Para el mantenimiento de áreas verdes los ejemplares a utilizar serán adquiridos en viveros autorizados en la zona, principalmente de especies producidas en los viveros y adaptadas a las condiciones climatológicas locales, descartando la introducción de especies exóticas e invasoras.

Criterio	Vinculación
G014.- Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.	En el predio del proyecto no existen ríos ni arroyos. El criterio no es aplicable.
G015.- Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.	
G016.- Reforestar las laderas de las montañas con vegetación nativa de la región.	El proyecto no se encuentra en una región montañosa, por lo que no guarda relación con el presente criterio.
G017.- Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.	El proyecto no guarda relación con el presente criterio; no pretende el desarrollo de actividades agrícolas y no se ubica en una zona con pendientes mayores a 50%. El criterio no es aplicable.
G018.- Recuperar la vegetación que consolide las márgenes de los cauces naturales en el ASO, de conformidad por lo dispuesto en la Ley de aguas nacionales.	En la zona propuesta para el desarrollo del proyecto no cuenta con cauces naturales como ríos, por lo que no se tiene relación alguna con el presente criterio.
G019.- Los planes o programas de desarrollo urbano del área sujeta a ordenamiento deberán tomar en cuenta el contenido de este Programa de Ordenamiento, incluyendo las disposiciones aplicables sobre riesgo frente a cambio climático en los asentamientos humanos.	Corresponde a la autoridad local lo citado en el presente criterio, en coordinación con la autoridad estatal, por lo que no se tiene relación alguna con el presente criterio.
G020.- Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas de los ríos y zonas inundables asociadas a ellos.	El proyecto no guarda relación con el presente criterio; dentro del predio del proyecto no cuenta con riberas de ríos y zonas inundables asociadas a ello.
G021.- Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.	El objetivo del proyecto no se produce ningún servicio o producto ni se extraen alimentos, productos y/o bienes del ambiente. Así mismo el proyecto no plantea en ninguna etapa procesos de producción extensivos con respecto al ecosistema, por lo que el presente criterio no guarda relación con el proyecto.
G022.- Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.	
G023.- Implementar campañas de control de especies que puedan convertirse en plagas.	Corresponde a la autoridad local lo citado en la presente acción, sin embargo, la promovente del presente proyecto contará con acciones encaminadas a la erradicación de especies exóticas e invasoras al interior del predio.
G024.- Promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático.	En correspondencia con el presente criterio, como parte de las actividades previas a la ejecución del proyecto se llevará a cabo el rescate de suelo orgánico cuando este exista en las áreas de desplante de obras, así como el rescate y reubicación de la flora presente en el sitio, con especial énfasis en las que se encuentre en alguna categoría de riesgo.
G025.- Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.	El proyecto incorpora y fomenta el uso de especies nativas en las acciones de revegetación y restauración ecológica ya jardines en cumplimiento con el criterio
G026.- Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).	El criterio no aplica por tratarse de un predio sin gradientes altitudinales; sin embargo, si se contempla la conservación de conectividad horizontal del ecosistema costero, conforme al enfoque ecosistémico adoptado.
G027.- Promover el uso de combustibles no de origen fósil.	La acción en cita no guarda relación con el proyecto puesto que este no se refiere a la promoción de energías renovables, o manejo de combustibles, ni tampoco se refiere a la utilización de tecnologías para la producción de energía. El proyecto pretende brindar un servicio turístico y suburbano de calidad para los visitantes y residentes a la zona y, en sus instalaciones se utilizarán equipos ahorradores de energía para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero como el uso de
G028.- Promover el uso de energías renovables.	
G029.- Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.	
G030.- Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.	

Criterio	Vinculación
	equipos de aire acondicionado tipo VRF (del inglés Variable Refrigerant Flow y conocidos en español como Caudal de Refrigerante Variable o VRV Volumen de Refrigerante Variable), de alta eficiencia y uso de equipos electrodomésticos ahorradores de energía, entre estos refrigeradores y cafeteras, focos ahorradores y ventiladores. Adicionalmente se plantea el uso de celadas fotovoltaicas en las techumbres que por su construcción lo admitan.
G031.- Promover la sustitución de combustibles, en los casos en que sea posible, por otros que emitan menos contaminantes que contribuyan al calentamiento global.	El criterio induce una política pública orientada a reducir emisiones mediante la sustitución de combustibles fósiles por opciones menos contaminantes. Aunque no constituye una obligación directa para los particulares, su implementación puede atenderse de manera complementaria y voluntaria. En este sentido, el proyecto promueve el uso de equipos eléctricos eficientes y celdas solares, evitando el uso de combustibles fósiles, en congruencia con este postulado.
G032.- Fomentar la generación y uso de energía a partir hidrógeno.	La promoción del uso del hidrógeno como fuente energética y el fomento a la investigación en tecnologías limpias constituyen funciones propias del Estado. Los criterios no son aplicables.
G033.- Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.	
G034.- Impulsar la reducción del consumo de energía de viviendas y edificaciones a través de la implementación de diseños bioclimático, el uso de nuevos materiales y de tecnologías limpias.	La operación del Proyecto se fomenta un consumo reducido de energía mediante el empleo de aparatos y tecnologías de bajo consumo, modelos y marcas de alta eficiencia y diseño arquitectónico calculado con factores de heliodinámica y heliodiseño.
G035.- Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.	En el diseño de las obras se consideraron factores de heliodiseño y aislamiento para eficientar la refrigeración interior y bajar el consumo energético, además de considerar equipos eficientes y de bajo consumo.
G036.- Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.	El criterio está orientado a instalaciones industriales en operación. El proyecto no corresponde a un desarrollo industrial ni a instalaciones existentes. El criterio no resulta aplicable.
G037.- Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agro-ecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones del suelo, climáticas y del terreno.	El criterio está enfocado en el desarrollo de herramientas para evaluar la sostenibilidad agroecológica de cultivos, lo cual corresponde a políticas públicas del sector agropecuario. El proyecto no involucra actividades agrícolas ni de zonificación agroecológica. El criterio no resulta aplicable.
G038.- Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.	La evaluación del potencial del suelo para la captura de carbono es una acción vinculada a estrategias nacionales de mitigación al cambio climático y manejo agroforestal. Dado que el proyecto no contempla actividades productivas sobre el suelo ni acciones de uso agrícola o forestal intensivo, el criterio no resulta aplicable.
G039.- Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.	El proyecto se formula en congruencia con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Othón P. Blanco, Q. Roo, vigente en el Área de Sustentabilidad Ordenada (ASO) donde se localiza el predio. Por tanto, el criterio en cita se considera atendido mediante la integración del proyecto a dicho instrumento de política ambiental.
G040.- Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.	El criterio no resulta aplicable, toda vez que el Programa Nacional de Auditoría Ambiental está dirigido a establecimientos industriales y de servicios en operación que voluntariamente deseen someterse a auditorías. El proyecto aún no entra en fase

Criterio	Vinculación
	operativa y se encuentra en proceso de evaluación ambiental previa. No obstante, una vez en funcionamiento, la promovente podrá valorar su incorporación.
G041.- Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios.	El criterio en cuestión es de naturaleza institucional y compete a los gobiernos municipales y estatales.
G042.- Fomentar la inclusión de las industrias de todo tipo en el Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes (RETC) y promover el Sistema de Información de Sitios Contaminados en el marco del Programa Nacional de Restauración de Sitios Contaminados.	El criterio está orientado a establecimientos industriales en operación. El proyecto no constituye una industria ni presenta pasivos ambientales o contaminación preexistente en el sitio. El criterio no resulta aplicable.
G043.- La SEMARNAT, considerará el contenido aplicable de este Programa. En su participación para la actualización de la Carta Nacional Pesquera, Asimismo, lo considerará en las medidas tendientes a la protección de quelonios, mamíferos marinos y especies bajo un estado especial de protección, que dicte de conformidad con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.	El criterio está dirigido a la actuación institucional de la SEMARNAT y su participación en instrumentos sectoriales como la Carta Nacional Pesquera. El proyecto no tiene relación con actividades pesqueras ni atribuciones regulatorias. El criterio no resulta aplicable.
G044.- Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras.	El criterio está vinculado a políticas públicas del sector pesquero y no guarda relación con el objeto del proyecto, el cual no contempla el aprovechamiento ni la comercialización de especies pesqueras. El criterio no resulta aplicable.
G045.- Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.	El criterio corresponde a una atribución de competencia municipal y estatal en materia de transporte público. El proyecto no tiene como objeto su prestación ni su regulación. El criterio no resulta aplicable.
G046.- Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.	El criterio se refiere a obras de infraestructura vial de carácter público orientadas a mejorar la movilidad urbana y regional. El proyecto no contempla la construcción ni ampliación de vialidades públicas. El criterio no resulta aplicable.
G047.- Impulsar la diversificación de actividades productivas.	El proyecto contribuye a la diversificación de actividades productivas en la región mediante la incorporación de servicios turísticos sostenibles, compatibles con el uso de suelo y los instrumentos de planeación vigentes. El criterio se considera atendido.
G048.- Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.	El criterio es de competencia institucional y corresponde a las autoridades de protección civil. No obstante, el proyecto prevé medidas preventivas de carácter ambiental y de seguridad durante su ejecución y operación, en coordinación con las autoridades competentes. El criterio se atiende de manera indirecta.
G049.- Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.	El fortalecimiento de comités de protección civil corresponde a la autoridad local. No obstante, el proyecto contempla mecanismos de coordinación con dichas instancias durante su fase operativa, conforme a lo establecido en la normatividad aplicable. El criterio se atiende de forma complementaria.
G050.- Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.	El criterio está enfocado a promover construcciones resistentes a eventos hidrometeorológicos. Por lo que el proyecto promueve diseño estructural de las edificaciones considera condiciones climatológicas de la región con infraestructura que adoptan cotas de seguridad recomendadas a modelos RT 100 años. Los reglamentos de construcción, análisis y autorizaciones en materia de construcción son competencia del Gobierno Municipal, por lo

Criterio	Vinculación
	cual la Licencia de construcción se tramitará ante el H. Ayuntamiento de Othón P Blanco, por lo que con su autorización se validará que cumple con los Reglamentos de Construcción, los cuales incluyen el diseño y la resistencia que deben tener las edificaciones en zona de fenómenos hidrometeorológicos.
G051.- Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos.	Para la ejecución del proyecto se propone la implementación de programa de manejo integral de residuos, en el que se establece su adecuado manejo desde su generación hasta su transporte y disposición final en todas las etapas del proyecto, por lo que es congruente con el presente criterio.
G052.- Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.).	Compete a la autoridad municipal llevar a cabo las campañas de limpieza; no obstante, el proyecto coadyuvará a apoyar a las autoridades en dichas campañas, por lo que se apega al presente criterio.
G053.- Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.	Respecto a la presente acción, corresponde a la autoridad su instrumentación; sin embargo, el proyecto contará con sistemas de tratamiento de aguas residuales, la cual será reutilizada y el sobrante descargado al acuífero profundo, garantizando el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas aplicables NOM-001-SEMARNAT-2021 para evitar posibles afectaciones al ambiente.
G054.- Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.	El criterio se dirige al sector industrial. Sin embargo, el proyecto contempla la instalación y operación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), conforme a las condiciones particulares de descarga y la normatividad vigente, garantizando la adecuada gestión de sus efluentes. El criterio se considera atendido.
G055.- La remoción parcial o total de vegetación forestal para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o para el aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales y preferentemente forestales, sólo podrá llevarse a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.	El proyecto contempla la remoción de vegetación forestal, por lo que se tramitará la autorización correspondiente para el cambio de uso de suelo forestal ante la autoridad competente, en cumplimiento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones aplicables.
G056.- Promover e impulsar la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos, de manejo especial o municipal de acuerdo a la normatividad vigente.	El proyecto no prevé sitios de disposición final de residuos sólidos. Los sitios de disposición final son competencia de la autoridad municipal, el proyecto contempla la entrega de los residuos generados, urbanos, de manejo especial y peligrosos, a sitios autorizados conforme a la normatividad vigente. El criterio se atiende en lo que corresponde al ámbito del proyecto. Cabe señalar que el proyecto contará con un programa de manejo integral de residuos.
G057.- Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con los efectos del cambio climático.	El criterio está dirigido al sector salud y a las instituciones académicas con competencia en investigación climática. El proyecto no tiene atribuciones en dicha materia ni contempla acciones de investigación epidemiológica. El criterio no resulta aplicable.
G058.- La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPLAFEST que resulten aplicables.	El proyecto prevé el manejo diferenciado de residuos peligrosos conforme a la legislación vigente y la normatividad aplicable. Dichos residuos serán recolectados, almacenados temporalmente y dispuestos a través de empresas autorizadas, cumpliendo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento y los lineamientos emitidos CICOPLAFEST. El criterio se considera atendido.

Criterio	Vinculación
G059.- El desarrollo de infraestructura dentro de un ANP, deberá ser consistente con la legislación aplicable, el Programa de Manejo y el Decreto de creación correspondiente.	El proyecto no se localiza dentro de un Área Natural Protegida (ANP), por lo que el criterio no le resulta aplicable.
G060.- Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre la vegetación acuática sumergida.	Al no contemplar la construcción de infraestructura en zona costera no aplica. El proyecto no incide en la zona lagunar colindante.
G061.- La construcción de infraestructura costera se deberá realizar con procesos y materiales que minimicen la contaminación del ambiente marino.	En el sitio del proyecto no se prevé la edificación de infraestructura costera, no incide en ésta.
G062.- Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.	El proyecto no contempla actividades agropecuarias, por lo que el criterio no le resulta aplicable.
G063.- Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos.	El presente criterio es facultad de las autoridades en el ámbito de sus competencias. El proyecto no incluye el desarrollo de actividades pesqueras o acuícolas, por lo que este criterio no es vinculante con el desarrollo del proyecto.
G064.- La construcción de carreteras, caminos, puentes o vías férreas deberá evitar modificaciones en el comportamiento hidrológico de los flujos subterráneos o superficiales o atender dichas modificaciones en caso de que sean inevitables.	El proyecto no corresponde con el desarrollo de infraestructura carretera, sus anexos y vías férreas, por lo que no guardan relación y no es aplicable. No obstante, las circulaciones del proyecto siguen la conformación de la pendiente natural del predio de manera que son perpendiculares al cuerpo de agua colindante y no afectan los flujos superficiales; respecto de los flujos subterráneos la edificación es superficial mientras que el manto freático en esta zona se localiza a más de 6.00 metros de profundidad siendo que se realizaron sondeos a esta profundidad sin llegar al manto freático
G065.- La realización de obras y actividades en Áreas Naturales Protegidas, deberá contar con la opinión de la Dirección del ANP o en su caso de la Dirección Regional que corresponda, conforme lo establecido en el Decreto y Programa de Manejo del área respectiva.	El proyecto no se localiza dentro de un Área Natural Protegida, por lo que no se requiere opinión de la Dirección del ANP ni de la Dirección Regional correspondiente. El criterio no resulta aplicable.

Tabla III-12. Acciones y criterios específicos aplicables a las UGAS 152 del POEMRGMMC donde se ubica el predio del proyecto.

Acción	Vinculación con el proyecto
A-001.- Fortalecer los mecanismos para el control de la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas.	El fortalecimiento de los mecanismos de control en la comercialización y uso de agroquímicos, así como la instrumentación de procesos de capacitación para su manejo adecuado, constituyen responsabilidades propias del Estado, a través de sus órganos competentes como la SADER, la SEMARNAT, la COFEPRIS y la CICOPLAFEST. Dado que el proyecto no contempla actividades agrícolas ni el uso de estos insumos, las acciones no resultan aplicables.
A-002.- Instrumentar mecanismos de capacitación para el manejo adecuado de agroquímicos y pesticidas.	
A-003.- Fomentar el uso de fertilizantes orgánicos y abonos verdes en los procesos de fertilización del suelo de actividades agropecuarias y forestales.	El fomento del uso de fertilizantes orgánicos y abonos verdes en actividades agropecuarias y forestales corresponde a una función del Estado y de sus instituciones sectoriales. Dado que el proyecto no contempla actividades de dicha naturaleza, la acción no resulta aplicable.
A-005.- Fomentar la reducción de pérdida de agua durante los procesos de distribución de la misma.	Si bien el fomento a la eficiencia hídrica es una política pública de competencia estatal, el proyecto incorpora medidas de captación, conducción y distribución de agua que minimizan pérdidas mediante

Acción	Vinculación con el proyecto
	infraestructura moderna y sistemas independientes. La acción se considera atendida.
A-006.- Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.	El proyecto contempla obras de captación pluvial y conducción hacia áreas verdes, donde el agua podrá infiltrarse de manera natural en el terreno de alta permeabilidad. De forma complementaria, se prevé la construcción de pozos de absorción pluvial, destinados a favorecer la infiltración en eventos de precipitación intensa, aun cuando los estudios hidrológicos y geohidrológicos confirman que la infiltración natural en el sitio es muy eficiente. Asimismo, el proyecto contará con Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), cuyo efluente tratado podrá reutilizarse en el riego de áreas verdes y limpieza de infraestructura, dirigiendo únicamente los excedentes hacia el horizonte profundo salino del acuífero (-100 m de profundidad), con aislamiento de los estratos superiores para proteger el agua dulce–salobre. Estas medidas contribuirán a disminuir la presión sobre el recurso hídrico superficial y subterráneo, mediante el aprovechamiento integral del agua pluvial y residual tratada.
A-007.- Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.	El proyecto contempla el establecimiento de bajo conservación, en las cuales se mantendrá la estructura y cobertura vegetal de aquellas superficies que no serán objeto de intervención por el desarrollo del proyecto. Estas áreas comprenden principalmente superficies con cobertura vegetal correspondiente a vegetación secundaria arbórea, selva mediana subperennifolia, selva baja subperennifolia, vegetación hidrófila, petén y manglar, que en conjunto representan una superficie de 23.596 ha. Asimismo, se contempla destinar a la conservación superficies correspondientes a áreas sin vegetación aparente, cuerpos de agua y áreas preexistentes, las cuales representan en conjunto una superficie adicional de 3.114 ha. En consecuencia, las áreas consideradas para conservación comprenden una superficie total de 26.710 ha representado el 80.08% sobre el total de la superficie del predio, contribuyendo al mantenimiento de la cobertura vegetal existente y a la conservación de los elementos naturales presentes dentro del área del proyecto.
A-011.- Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.	El establecimiento e impulso de programas para revertir la expansión de la frontera agropecuaria corresponde a una función del Estado. El proyecto no implica actividades agropecuarias ni procesos de cambio de uso de suelo con ese fin, por lo que la acción no resulta aplicable.
A-012.- Promover la preservación de las dunas costeras y su vegetación natural, a través de la ubicación de la infraestructura detrás del cordón de dunas frontales.	El criterio no es aplicable, en el área del proyecto, no inciden dunas costeras.
A-013.- Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras por actividades marítimas en los términos	El criterio no es aplicable, el proyecto no pretende actividades marítimas.

Acción	Vinculación con el proyecto
establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Z. Comercial Marítimo.	
A-014.- Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica.	Dentro del predio del proyecto cuenta con individuos de manglar, se contempla la implementación de un programa conservación de vegetación en la que se integra el manglar y como medidas compensatorias la promovente pretende adherirse a programas activos de la CONANP para el fortalecimiento de los manglares y humedales lo anterior en apego a la especificación 4.43 a la norma oficial mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
A-015.- Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del ASO.	Como se señala en la vinculación con la Acción 012, en el sitio seleccionado para llevar a cabo el proyecto no existen dunas costeras. Por lo que el proyecto no guarda relación alguna con la acción en cita.
A-016.- Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	El proyecto contempla la implementación de acciones y medidas específicas orientadas al manejo adecuado de la flora y fauna silvestres presentes en el predio. A través de dichas acciones, la promovente contribuirá al cumplimiento de los objetivos vinculados a los corredores biológicos, particularmente en lo relativo al mantenimiento de la conectividad ecológica y a la facilitación del libre desplazamiento de la fauna en el área de influencia del proyecto.
A-017.- Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y recuperación de zonas degradadas.	Como se ha mencionado, el proyecto prevé la adhesión a los Programas de la CONANP para el fortalecimiento de humedal en conservación. La acción está atendida.
A-018.- Promover acciones de apoyo a la protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerando en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059 SEMARNAT-2010), así como las competencias del Consejo Técnico Consultivo Nacional para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre.	La promoción de acciones para la protección y recuperación de especies en categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 es atribución de la SEMARNAT. No obstante, el promovente coadyuva al cumplimiento de dicho objetivo mediante la implementación de programas específicos de manejo y protección de flora y fauna, incluyendo acciones dirigidas a ejemplares enlistados en dicha norma, conforme a lo descrito en el Capítulo VI de esta MIA-R.
A-019.- Los programas de remediación que se implementen, deberán ser formulados y aprobados de conformidad con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y demás normatividad aplicable.	El proyecto no se localiza en un sitio contaminado ni genera condiciones que ameriten la formulación de programas de remediación conforme a la LGPGIR. En ese sentido, el criterio no resulta aplicable al presente caso,
A-021 Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del ASO.	Los mecanismos de control y emisiones y descargas son atribución de las autoridades. No obstante, el proyecto que no se encuentra en una zona urbana ni industrial, contempla la implementación de medidas de mitigación para prevenir, controlar y monitorear las emisiones y descargas, reduciendo el riesgo de contaminación, tal y como se expone el capítulo VI.
A-023.- Fomentar la aplicación de medidas preventivas y correctivas de contaminación del	El fomento de medidas preventivas y correctivas contra la contaminación del suelo, con base en riesgo ambiental, corresponde al Estado conforme

Acción	Vinculación con el proyecto
suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la remediación in situ, en términos de la legislación aplicable.	al criterio. Sin embargo, el promovente implementará acciones preventivas para evitar cualquier afectación al suelo durante el desarrollo del proyecto, en cumplimiento con la legislación ambiental vigente. En consecuencia, el criterio no resulta directamente aplicable, pero se atiende de forma indirecta mediante la adopción de medidas de control y manejo adecuadas descritas en el Capítulo VI de esta MIA-R.
A-024.- Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores cuando ello sea técnicamente viable.	El fomento del uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas corresponde a una función del Estado en el ámbito de las políticas públicas. No obstante, el promovente contribuye a dicho objetivo mediante la implementación de acciones concretas tanto en la etapa constructiva como operativa del proyecto. Durante las fases de preparación y construcción, las emisiones derivadas del uso temporal de maquinaria serán mitigadas mediante el uso de equipos en buen estado, sujetos a mantenimiento preventivo, optimización de rutas y, cuando sea técnica y logísticamente viable, el uso de unidades con certificación de bajas emisiones, híbridas o eléctricas. En la etapa operativa, se prevé el uso de equipos eléctricos eficientes, sistemas de aire acondicionado tipo VRF, luminarias ahorradoras y la incorporación de celdas solares en techo de los módulos y casa club, con lo que se contribuye a los objetivos del criterio.
A-025.- Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación.	El proyecto no corresponde a una industria en los términos de los criterios A-026 y A-027; sin embargo, incorpora tecnologías ambientalmente eficientes que coadyuvan indirectamente al cumplimiento del objetivo previsto. En su etapa operativa, el proyecto contempla el uso de equipos eléctricos de bajo consumo, sistemas de aire acondicionado tipo VRF y la instalación de paneles solares en techos aptas, lo que contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Aunque el criterio está orientado al sector industrial dentro del ASO, las acciones previstas por la promovente se alinean con sus fines y serán atendidas de manera indirecta.
A-026.- Promover e impulsar el uso de tecnologías 'Limpias' y 'Ambientalmente amigables' en las industrias registradas en el ASO y su área de influencia. Fomentar que las industrias que se establezcan cuenten con las tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.	
A-027.- Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación.	El proyecto no considera el desarrollo e instalación de infraestructura en la zona de playa, por lo anterior el proyecto no guarda relación alguna con el criterio.
A-028.- Promover las medidas necesarias para que la instalación de infraestructura de ocupación permanente sobre el primero o segundo cordón de dunas eviten generar efectos negativos sobre su estructura o función ecosistémica.	El proyecto no contempla la instalación de infraestructura sobre dunas costeras al ser inexistentes, por lo que la acción en cita no le resulta aplicable. Tal como se expuso en la atención al criterio A-012, en el sitio propuesto para el desarrollo del proyecto no se identifican sistemas de duna.
A-029.- Promover la preservación del perfil de la costa y los patrones naturales de circulación de las corrientes alineadas a la costa, salvo cuando dichas modificaciones correspondan a proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural.	El proyecto no cuenta con zona costera por lo tanto no contempla intervenciones que modifiquen el perfil costero ni los patrones naturales de circulación de corrientes alineadas a la costa. En consecuencia, la acción no le resulta aplicable.

Acción	Vinculación con el proyecto
A-030.- Generar o adaptar tecnologías constructivas y de ingeniería que minimicen la afectación al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras.	Tal como se indicó anteriormente, el proyecto no implica la afectación de perfil costero ni la modificación de los patrones de circulación de aguas costeras; la acción no resulta vinculante.
A-031.- Promover la preservación de las características naturales de las barras arenosas que limitan los sistemas lagunares costeros.	El predio no colinda ni incide sobre sistemas lagunares costeros, ni presenta barreras arenosas asociadas a dichos sistemas. No obstante, como medida complementaria, se implementarán acciones orientadas a mantener el frente lagunar libre de residuos o materiales ajenos a las condiciones naturales de la franja lagunar. En consecuencia, la acción en cita no resulta aplicable al proyecto.
A-032.- Promover el mantenimiento de las características naturales, físicas y químicas de playas y dunas costeras.	El proyecto no se localiza en un sistema con presencia de dunas costeras ni con playas, por lo que la acción en cita no le resulta aplicable.
A-033.- Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	Fomentar y promover son atribuciones propias de las autoridades competentes en materia energética y ambiental. No obstante, el proyecto implementará acciones que contribuyen al uso eficiente de la energía eléctrica, incluyendo la instalación de celdas solares en techos viables, con el objetivo de reducir el consumo energético convencional y la generación de gases de efecto invernadero. En ese sentido, aunque las acciones A-033 y A-037 no resultan directamente vinculantes, sus objetivos son atendidos de manera indirecta por el promovente.
A-037.- Promover la generación energética por medio de energía solar.	
A-038.- Impulsar el uso de los residuos agrícolas para la generación de energía y reducir los riesgos de incendios forestales en las regiones más secas.	La acción 038 no resulta aplicable al proyecto, ya que no se desarrollará en un contexto agropecuario ni se generarán residuos agrícolas susceptibles de aprovechamiento energético. Asimismo, el predio no se ubica en una región con antecedentes críticos de incendios forestales.
A-039.- Promover la reducción del uso de agroquímicos sintéticos a favor del uso de mejoradores orgánicos.	La promoción de la reducción en el uso de agroquímicos sintéticos es una atribución del Estado. En el caso del proyecto, no se contempla actividad agropecuaria ni aplicación de insumos agrícolas, por lo que la acción no resulta aplicable.
A-040.- Impulsar la sustitución de las actividades de pesca extractiva por actividades de producción acuícola con especies nativas de la zona en la cual se aplica el programa y con tecnologías que no contaminen el ambiente y cuya infraestructura no afecte los sistemas naturales.	El proyecto no contempla actividades de pesca extractiva ni producción acuícola, por lo que el criterio A-040 no le resulta aplicable. Además, la competencia para impulsar dichas sustituciones corresponde a las autoridades del sector pesquero y ambiental.
A-043.- Fomentar la creación, impulso y consolidación de una flota pesquera de altura para el manejo de los recursos pesqueros oceánicos.	El fomento de una flota pesquera de altura es competencia del Estado, a través de las instancias correspondientes del sector pesquero. El proyecto no guarda relación con actividades de pesca oceánica, por lo que la acción no le resulta aplicable.
A-044.- Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.	El proyecto no contempla actividades pesqueras ni de explotación comercial de especies marinas, por lo que la acción no le resulta aplicable. La diversificación de las pesquerías compete a las autoridades del sector pesquero.
A-045.- Desarrollar e impulsar el uso de la fauna de acompañamiento, salvo las especies que se	La acción no resulta aplicable al proyecto, ya que no contempla actividades de pesca ni aprovechamiento de fauna de acompañamiento. Además, el

Acción	Vinculación con el proyecto
encuentran en algún régimen de protección, para la producción comercial de harinas y complementos nutricionales	desarrollo e impulso de estas prácticas corresponde a las autoridades competentes del sector pesquero.
A-046.- Incentivar el cumplimiento de los mecanismos existentes para controlar el vertido y disposición de residuos de embarcaciones, en las porciones marinas tanto costeras como oceánicas.	El incentivo al cumplimiento de mecanismos de control en materia de residuos de embarcaciones es una atribución propia de la autoridad marítima. La acción no resulta aplicable al proyecto.
A-048.- Redimensionar y ajustar las flotas pesqueras y los esfuerzos de captura a las capacidades y estados actuales y previsibles de las poblaciones en explotación.	La acción corresponde a funciones exclusivas de las autoridades del sector pesquero y de investigación marina. El proyecto no contempla actividades pesqueras ni incide sobre zonas de alta productividad marina, por lo que dichos criterios no le resultan aplicables.
A-049.- Construir, modernizar y ampliar la infraestructura portuaria de apoyo a la producción pesquera y turística para embarcaciones menores.	El proyecto tiene como objetivo el brindar servicios turísticos y suburbanos, no considera la construcción de infraestructura portuaria de apoyo a la producción pesquera, por lo que no guarda relación alguna con la presente acción.
A-050.- Promover el desarrollo de Programas de Desarrollo Urbano y Programas de Conurbación con el fin de dotar de infraestructura de servicios a las comunidades rurales.	Corresponde a la autoridad local elaborar, implementar, vigilar y promover el desarrollo urbano mediante planes o programas de desarrollo urbano. Por lo que no guarda relación alguna con la presente acción.
A-051.- Promover la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para mejorar la comunicación.	El proyecto no incluye la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre localidades; por lo que, no guarda relación alguna con la presente acción.
A-052.- Promover el uso sostenible de la tierra/agricultura (cultivos, ganado, pastos y praderas, y bosques) y prácticas de manejo y tecnología que favorezcan la captura de carbono.	El proyecto no contempla actividades agrícolas, ganaderas, forestales ni de uso agropecuario del suelo, por lo que el criterio no le resulta aplicable. Además, la promoción de dichas prácticas es una función atribuida a las autoridades competentes.
A-053.- Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.	La acción corresponde a una política pública cuya implementación compete a las autoridades en materia de desarrollo territorial y ambiental. El proyecto no constituye una actividad productiva extensiva, sino una infraestructura turística con delimitación precisa de superficie e impacto controlado, por lo que el criterio no le resulta aplicable.
A-054.- Promover la sustitución de tecnologías extensivas por intensivas en las actividades acordes a la aptitud territorial, utilizando esquemas de manejo y tecnología adecuada para minimizar el impacto ambiental.	La promoción de la sustitución de tecnologías es atribución de las autoridades correspondientes. No obstante, el proyecto se alinea con la acción al implementar un modelo de ocupación intensiva con tecnologías de bajo impacto, infraestructura eficiente y medidas de manejo ambiental orientadas a minimizar su huella ecológica, en congruencia con la aptitud territorial del sitio.
A-055.- Coordinar los programas de gobierno que apoyan a la producción agropecuaria para actuar sinérgicamente sobre el territorio y la población que lo ocupa.	La acción se refiere a una función exclusiva de coordinación interinstitucional atribuida al Estado. El proyecto no contempla actividades agropecuarias ni participa en programas gubernamentales de apoyo al sector, por lo que dicho criterio no le resulta aplicable.
A-056.- Identificar e implementar aquellos cultivos aptos a las condiciones ambientales cambiantes.	El proyecto no contempla actividades agrícolas ni el establecimiento de cultivos, por lo que el criterio A-056 no le resulta aplicable. La identificación

Acción	Vinculación con el proyecto
	e implementación de cultivos aptos es una labor atribuida a las autoridades competentes en el ámbito agropecuario.
A-057.- El establecimiento de zonas urbanas no debe realizarse en zonas de riesgo industrial, zonas de riesgo ante eventos naturales y zonas susceptibles de inundación y derrumbe. Tampoco deberá establecerse en zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras ni sobre manglares.	El establecimiento de zonas urbanas corresponde exclusivamente a las autoridades locales competentes. No obstante, el proyecto se localiza dentro de un área clasificada como zona turística y suburbana conforme al instrumento de planeación territorial vigente.
A-058.- Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo.	La acción corresponde exclusivamente a las autoridades competentes en materia de protección civil y ordenamiento territorial. El proyecto no implica asentamientos humanos ni requiere reubicación de población, por lo que no le resulta aplicable.
A-059.- Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable.	La ejecución de la acción es de competencia institucional y forma parte de las políticas públicas orientadas al desarrollo regional y la conservación ambiental. El proyecto no tiene atribuciones para identificar o equipar localidades estratégicas, por lo que dicho criterio no le resulta aplicable.
A-060.- Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos hidrometeorológicos extremos.	El establecimiento y mejora de sistemas de alerta temprana es una función propia del Estado a través de sus instancias de protección civil y gestión del riesgo. No obstante, el proyecto observará y acatará las disposiciones de dichas autoridades, incluyendo protocolos de actuación en caso de eventos hidrometeorológicos extremos, en concordancia con esta acción.
A-061.- Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación.	El criterio A-061 corresponde a políticas públicas de desarrollo social a cargo del Estado. El proyecto no contempla acciones de vivienda ni infraestructura social o comunitaria en localidades marginadas, por lo que dicho criterio no le resulta aplicable.
A-062.- Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial. Asegurar el Manejo Integral de los Residuos Peligrosos.	El fortalecimiento institucional para el manejo de residuos peligrosos y de manejo especial es atribución del Estado. Sin embargo, el proyecto atenderá este criterio de forma indirecta mediante la implementación de un programa específico de manejo integral de residuos, conforme a lo establecido en la LGPGIR y su reglamento, garantizando la correcta segregación, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos peligrosos y de manejo especial generados durante sus distintas etapas.
A-063.- Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes.	El saneamiento de aguas residuales municipales corresponde a las autoridades competentes. No obstante, el proyecto coadyuvará al cumplimiento de la acción mediante la instalación y operación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) propia, basada en el proceso de lodos activados en su modalidad de aireación extendida. El agua tratada será reutilizada en áreas verdes y vialidades, y el excedente se descargará al horizonte profundo salino del acuífero. Se realizarán análisis trimestrales conforme a la NOM-001-SEMARNAT-2021 y se establecerán controles operativos para asegurar su adecuado funcionamiento. Con ello, el proyecto da cumplimiento indirecto a la acción en cita.
A-064.- Completar la conexión de las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento.	Atender esta acción corresponde a las autoridades municipales y estatales en materia de infraestructura de saneamiento. El proyecto contempla la conexión de viviendas particulares al sistema propio, por lo que dicho

Acción	Vinculación con el proyecto
	criterio no le resulta aplicable. No obstante, la promovente desarrollará infraestructura propia para el tratamiento de aguas residuales generadas en el sitio, cumpliendo con la normatividad vigente.
A-065.- Instrumentar programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante el uso de lodos inactivados de las plantas de tratamiento de aguas servidas municipales.	El uso de lodos inactivados de plantas municipales para la recuperación y mejoramiento de suelos es competencia de las autoridades públicas. No obstante, en el ámbito del proyecto, los lodos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) serán colectados, deshidratados, estabilizados y reutilizados como mejoradores de suelo, en cumplimiento con lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, su reglamento y la NOM-004-SEMARNAT-2002. Los excedentes serán dispuestos conforme a la normatividad aplicable. En este sentido, si bien el criterio está dirigido a infraestructura pública, el proyecto atenderá el objetivo de la acción indirectamente.
A-066.- Incrementar la capacidad de tratamiento de las plantas para dar tratamiento terciario a los efluentes e inyectar aguas de mayor calidad al manto freático en apoyo, en su caso, a la restauración de humedales.	La acción en cita está dirigida al fortalecimiento de la infraestructura pública de saneamiento, lo cual constituye una atribución exclusiva del Estado. No obstante, el proyecto prevé la construcción y operación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que operará bajo el esquema de **lodos activados en su modalidad de aireación extendida**, garantizando un tratamiento eficiente del efluente. El agua tratada será de calidad con potencial para ser reutilizada en el riego de áreas verdes y vialidades, y el excedente será inyectado al acuífero profundo, conforme a los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021 y demás disposiciones aplicables. En consecuencia, si bien no se trata de una infraestructura pública, el proyecto contribuye de manera indirecta al cumplimiento de la acción.
A-067.- Incrementar la capacidad de captación de aguas pluviales en las zonas urbanas y turísticas.	La acción en cita está orientada a incrementar la captación de aguas pluviales en zonas urbanas y turísticas, como política de gestión hídrica de competencia pública. Sin embargo, el proyecto contribuirá de manera indirecta a este objetivo mediante la instalación de un sistema específico e independiente de captación y conducción de agua pluvial. El agua captada será dirigida hacia áreas verdes dentro del predio, facilitando su infiltración al suelo, o bien canalizada al subsuelo mediante pozos de absorción, según el sitio de captación. Con ello, se apoya técnicamente la recarga del acuífero y se minimiza la escorrentía superficial, en congruencia con el criterio.
A-068.- Promover el manejo integral de los residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial para evitar su impacto ambiental en el mar y zona costera.	El manejo integral de residuos corresponde a una obligación regulada por la legislación ambiental vigente, en particular por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su reglamento. Si bien el proyecto no tiene naturaleza industrial ni genera residuos en volúmenes masivos, durante las etapas de preparación, construcción y operación se generarán residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial, los cuales serán gestionados conforme a dicha legislación. Para ello, el proyecto contempla la implementación de un Programa de Manejo Integral de Residuos que incluye la separación en origen, recolección, almacenamiento temporal, transporte y disposición final en sitios autorizados por la autoridad competente. Además, se establecerán medidas de control para evitar filtraciones o descargas accidentales que puedan afectar la zona costera o marina. En este sentido, el proyecto

Acción	Vinculación con el proyecto
	coadyuva al cumplimiento del criterio mediante el cumplimiento estricto de la normatividad y la operación de un sistema de gestión responsable de residuos
A-069.- Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición en el mar.	El tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial es una obligación legal de los generadores, así como una acción que debe ser promovida por las autoridades competentes. El proyecto contempla medidas específicas para dar cumplimiento indirecto a este criterio. Durante todas sus etapas, la promovente implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos que prevé la clasificación, almacenamiento temporal, transporte y disposición final en sitios autorizados, en apego a lo dispuesto por la LGPGIR, su reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables. De forma complementaria, se tomarán precauciones para evitar cualquier disposición indebida en cuerpos de agua, garantizando así que ninguno de los residuos generados sea vertido o arrastrado hacia la laguna. En consecuencia, el proyecto atiende de manera indirecta el objetivo del criterio mediante acciones preventivas y correctivas alineadas con la legislación vigente.
A-070.- Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera para su disposición final.	La realización de campañas de colecta y concentración de residuos sólidos urbanos en la zona costera es una atribución que corresponde a las autoridades municipales y estatales como parte de sus competencias en materia de servicios públicos y saneamiento. No obstante, la promovente al colindar con la laguna coadyuvará con este objetivo mediante la implementación del Programa de Manejo Integral de Residuos durante todas las etapas del proyecto, asegurando que los residuos generados sean recolectados, clasificados y dispuestos exclusivamente en sitios autorizados. Se coordinarán campañas de limpieza con autoridades y organizaciones locales.
A-071.- Diseñar e instrumentar acciones coordinadas entre sector turismo y sector conservación para reducir al mínimo la afectación de los ecosistemas en zonas turísticas y aprovechar al máximo el potencial turístico de los recursos. Impulsar y fortalecer las redes de turismo de la naturaleza (ecoturismo) en todas sus modalidades como una alternativa al desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente.	El diseño e instrumentación de acciones coordinadas entre los sectores de turismo y conservación corresponde principalmente a las autoridades competentes en materia de ordenamiento y política ambiental y turística. No obstante, el proyecto propuesto se inserta en una lógica de desarrollo turístico y suburbano planificado con criterios de sustentabilidad, conforme a la legislación ambiental vigente y a las normas oficiales aplicables. En ese sentido, la promovente implementará programas específicos de manejo ambiental (capítulo VI) orientados a prevenir, mitigar y compensar los impactos negativos sobre los ecosistemas presentes en el área del proyecto, y promoverá la conservación de zonas naturales dentro del predio. Por tanto, el proyecto coadyuva indirectamente al cumplimiento de la acción
A-072.- Promover que la operación de desarrollos turísticos se haga con criterios de sustentabilidad ambiental y social, a través de certificaciones ambientales nacionales o internacionales, u otros mecanismos.	El proyecto para su desarrollo buscará la excelencia en sus servicios tomando en cuenta los principios de sustentabilidad, con lo cual, cumplirá con los más altos estándares de desarrollo turístico y se considerará la certificación ambiental (LEED, EarthCheck o Distintivo S) estableciendo un plan de auditoría ambiental para evaluar el desempeño sustentable del proyecto.

Acción	Vinculación con el proyecto
A-074 Construir, modernizar y ampliar la infraestructura portuaria de gran tamaño de apoyo al tráfico comercial de mercancías (embarcaciones mayores de 500 TRB (toneladas de registro bruto) y/o 49 pies de eslora); con obras sustentadas en estudios específicos, modelaciones predictivas y programas de monitoreo, que garanticen la no afectación de los recursos naturales.	La acción en cita está orientada a infraestructura portuaria. No es aplicable al proyecto.

Como se evidencia en la vinculación realizada de la naturaleza del proyecto que se somete a consideración a través de la presente MIA-P y las especificaciones establecidas las actividades generales y específicas aplicables a la UGA 152 del POEMRGMMC, se puede constatar que éstas se tratan de políticas públicas a tener en cuentas por los integrantes del Comité conformado para la elaboración del POEMRGMMC. Esto mismo se indica en el texto justificativo del decreto de expedición del ordenamiento ecológico. No obstante, en aquellas acciones en las que se identifica que el proyecto y promovente del proyecto pueden incidir se indica la forma como su desarrollo se apega o contribuye con lo indicado en la especificación, así como las actividades que la promovente implementará o participará para contribuir en cumplimiento de la actividad.

II.2.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Othón P. Blanco (POEL-OPB).

El POEL-OPB se publicó el 7 de octubre de 2015 en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo. Su objetivo es regular e inducir el uso del suelo y las actividades productivas, para el lograr la protección al medio ambiente y la preservación, conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, así como para evitar o disminuir el deterioro y degradación ambiental en el territorio del Municipio de Othón P. Blanco, a fin de brindar un ambiente sano, que conserve su biodiversidad, riqueza y equilibrio natural y permita alcanzar una mejor calidad de vida para todos los habitantes del municipio.

A continuación, se presenta la ubicación del Proyecto con respecto al POEL-OPB (Figura III.4), así como las UGA's en las que incide el Proyecto y su respectiva vinculación con el mismo.

De este modo, conforme a lo referido en dicho POEL, al área en que se ubicará el Proyecto en cuestión le corresponden los criterios ambientales correspondientes a la UGA 29 misma que tiene una Política Ambiental de Aprovechamiento Sustentable con uso predominante para Turismo Sustentable y Convencional de hasta 15 cuartos/Ha, uso compatible con Servicios Básicos.

Nota aclaratoria: De conformidad con la descripción de delimitación contenida en el POEL, la UGA 29 colinda al Oeste con la Carretera Federal 307, señalándose expresamente lo siguiente:

"Esta UGA está delimitada al Oeste por la Carretera Federal 307; al Norte, por el municipio de San Felipe Bacalar; al Sur, por el PDU Metropolitano; y al Este, por el cuerpo de agua lagunar y el manglar de borde asociado al mismo."

En ese sentido, la Carretera Federal 307 constituye el límite físico aplicable para el predio de interés. Lo anterior debe prevalecer aun cuando los servidores cartográficos presenten un ligero desfase de ubicación, al representar el límite de la UGA 29 hacia el interior de la propiedad y señalar el inicio de la UGA 30 antes de dicha vialidad. Tal circunstancia corresponde únicamente a un error de georreferenciación o digitalización de los polígonos del POEL, y no modifica la delimitación establecida en el instrumento normativo correspondiente.

Identificación de las UGA del POEL del municipio de Othón P. Blanco.

Se advierte que la representación cartográfica de la UGA 30 presenta un desfase que incide gráficamente sobre el polígono del predio; sin embargo, el propio decreto del POEL establece que las UGA 29 y 30 se encuentran delimitadas por la Carretera Federal 307. Por tanto, dicha vialidad debe considerarse como el límite físico y normativo entre ambas unidades de gestión ambiental.

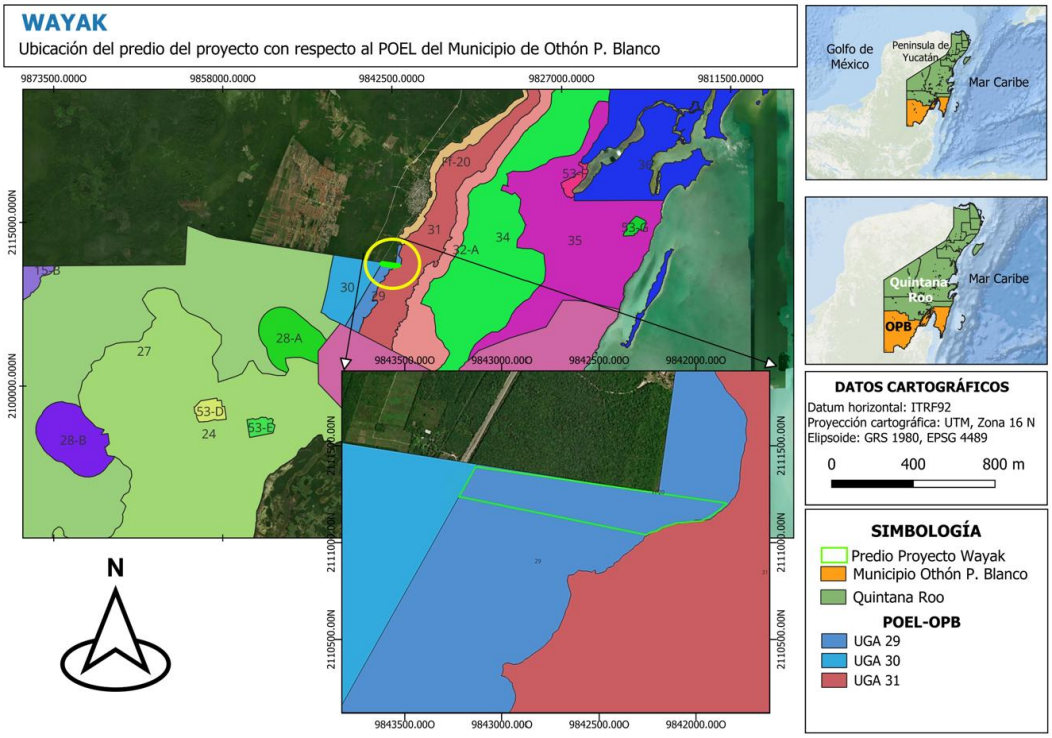


Figura III-4. Identificación de las UGA'S del POEL del municipio de Othón P. Blanco, con la cartografía disponibles.

La imagen muestra un desfase que contradice lo señalado en el decreto, sobre la UGA's 29 y 30, el que establece que están delimitadas por la carretera federal 307. Por lo anterior, la siguiente imagen presenta la corrección cartográfica entre dichas UGA´s

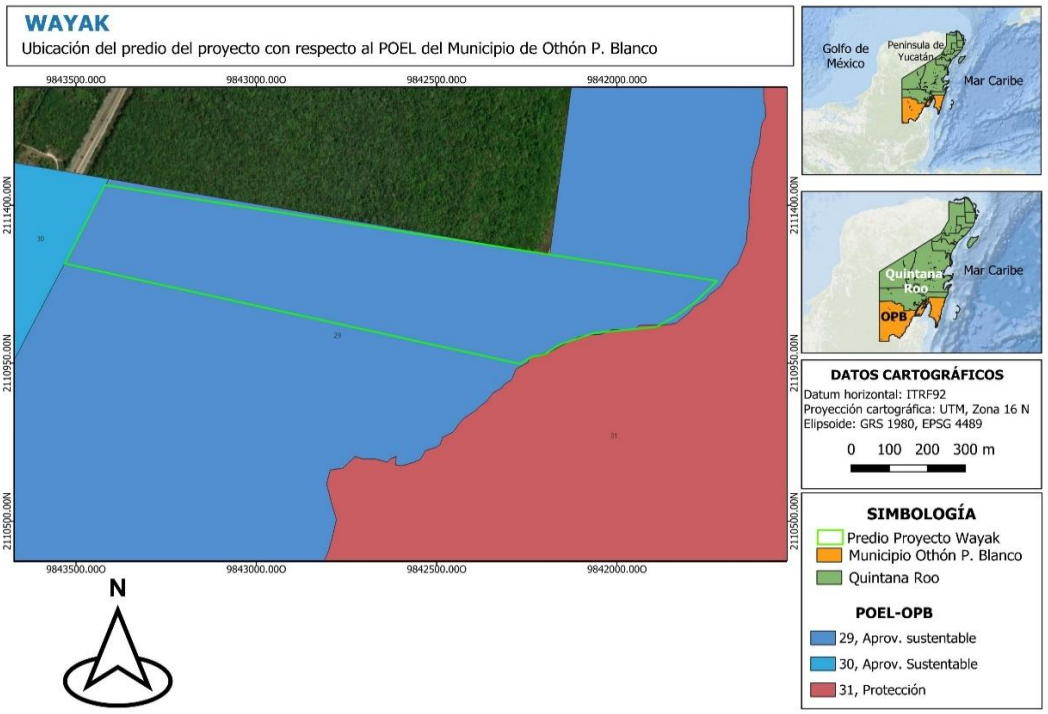
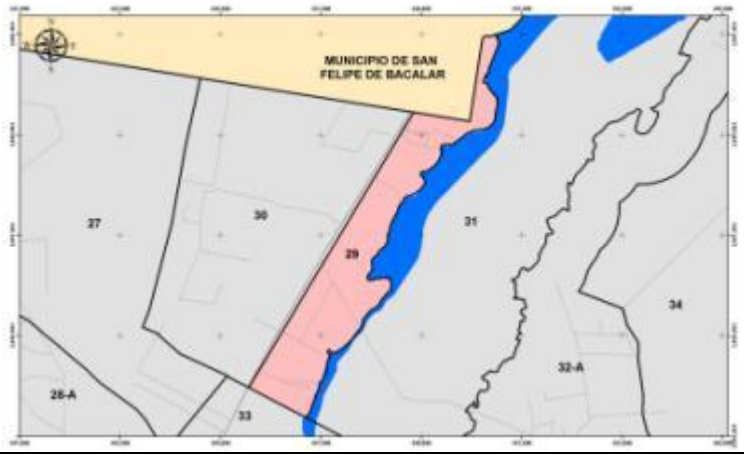
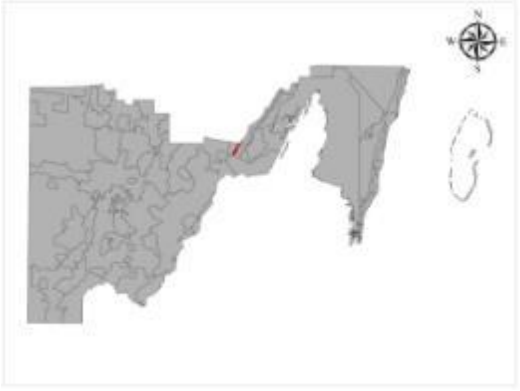


Figura III-5. Identificación de las UGA's del POEL- OPB. Con los ajustes de los servidores cartográficos.

El análisis y la vinculación con este ordenamiento ecológico local se realiza exclusivamente con la UGA-29 denominada "Corredor Turístico Xul Ha – Bacalar", con un Uso Compatible de desarrollo suburbano, turismo convencional y turismo alternativo, por lo que el proyecto está acorde con el uso previsto en esta UGA, como a continuación se detalla.

Lineamientos de la UGA 29 "Corredor Turístico Xul-Ha – Bacalar"

Tabla III-13. UGA 29 "Corredor Turístico Xul Ha – Bacalar"

	
Superficie: 754.08 Hectáreas	Política Ambiental: Aprovechamiento Sustentable
Criterios de Delimitación: Esta UGA está delimitada al Oeste por la carretera Federal 307, al Norte por el municipio de San Felipe Bacalar, al Sur por el PDU Metropolitano, y al Este con el cuerpo de agua lagunar y manglar de borde asociado al mismo.	
Condiciones de la Vegetación y Uso de Suelo:	

CLAVE	CONDICIONES DE LA VEGETACION	HECTAREAS	%
VSa/SMQ	Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	455.25	60.37
VM	Manglar	182.71	24.23
PC	Pastizal cultivado	104.06	13.80
H2O	Cuerpo de agua	12.06	1.60
	TOTAL	754.08	100.00

% de UGA que posee vegetación en buen estado de conservación: 24.23%	Superficie de la UGA con importancia para la recarga de acuíferos: 74.17%

Objetivo de la UGA:
Propiciar el desarrollo turístico y suburbano sustentable en una zona con alto potencial paisajístico.

Descripción Biofísica:
Esta unidad ocupa 0.06% del territorio municipal y por las características ecológicas y paisajísticas que le brinda el Sistema Lagunar de Bacalar, le da un potencial alto en materia turística. La vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia es predominante en esta unidad, con menor extensión están los pastizales cultivados. Esta zona cuenta con los servicios básicos, infraestructura y vías de comunicación, lo que otorga a esta unidad alta factibilidad a corto plazo para el desarrollo socioeconómico.

Descripción Socioeconómica:
Esta UGA presenta 7 localidades pequeñas con sólo 18 habitantes en total (INEGI, 2010). Esta unidad costera posee una delgada franja de manglar de borde (24.23%), y pequeñas extensiones donde se realizan actividades agropecuarias (del 13.8% de la superficie total), y el resto de la superficie (61.97%) está ocupada por vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia.
Esta zona posee también un alto potencial para actividades turísticas, derivadas de la presencia del cuerpo de agua, siendo la presencia de manglar la principal limitante.
Por otra parte, esta UGA presenta una red carretera de 33.08 km lineales.

Lineamientos Ecológicos:
Las obras e instalaciones buscan minimizar los impactos ambientales, con un sistema óptimo de tratamiento del 100 % de las aguas residuales generadas, así como una gestión integral de la totalidad de los residuos sólidos.
Se regula el establecimiento de fraccionamientos campestres y/o desarrollos ecoturísticos, así como los usos de suelo compatibles que no pongan en riesgo la calidad del acuífero, ocupando en conjunto hasta el 30% de la UGA, en un período de 5 años.
Se privilegia el desarrollo de actividades enfocadas al turismo sustentable en el 30% de la UGA, siempre y cuando garanticen la conservación de los procesos ecológicos relevantes, los bienes y servicios ambientales y la biodiversidad presente, además del control de sus impactos ambientales, bajo esquemas de desarrollo sustentable.
Se conservan las áreas con pendientes mayores a 30 grados, incorporándolas como las áreas de conservación de los predios y/o desarrollos.
El umbral máximo de desmonte no será superior al 30% de la superficie total de la misma.
El umbral máximo de número de cuartos hoteleros será de 3,000 unidades.
El umbral máximo de número de viviendas suburbanas será de 1,200 unidades.

Estrategias Ecológicas:

CONAFOR	3												
CONAGUA	4	5	6										
CDI	2	3											
SEDATU	6	8	11										
SEDESOL	1	2	3										
SEMARNAT	1	2	3										

Recursos y Procesos Prioritarios:
Paisaje, Humedales y cuerpos de agua, Suelo

Usos Compatibles:
Desarrollo Suburbano, Turismo Convencional y Turismo Alternativo.

Usos Incompatibles:
Agropecuario, Servicios Ambientales, Desarrollo Urbano, Transformación y Forestal

A continuación, se detalla la vinculación del proyecto con los criterios generales y los criterios específicos de regulación ecológica para la UGA 29 del POELOPB.

Tabla III-14. Vinculación entre el Proyecto y las políticas ambientales aplicables del POEL-OPB

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
Recurso prioritario: Agua	
CG-01Es importante permitir la filtración de las aguas pluviales, por lo que todos los proyectos deben acatar lo dispuestos en el Artículo 132 de la LEEPAQROO o la disposición jurídica que la sustituya.	De conformidad con el Artículo 132º de la LEEPAQROO en un predio con las características del descrito se debe mantener como área-verde permeable por lo menos el 40% de la superficie total del predio; en el caso del predio de interés, le correspondería dejar 13.342 ha de áreas permeables. El proyecto cuenta con 31.986 ha equivalente al **95.894 %** del predio destinadas a la permeabilidad dentro de las que integra 26.710 ha de áreas nativas destinadas a la conservación. Esta condición supera ampliamente el requerimiento señalado en la vinculación del proyecto
CG-02. Para el adecuado desalojo de agua pluvial y agua residual, todos los proyectos deben contar con infraestructura por separado para el manejo y conducción de cada tipo de agua. El drenaje pluvial de estacionamientos públicos y privados, así como de talleres mecánicos deberá contar con sistemas de retención de grasas y aceites.	Para su cumplimiento, el proyecto contará con infraestructura independiente para la captación, conducción, tratamiento y disposición de las aguas pluviales y residuales, evitando la interconexión entre ambas redes. Las aguas residuales sanitarias generadas en los componentes turístico y suburbano serán recolectadas mediante redes herméticas y conducidas a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). El agua tratada se reutilizará prioritariamente en el riego de áreas jardinadas y otros usos compatibles; los excedentes se dispondrán mediante infraestructura autorizada, previo cumplimiento de la normativa aplicable. Las aguas pluviales procedentes de azoteas, vialidades, estacionamientos y demás superficies serán manejadas mediante una red exclusiva. Los escurrimientos limpios se dirigirán hacia áreas verdes, superficies permeables o dispositivos de infiltración técnicamente diseñados, procurando conservar los patrones naturales de escurrimiento y recarga del predio. Debido a que los estacionamientos pueden generar escurrimientos con sedimentos, grasas, aceites e hidrocarburos, su drenaje pluvial incorporará rejillas, desarenadores y separadores de grasas y aceites antes de la infiltración o disposición del agua. Estos dispositivos serán dimensionados conforme a la superficie tributaria y al caudal pluvial de diseño, y estarán sujetos a inspección, limpieza y mantenimiento periódicos. El proyecto no contempla talleres mecánicos. Las reparaciones mayores de vehículos y maquinaria se realizarán fuera del predio en establecimientos autorizados. El mantenimiento menor o de emergencia se efectuará exclusivamente en áreas impermeabilizadas y con sistemas de contención, quedando prohibido realizarlo sobre suelo natural, superficies permeables o áreas de conservación. Asimismo, el rechazo generado por la planta de ósmosis inversa (POI) se manejará mediante una conducción independiente, sin incorporarse a las redes pluvial o sanitaria, y será dispuesto conforme a las autorizaciones que emita la CONAGUA. En consecuencia, el Proyecto Wayak es congruente con el criterio CG-02, al establecer redes separadas para aguas pluviales y residuales e incorporar sistemas de retención de sedimentos, grasas y aceites en los

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
	escurrimientos procedentes de estacionamientos, con lo cual se previene la contaminación del suelo, el acuífero y la Laguna de Bacalar.
CG-03. No se permite verter hidrocarburos y productos químicos no biodegradables o cualquier tipo de residuo considerado como peligroso, al suelo, cuerpos de agua. En el caso de ecosistemas Marinos, se realizará de conformidad a lo establecido por la Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas y su reglamentación.	En el proyecto, en todas sus etapas habrá un control estricto de los materiales que se empleen y los residuos que estos generen, por lo que se propondrán planes de manejo de residuos de conformidad con sus características particulares como: sólidos, líquidos, sanitarios, de jardinería, de construcción, entre otros, atendiendo siempre a la fase del proyecto en que se produzca el residuo. Adicionalmente en todas las etapas se excluirá el uso de sustancias tóxicas o de alta persistencia para privilegiar los materiales y sustancias orgánicos y de baja persistencia. Cada operador de camiones y maquinaria contaran con su Kits antiderrames, y el proyecto contará con un protocolo por falla de PTAR/POI, derrames de combustible, incendio o residuos dispersos. El Proyecto no contempla obras o actividades en ecosistemas marinos ni el vertimiento de residuos o sustancias en zonas marinas mexicanas, dado que se ubica en un entorno terrestre asociado con la Laguna de Bacalar. Por tanto, la Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas y su Reglamento no constituyen el ordenamiento directamente aplicable a las actividades proyectadas.
CG-04 Los cenotes y cuerpos de agua deberán mantener inalterada su estructura geológica y mantener el estrato arbóreo (en una franja de al menos 20 m contados a partir de la orilla), asegurando que la superficie establecida para su uso garantice el mantenimiento de las condiciones paisajísticas de dichos ecosistemas.	De acuerdo con la caracterización ambiental realizada, no se identificaron cenotes dentro del predio ni en el área de desplante. Como resultado del diseño del proyecto y sus obras previstas no se alterará la estructura geológica del cuerpo Laguna de Bacalar, esto debido a que no se prevén modificaciones al contorno lagunar que puedan alterar su profundidad, capacidad de almacenamiento, régimen de inundación, conexión con el acuífero o dinámica de escurrimiento, que puedan modificar su geología y morfología. Asimismo, se cuenta con una franja de protección de cuando menos 20 m. Dentro de esta franja se conserva la vegetación existente, quedando excluida del desplante del proyecto. Únicamente podrán realizarse acciones de conservación, monitoreo y manejo ambiental que no modifiquen la estructura ni la funcionalidad del ecosistema original.
CG-05 Los proyectos que en cualquier etapa empleen agroquímicos de manera rutinaria e intensiva, deberán elaborar un programa de monitoreo de la calidad del agua del subsuelo a fin de detectar, prevenir y, en su caso, corregir la contaminación del recurso agua. Los resultados del monitoreo se incorporarán a la bitácora ambiental. En áreas cercanas a zonas de captación y/o extracción de agua deberán contar con el visto bueno de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado.	El proyecto no prevé el empleo rutinario ni intensivo de agroquímicos; el diseño paisajístico se priorizará la conservación de la vegetación existente y el uso de especies nativas o adaptadas a las condiciones ambientales del sitio, con menores requerimientos de fertilización, riego y control fitosanitario. El mantenimiento de las áreas verdes se realizará mediante un programa de manejo integral de vegetación, privilegiando métodos preventivos, manuales, mecánicos y biológicos contra plagas. El uso de fertilizantes, herbicidas, fungicidas o plaguicidas químicos se limitará a casos técnicamente justificados y se emplearán únicamente productos autorizados, preferentemente biodegradables, de baja toxicidad y persistencia, aplicados en las dosis recomendadas por el fabricante. Debido a que el proyecto contempla obras de captación y extracción de agua para el funcionamiento de las plantas de ósmosis inversa, el predio no se encuentra dentro o próximo a una zona oficial de captación o extracción. Las concesiones, permisos y autorizaciones corresponden a la CONAGUA. En consecuencia, el proyecto es congruente con el criterio CG-05, ya que evitará el uso rutinario e intensivo de agroquímicos, aplicará prácticas de manejo integral de plagas, llevará registros en la bitácora ambiental y

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
	establecerá mecanismos de monitoreo y respuesta para prevenir la contaminación del agua subterránea.
CG-06 Las aguas residuales no deben canalizarse a pozos de inyección de agua pluvial, cuerpos de agua naturales, de pozos artesianos, de extracción de agua. Deberán disponerse a través del sistema de drenaje municipal o en caso de no contar con sistema de drenaje municipal, a través de algún sistema de tratamiento de aguas residuales cumpliendo en todo momento con la normatividad vigente aplicable.	El proyecto prevé que durante la etapa de operación se generarán aguas residuales sanitarias provenientes de los componentes turístico y suburbano. Para su cumplimiento, el proyecto contará con infraestructura para la captación, conducción, tratamiento, reúso y, en su caso, disposición final de estas aguas., El efluente tratado deberá cumplir con los límites y condiciones establecidos en la normativa aplicable, particularmente con la NOM-001-SEMARNAT-2021. El agua tratada se reutilizará prioritariamente en el riego de áreas verdes y jardines, así como en otros usos compatibles que no impliquen contacto directo con los usuarios. La calidad del agua de reúso será verificada mediante análisis periódicos realizados por laboratorios acreditados. Los excedentes que no puedan reutilizarse serán conducidos a los pozos de rechazo. Su disposición se realizará mediante obras independientes y específicamente diseñadas para recibir exclusivamente efluente tratado, sujetas previamente a la autorización de la CONAGUA. Estas obras deberán contar con ubicación, profundidad, sellos sanitarios y horizonte receptor definidos de acuerdo con el estudio geohidrológico, evitando cualquier comunicación con el acuífero somero, o la Laguna de Bacalar. El Programa de Vigilancia Ambiental incluirá el registro de los volúmenes de agua residual generada, tratada, reutilizada y dispuesta; los resultados de los análisis de calidad del efluente; las condiciones de operación de las PTAR; el mantenimiento de la infraestructura; y el monitoreo de la calidad del agua subterránea. Esta información se integrará a la bitácora ambiental del proyecto. En consecuencia, el proyecto es congruente con el criterio CG-06, debido a que las aguas residuales serán conducidas a sistemas propios de tratamiento, se privilegiará el reúso del efluente y se prohibirá su descarga en pozos pluviales, cuerpos de agua naturales, pozos artesianos o pozos de extracción. La disposición de los excedentes tratados sólo podrá realizarse mediante el pozo de rechazo, específicamente autorizada y en cumplimiento de la normativa vigente.
CG-07 La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada por la CONAGUA, de conformidad con la normatividad aplicable.	El proyecto no prevé la construcción de un sistema convencional de drenaje pluvial entubado, ni la captación, almacenamiento o descarga concentrada de aguas pluviales hacia la Laguna de Bacalar, cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción como mecanismo ordinario de desalojo. La estrategia de manejo pluvial del proyecto se basa en un esquema de bajo impacto hidrológico, orientado a conservar la dinámica natural de infiltración, percolación y escurrimiento superficial difuso del predio. En las edificaciones, el agua de lluvia que incida sobre las cubiertas y azoteas será conducida mediante bajantes pluviales independientes del drenaje sanitario, descargando hacia zonas laterales con suelo natural o áreas jardinadas permeables, donde se favorecerá su infiltración directa. Estas descargas no funcionarán como canales de conducción hacia la laguna, sino como puntos de entrega controlada al terreno natural, procurando que el agua se reincorpore al suelo de manera gradual, sin modificar la pendiente natural ni generar flujos erosivos concentrados. El manejo propuesto es congruente con las condiciones geohidrológicas del sitio, toda vez que el estudio geohidrológico identifica que el acuífero regional se recarga mediante la infiltración del agua de lluvia a través de grietas, fracturas, poros y cavidades del terreno, y que el flujo subterráneo

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
	se dirige preferentemente hacia la Laguna de Bacalar. Por ello, el proyecto privilegia la infiltración en sitio y evita la concentración artificial de escurrimientos que pudiera alterar la dinámica natural del sistema suelo-acuífero-laguna. Asimismo, el proyecto conservará 31.986 ha como superficies permeables, equivalentes al 95.894% de la superficie total del predio, integradas por áreas de conservación, vegetación natural, áreas jardinadas, senderos, materiales permeables y elementos elevados o de baja ocupación física. Esta condición supera ampliamente el requerimiento de permeabilidad señalado en la vinculación del proyecto y permite que la precipitación que incida sobre la mayor parte del predio se infiltre directamente en el suelo, manteniendo la función hidrológica de captación y recarga. En el resto de la superficie libre de obras, el agua pluvial continuará desplazándose conforme a la microtopografía natural del predio. En caso de eventos de lluvia intensa, el excedente que no logre infiltrarse de manera inmediata se desplazará como escurrimiento laminar o difuso, siguiendo la pendiente natural hacia las zonas bajas y, eventualmente, hacia el sistema lagunar, sin que el proyecto construya obras de canalización, tuberías, cunetas revestidas o descargas puntuales que conduzcan de forma directa las aguas pluviales a la Laguna de Bacalar. De manera preventiva, las bajantes pluviales y puntos de descarga al terreno deberán incorporar elementos sencillos de control físico, tales como rejillas, cajas de registro, disipadores de energía, lechos de grava, material filtrante, franjas vegetadas o estructuras equivalentes, con el objeto de retener hojas, arenas, sólidos gruesos y sedimentos antes de que el agua se infiltre o escurra superficialmente. Estas medidas funcionan como sistemas de filtración primaria y control de sedimentos, acordes con el objetivo del CG-07. El proyecto no contempla para su operación talleres mecánicos, patios de mantenimiento al aire libre, lavado de maquinaria, almacenamiento expuesto de combustibles, manejo exterior de aceites ni actividades que generen escurrimientos pluviales con grasas, hidrocarburos o contaminantes. Las áreas operativas que pudieran representar riesgo de contaminación se mantendrán separadas del drenaje pluvial y deberán contar con superficies controladas, manejo interno de residuos y protocolos de atención a derrames. En estacionamientos, se mantendrá el criterio de conducción hacia áreas naturales de captación únicamente después de pasar por superficies filtrantes, franjas vegetadas o dispositivos de retención de sólidos, evitando descargas directas a cuerpos de agua. Por lo anterior, el criterio se considera atendido, ya que el proyecto no propone una canalización pluvial directa hacia cuerpos de agua superficiales ni pozos de absorción como sistema principal; por el contrario, mantiene la infiltración natural en sitio, conserva una alta proporción de superficie permeable, separa el manejo pluvial del drenaje sanitario y establece controles preventivos para la retención de sedimentos y sólidos. El diseño del proyecto mantiene el ciclo hidrológico local bajo un esquema de infiltración distribuida, evita la descarga concentrada de aguas pluviales hacia la Laguna de Bacalar y reduce el riesgo de

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
	transporte de sedimentos, grasas, aceites o contaminantes, cumpliendo de manera preventiva con el objetivo ambiental del criterio en comento.
CG- 08 No se permite la desecación y/o dragado de cuerpos de agua.	El proyecto tiene como concepto base el aprovechamiento paisajístico de los atributos naturales del sitio por lo que en ninguna etapa se realizará o promoverán dragados y/o desecación de los cuerpos de agua, antes bien se privilegia la conservación y el mantenimiento de las características originales.
CG-09 Se permite la acuacultura en los cuerpos de agua artificiales, y las aguas residuales generadas no podrán disponerse a cuerpos de agua naturales o al subsuelo sin previo tratamiento. No se permite la acuacultura con especies exóticas en cuerpos de agua naturales.	En ninguna etapa del proyecto se realizarán o promoverán actividades de acuacultura.
CG-10 Los usos autorizados deben considerar acciones para el ahorro del recurso agua, así como medidas de prevención de contaminación del manto freático; estas acciones deberán ser presentadas en los estudios ambientales correspondientes, y validados por la autoridad correspondiente. Estas acciones deberán quedar especificadas en cualquiera de las modalidades solicitadas para su evaluación por la autoridad competente.	El proyecto integra un uso eficiente del agua, implementando el uso de purificadores y suavizadores de agua, hidroneumáticos para presurizar la red y reducir el consumo, muebles ahorradores, ciclos cerrados en albercas privadas y pública (el agua de una alberca no necesita cambiarse nunca siempre que se le dé un adecuado tratamiento y se complete el nivel que se pierde por evaporación, la tasa de recambio es de aproximadamente 6 meses debido a la alta evaporación); planta de tratamiento de aguas residuales que permite el manejo seguro y la incorporación del agua tratada al ciclo a través de riego y lavado de áreas exteriores, con lo que las pérdidas se reducen al mínimo. Durante la temporada de lluvias, las aguas pluviales serán desviadas a áreas con cobertura vegetal, favoreciendo la infiltración y retención de sedimentos.
CG-11 Se permite la acuacultura cuando cumpla con uno de los tres supuestos siguientes: a) Los estanques de crecimiento cuenten con un sistema cerrado que evite la fuga de larvas o alevines hacia cuerpos naturales de agua o al acuífero. b) Se garantice el tratamiento de las aguas residuales. c) Cuente con una fuente de abastecimiento de agua distinta a rejolladas y dolinas.	El criterio no es aplicable el proyecto en ninguna etapa se practicará o promoverá la acuacultura.
CG-12 Todos los proyectos deberán considerar como alternativa para disminuir el consumo de agua de primer uso, que en el diseño de las edificaciones relacionadas al proyecto autorizado se considere la captación de agua de lluvia, así como el reúso de las aguas residuales tratadas. Se puede considerar también una combinación de ambas estrategias.	El proyecto incorpora una estrategia integral de manejo eficiente del agua orientada a disminuir el consumo de agua de primer uso mediante la combinación de: 1) Captación pluvial pasiva e infiltración directa al terreno, 2) Conservación de superficies permeables, 3) Tratamiento y reúso de aguas residuales, 4) Sectorización del abastecimiento mediante Planta de Ósmosis Inversa, y 5) Reducción de consumos mediante equipos, muebles y sistemas hidráulicos eficientes. El proyecto plantea una captación hidrológica distribuida en sitio, mediante la conservación de una amplia superficie permeable que permite que el agua de lluvia se infiltre directamente al suelo y se reincorpore al sistema acuífero local. Esta estrategia es congruente con la condición del predio y con el estudio geohidrológico, que señala que el acuífero se recarga con agua de lluvia que infiltra por grietas, fracturas, poros y cavidades, para posteriormente fluir hacia cuerpos lagunares costeros.

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
	De acuerdo con el diseño del proyecto, se conservarán 31.986 ha permeables, equivalentes al 95.894% de la superficie total del predio, superando ampliamente el parámetro mínimo de área permeable aplicable. Esta superficie estará integrada por áreas de conservación, vegetación natural, áreas verdes, materiales permeables, senderos, elementos elevados y zonas libres de obra, lo que permite que la precipitación se infiltre de manera directa, reduzca el escurrimiento concentrado y mantenga la función natural de captación hídrica del predio. En las edificaciones, el agua pluvial que incida sobre cubiertas y azoteas será conducida mediante bajantes independientes del drenaje sanitario hacia zonas laterales con suelo natural, áreas jardinadas o superficies permeables. De esta forma, el agua de lluvia no será mezclada con aguas residuales ni almacenada como drenaje pluvial convencional, sino dirigida al terreno para favorecer su percolación directa e incorporación al ciclo hidrológico local. Esta solución evita la generación de descargas pluviales concentradas y conserva la dinámica natural de infiltración y escurrimiento laminar hacia las zonas bajas y, en su caso, hacia la Laguna de Bacalar. Respecto al reúso, el proyecto contempla la instalación y operación de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales **(PTAR)**. Las aguas residuales serán de tipo doméstico, provenientes de sanitarios, duchas, cocinas y servicios generales, sin aportes industriales. Estas aguas serán conducidas por una red sanitaria independiente hacia las PTAR, donde recibirán tratamiento para su posterior reúso en riego de áreas verdes y limpieza de áreas públicas, reduciendo con ello la demanda de agua de primer uso para actividades que no requieren calidad potable. El reúso del efluente tratado deberá cumplir con la **NOM-003-SEMARNAT-1997**, aplicable a aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, particularmente cuando el destino sea riego de áreas verdes, limpieza de áreas exteriores u otros usos compatibles. Esta NOM establece límites máximos permisibles de contaminantes para proteger el ambiente y la salud pública en el reúso de aguas tratadas. La descarga o disposición en bienes nacionales, pozos de inyección o cuerpos receptores de competencia federal, deberá atender la **NOM-001-SEMARNAT-2021** y obtener la autorización correspondiente de **CONAGUA**. El abastecimiento de agua potable se realizará mediante la Planta de Ósmosis Inversa **(POI)**, diseñadas para atender la operación del proyecto. Conforme al estudio geohidrológico, el aprovechamiento se orienta a agua salobre mediante pozos de extracción con horizonte de captación entre -**25 m**, buscando extraer agua con concentraciones de sólidos disueltos totales entre aproximadamente **2,500 y 3,000 mg/L**. Esta estrategia permite evitar la presión directa sobre agua dulce somera y utilizar un horizonte salobre técnicamente diferenciado para su potabilización mediante ósmosis inversa. De manera complementaria, el estudio geohidrológico propone que los pozos de rechazo de agua salobre de la ósmosis inversa alcancen una profundidad total de **60 m**, aislando los primeros **45 m** con tubería y sello para evitar contacto con el manto de agua dulce o salobre, y descargando en el intervalo de **45 m a 60 m**. Esta condición deberá quedar sujeta a la autorización, concesión y condiciones técnicas que determine la CONAGUA, incluyendo pruebas de aforo, calidad del agua, compatibilidad hidrogeoquímica y monitoreo de operación.

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
	El proyecto también incorpora medidas de reducción de consumo en la operación ordinaria, tales como muebles ahorradores, sistemas hidroneumáticos para presurización eficiente, redes sectorizadas, recirculación y tratamiento del agua de albercas, así como almacenamiento diferenciado de agua cruda, purificada y tratada. Estas medidas permiten reducir pérdidas, evitar usos innecesarios de agua potable y destinar el agua tratada a usos no potables, con lo cual se atiende el objetivo central del CG-12: disminuir el consumo de agua de primer uso. En consecuencia, el proyecto cumple técnicamente con el criterio, al adoptar una estrategia combinada: la lluvia se capta funcionalmente en sitio mediante infiltración directa en superficies permeables y áreas de conservación; las aguas residuales domésticas se tratan en PTAR para su reúso en riego y limpieza; el abastecimiento potable se sectoriza mediante POI; y se incorporan medidas de ahorro y eficiencia hidráulica. Con ello se reduce la demanda de agua nueva, se conserva la recarga natural del acuífero, se evita la mezcla entre agua pluvial y residual, y se reincorpora el agua tratada al ciclo hidrológico bajo condiciones controladas. Por lo anterior, el proyecto no depende exclusivamente de agua de primer uso para atender sus necesidades operativas, sino que integra un esquema de manejo hídrico sustentable basado en infiltración pluvial en sitio, conservación de 31.986 ha permeables, tratamiento terciario de aguas residuales, reúso del efluente tratado para riego y limpieza, y operación de sistemas eficientes de abastecimiento y distribución. Las obras hidráulicas, pozos de aprovechamiento, pozos de rechazo, PTAR y cualquier descarga o disposición en bienes nacionales quedarán sujetas a las autorizaciones y condiciones técnicas que emita la CONAGUA, así como al cumplimiento de las normas oficiales mexicanas aplicables.
CG-13 Toda la infraestructura relacionada a los usos y actividades autorizadas, las construcciones preferentemente se construirán con base a las características del terreno, considerando principalmente que las construcciones no interrumpan ni modifiquen los flujos hídricos superficiales o subterráneos.	El diseño del proyecto fue planteado con base en las condiciones topográficas, geohidrológicas y ecosistémicas del predio, evitando la modificación sustancial del relieve natural y la interrupción de los flujos hídricos superficiales y subterráneos. El sembrado del proyecto reconoce el gradiente natural del terreno. La zona suburbana se ubica en la porción oeste y más elevada del predio, con cotas aproximadas entre +12.00 y +20.00 m, donde se concentran las obras permanentes de mayor carga estructural. Por su parte, la zona turística se desarrolla hacia la porción central entre +13.5 a+16.00 m y oriental 14 a+15.9.00 m, siguiendo el descenso topográfico natural con elevaciones en zonas de transición de +5 a +13m y en las zonas cercanas al sistema lagunar entre +2.00 y +4 m. Esta distribución permite que la infraestructura se adapte a las curvas de nivel existentes, en lugar de imponer plataformas artificiales continuas, rellenos extensivos o cortes que pudieran modificar el patrón natural de escurrimiento Las obras permanentes ubicadas en la porción alta del predio se ejecutarán mediante sistemas de cimentación profunda y puntual, tales como zapatas aisladas, o elementos estructurales independientes con losa de reparto, evitando losas de cimentación masivas, rellenos generalizados o barreras longitudinales que interrumpan la infiltración o el flujo subsuperficial. En los sitios de desplante de dichas obras, la profundidad máxima de intervención estructural será controlada y no excederá la profundidad necesaria para garantizar la estabilidad de la edificación. De acuerdo con el estudio de mecánica de suelos referido

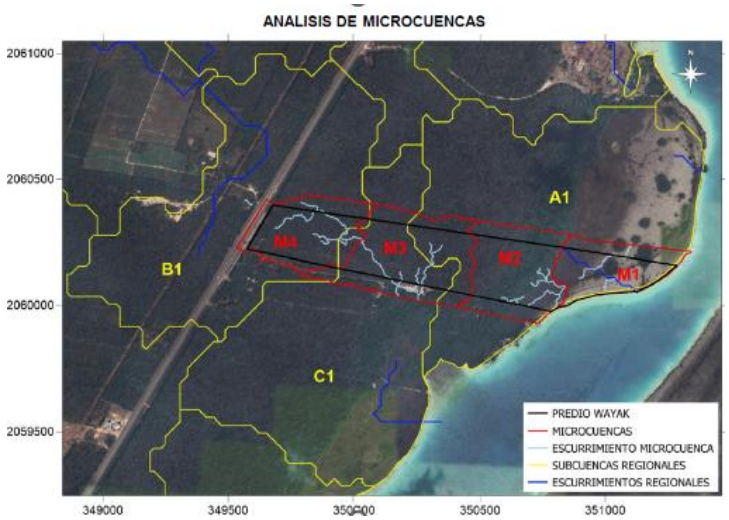
CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
	para esta zona de desplante, la exploración alcanzó 8.00 m sin interceptar agua; por tanto, las cimentaciones proyectadas no interferirán con el nivel freático local en la porción alta del terreno. En la zona baja al frente de la laguna, el cumplimiento del criterio se sustenta en una solución constructiva distinta: las obras se plantean como infraestructura elevada, ligera y de contacto puntual, mediante pilotes de madera. En esta zona, las estructuras o plataformas se proyectan a una altura aproximada de 2.50 a 3.0 m sobre el terreno natural con pilotes cilíndricos de madera de 50 cm de diámetro nominal, distribuidos aproximadamente cada 4 m, de manera que la afectación física al suelo se limite al punto específico de hincado de cada pilote, sin relleno, compactación masiva, terraplén, muro, bordo o plataforma continua Esta solución permite conservar la continuidad hidráulica superficial, ya que el agua pluvial y los excedentes de inundación temporal podrán desplazarse libremente bajo la plataforma, sin que la estructura opere como bordo o elemento de represamiento. Asimismo, al no ejecutarse rellenos ni nivelaciones extensivas en la zona inundable, se mantiene la microtopografía natural responsable de la distribución laminar del agua hacia las zonas bajas y hacia la Laguna de Bacalar. El estudio geohidrológico del predio confirma que el sistema presenta un flujo subterráneo preferencial hacia la Laguna de Bacalar, con gradientes hidráulicos descendentes en periodos de secas y lluvias. También estima que el caudal subterráneo fluye bajo el predio con dirección hacia la laguna, por lo que el diseño del proyecto evita colocar elementos continuos o impermeables transversales a esa dirección de flujo. En consecuencia, las obras propuestas no alteran el gradiente hidráulico regional ni bloquean las rutas naturales de descarga del acuífero hacia el sistema lagunar. Adicionalmente, el estudio geohidrológico identifica que el acuífero presenta comportamiento semiconfinado por la presencia de calizas margosas superficiales y que, hacia la zona inundable el nivel estático puede ser somero durante la temporada de lluvias. Por ello, en esa zona no se proponen excavaciones profundas ni estructuras enterradas; por el contrario, se emplea un sistema elevado sobre pilotes que reduce la ocupación directa del suelo, evita la remoción masiva de sustrato y mantiene la circulación superficial y subsuperficial. La solución propuesta también es congruente con la conservación de los individuos de mangle dispersos. El proyecto establece que la instalación de pilotes de madera en la zona baja del predio no implicará remoción, relleno, poda o trasplante de individuos de manglar. En este sentido, la infraestructura elevada no sólo reduce el contacto físico con el suelo, sino que mantiene la funcionalidad ecológica y la conectividad hídrica que sostiene a la vegetación asociada. El diseño general del proyecto conserva además una alta proporción de superficie libre y permeable. El proyecto contempla 31.986 ha permeables, equivalentes al 95.89% de la superficie total del predio, integradas por áreas de conservación, vegetación natural, cuerpos de agua, senderos, elementos elevados, áreas jardinadas y materiales permeables. Esta condición favorece la infiltración pluvial, reduce la

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
	generación de escurrimientos concentrados y mantiene la recarga natural del sistema suelo-acuífero. Durante la construcción, la preservación de los flujos hídricos será reforzada mediante medidas de control: delimitación topográfica previa de las áreas de intervención; prohibición de rellenos, bordos o terraplenes en la zona inundable; conservación de pasos hidráulicos naturales; instalación de pilotes mediante intervención puntual; control de sedimentos; y supervisión ambiental durante la etapa de obra. Estas acciones permitirán verificar que la infraestructura se ejecute conforme al terreno natural y que no se generen obstrucciones a los escurrimientos superficiales ni a la dinámica del agua subterránea. Por lo anterior, el proyecto se considera técnicamente compatible con el criterio, ya que las construcciones fueron ubicadas y diseñadas conforme a las características naturales del predio, privilegiando la porción alta para las obras permanentes, empleando infraestructura elevada y de contacto puntual en la zona inundable, conservando una amplia superficie permeable y evitando obras continuas que interrumpan o modifiquen los flujos hídricos superficiales o subterráneos. En síntesis, el proyecto no modifica la dinámica hidrológica natural del predio, sino que se adapta a ella; las obras permanentes se concentran en la porción topográficamente más alta; las estructuras en las zonas bajas se resuelven mediante pilotes de madera y plataformas elevadas; no se prevén rellenos ni barreras hidráulicas en la zona baja; y se conserva el flujo natural hacia la Laguna de Bacalar, tanto superficial como subterráneo, acreditando el cumplimiento técnico a dicho criterio.
CG-14 En el diseño y construcción de los sitios de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos se deberá colocar en las celdas para residuos y en el estanque de lixiviados, una geomembrana de polietileno de alta densidad o similar, con espesor mínimo de 1.5 mm. Previo a la colocación de la capa protectora de la geomembrana se deberá acreditar la aprobación de las pruebas de hermeticidad de las uniones de la geomembrana por parte de la autoridad que supervise su construcción.	En el predio del proyecto no se habilitará ni operará un sitio de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos, por lo que no se construirán celdas, estanques de lixiviados ni infraestructura propia de relleno sanitario. La gestión se limitará al acopio temporal, separación en origen y almacenamiento clasificado en un área controlada, techada, señalizada y con piso impermeable o lavable, desde donde los residuos serán retirados periódicamente por la administración o por prestadores autorizados hacia el sitio que determine el H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco. En consecuencia, las especificaciones de geomembrana y pruebas de hermeticidad no resultan aplicables al proyecto, sin perjuicio de que el Programa de Manejo Integral de Residuos establezca medidas para evitar lixiviados, dispersión de residuos, fauna nociva y contaminación del suelo o del acuífero durante preparación, construcción y operación.
CG-15 Los sitios de disposición final de RSU deberán contar con un banco de material pétreo autorizado dentro del área proyectada, mismo que se deberá ubicar aguas arriba de las celdas de almacenamiento y que deberá proveer diariamente del material de cobertura.	El criterio está dirigido a sitios de disposición final de RSU; el proyecto no contempla la disposición final de residuos dentro del predio ni la construcción de celdas de almacenamiento que requieran material diario de cobertura. Los residuos serán separados, resguardados temporalmente y trasladados a sitios autorizados por la autoridad municipal o por empresas autorizadas. Los materiales pétreos que se utilicen en la obra provendrán de bancos o proveedores formalmente autorizados, sin extracción dentro del predio, zona lagunar o áreas de conservación. Por tanto, no se requiere banco de material pétreo dentro del área del proyecto, y el cumplimiento se garantiza mediante control

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
	documental de proveedores, manifiestos o comprobantes de traslado y bitácoras de residuos
CG-16 Los centros de transferencia de Residuos Sólidos Urbanos deberán acreditar ante las autoridades competentes, la impermeabilidad de los sitios de almacenamiento temporal de estos residuos, así como la infraestructura necesaria para el acopio y tratamiento de los lixiviados que se generen, con el fin de garantizar la no contaminación del suelo y manto freático.	El proyecto no corresponde a un centro de transferencia de Residuos Sólidos Urbanos. No obstante, por prevención, el centro o área de acopio temporal de residuos clasificados deberá operar con piso impermeable o superficie lavable, cubierta o protección contra lluvia, contenedores diferenciados, señalización, control de escurrimientos, limpieza periódica y retiro programado para evitar generación de lixiviados. Los residuos orgánicos no permanecerán almacenados por periodos prolongados y los residuos susceptibles de reciclaje se mantendrán secos y segregados. En caso de generarse residuos de manejo especial o peligrosos durante obra o mantenimiento, éstos se resguardarán en recipientes cerrados, sobre charolas de contención, y se entregarán a empresas autorizadas, garantizando la no contaminación del suelo ni del manto freático.
CG-17 Se deberá documentar en la bitácora ambiental los volúmenes de extracción de agua, con el fin de no exceder la capacidad del acuífero.	El aprovechamiento de agua subterránea para abastecimiento del desarrollo se realizará únicamente al amparo del título de concesión, asignación, permiso o autorización que emita la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), autoridad competente para determinar la disponibilidad del acuífero, establecer los volúmenes máximos de extracción, definir los gastos autorizados, fijar las condiciones de operación de los pozos y requerir los mecanismos de medición y reporte aplicables. El proyecto prevé el abastecimiento mediante la Planta de Ósmosis Inversa (POI), asociadas a dos pozos de extracción de agua salobre. De forma complementaria, se contemplan pozos de rechazo de agua salobre sujetos a las condiciones técnicas, hidrogeológicas y administrativas que determine la CONAGUA. La demanda hídrica estimada para la etapa de operación asciende a **418,870.71 m³ anuales** de agua salobre representa el **0.020% de la disponibilidad** media anual destinada a nuevas concesiones en el Acuífero Península de Yucatán **2,059,634,923 m³ anuales**, volumen que deberá ser solicitado ante la autoridad competente y que sólo podrá ejercerse en los términos, límites y condiciones que establezca el título correspondiente. Para garantizar que la extracción no exceda la capacidad autorizada ni comprometa el comportamiento del acuífero, cada pozo de aprovechamiento deberá contar con medidor volumétrico totalizador, macromedidor o equipo de medición de flujo debidamente instalado, calibrado y verificable. Dichos equipos permitirán registrar el volumen extraído por pozo, por día, por mes y por año, así como el gasto instantáneo o promedio de operación, las horas de bombeo y los acumulados respecto del volumen concesionado. Las lecturas de los medidores se integrarán a la bitácora ambiental e hídrica del proyecto, la cual deberá mantenerse disponible para verificación por parte de la autoridad ambiental y de la CONAGUA. Esta bitácora incluirá, como mínimo: fecha y hora de lectura; identificación del pozo; lectura inicial y final del medidor; volumen extraído diario; volumen mensual acumulado; volumen anual acumulado; horas de bombeo; gasto promedio; responsable de la lectura; observaciones operativas; mantenimiento o calibración del equipo; y, en su caso, incidencias, fallas, sustituciones de medidor o ajustes de operación. La bitácora deberá funcionar como un instrumento de control preventivo, de manera que el promovente pueda comparar el volumen real extraído

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
	contra el volumen autorizado por CONAGUA y contra la demanda proyectada del desarrollo. En caso de detectar incrementos atípicos, consumos superiores a los programados, fugas, variaciones operativas no justificadas o aproximación al límite mensual o anual concesionado, se aplicarán medidas correctivas inmediatas, tales como reducción de bombeo, sectorización de consumos, revisión de redes hidráulicas, reparación de fugas, ajuste de horarios de extracción, incremento del reúso de agua tratada y optimización del consumo en áreas verdes, albercas, servicios y amenidades. El cumplimiento del criterio se refuerza con el estudio geohidrológico del predio, el cual tuvo como objetivo establecer la dinámica hidrológica subterránea, caracterizar el acuífero costero, definir la dirección preferencial del flujo, estimar el espesor y volumen del lente aprovechable, evaluar la calidad del agua y aportar criterios para el diseño de pozos de abastecimiento y rechazo. Dicho estudio identifica que el flujo subterráneo preferencial se dirige hacia la Laguna de Bacalar, con gradientes hidráulicos en secas y lluvias, y reporta conductividades hidráulicas de 0.0032 a 0.0050 m/d, con promedio de 0.0039 m/d, además de estimar un caudal subterráneo local con dirección oeste-este hacia la laguna. Por lo anterior, la extracción de agua no deberá considerarse como una operación libre del proyecto, sino como una actividad regulada, medida y reportada. El volumen anual solicitado de 418,870.71 m^3/año quedará sujeto a la disponibilidad oficial del acuífero, a las condiciones del título de concesión, a la instalación de equipos de medición, al registro permanente en bitácora ambiental y al cumplimiento de las obligaciones de reporte y pago de derechos que correspondan ante CONAGUA y la autoridad fiscal competente. Adicionalmente, el promovente deberá entregar los reportes de extracción con la periodicidad que establezca CONAGUA, incluyendo los reportes trimestrales o aquellos que se requieran mediante las plataformas oficiales aplicables, así como conservar comprobantes de lecturas, calibraciones, reportes enviados y pagos de derechos. En caso de que CONAGUA autorice un volumen menor al solicitado, el proyecto deberá ajustar su balance hídrico, ocupación operativa, consumos, reúso de agua tratada o estrategias de eficiencia para mantenerse dentro del volumen efectivamente concesionado. Con estas medidas, el proyecto acredita el cumplimiento técnico al criterio, ya que documentará sistemáticamente los volúmenes de extracción, mantendrá trazabilidad por pozo y por periodo operativo, evitará exceder los volúmenes autorizados y permitirá verificar que el aprovechamiento de agua subterránea se mantenga dentro de los límites establecidos por la autoridad competente. El proyecto da cumplimiento al criterio CG-17 mediante un sistema de control hídrico basado en concesión de CONAGUA, medición volumétrica por pozo, bitácora ambiental permanente, reportes periódicos, pago de derechos y medidas correctivas de eficiencia, con el fin de asegurar que la extracción de agua subterránea no exceda el volumen autorizado ni comprometa la capacidad del acuífero.
Recurso prioritario: Suelo y subsuelo	

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
CG-18 El uso de material pétreo, sascab, caliza, tierra negra, tierra de despalme, madera, materiales vegetales y/o arena, deberá provenir de fuentes y/o bancos de material autorizados por la autoridad competente, conforme a la legislación vigente en la materia.	Todos los materiales pétreos, sascab, caliza, tierra negra, madera, material vegetal, arena silica o insumos de jardinería y construcción deberán adquirirse exclusivamente con proveedores, bancos de material, viveros que acrediten su legal procedencia y, cuando corresponda, las autorizaciones ambientales, municipales o estatales aplicables. El proyecto no extraerá materiales del predio, o de la zona federal lagunar ni de la Laguna de Bacalar. La tierra vegetal recuperada durante el despalme será reutilizada dentro del propio predio en restauración, jardinería y enriquecimiento de áreas de conservación. Se integrará a la bitácora ambiental la documentación de origen, facturas, remisiones, permisos y volúmenes utilizados
CG-19 La disposición final de residuos sólidos únicamente podrá realizarse de acuerdo con la normatividad aplicable y en los sitios y condiciones que determine la autoridad responsable.	La disposición final de residuos no se realizará dentro del predio. Durante las etapas de preparación, construcción y operación se implementará separación en origen, acopio temporal, reutilización de materiales aprovechables y traslado periódico a sitios autorizados por la autoridad competente. La administración del proyecto verificará que los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y, en su caso, peligrosos, sean retirados por prestadores autorizados y se cuente con comprobantes, manifiestos o bitácoras de entrega. Queda prohibido el abandono, entierro, quema o disposición de residuos en áreas de conservación, caminos, cuerpos de agua o zona laguna
CG-20 Donde se encuentren vestigios arqueológicos, deberá reportarse dicha presencia al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y contar con su correspondiente autorización para la construcción de la obra o realización de actividades.	Con base en la información disponible, el predio no reporta vestigios arqueológicos registrados ni colindancia inmediata con zona arqueológica. El criterio no es aplicable.
CG-21 Los campamentos de construcción o de apoyo y todas las obras en general deben: A. Contar con al menos una letrina por cada 20 trabajadores. B. Áreas específicas y delimitadas para la pernocta y/o para la elaboración y consumo de alimentos, con condiciones higiénicas adecuadas (ventilación, miriñaques, piso de cemento, correcta iluminación, lavamanos, entre otros). C. Establecer las medidas necesarias para almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos sólidos generados. D. Establecer medidas para el correcto manejo, almacenamiento, retiro, transporte y disposición final de los residuos peligrosos. En proyectos que involucren a más de 50 trabajadores de obra, se deberá contar con un programa interno de protección civil que abarque los planes de contingencia para huracán, incendio, salvamento acuático, entre otros, así como el personal adecuado para la supervisión de seguridad, protección civil e higiene en la obra.	Durante la preparación y construcción se instalará al menos un sanitario portátil por cada 20 trabajadores o fracción, con mantenimiento por empresa autorizada y retiro controlado de residuos sanitarios. Las áreas de consumo de alimentos, descanso, almacenamiento y apoyo serán delimitadas, señalizadas y ubicadas en áreas autorizadas para su intervención en la zona alta. Se implementará manejo diferenciado de residuos sólidos, de manejo especial y peligrosos, así como capacitación obligatoria sobre higiene, protección civil, prevención de incendios, atención de derrames, huracanes y rescate de fauna. El proyecto contará con Programa Interno de Protección Civil, botiquín, extintores, rutas de evacuación, responsables de seguridad e inspecciones periódicas.

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
CG-22 El porcentaje de desmonte que se autorice en cada predio, deberá estar acorde a cada uso compatible y no deberá exceder el porcentaje establecido en el umbral máximo de aprovechamiento de la UGA, aplicando el principio de equidad y proporcionalidad.	El proyecto respeta el umbral máximo de aprovechamiento de la UGA 29, ya que la superficie total del predio es de 33.355 ha y la ocupación propuesta asciende a 6.645 ha, equivalente al 19.92%, por debajo del 30% permitido. De esa superficie, se requiere el desmonte en 18.98% (6.33Ha), mientras que 26.710 ha permanecerán como áreas de conservación, con áreas naturales. La delimitación de los polígonos de intervención deberá realizarse en campo mediante trazo topográfico, cinta, estacas y supervisión ambiental, prohibiendo desmontes adicionales, ampliaciones de huella o afectaciones fuera de los polígonos autorizados.
CG-23 En el caso de desarrollarse varios usos de suelo compatibles en el mismo predio, los porcentajes de desmonte asignados a cada uno de ellos solo serán acumulables hasta alcanzar el porcentaje definido en el lineamiento ecológico.	El predio combina usos compatibles de la UGA 29; desarrollo suburbano sustentable y turismo convencional de bajo impacto, pero los porcentajes de desmonte y aprovechamiento se contabilizan de forma acumulada y no independiente por uso. La superficie total de ocupación del suelo es de 6.645 ha, equivalente al 19.92% del predio, por lo que la suma de los usos propuestos no rebasa el umbral del 30% establecido por el lineamiento ecológico. En la bitácora ambiental y en los planos ejecutivos deberá mantenerse una sola contabilidad de superficie intervenida, evitando duplicidades entre obras permanentes, senderos, vialidades, puentes, servicios y áreas técnicas.
CG-24 En los terrenos con pendientes mayores a 45 grados, así como en zonas inundables o con escorrentías no se permite la eliminación de la vegetación ni la construcción de obras que propicien el incremento en la erosión del suelo.	El proyecto **no cuenta con pendientes mayores a 45 grados**, éste se adapta a la topografía natural del predio, en donde se identifica la microcuenca M2 con la mayor pendiente media reportada: 7.08 %, equivalente a 4.05° y la **microcuenca M1** tiene la menor pendiente media: **2.26 %, equivalente a 1.29°**. El orden de mayor a menor inclinación entre las cuatro microcuencas es **M2, M3, M4 y M1.**  Fuente, Estudio geohidrológico del predio (anexo). El proyecto se diseñó considerando, dejar los escurrimientos naturales, en los que no se desmonta vegetación y en las zonas bajas con inundaciones temporales. El proyecto no desmonta vegetación en las áreas de contacto puntual por la instalación de pilotes de madera para estructuras elevadas, contrario a ello se mantendrán 26.710 ha

<table>
<tr><th>CRITERIOS GENERALES</th><th>VINCULACIÓN</th></tr>
<tr><td></td><td>equivalente a 80.08% del predio bajo conservación natural, reduciendo el riesgo de erosión.


Modelo de escurrimientos & proyecto

El proyecto no pretende rellenos, terraplenes, muros, bordos ni nivelaciones extensivas. Se da cumplimiento al criterio.</td></tr>
<tr><td>CG-25 El derecho de vía de los tendidos de energía eléctrica de alta tensión sólo podrá ser utilizado conforme a la normatividad aplicable, y en apego a ella no podrá ser utilizado para asentamientos humanos.</td><td>El predio colinda al Oeste con el Derecho de vía de la Carretera Federal No. 307 en la cual se encuentran los tendidos de energía eléctrica de alta tensión, sin interferir con esa zona.</td></tr>
<tr><td>CG-26 La disposición de materiales derivados de obras, excavaciones o dragados sólo podrá realizarse en sitios autorizados por la autoridad competente, siempre y cuando no contengan residuos sólidos urbanos, así como aquellos que puedan ser catalogados como peligrosos por la normatividad vigente.</td><td>Los materiales derivados de excavaciones, cortes, despalmes, demoliciones menores o residuos de construcción se clasificarán en sitio para determinar su aprovechamiento, reutilización o disposición. El material limpio podrá reutilizarse en obras autorizadas del propio proyecto. Los residuos no aprovechables serán trasladados a sitios autorizados; y los materiales contaminados con aceites, combustibles, pinturas, solventes o grasas se manejarán como residuos peligrosos, en recipientes cerrados, etiquetados y con charolas de contención, entregándose a empresas autorizadas. No se contemplan dragados.</td></tr>
<tr><td>CG-27 Los proyectos relacionados a las actividades productivas de cada UGA no podrán solicitar más del 25% del total del umbral de densidad y/o aprovechamiento estipulado para cada UGA. (de acuerdo a la definición de umbral estipulado en el glosario). La superficie de aprovechamiento y/o desmonte para cada predio dentro de la UGA está regulada por los criterios específicos.</td><td>El proyecto es compatible con el uso turismo convencional y desarrollo suburbano conforme lo indicado en la UGA 29 del POEL-OPB, cuyas normas de restricciones a las que se ajusta el umbral de la UGA respecto al proyecto son densidad 15 cuartos/Ha (CU-22 y CU-13), y 8 viviendas/Ha (CU-19); desmonte máximo de 30% (AS-45) y áreas permeables y verdes del 40% (CG-01) (CU-12). El resultado por área turística y suburbana se resumen en la Tabla.

Tabla. Umbral aplicables al predio.
<table>
<tr><th rowspan="2">Criterio</th><th rowspan="2">Umbral</th><th colspan="3">Aplicable</th></tr>
<tr><th>Turística 19.815 (Ha)</th><th>Suburbana 13.54 (Ha)</th><th>Total</th></tr>
<tr><td>UGA 29</td><td>Uso compatible</td><td>Turismo convencional</td><td>Desarrollo tipo suburbano sustentable</td><td></td></tr>
<tr><td>CU-19</td><td>Densidad 8 viv/ha,</td><td>--</td><td>108 Viv.</td><td>108 viv.</td></tr>
<tr><td>CU-22</td><td>Densidad 15 ctos/ha</td><td>297 ctos</td><td>--</td><td>297 ctos</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>CRITERIOS GENERALES</th><th>VINCULACIÓN</th></tr>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><td>AS-45</td><td>Aprovechamiento (30%)</td><td>5.944</td><td>4.062</td><td>10.007 ha</td></tr>
</table>

Tabla. Umbral que pretende el proyecto.
<table>
<tr><td colspan="5">Cumplimiento</td></tr>
<tr><td>Criterio</td><td>Umbral</td><td>Turística 19.815 (Ha)</td><td>Suburbana 13.54 (Ha)</td><td>Total</td></tr>
<tr><td>UGA 29</td><td>Uso compatible</td><td>Turismo convencional</td><td>Desarrollo tipo suburbano sustentable</td><td></td></tr>
<tr><td>CU-19</td><td>8 viv/ha,</td><td></td><td>108 Viv.</td><td>108 Viv.</td></tr>
<tr><td>CU-22
CU-13</td><td>15 ctos/ha y Equivalencias</td><td>47 unidades equivalentes a 141 ctos</td><td></td><td>141 ctos</td></tr>
<tr><td>AS-45</td><td>Aprovechamiento (30%)</td><td>3.355 (9.860%)</td><td>3.29 (10.06%)</td><td>6.645 Ha (19.92%)</td></tr>
</table>

En virtud de lo anterior se cumple con el criterio, toda vez que ell proyecto no representa más del 25% del umbral total de la UGA 29. En lo referente al aprovechamiento del predio, las 6.645 ha, equivalentes al 19.92%, se mantienen por debajo de los límites particulares de 10 ha y 30%. Por lo que deja 80.08% de áreas bajo conservación y 95.894% de áreas permeables lo que es superior al 40% aplicable.
</td></tr>
<tr><td>CG- 28 No se permite la transferencia de densidades ni porcentajes de desmonte entre predios ubicados en UGA’s distintas.</td><td>La totalidad de las obras del predio de interés se localiza dentro de la UGA 29 por lo que no aplicable el criterio.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Recurso Prioritario: biodiversidad, flora y fauna</td></tr>
<tr><td>CG-29 En el desarrollo de los usos de suelo y actividades permitidas, deberán plantearse como primera opción de aprovechamiento aquellos sitios que ya están abandonados, por ejemplo: potreros, bancos de materiales para la construcción, así como las áreas desmontadas, sin vegetación aparente o con vegetación secundaria herbácea y arbustiva u otras áreas afectadas, salvo disposición legal en contrario.</td><td>Dentro de la zona de selva mejor conservada se aprovechan las zonas con menor densidad arbórea y claros para el establecimiento de las obras, dejando amplias zonas de macizos en conservación. Conforme a la caracterización y censo de vegetación del predio que permitió la ubicación geográfica de marcaje de árboles excepcionales por su especie y/o tamaño que permitieron el diseño del proyecto.</td></tr>
<tr><td>CG-30 En el tratamiento de plagas y enfermedades de cultivos, jardines, áreas de reforestación y de manejo de la vegetación nativa deben emplearse productos que afecten específicamente la plaga o enfermedad que se desea controlar, así como los fertilizantes que sean preferentemente orgánicos y que estén publicados en el catálogo vigente por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas (CICOPLAFEST).</td><td>Para el paisajismo, jardinería y conservación se contratará a un equipo especializado en manejo de flora que cuente con el conocimiento de la sanidad de las especies a emplear para que sepan cuáles son los mejores productos para la fertilización y control de plagas, siempre basados en el catálogo CICOPLAFEST y en la premisa de operación del proyecto que implica el uso únicamente de sustancias biodegradables y de baja persistencia, orientados a la jardinería y control de plagas orgánico con empleo de especies naturalmente repelentes como la citronella, el neem y los crisantemos.</td></tr>
<tr><td>CG-31 Se permite el manejo de especies exóticas, cuando:
1.- Solo se permitirá el uso y manejo de las especies exóticas que estén certificadas por la SAGARPA y SEMARNAT, a través de sus instancias administrativas competentes; en el caso de peces</td><td>Con referencia a la flora, en las zonas de conservación y buffers solamente se permitirá la introducción de los especímenes provenientes del rescate; en la zona de jardines solamente se permitirán plantas de ornato, florales y frutales que sean propios del ecosistema de selva mediana; en jardineras, macetas y paisajismo interior serán plantas nativas producto</td></tr>
</table>

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
exóticos, éstos además sólo podrán ser cultivados en sistemas cerrados (estanques). 2. La actividad no se proyecte en cuerpos naturales de agua. 3. El manejo de fauna, en caso de utilizar encierros, se debe realizar el tratamiento secundario por medio de biodigestores autorizados por la autoridad competente en la materia de aquellas aguas provenientes de la limpieza de los sitios de confinamiento. 4. Se garantice el confinamiento de los ejemplares y se impida su dispersión o distribución al medio natural. 5. Todas las especies exóticas autorizadas deberán contar con un Programa de Manejo autorizado por la autoridad competente. 6. Sólo se permite la acuacultura de especies nativas en cuerpos de agua interiores, con excepción de aquellos cuerpos de agua localizados en la Costa Maya, en la que sólo se permitirá la acuacultura en estanques, al Poniente de la carretera estatal pavimentada.	del rescate. Respecto de fauna exótica, no se permitirá en ninguna etapa su introducción.
CG-32 En la superficie del predio autorizada para su aprovechamiento, en forma previa al desmonte y/o a la nivelación del terreno, debe realizarse un Programa de rescate selectivo de flora y recolecta de material de propagación, a fin de aprovechar el material vegetal que sea susceptible para obras de reforestación, restauración y/o jardinería.	El proyecto contará con la implementación del Programa de Rescate y Reubicación de Flora, previo al desmonte y/o nivelación, que contempla la identificación, colecta y reubicación de especies vegetales dando prioridad a especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como la recolección de material de propagación (semillas, estacas y plántulas). Este material también podrá ser utilizado en el Programa de Reforestación, con el objetivo de contribuir a la restauración de las áreas intervenidas, garantizando así la reintegración ecológica conforme a los principios establecidos en el criterio.
CG-33 Previo al desarrollo de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar un Programa de rescate y reubicación selectiva de fauna, poniendo especial atención a las especies protegidas y las de lento desplazamiento.	Previo al desmonte y durante el avance por frentes de obra se ejecutará el Programa de Rescate y Reubicación Selectiva de Fauna Silvestre, con acciones de ahuyentamiento gradual, recorridos sistemáticos, revisión de oquedades, hojarasca y troncos, captura manual o con trampas selectivas, y liberación en áreas de conservación del predio o sitios autorizados con condiciones ecológicas similares. Se dará prioridad a especies de lento desplazamiento, juveniles, nidos activos y especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. La actividad quedará documentada con registros fotográficos, coordenadas, responsables, especie, condición y sitio de liberación.
CG-34 En tanto no se instale y opere una planta de acopio y reciclaje de aceites automotriz y comestibles degradados, quienes generen estos residuos deberán contratar la recolección de dichos productos con empresas debidamente autorizadas. Queda estrictamente prohibida la disposición de dichos recursos en cualquier otro lugar que no esté debidamente autorizado por las autoridades competentes.	El proyecto no operará talleres automotrices ni áreas de cambio de aceite a cielo abierto. El mantenimiento mayor de maquinaria y vehículos deberá realizarse fuera del predio, en talleres autorizados. Si durante obra u operación se generan aceites usados, grasas, filtros, envases contaminados, trapos o estopas impregnadas, éstos se almacenarán temporalmente en recipientes metálicos o plásticos compatibles, cerrados, etiquetados, sobre charolas de contención y bajo cubierta, para su retiro por empresa autorizada. En cocinas o restaurantes se instalarán trampas de grasa y se contratará la recolección de aceites comestibles usados.

CRITERIOS GENERALES	VINCULACIÓN
CG-35 Todos los proyectos que impliquen la remoción de la vegetación y el despalme del suelo deberán realizar acciones para la recuperación de la tierra vegetal, realizando su separación de los residuos vegetales y pétreos, con la finalidad de la generación de composta que sea utilizada para acciones de reforestación dentro del mismo proyecto o dentro del territorio municipal donde lo disponga la autoridad competente en la materia. Los sitios de composteo deberán considerar mecanismos para evitar la proliferación de fauna nociva.	La tierra vegetal que sea retirada de las zonas de aprovechamiento destinadas a cimentación, terraplenes entre otros será acopiada y mezclada con los restos vegetales trozados de los individuos que no hayan sido susceptibles de rescate y hojarasca de las limpiezas y distribuida en los suelos de las áreas destinadas a conservación y jardines.
CG-36 En los programas de rescate de fauna silvestre que deben elaborarse y ejecutarse con motivo de la eliminación de la cobertura vegetal de un predio, se deberá incluir el sitio de reubicación de los ejemplares, aprobado por la autoridad ambiental competente.	El Programa de rescate y reubicación de fauna identificará previamente los sitios receptores, dando prioridad a las 25.077 ha de conservación/restauración dentro del predio y, en su caso, a macizos forestales cercanos con continuidad ecológica, siempre con aprobación de la autoridad ambiental competente. Los sitios deberán presentar cobertura vegetal, refugio, disponibilidad de alimento, y condiciones semejantes a las del sitio de captura. La reubicación se registrará en bitácora con coordenadas, especie, número de individuos, método de captura, condición física, responsable técnico y evidencia fotográfica.
CG-37 En los proyectos en donde se pretenda llevar a cabo la construcción de caminos, bardas o cualquier otro tipo de construcción que pudiera interrumpir la conectividad ecosistémica deberán implementar pasos de fauna menor (pasos inferiores) a cada 500 metros, con excepción de áreas urbanas.	El proyecto no contempla bardas perimetrales continuas que bloqueen la conectividad ecológica. Las circulaciones internas son de baja velocidad, trazo controlado permeables; además, se instalarán reductores de velocidad, señalización preventiva y se cuenta con plataformas y senderos elevados mantendrán espacios inferiores libres para el tránsito de fauna. En caso de que durante el proyecto ejecutivo se incorporen cercas o elementos lineales, deberán prever pasos inferiores o aberturas funcionales con separación máxima de 500 m, conforme al criterio.
CG-38 Para disminuir la huella ambiental, se recomienda que en las diferentes construcciones se realice la selección y uso de materiales orgánicos de la región, o inorgánicos de muy bajo o nulo procesamiento industrial.	La selección de materiales del proyecto tal y como se indica en el Capítulo II, buscará reducir la huella ambiental mediante el uso de madera legalmente acreditada, materiales regionales, acabados tipo chukum, cubiertas de palma o fibras naturales autorizadas, superficies permeables y elementos de baja intensidad constructiva. Los materiales orgánicos o de baja transformación industrial se utilizarán siempre que cumplan con criterios de durabilidad, seguridad estructural, resistencia a humedad y origen legal, evitando extracción ilegal de madera, palma, piedra, arena o suelo. Esta estrategia reduce emisiones asociadas al transporte, mejora la integración paisajística, disminuye ganancia térmica y favorece soluciones constructivas compatibles con el entorno del predio.
CG-39 En todas las actividades productivas que contemplen desmonte y despalme, se debe ejecutar un programa de reforestación con especies nativas en las zonas de conservación dentro del mismo predio y en las zonas consideradas como áreas de restauración designadas por la autoridad competente en la materia.	El proyecto implementará un Programa de reforestación y rehabilitación, que será ejecutado en áreas jardinadas y sitios con preexistencia que requieren reforestación. Esta medida se implementa conforme a los criterios de regulación ecológica aplicables, con el propósito de contribuir a la recuperación de servicios ecosistémicos y a la mitigación de los impactos derivados en las distintas etapas del proyecto.

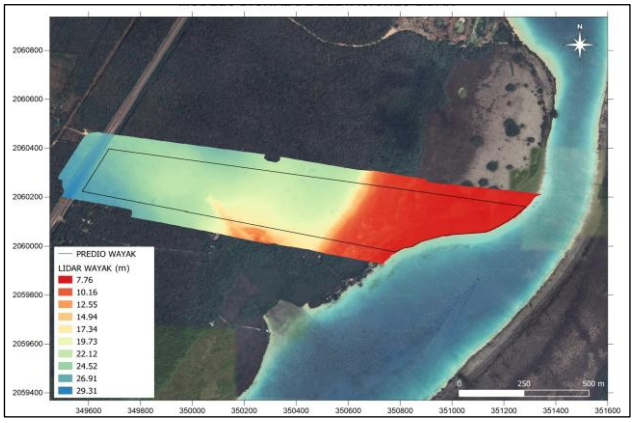
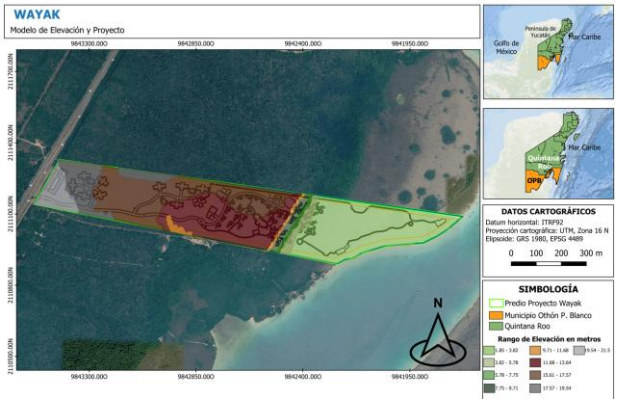
A continuación, se hace la vinculación del proyecto con los Criterios Específicos de Regulación Ecológica que aplica a la UGA 29 del POELOBP.

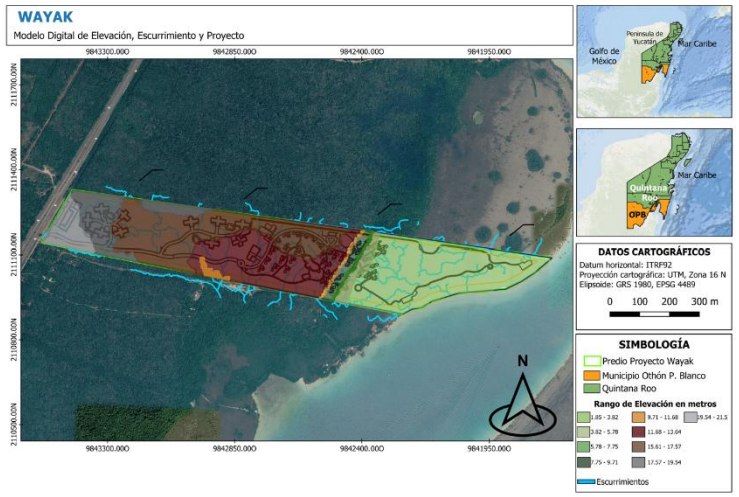
Tabla III-15. Criterios específicos de regulación ecológica de la UGA 29.

CRITERIOS	VINCULACIÓN
Construcción	
CU-01 Los proyectos de tipo urbano, suburbano y/o turístico deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa propia del ecosistema en el cual se realice el proyecto. Únicamente se permite el empleo de flora exótica que no esté incluida en el listado de flora exótica invasiva de la CONABIO. Para proyectos mayores a 1 ha, la selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de las áreas jardinadas deberá sustentarse en un Programa de Arborización y Ajardinado que deberá acompañarse al estudio de impacto ambiental aplicable al proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies ornamentales, excluyendo los pastos.	El proyecto tanto en la zona suburbana como turística no pretende el uso de flora exótica. Para las áreas jardinadas y aquellas que requieren rehabilitación, se privilegiará vegetación nativa en estratos arbustivo y herbáceo en los cuales se podrá incluir florales y frutales del mismo ecosistema. Tal y como e indica en el Programa de arborización y ajardinado.
CU-03. En tanto no existan sistemas municipales para la conducción y tratamiento de las aguas residuales municipales, los promoventes de nuevos proyectos, de hoteles, fraccionamientos, condominios, industrias y similares, deberán diseñar, instalar y operar por su propia cuenta, sistemas de tratamiento y reúso de las aguas residuales, ya sean individuales o comunales, para satisfacer las condiciones particulares que determinen las autoridades competentes y las normas oficiales mexicanas aplicables en la materia. El sistema de tratamiento que se proponga deberá cumplir con la NOM-001-SEMARNAT- 1996 y las condiciones particulares de descarga establecidas por la autoridad correspondiente.	Al no existir infraestructura municipal suficiente para conducción y tratamiento de aguas residuales en el sitio, el proyecto instalará y operará dos PTAR propias, una para la zona suburbana y otra para la zona turística. Las aguas residuales serán de tipo doméstico y se conducirán por una red sanitaria independiente, sin mezcla con escurrimientos pluviales. El efluente tratado se destinará prioritariamente al riego de áreas verdes y limpieza de áreas públicas, cumpliendo con los parámetros aplicables para reúso; y cualquier descarga, excedente, infiltración, pozo o disposición en bien nacional requerirá autorización de CONAGUA y cumplimiento de la normatividad correspondiente.
CU-04 En el desarrollo de los proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el composteo del material vegetativo resultante del desmonte que se autorice. Para el aprovechamiento de las materias primas forestales derivadas del desmonte deberán dar cumplimiento a la normatividad aplicable. El material composteado será utilizado preferentemente dentro del predio y la composta restante deberá ser destinada donde lo indique la autoridad municipal competente.	El aprovechamiento integral de recursos naturales se realizará mediante rescate de flora, recuperación de tierra vegetal, trituración de residuos vegetales no rescatables y composteo controlado. La tierra vegetal será separada de escombros, piedras y residuos, almacenada temporalmente y reutilizada en áreas de restauración, jardinería y rehabilitación de espacios. Las materias primas forestales resultantes del desmonte se manejarán conforme a la autorización correspondiente y no se comercializarán ni dispondrán sin control. El material componteado se usará preferentemente dentro del predio para enriquecer suelos, mejorar infiltración y acelerar la recuperación de áreas ajardinadas.
CU-05 En ningún caso se permite el uso del fuego para el desmonte de predios urbanos, suburbanos y/o turísticos, ni para la disposición de residuos vegetales en áreas abiertas.	En ninguna etapa será permisible el empleo de fuego para desmonte o quema de residuos.
CU-07 En las áreas de aprovechamiento proyectadas se deberá mantener en pie la	Los individuos presentes en el predio que no se ubiquen dentro del buffer y/o área de conservación y que por su ubicación no incidan con las áreas

<table>
<tr><th>CRITERIOS</th><th>VINCULACIÓN</th></tr>
<tr><td>vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, áreas de donación y/o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.</td><td>de ocupación del proyecto permanecerán en su sitio incorporándose así a la zona de jardines y al diseño paisajístico del proyecto.</td></tr>
<tr><td>CU-10 En áreas urbanas y turísticas y proyectos de aprovechamiento de material pétreo, se deberá instalar una malla perimetral o cortina vegetal para reducir la emisión de polvos hacia el exterior de las áreas de trabajo y reducir el impacto visual.</td><td>Durante la preparación y construcción se conservará la cortina vegetal perimetral existente y se instalará malla, geotextil, pantalla temporal o barrera equivalente en los frentes de obra expuestos, especialmente hacia el colindante oeste con la Carretera Federal 307 y en zonas con tránsito de maquinaria. Se aplicarán medidas complementarias de control de polvos: humectación puntual, cobertura de materiales finos, transporte cubierto, limpieza de llantas, velocidad interna reducida y suspensión de actividades generadoras de partículas durante vientos intensos. Estas medidas reducen emisiones fugitivas y el impacto visual hacia predios vecinos y vialidades.</td></tr>
<tr><td>CU-12 Las áreas de equipamiento deberán incorporar áreas verdes permeables según lo establecido en el artículo 132 de la LEEPAQROO o la disposición jurídica que la sustituya.</td><td>El proyecto incorpora áreas verdes permeables, ya que de una superficie total de 33.355 ha contará con 31.966 ha como superficies permeables, equivalentes al 95.894% del predio, superando el mínimo del 40% establecido para este tipo de predios. Esta superficie se integra por áreas de conservación, vegetación natural, jardines, zonas de rehabilitación, circulación y senderos elevados del suelo que mantienen suelo natural, elementos con materiales permeables. La estrategia permite conservar infiltración, reducir escurrimiento concentrado, favorecer recarga y mantener la función hidrológica del sistema suelo-acuífero-laguna.</td></tr>
<tr><td>CU-13 Para efectos de este ordenamiento, los cuartos hoteleros podrán realizar las siguientes conversiones y/o equivalencias:
a) Una villa turística equivale a 3 cuartos de hotel;
b) Una Suite o junior suite equivale a 2 cuartos hoteleros;
c) Un cuarto de clínica de hotel equivale a 2 cuartos de hotel.
d) Un cuarto de motel equivale a 1 cuarto hotelero
e) Una cabaña ecoturística equivale a un cuarto hotelero.</td><td>La zona turística del proyecto cuenta con 47 unidades, distribuidas en 15 villas turísticas y 32 villas suites, equivalentes a 141 cuartos hoteleros.
La tabla de equivalencias deberá mantenerse como control de densidad y no podrán incorporarse nuevas unidades sin recalcular el umbral autorizado.
Equivalencias de conversión de cuartos hoteleros.
<table>
<tr><th rowspan="2">Elemento</th><th colspan="3">No. De cuartos</th></tr>
<tr><th>Unidades</th><th>Equivalencia a cuartos hoteleros</th><th>Total, cuartos equivalentes</th></tr>
<tr><td>Villas turísticas</td><td>15</td><td>3</td><td>45</td></tr>
<tr><td>Villas suites</td><td>32</td><td>3</td><td>96</td></tr>
<tr><td>Total</td><td>47</td><td></td><td>141</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>CU 14 Para los desarrollos turísticos se permiten hasta 5 niveles o 16 metros de altura, siempre y cuando las edificaciones cuenten con estudios de mecánica de suelos y geohidrológicos avalados por los colegios de profesionistas locales, cuya opinión coadyuvará a las autoridades competentes para la toma de decisiones y sean diseñados tomando en cuenta la incidencia de los vientos dominantes y de su ángulo de incidencia, así como los efectos de eventos meteorológicos extremos que demuestren y aseguren la permanencia de las dunas y la no erosión de las playas por esta infraestructura.</td><td>La edificación de máxima altura del proyecto corresponde a los módulos en la zona suburbana contarán, con 4 niveles y altura aproximada de 14.00 m, por debajo del máximo de 5 niveles o 16 m permitido y los que se encuentran ubicados en la zona alta. El resto de las obras no rebasaran los 7 m de altura dos niveles. El diseño se sustenta en estudios de mecánica de suelos y geohidrología, considerando capacidad portante, estratos competentes, estabilidad estructural, dirección de vientos dominantes, lluvias intensas y eventos meteorológicos extremos. Aunque el predio no presenta playa arenosa ni duna costera, el proyecto adopta criterios de adaptación y seguridad estructural, concentrando obras permanentes en zonas elevadas y empleando soluciones con pilas y pilotes en áreas bajas.
El diseño estructural del proyecto considera un esquema de cimentación diferenciada, fundamentado en los resultados de estudios de mecánica de</td></tr>
</table>

CRITERIOS	VINCULACIÓN
	suelos realizados en sitio. La selección del tipo de cimentación responde a criterios técnicos que evalúan la capacidad portante, la estabilidad local del subsuelo y la profundidad de los estratos competentes, considerando los resultados del estudio de mecánica del suelo en los puntos muestreados, nos indica que, durante la exploración no se encontraron oquedades y/o cavernas que puedan afectar la estabilidad de la obra. Se adjunta al presente el estudio de mecánica de suelo, no obstante, para el proyecto se considera el estudio de mecánica de suelos particular una vez autorizado el proyecto.
CU-15 En hoteles, campos de golf y clubes deportivos, los residuos orgánicos deberán emplearse en la generación de composta para utilizarse en sus áreas verdes, en un área acondicionada para tal efecto dentro del predio.	Durante la operación del proyecto, los residuos orgánicos generados por jardinería, poda menor, mantenimiento de áreas verdes y, en su caso, separación de residuos de alimentos, se destinarán a composteo controlado dentro de un área acondicionada, señalizada, ventilada y con manejo de humedad. La composta resultante se aplicará en áreas verdes, restauración, enriquecimiento de vegetación y jardinería, evitando su colocación en cuerpos de agua o sitios con escurrimiento directo. El manejo deberá prevenir malos olores, lixiviados y fauna nociva mediante cobertura, volteo, separación de residuos inorgánicos y retiro oportuno del material no compostable.
CU-16 Para prevenir efectos adversos derivados del cambio climático por elevación del nivel del mar y para garantizar el libre flujo del agua subterránea, las edificaciones deberán ser piloteadas y desplantadas a un nivel de cuando menos de 2.5 metros por arriba de la altitud máxima sobre el nivel medio del mar (msnm) presente en la ZOFEMAT. Por lo anterior, se deberán realizar los estudios necesarios para asegurar que las estructuras kársticas puedan soportar el peso y la presión de las obras y/o actividades que se pretendan realizar, además de demostrar técnicamente que no se interrumpirán o modificaran los flujos hidrológicos.	En el frente del predio del proyecto no se cuenta con colindancia hacia la Zona Federal Marítimo Terrestre; el polígono colinda con Zona Federal Lagunar y de la sintaxis del criterio que se analiza se deduce que aplica a zonas marinas; no obstante, se practicará la vinculación para demostrar que se cumple también en este caso, como se detalla a continuación: El proyecto acredita: **i)** el desplante de las edificaciones mediante pilas y pilotes; **ii)** El proyecto se diseñó, considerando una elevación máxima de 6 msnm respecto de la altitud máxima de la ZOFELAG, conforme a lo indicado en el estudio Geohidrológico y los modelos de periodo de retorno (TR); **iii)** la capacidad del medio calizo para soportar las estructuras, conforme a los sondeos de la mecánica de suelos; y **iv)** la conservación de los flujos superficiales y subterráneos. Estos son respaldados mediante planos georreferenciados, estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos y geohidrológicos anexos al presente, En este caso particular la Laguna de Bacalar el nivel se encuentra 3.5 msnm; frente a la zona de interés, el predio alcanza la cota de 29.5 msnm con respecto al nivel del espejo de agua lagunar, por lo cual todas las obras se localizan por encima del nivel del mar; en referencia al predio en particular el nivel máximo de la laguna en su borde con la ZOFELAG, los andadores mirador que se encuentran frente a la laguna todas ellas sin excepción son piloteadas con esto se alcanzaría una altura de 2.5 m por encima del nivel máximo del espejo de agua lagunar por lo que el nivel de la plataforma terminadas es de 6 msnm por encima del nivel del mar. Los modelos de los escenarios de cambio climático; permiten definir microcuencas, trayectorias de escurrimiento, tirantes y niveles máximos de inundación bajo diferentes periodos de retorno del proyecto. El estudio de mecánica de suelos y la caracterización del coeficiente de disolución de calizas permitió conocer los horizontes y geología particular y en base a sus características proponer la cimentación y sus cargas. En el modelo digital de elevación se puede observar que existe un gradiente de altura en la zona de obras permanentes con respecto a las

CRITERIOS	VINCULACIÓN
	áreas más bajas del humedal y el espejo de la laguna, por lo que no existe riesgo de inundaciones; para que el proyecto esté operativo todo el año.  Modelo digital de elevaciones Lídar. Elaborado por Ing. Miguel J. Villasuso Pino.  Modelo digital de elevación y obras del proyecto.
CU-18 Para evitar las afectaciones por inundaciones, se prohíbe el establecimiento de fraccionamientos habitacionales, así como de infraestructura urbana dentro del espacio excavado de las sascaberas en desuso y en zonas en donde los estudios indiquen que existe el riesgo de inundación (de acuerdo al Atlas de Riesgos del municipio y/o del estado).	El predio no corresponde a una sascabera en desuso ni presenta excavaciones abandonadas que se pretendan urbanizar. Las obras permanentes se ubican en zonas de mayor elevación y menor susceptibilidad de inundación, mientras que las áreas bajas se conservan funcionalmente mediante infraestructura elevada, ligera y de contacto puntual. El modelo digital de elevación y los estudios geohidrológicos con respecto al proyecto recomiendan cotas de seguridad para el proyecto de 2.5 msnm. En las zonas donde existe riesgo de inundación de acuerdo con los modelos de predicción TR 2, 10 y 100 años, se consideran como áreas libres de sellamiento del suelo y se platean instalaciones y obras que no irrumpen la dinámica natural; los elementos piloteados que mantienen el flujo natural y no incrementen el riesgo hidráulico, las obras que sellan suelo se dispusieron de tal manera que no dejan libre los escurrimientos superficiales. En el modelo digital de elevación se puede observar la condición de mayor elevación del perfil natural del terreno que se tiene en las zonas de obras y las áreas más bajas, no habrá obras permanentes solo instalación de pilotes de madera.

CRITERIOS	VINCULACIÓN
	 Modelo digital de elevación, las obras del proyecto y los escurrimientos
CU-19 Se podrá intervenir el territorio con una densidad de hasta 8 viviendas por hectárea, debiendo descontar el número autorizado de cada proyecto del umbral de aprovechamiento, establecido en el lineamiento de esta UGA.	En el proyecto contempla en la zona suburbana de 13.54 ha; al que le aplica 8 viviendas por ha, se obtiene 108 viviendas. El proyecto pretende en esta zona 108 departamentos distribuidos en 9 módulos de 4 niveles. El que se ajusta al umbral de aprovechamiento del 30% (AS-45), toda vez que se aprovecha en la zona suburbana el 10.06%. Densidad: 108 departamentos Aprovechamiento (10.06%): 3.55 ha
CU-22 Se podrá intervenir el territorio con una densidad de hasta 15 cuartos hoteleros por hectárea, debiendo descontar el número autorizado de cada proyecto del umbral de aprovechamiento, establecido en el lineamiento de esta UGA.	La zona turística cuenta con 19.815 ha; al aplicar la densidad de 15 cuartos hoteleros por hectárea se obtiene una capacidad normativa de 296.21 cuartos hoteleros. El proyecto propone 141 cuartos equivalentes, resultado de las conversiones del CU-13, por lo que se ajusta al límite máximo aplicable sin excederlo. También se ajusta al umbral de aprovechamiento del 30% (AS-45), toda vez que se aprovecha en la zona turística 9.86%. Densidad: 141 cuartos. Aprovechamiento (9.86%): 3.29 ha
CU-27 Únicamente se permite la construcción de vivienda unifamiliar en cumplimiento de la Ley de Fraccionamientos del estado de Quintana Roo. Asimismo, se deberá acreditar el suministro de agua, el manejo adecuado de los residuos sólidos y de las aguas residuales, generados en todas las etapas del proyecto, por cuenta de cada promovente y/o propietario.	El criterio se considera que no es aplicable en términos de los siguientes: 1. El proyecto no plantea viviendas unifamiliares; lo que plantea es un proyecto turístico y suburbano; en la zona suburbana plantea departamentos en módulos. 2. La Ley de Fraccionamientos del estado de Quintana Roo se encuentra abrogada mediante el Decreto 194 del 16 de agosto de 2018. No obstante, se acredita de forma integral el suministro de agua, tratamiento de aguas residuales y manejo de residuos para todas sus etapas. El abastecimiento se prevé mediante Planta de Ósmosis Inversa y pozos sujetos a concesión de CONAGUA; las aguas residuales domésticas serán conducidas a una PTAR para tratamiento y reúso; y los residuos sólidos se separarán, acopiarán temporalmente y trasladarán a

CRITERIOS	VINCULACIÓN
	sitios autorizados. Estas medidas garantizan que el proyecto cuente con infraestructura propia y control operativo.
CU-28 Cuando no existan los servicios municipalizados de tratamiento y disposición de aguas residuales en proyectos o desarrollos turísticos, ecoturísticos, fraccionamientos residenciales y/o casas habitación unifamiliares, cercanos a zonas que, debido a características ambientales que les sean inherentes o propias, a su fragilidad biológica o ecológica o al uso por el hombre, sean particularmente sensibles al impacto de las aguas residuales domésticas; los procesos de tratamiento de aguas residuales deberán cumplir con los siguientes criterios: 1. Casas habitación y hoteles/suites de entre 1 y 9 unidades: sistemas de tratamiento con procesos de biodigestión. 2. Fraccionamientos residenciales y hoteles / suites con más de 10 unidades: sistemas de tratamiento que cumplan con lo establecido por la NOM-003-1997. 3. En caso de generarse lodos estos deberán ser inertes. Se deberá tener en cuenta el impacto que el nitrógeno y el fósforo totales y sus compuestos podrían tener en la degradación de la zona, en la medida de lo posible, adoptará medidas adecuadas para controlar o reducir la cuantía total de nitrógeno y fósforo que se descargue en la zona cercana a poblaciones de arrecife. No se permite la construcción y/o uso de fosas sépticas simples.	Al no existir servicio municipalizado de tratamiento de aguas residuales en el sitio y al tratarse de un proyecto con más de 10 unidades, se instalarán sistemas de tratamiento PTAR, cuyo efluente deberá cumplir con los parámetros aplicables para reúso en riego y servicios compatibles. No se utilizarán fosas sépticas simples. El diseño y operación deberán considerar remoción de materia orgánica, sólidos, nutrientes particularmente nitrógeno y fósforo y desinfección, para prevenir aportes que deterioren el acuífero o la Laguna de Bacalar. Los lodos generados serán estabilizados, caracterizados y dispuestos conforme a la normatividad aplicable y reportados a la autoridad, tal y como se indica en el programa de manejo de residuos.
CU-29 Con el objeto de disminuir la huella ecológica y hacer eficiente el uso y consumo de energía, las construcciones hoteleras deberán considerar la arquitectura bioclimática, con énfasis a la ventilación natural, implementando el uso de tecnología para producir energías renovables, usando de manera más eficiente el consumo de agua, hidrocarburos y energía eléctrica convencional, además de llevar a cabo medidas para mitigar el impacto de fenómenos meteorológicos y el cambio climático.	El proyecto incorpora criterios de arquitectura bioclimática y eficiencia ambiental: orientación y diseño para ventilación e iluminación natural, sombreado, materiales de baja ganancia térmica, cubiertas naturales o recubrimientos regionales, reducción de superficies de concreto expuesto, integración con vegetación existente, equipos ahorradores, reúso de agua tratada y sectorización de consumos. Se prevé el uso de tecnologías de eficiencia energética, eventual energía solar, instalaciones eléctricas subterráneas y soluciones elevadas en zonas sensibles. El diseño considera eventos meteorológicos extremos, vientos dominantes, inundación, escurrimientos, así como medidas para mitigar el cambio climático, reduciendo la huella ecológica del desarrollo.
Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales	
AS-06 Para realizar actividades recreativas (contemplativas, senderismo, ecoturismo) se deberá contar con un reglamento de operación, mismo que garantice la operación ambientalmente sustentable de la actividad, conforme a las correspondientes Normas Oficiales en dichas actividades turísticas. Este reglamento se presentará a la autoridad ambiental competente	En el proyecto prevé un tipo de turismo será pasivo, de esparcimiento y contemplación y se regirán por un reglamento para empleados y huéspedes que se adjunta al presente como parte del programa de Buenas Prácticas.

<table>
<tr><th>CRITERIOS</th><th>VINCULACIÓN</th></tr>
<tr><td>para su valoración y de ser procedente su autorización.</td><td></td></tr>
<tr><td>AS-14 Las actividades agrícolas quedan restringidas a las áreas actualmente utilizadas para este fin y deberán incorporar prácticas de sistemas agroforestales, cultivos agroecológicos y/o de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA).</td><td>El criterio no es aplicable; En ninguna etapa se realizarán actividades agrícolas dentro del predio. El proyecto es de carácter turístico y suburbano.</td></tr>
<tr><td>AS-19 Los invernaderos y las unidades de producción intensiva sólo se permiten en terrenos agropecuarios de clase agrológica I y II (planos o ligeramente ondulados con pendientes menores al 8%, con erosión normal y sin escorrentías); siempre y cuando dispongan de sistemas tecnificados de producción, realicen un manejo eficiente de los recursos naturales, cuenten con módulos de ahorro de energía y establezcan sistemas de tratamiento de sus residuos.</td><td>En el proyecto no se pretende contar con invernaderos y/o unidades de producción agrícola ya que el proyecto es de carácter turístico - suburbano.</td></tr>
<tr><td>AS-32 La densidad aplicable a un predio se determina multiplicando la superficie total del predio (en hectáreas), por el número de cuartos, suites o viviendas permitidos para el uso del suelo específico autorizado. Si el cálculo arroja una fracción, el resultado se redondeará al número entero inferior más cercano.</td><td>La densidad aplicable se calculó con base en la superficie aplicable al uso turístico y al uso suburbano conforme al cumplimiento indicado en los criterios CU-19 y CU-22
<table>
<tr><th colspan="4">Densidad</th></tr>
<tr><th>Zona</th><th>Aplicable</th><th>Cálculo</th><th>Proyecto</th></tr>
<tr><td>Turística: 19.815ha</td><td>15 ctos/ha</td><td>19.815 × 15= 296 ctos</td><td>141 ctos equivalentes</td></tr>
<tr><td>Suburbana: 13.54ha</td><td>8 viv./ha</td><td>13.52 × 80= 108 Viv.</td><td>108 viv.</td></tr>
</table>
Por lo que el proyecto con una superficie total de 33.35 ha contará con 141 cuartos y 108 departamentos o viviendas.</td></tr>
<tr><td>AS-45 Sólo se permite el desmonte del 30% de la extensión del predio o parcela, para el establecimiento de infraestructura asociada a las actividades autorizadas.</td><td>Conforme lo establecido de la superficie total del predio (33.355 ha) cuenta con un máximo permisible de desmonte del 30% (10.065 m^2).

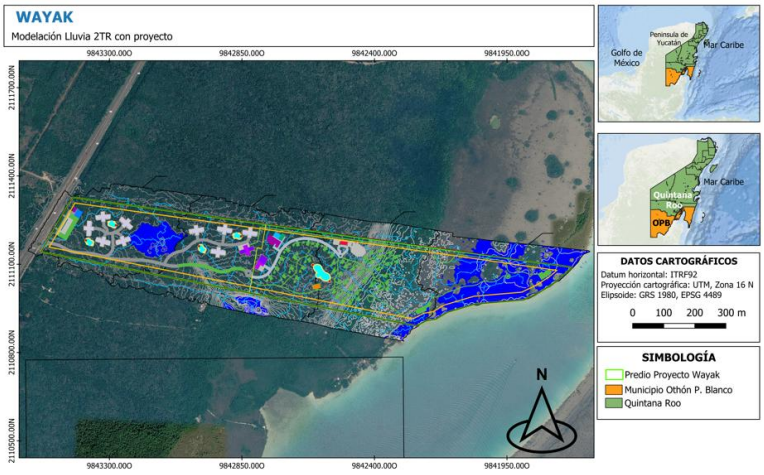
El proyecto cumple ampliamente con lo establecido al pretender la remoción vegetal en 6.33 ha, equivalente al 18.98% del total del predio y ocupa 0.314 ha equivalentes a 0.94% de áreas que no requieren desmonte de vegetación, con un total de intervención de 6.645 ha equivalente al 19.92%

En ese sentido se cuenta con un área de conservación de un total de 27.710 ha representado el 80.08% sobre el total del predio.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Prevención de la Contaminación en Suelo, Aire y Agua</td></tr>
<tr><td>PC-03 En el diseño, construcción y operación del desarrollo se aplicarán medidas que prevengan las descargas y el arrastre de sedimentos diferentes a los cuerpos de agua naturales, hacia zonas inundables y/o áreas costeras adyacentes.</td><td>El diseño del proyecto conserva las trayectorias naturales de escurrimiento, mantiene superficies permeables y separa físicamente las redes de drenaje pluvial y sanitario. Las aguas residuales generadas en las zonas turística y suburbana serán conducidas mediante redes cerradas e independientes hacia la planta de tratamiento de aguas residuales, sin descargarse directamente en la Laguna de Bacalar, humedales o áreas de conservación.
Durante las etapas de preparación construcción y operación se aplicarán medidas que se indican en el capítulo VI y ene Programa de Vigilancia Ambiental que incluye inspecciones durante y después de eventos de</td></tr>
</table>

CRITERIOS	VINCULACIÓN
	lluvia, con registros fotográficos y bitácoras sobre el estado de las barreras, presencia de erosión, turbidez, acumulación de sedimentos y funcionamiento del drenaje. En su caso, se implementarán inmediatamente medidas correctivas.
PC-04 En el desarrollo de actividades ecoturísticas (recorridos, circuitos y paseos) dentro de las áreas con vegetación natural se deben utilizar vehículos no motorizados o en su caso vehículos eléctricos o propulsados por energías alternativas, quedando excluidos los motorizados que empleen hidrocarburos.	Se limitará el tránsito vehicular al mínimo indispensable y se evitará la circulación fuera de los caminos previstos para tal fin, previniendo afectaciones a la vegetación remanente. No obstante, en la etapa de operación del proyecto, el desarrollo de las actividades de circuitos sobre los andadores y paseos al interior del predio será sobre andadores permeables para tránsito a pie o en carritos de golf eléctricos.
PC-06 El mantenimiento de embarcaciones deberá realizarse en marinas secas, que cuenten con las medidas e instalaciones para evitar la contaminación del suelo, aire y agua y la adecuada disposición de todo tipo de residuo.	Por la naturaleza del proyecto, el criterio no es aplicable, no se pretende el uso de embarcaciones.
PC-08 Los desechos peligrosos y biológico infecciosos no podrán disponerse en el relleno sanitario y/o en depósitos temporales de servicio municipal, estos deberán ser canalizados atreves de una empresa certificada para el manejo y disposición final de este tipo de residuos.	El proyecto cuenta con el Programa de manejo de residuos, en el que se aplican protocolos y medidas. Durante las obras y actividades podría generar residuos peligros como aceites lubricantes usados, filtros, estopas y materiales impregnados con hidrocarburos, envases contaminados, solventes, pinturas, y residuos de productos químicos empleados los que se consideran almacenar de manera temporal en un almacen de RP, los residuos serán entregados a empresas debidamente autorizadas, garantizando su trazabilidad hasta el tratamiento o disposición final, sin canalizarlos al sistema municipal de recolección ni al relleno sanitario, lo antes conforme a la normatividad vigente.
PC-10 Los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales deberán ser tratados por el propietario del sistema de tratamiento que los genere, quien deberá presentar un reporte trimestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEMA para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental. El reporte debe contener como mínimo: tipo y características de la planta de tratamiento de aguas residuales, volúmenes de agua tratados, volumen de lodos generados, tratamiento aplicado a los lodos, resultados del análisis CRETIB y sitio o forma de disposición final.	La PTAR del proyecto deberá contar con bitácora de operación y programa de manejo de lodos. El propietario del sistema registrará volúmenes de agua tratada, caudales, fechas de mantenimiento, volumen de lodos generados, estabilización o tratamiento aplicando, retiro por empresa autorizada y sitio de disposición final. Se presentarán reportes trimestrales a la autoridad competente y copia a SEMA para su integración en la Bitácora Ambiental, conforme a lo que determine la autorización. Esta trazabilidad permitirá verificar que el tratamiento de aguas residuales no genere riesgos al suelo, acuífero o laguna.
PC-11 Los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales deberán ser manejados, almacenados y dispuestos conforme a la NOM-004-SEMARNAT-2002. Se presentará un reporte trimestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEMA para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental. El reporte de contener como mínimo: tipo y características de la planta de tratamiento de aguas residuales, volúmenes de agua tratados, volumen de lodos generados, tratamiento aplicado a los lodos y todos los referidos en la Norma correspondiente.	Los lodos y residuos derivados de las PTAR se manejarán conforme a la NOM-004-SEMARNAT-2002 y demás disposiciones aplicables. Antes de su disposición o aprovechamiento deberán ser estabilizados, deshidratados o acondicionados según el sistema de tratamiento, resguardados en un área impermeable, techada y con control de escurrimientos, y retirados por prestador autorizado cuando no se utilicen dentro de un esquema permitido. El reporte deberá incluir características de la planta, volúmenes tratados, volumen de lodos, tratamiento aplicado, resultados analíticos, destino final, manifiestos y evidencia de mantenimiento.

CRITERIOS	VINCULACIÓN
PC-14 Las aguas residuales deberán canalizarse hacia las plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado o el organismo operador autorizado por esta instancia, de conformidad con la NOM-002-SEMARNAT- 1996.	Al no existir red municipal operada por CAPA en el sitio, el proyecto resolverá el manejo sanitario mediante una PTAR propia y una red hidrosanitaria interna independiente de los escurrimientos pluviales. Las aguas residuales domésticas se conducirán a tratamiento y el efluente se reusará prioritariamente en riego o limpieza, cumpliendo con los límites de calidad aplicables. Durante construcción, los sanitarios portátiles serán atendidos por empresa autorizada. Las aguas residuales generadas en la etapa de preparación y construcción del proyecto, provenientes de sanitarios portátiles, serán recolectadas y dispuestas por una empresa autorizada, en cumplimiento con la NOM-002-SEMARNAT-1996 y la legislación aplicable.
PC-19 Queda prohibida la instalación de almacenes de hidrocarburos, gasolineras, oleoductos, almacenes químicos o cualquier otra posible fuente contaminante en un radio de 500 metros de los cuerpos de agua superficiales; así mismo, queda prohibido el aprovechamiento y/o extracción de materiales pétreos, sascaberas, minas y otros tipos de excavaciones en un radio de 1000 metros de los ríos subterráneos.	No aplica el criterio, por la naturaleza del proyecto no se tendrá este tipo de instalaciones en ninguna etapa.
Conservación de la Biodiversidad	
CB-02 Los promoventes de actividades productivas en esta UGA deben implementar acciones preventivas de incendios forestales a fin de evitar el deterioro y degradación de la masa forestal y fauna asociada.	El proyecto además de capacitar al personal mediante pláticas que serán solicitadas a la CONAFOR o especialistas calificados; se contará con equipo adecuado y suficiente de combate a incendios que incluye extintores de diversa capacidad de tipo ABC. En el marco del proyecto, en la etapa de operación del sitio, se prevé la implementación de acciones de prevención, vigilancia y respuesta ante incendios forestales, evitando el uso del fuego y reduciendo los factores que puedan ocasionar el deterioro de la masa forestal y de la fauna asociada.
CB-03 Con objeto de minimizar la fragmentación de los ecosistemas y mantener corredores biológicos, se deberá establecer una franja natural perimetral en los predios o parcelas, cuya superficie mínima será equivalente a 20% del área del predio. Esta franja se establecerá del límite de la propiedad o parcela hacia el interior de la misma y deberá conservar la vegetación natural de manera permanente. En esta franja se permite la conformación de accesos al predio. Se exceptúa este criterio para vías de comunicación federal y estatal.	Considerando que el predio mide 33.355 Ha, la superficie mínima de la franja natural es de 6.671 ha, El proyecto cuenta con 26.63 ha equivalente al 79.85% de área de amortiguamiento o franja al interior del proyecto, por lo que supera el 20% establecido por el criterio. Se cumple el criterio.
CB-04 En la construcción de caminos y carreteras deberán contar con pasos de agua con la infraestructura necesaria, basada en estudios hidrológicos que asegure el libre flujo, debiendo mantener la dinámica hídrica del ecosistema; asegurando también la preservación de la estructura, composición y función de las comunidades de flora y fauna, así como el libre desplazamiento de la fauna propia del ecosistema, y deberá de existir la señalización y reductores de velocidad correspondientes.	El diseño del proyecto se realizó en función de los resultados aportados por el estudio geohidrológico del predio, anexo al presente. Por lo que las circulaciones, senderos, andadores soportados sobre pilotes de 50 cm de diámetro elevados del suelo con alturas variables desde 0.6 a 3.00 m. permiten mantener espacios libres para el flujo superficial y desplazamiento de la fauna. Los modelos a diferentes escenarios de retorno con el proyecto muestran que las circulaciones no modificarán la dinámica hídrica ni fragmentarán funcionalmente los ecosistemas del predio. El Programa de Vigilancia Ambiental, mantendrá como medidas, el libre flujo de manera natural; uso de estructuras elevadas, sin rellenos ni terraplenes, manteniendo continuidad hidráulica y evitando represamientos o erosión; integran pasos de fauna, señalización y

CRITERIOS	VINCULACIÓN
	reductores de velocidad para conservar la conectividad ecológica del predio.  La imagen presenta las elevaciones con los elementos del proyecto
CB-05 Los ecosistemas inundables importantes por su función ecológica como sitios de alimentación y abrevadero de diversas especies de fauna (selvas bajas, tulares, tintales, sabanas, entre otros), deberán ser incluidos como áreas de conservación y no podrán ser considerados en la superficie de desplante del proyecto.	En la porción frontal del predio, colindante con la Laguna de Bacalar, se localiza una zona topográficamente baja, con elevaciones aproximadas de entre 1 y 3 m, cuya inundación temporal está determinada principalmente por el ascenso y desbordamiento del nivel lagunar, más que por la acumulación interna de escurrimientos. De acuerdo con el estudio geohidrológico anexo, esta superficie presenta drenaje relativamente rápido una vez que desciende el nivel de la laguna. En esta zona se desarrolla vegetación hidrófila, principalmente pastizales, así como parches de petén, individuos dispersos de mangle y sectores sin vegetación aparente. En estos últimos, el suelo presenta aireación limitada y baja penetración radicular. Aunque puede contener nutrientes aportados desde las zonas topográficamente más elevadas, también puede presentar condiciones de acidez o toxicidad cuando existen materiales sulfurosos. En consecuencia, la zona baja no debe analizarse como una unidad aislada, sino como parte funcional del sistema de humedal asociado a la Laguna de Bacalar. Su relevancia ambiental deriva de la interacción entre la topografía, la inundación temporal, la vegetación hidrófila, los petenes, los individuos de mangle, el cuerpo de agua y las superficies temporalmente desprovistas de vegetación. En atención al criterio CB-05, las superficies que presenten características de ecosistema inundable deberán incorporarse a las áreas de conservación y excluirse de las superficies convencionales de desplante. La infraestructura prevista en los sectores temporalmente inundables corresponde a una estructura elevada, ligera y reversible, construida principalmente con madera y soportada mediante pilotes cilíndricos separados aproximadamente cada 4.00 m, con una altura libre variable de entre 2.50 y 3.00 m respecto del terreno natural. Esta solución constructiva evita la formación de rellenos, terraplenes, losas y plataformas continuas, así como la compactación generalizada del suelo y la interrupción de los flujos superficiales y subsuperficiales. El espacio libre bajo la estructura permite conservar los escurrimientos del predio y el desplazamiento de la fauna. La intervención física se limita a los puntos de hincado de los pilotes. Considerando 667 pilotes de 0.50 m de diámetro, con una superficie de 130.97 m^2. Esta superficie representa aproximadamente el **0.039 %** del predio. Por lo que dicho porcentaje no sustituyen ni eliminan la función ecológica en el predio ni del ecosistema inundable como zona de alimentación, abrevadero, refugio y tránsito de fauna. Conforme al estudio geohidrológico y los modelos realizados, la zona de baja que forma parte del ecosistema de humedal funciona como parte del sistema lagunar de Bacalar; el acuitado superficial almacena agua de

CRITERIOS	VINCULACIÓN
	precipitación y drena hacia la laguna o recarga lentamente el acuífero regional con un caudal de **24.039 m³/s**, con dirección oeste – este, es decir, hacia la Laguna de Bacalar. El estudio registró que la zona baja del frente lagunar permanece libre de inundación cuando la Laguna de Bacalar se encuentra en la cota +1.808 msnm; sin embargo, se produce un desbordamiento parcial hacia el predio cuando el nivel lagunar alcanza aproximadamente +2.234 msnm. Estos resultados confirman que la inundación está gobernada principalmente por las variaciones del nivel de la laguna y no únicamente por la acumulación de escurrimientos dentro del predio. Para reducir la exposición de la infraestructura al riesgo de inundación, el proyecto adopta una cota de seguridad de +6.00 msnm. Esta elevación se obtiene a partir del nivel de agua del punto de las instalaciones +3.5 msnm en la que se pretende el andador mirador con una altura desde el piso a la plataforma de 2.5 m de altura. La solución elevada conserva el perfil natural del terreno y evita la construcción de barreras hidráulicas continuas. De esta manera, permite mantener la inundabilidad temporal, el flujo superficial y subsuperficial hacia la Laguna de Bacalar y la conectividad para el desplazamiento de fauna bajo la estructura. Las superficies de vegetación hidrófila, petén, manglar, áreas sin vegetación aparente y cuerpo de agua y remanentes, del ecosistema inundable se encuentra delimitadas cartográficamente y registradas como áreas de conservación. La plataforma se identifica separadamente como infraestructura elevada, reversible y de contacto puntual, sujeta a monitoreo hidrológico, de vegetación y fauna. La solución elevada conserva el perfil natural del terreno, la inundabilidad, el flujo superficial y subsuperficial hacia la Laguna de Bacalar, la conectividad de fauna bajo la estructura. En conclusión, la infraestructura debe documentarse como una intervención elevada, puntual, reversible y sujeta a monitoreo, compatible con la conservación del ecosistema inundable y con el cumplimiento del criterio CB-05.  La imagen representa, sobre el modelo digital de elevación, la relación entre las plataformas elevadas, las trayectorias del flujo superficial y la superficie susceptible de inundación por lluvia o por incremento del nivel de la Laguna de Bacalar dentro del predio del Proyecto Wayak

CRITERIOS	VINCULACIÓN
CB-07 Las áreas de conservación deberán mantenerse con cubierta vegetal original dentro de los predios; para la prevención de la erosión y como medida de control de la contaminación auditiva y/o visual; pero si éstas estuviesen afectadas o con vegetación escasa o dominada por estratos herbáceo o arbustivo, se deberá realizar un programa de reforestación con especies nativas que considere por lo menos 1,500 árboles y palmas por hectárea.	Se pretende mantener una superficie total de 26.710 ha que corresponden al 80.08% del predio, las cuales cuentan en su mayoría con vegetación que se mantendrá como área de conservación, y solo 0.339 ha serán reforestados considerando 509 árboles o palmas. Sin embargo, la CONAFOR, tiene considerado algunas especificaciones técnicas para la ejecución de acciones para la restauración y conservación de ecosistemas, asimismo, en su manual básico de prácticas de reforestación establece 625 – 1,111 plantas/hectárea.
CB-11 Se deberá mantener libre de obras e instalaciones de cualquier tipo (permanentes o temporales) una franja de por lo menos 10 m dentro del predio, aledaña a los terrenos ganados al mar y/o la Zona Federal Marítimo Terrestre, en la que se preservará la vegetación costera original, salvo lo previsto en otros criterios específicos en este instrumento. La amplitud y continuidad de la franja se podrá modificar cuando se demuestre en el estudio de impacto ambiental correspondiente que dicha modificación no generará impactos ambientales significativos al ecosistema costero.	Aunque el predio colinda con zona federal lagunar y no con terrenos ganados al mar o ZOFEMAT marina, el proyecto aplicará de forma precautoria una franja de protección y manejo en el borde lagunar, evitando obras permanentes convencionales, rellenos, bardas o infraestructura que restrinja la dinámica natural del borde de agua. Cualquier acceso, sendero o elemento de conexión hacia la zona federal lagunar deberá ser elevado, de baja huella, permeable y sujeto a las autorizaciones aplicables. La vegetación de borde, zonas inundables y mangles dispersos se conservará sin remoción, manteniendo sus funciones de filtración, estabilidad de ribera y hábitat. La Franja de protección que se tiene delimita es de 20 metros a partir del límite del predio con ello cumpliendo con ello este criterio.
CB-16 Alrededor de los cenotes, acceso a cuevas y otros cuerpos de agua se deberá mantener una franja perimetral de protección constituida por la vegetación natural existente con una anchura mínima de 20 metros y una máxima equivalente a la anchura máxima del espejo de agua, siempre y cuando esta exceda los 20 metros. En esta franja sólo se permitirá el aclareo siempre y cuando la autoridad competente por excepción otorgue el cambio de uso de suelo en esta superficie.	En el predio no se reportan cenotes ni accesos a cuevas; sin embargo, en colindancia con la Laguna de Bacalar que requieren manejo precautorio. Se mantienen franjas de protección natural en torno a cuerpos de agua y zonas intermitentemente inundables, evitando descargas, rellenos, tránsito de maquinaria, acopio de materiales o disposición de residuos. Las obras se resolverán mediante elementos elevados y de contacto puntual, con supervisión ambiental, para conservar la vegetación, la infiltración y la conectividad hídrica con el sistema lagunar.
Prevención, Restauración y Mejoramiento del Ambiente	
PRM-04 Para efectos del perfil de diseño del proyecto y el nivel de desplante, deben evaluarse los niveles de inundación y caudales de precipitación ante diversos escenarios de lluvia. Lo anterior como criterio para la definición del nivel de desplante que asegure el mantenimiento de la hidrología superficial y sub-superficial del predio y la región, así como la seguridad de la infraestructura planteada.	El diseño del proyecto consideró los niveles de desplante mediante estudios topográficos, hidrológicos, hidráulicos y geohidrológicos para diferentes escenarios de precipitación TR2, TR 10 y TR100, de los que se demuestra que el diseño conserva la dinámica superficial y sub-superficial del predio. Tal y como lo demuestra la modelación sin proyecto y con proyecto (estudios anexos). Cabe señalar que no se producirán incrementos en los caudales de salida, niveles de inundación, erosión, velocidad del flujo, ya que la propuesta cuenta con los siguientes: • Mantiene las trayectorias naturales de escurrimiento entre las microcuencas. • Evitar rellenos y plataformas continuas que funcionen como barreras hidráulicas. • Utilizar plataformas elevadas sobre pilotes, manteniendo espacio para el flujo del agua. • Incorpora pasos hidráulicos en vialidades y caminos, dimensionados conforme a los caudales calculados. • Mantiene separadas las redes de drenaje pluvial y sanitario.

CRITERIOS	VINCULACIÓN

Su desarrollo técnico se encuentra en el Capítulo II y para su vigilancia ambiental en el Capítulo VI.

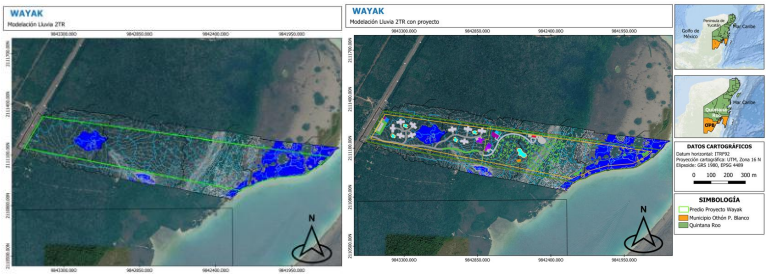
El diseño del proyecto cuenta con cotas de seguridad considerando el nivel máximo de inundación y bordo libre, que considerando un escenario a 100 años de PT tipo Wilma, los resultados muestran, por microcuenca los siguientes.

Microcuenca	Volumen máximo	Caudal máximo	Tirante máximo
M1	65,353 m^3	1.691 m^3/s	1.751 m
M2	92,823 m^3	2.403 m^3/s	1.531 m
M3	112,074 m^3	2.962 m^3/s	9.354 m
M4	75,470 m^3	2.007 m^3/s	2.797 m
A1	591,894 m^3	14.976 m^3/s	4.744 m

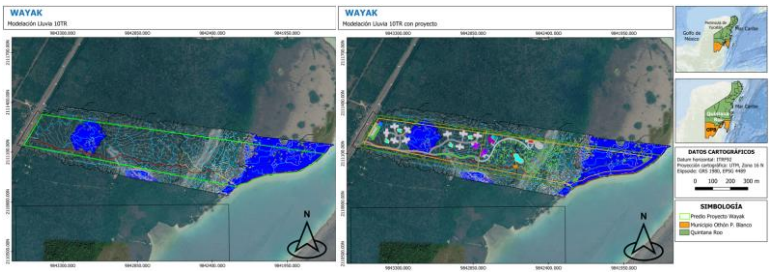
Para el escenario extremo, el nivel máximo modelado del sistema M1–M2 es de aproximadamente 3.538 m s.n.m. en M3 asciende a 13.441 m s.n.m. y en M4 a 18.754 m s.n.m. (indicado en el estudio geohidrológico anexo).

Por lo antes el **proyecto** considera para la microcuenca M1 con una cota máximo de 6 msnm, en la M2 de 6.5 a 13.5 msnm M3 en 16.65 msnm y M4 entre 17.50 y 22.50 msnm.

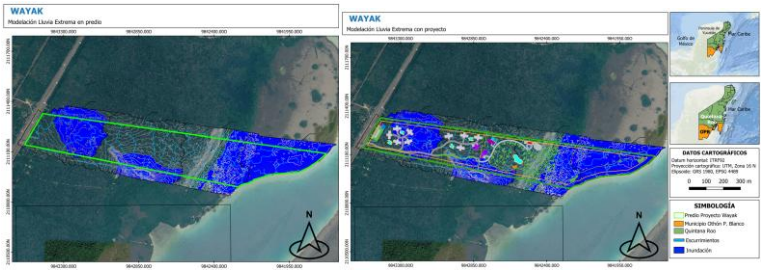
Las siguientes imágenes presentan la modelación en la condición **sin proyecto** y **con proyecto** en los diferentes periodos de retorno **TR 2,10 y 100 años.**



Modelación sin y con proyecto TR2 años

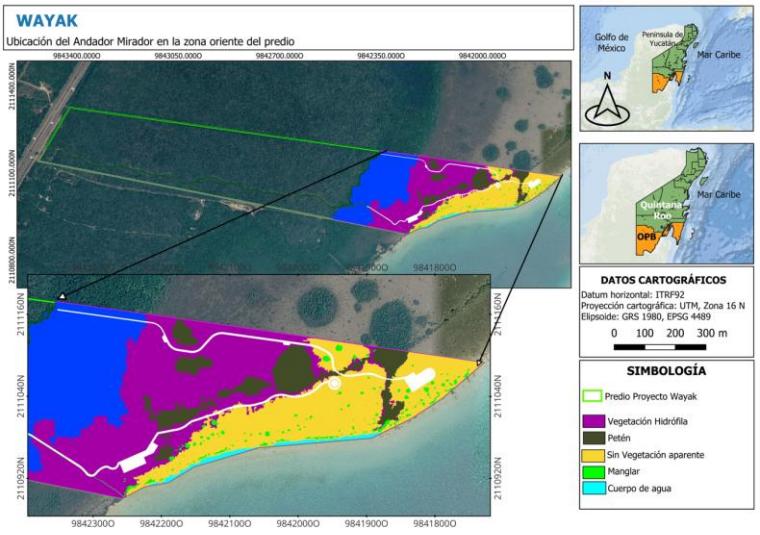


Modelación sin y con proyecto TR10 años



Modelación sin y con proyecto TR100 años.

CRITERIOS	VINCULACIÓN
PRM-09 Si el proyecto de rehabilitación del área consiste en la reforestación de la misma se deberá: a) Realizar una reforestación con ejemplares de especies arbóreas provenientes de germoplasma obtenido en el predio, con una densidad mínima de 1,500 árboles por hectárea. b) En los taludes se deberán conformar terrazas de al menos 2 m de ancho y un máximo de 2 m de altura, donde se excavarán a cada 5 m en una cepa adecuada al tamaño del individuo arbóreo que se trasplante o siembre. c) En terrenos sin talud, la reforestación deberá ser a tresbolillo en una cepa adecuada al tamaño del individuo arbóreo que se trasplante o siembre. d) Se debe dar mantenimiento de riego, fertilización y control de plagas por un lapso mínimo de 3 años, registrando para este período en bitácora: la mortalidad – sobrevivencia; registro fotográfico en sitios fijos por lapsos de 6 meses; reposición en su caso de individuos muertos. Anualmente los resultados de bitácora deberán ser entregados al menos a la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología Municipal. e) Las especies para la reforestación deben soportar condiciones fluctuantes de temperatura y humedad, siendo recomendadas: *Bursera simaruba (Chacá), Cecropia spp. (Guarumbo), Leucaena leucocephala (Huaxim), Muntingia calabura (Capulín) o Thevetia gaumerii (Akits),* entre otras similares.	Se cumplirá con la especificación del presente criterio de considerar por lo menos 1,500 árboles por hectárea para las actividades de reforestación. Sin embargo, la CONAFOR, tiene considerado algunas especificaciones técnicas para la ejecución de acciones para la restauración y conservación de ecosistemas, asimismo, en su manual básico de prácticas de reforestación establece 625 – 1,111 plantas/hectárea. El proyecto incorpora actividades de rescate, reubicación y enriquecimiento que consideran los lineamientos plasmados en este criterio y que se analizan y desglosan en el programa de rescate y forestación que se adjunta al presente. Fortalecimiento a acciones de protección, conservación y /o restauración RB.
PRM-12 Para mitigar afectaciones al paisaje y compensar la pérdida de vegetación en los desarrollos y/o equipamientos turísticos se deberá atender lo siguiente: A) Los ejemplares de especies vegetales que sean utilizados para la reforestación deberán de ser de especies presentes en el municipio, obtenidos a partir de plantas madre preferentemente del municipio o del estado y sujetos a cuidados fitosanitarios. B) Las especies que se incluyan en la reforestación colindante con infraestructura y edificaciones, que resistan al embate del viento, que ofrezcan la fronda de mayor cobertura, que puedan mantenerse con el régimen de lluvias del municipio. C) Se debe realizar un rescate de los ejemplares de las especies vegetales de las familias Orquidaceae, Bromeliaceae, Arecaceae y de las especies vegetales incluidas en la NOM-059 que serán reubicadas en las áreas del predio en las que no se modificará la vegetación nativa. Las plantas rescatadas deberán tener un periodo de cuarentena en la que serán sujetas a un tratamiento de control de plagas, aplicación de micorrizas (en caso de	Para mitigar las áreas de desmonte y los efectos visuales. El proyecto implementará el programa de rescate de flora, reforestación, y ajardinado con especies nativas, procurando mantener la estructura y continuidad del paisaje característico de las unidades de paisaje. Integrada principalmente individuos de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, selva baja subperennifolia y vegetación hidrófila principalmente. A) Procedencia y condición fitosanitaria de las plantas. Los ejemplares empleados en la reforestación, restauración y jardinería serán de especies nativas presentes en el municipio de Othón P. Blanco y compatibles con las comunidades vegetales identificadas en el predio. Las plantas serán inspeccionadas antes de su incorporación al proyecto y deberán encontrarse libres de plagas, enfermedades, daños radiculares y síntomas de estrés. Se evitará el empleo de especies exóticas invasoras B) Selección de especies próximas a la infraestructura La reforestación colindante con edificaciones e infraestructura del proyecto deberá considerar las condiciones particulares de cada unidad de paisaje identificada en la caracterización del predio Capitulo IV. Las especies propias de zonas elevadas no deberán establecerse en áreas inundables, mientras que las especies hidrófilas se utilizarán exclusivamente en sitios compatibles con su hidroperiodo. Las plantaciones se distribuirán de forma irregular y con diferentes estratos y alturas, evitando alineamientos ajenos al paisaje natural. De esta manera se formarán barreras visuales y vegetales que reduzcan la exposición de las edificaciones, amortigüen el ruido y favorezcan la conectividad entre las áreas de conservación.

CRITERIOS	VINCULACIÓN
requerirlas) y promotores de enraizamiento. Los ejemplares serán reubicados en los nichos ecológicos más favorables para su desarrollo.	C)Rescate, cuarentena y reubicación de flora Antes del desmonte se realizarán recorridos exhaustivos para localizar, marcar y georreferenciar los ejemplares susceptibles de rescate, Se rescatarán prioritariamente individuos de *Orquidaceae, Bromeliaceae, Arecaceae*, especies incluidas en la NOM-059 y ejemplares con valor ecológico. Las plantas rescatadas pasarán por cuarentena, control de plagas, micorrizas o promotores de enraizamiento cuando proceda, y se reubicarán en nichos ecológicos compatibles dentro de las áreas de conservación, restauración y jardinería del proyecto.
PRM-13 Todos los desarrollos turísticos y habitacionales deberán mantener sin intervención el 100% del manglar de acuerdo al artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre y la NOM-022-SEMARNAT-2003.	Dentro de la propiedad no se cuenta con ecosistema de manglar como tal, se cuenta con individuos dispersos de mangle botoncillo y mangle rojo. El censo dasométrica de cada uno de los individuos dispersos de mangle se presentan en la siguiente imagen y en anexos. El diseño del proyecto mantiene sin intervención el 100% de los individuos presentes.  Ubicación de los individuos de mangle y andador mirador De acuerdo con el diseño del proyecto; el andador mirador elevado a 2.5 m del nivel de terreno alcanza el nivel de la plataforma a 6msnm y el que no incide en los individuos de mangle, se da cumplimiento al criterio.
PRM-18 En desarrollos turísticos, la instalación de infraestructura de conducción de energía eléctrica de baja tensión, así como la de comunicación debe ser subterránea, con la finalidad de evitar la contaminación visual.	Toda la instalación eléctrica que ingrese al predio desde la acometida de CFE será subterránea. En la zona de las obras que serán realizadas piloteadas como la circulación vial, así como andadores y base de las instalaciones de servicio y habitaciones, el tendido eléctrico se realizará por debajo de estos.
PRM-21 Todos los desarrollos turísticos deben mantener accesos libres de al menos 2 m de ancho, a la zona federal marítimo terrestre, bajo el esquema legal de servidumbres de paso.	El predio proviene de una parcela ejidal, en los parcelamientos ejidales se establecen los sitios de los accesos públicos y dentro del predio del proyecto no existe uno de ellos; adicionalmente no colinda con ZOFEMAT, por lo que no se considera aplicable al proyecto. Sin embargo, el acceso está garantizado a través de los andadores propuestos.
PRM-26 Los desarrollos turísticos deberán cumplir con los requisitos y especificaciones de edificación sustentable, así como las disposiciones legales y normativas; ambientales, urbanas, energéticas, de seguridad e higiene, protección civil, prevención del ruido, patrimonio histórico, artístico y cultural,	El criterio está enfocado a demostrar que se asegure la permanencia de dunas y la no erosión de las playas, por lo que se considera no aplicable. El proyecto por su naturaleza no cuenta con dunas ni playas arenosas dentro del predio se adoptan criterios equivalentes de protección del borde lagunar, y zonas inundables, así como las recomendaciones de los estudios de mecánica de suelo y geohidrológicos.

CRITERIOS	VINCULACIÓN
accesibilidad y de construcción, locales y federales vigentes aplicables, tomando como base las especificaciones de la Guía de Planeación, Diseño y Construcción Sustentable del Caribe Mexicano (Guía MARTI), destacando el tomar en cuenta la intensidad de los vientos dominantes y de su ángulo de incidencia, así como los efectos de eventos meteorológicos extremos que demuestren y aseguren la permanencia de las dunas y la no erosión de las playas por esta infraestructura.	Para el diseño del Proyecto se tomaron disposiciones ambientales, urbanas, energéticas, de seguridad estructural, higiene, protección civil, accesibilidad, ruido y construcción aplicables. El diseño considera ventilación e iluminación natural, eficiencia energética, ahorro de agua, reúso de aguas tratadas, manejo de residuos, materiales regionales, infraestructura subterránea, conservación de vegetación, alta permeabilidad y adaptación a vientos e inundaciones.
PRM-27 Los proyectos que se realicen en la franja costera deberán adoptar prácticas y medidas de mitigación y adaptación a los efectos del Cambio Climático.	Aunque el predio no se ubica en franja costera, sí colinda con un sistema lagunar; por ello, el proyecto adopta medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. Entre ellas se incluyen1.986 ha permeables, conservación de 26.710 ha, ubicación de obras permanentes en zonas elevadas, uso de pilotes y plataformas elevadas en áreas bajas, control de escurrimientos, tratamiento y reúso de aguas residuales, reducción de consumo energético, materiales de baja huella, protección de mangles dispersos y diseño estructural considerando eventos meteorológicos extremos. Estas acciones reducen vulnerabilidad a inundaciones, vientos, lluvias intensas y cambios en niveles del sistema lagunar.
PRM-30 Para mitigar el efecto de las inundaciones derivadas del Cambio Climático: - Se debe mantener la dinámica natural de las descargas, desfogues temporales, marejadas, olas regulares, olas de tormenta y flujos subterráneos. - No se deberá obstruir el flujo del agua. - No se deberá obstruir la depositación de arena y formación de dunas. - Se deberá mantener la vegetación nativa en buenas condiciones. - Se deberán distribuir las construcciones en las zonas menos expuestas. - Se deberá mantener los sistemas naturales de protección costera (duna, arrecifes y manglares). - Construir edificaciones elevadas por encima de la cota de inundación. - No perturbar las pendientes del terreno y la vegetación para no aumentar la escorrentía. - Se construirá sobre pilotes tipo palafito, en la duna costera, zonas inundables o propensas a inundación.	El proyecto atiende los lineamientos de mitigación de inundaciones al mantener la dinámica natural de escurrimientos, desfogues temporales, flujo subterráneo y descarga hacia la Laguna de Bacalar. No se construirán bordos, rellenos, muros, terraplenes ni plataformas continuas que obstruyan el agua; en áreas bajas se usarán pilotes y estructuras elevadas. La vegetación nativa se conservará como sistemas naturales de protección, y las obras permanentes se concentrarán en zonas menos expuestas. Aunque no existen dunas costeras en el predio, se mantiene el criterio equivalente de no perturbar pendientes, vegetación ni borde lagunar, adoptando cotas de seguridad y supervisión ambiental para evitar erosión, represamiento o pérdida de conectividad hídrica. Los escenarios de periodos de retorno analizados con el proyecto muestran el cumplimiento del criterio.

En virtud de lo expuesto, se deja en evidencia que el proyecto, no se contrapone con los criterios ambientales indicados en la UGA 29, por lo que no se rebasan las disposiciones contenidas en el MPOELMBJ, ajustándose claramente a los CRITERIOS GENERALES y ESPECÍFICOS de dicho instrumento. Por lo que, se concluye que el proyecto es concordante y cumple con el POEL-OPB, toda vez que no se rebasan las disposiciones jurídicas fijadas en dicho instrumento.

III.2.4 Áreas naturales protegidas federales

Actualmente, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) gestiona un total de 232 áreas naturales de carácter federal, abarcando una extensión total de 98,000,718.5798 ha. Estas áreas se

clasifican en diversas categorías, tales como Reservas de la Biosfera, Parques Nacionales y Áreas de Protección de Flora y Fauna, entre otras. En el conjunto de Áreas Naturales Protegidas se incluyen las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (602), con una superficie de 1,351,933.5835 ha., las cuales representan iniciativas impulsadas por pueblos indígenas y comunidades locales. La superficie total de las Áreas Naturales Protegidas constituye el 11.76% del territorio terrestre nacional, mientras que abarca el 23.78% de la superficie marina del territorio nacional, según datos de la CONANP para el año 2024.

Conforme a los datos suministrados por la Dirección Regional Península de Yucatán y Caribe Mexicano de la CONANP, para el año 2025 se identifican un total de 38 Áreas Naturales Protegidas (ANP) en la Península de Yucatán, que engloban los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo. La superficie total de estas áreas asciende a 9,870,272.6455 ha, lo que denota una extensión considerable de territorio bajo protección en la región.

El Proyecto no afectará las poligonales de las áreas naturales protegidas federales, tal y como se muestra a continuación.

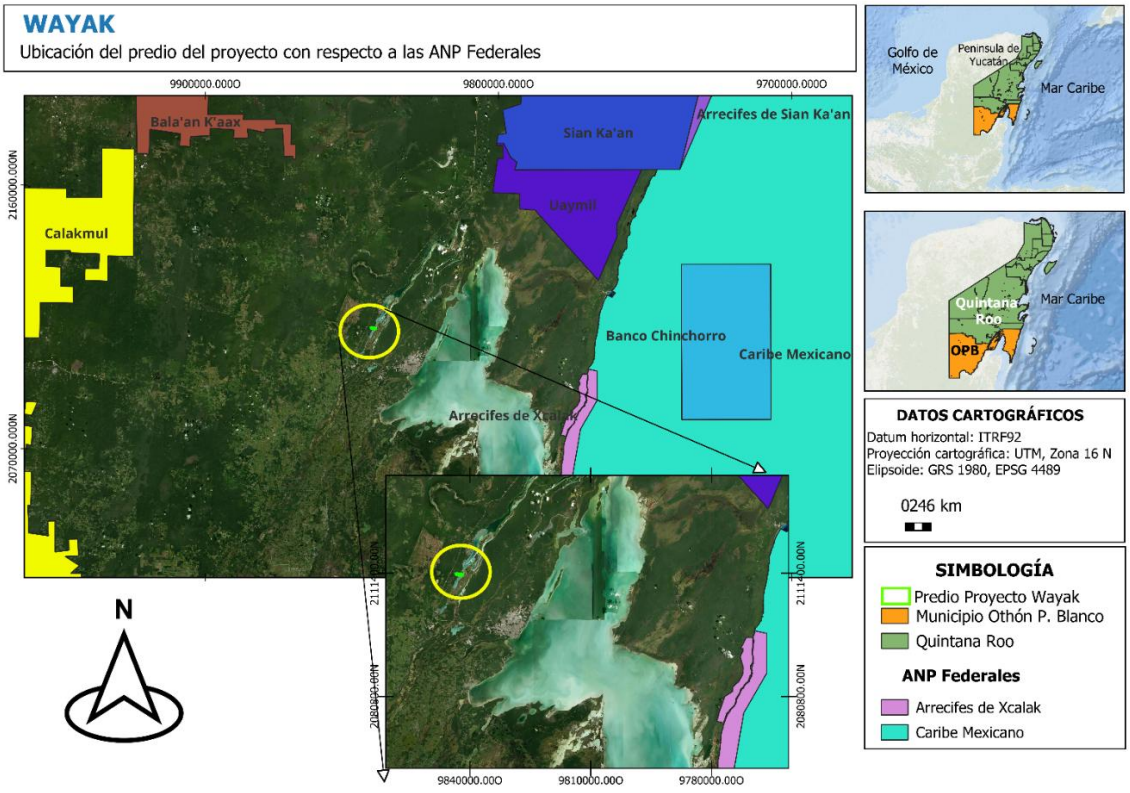


Figura III-6. Ubicación del predio con respecto a la poligonal de ANP de carácter federal más cercana.

Del análisis realizado resultó que el predio del proyecto no se encuentra dentro de la poligonal de alguna ANP de carácter federal, (Figura III-6).

III.2.5 Áreas naturales protegidas estatales

De acuerdo al Art. 44 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA); las Áreas Naturales Protegidas de tipo estatal, municipal, ejidal y privado, corresponden a zonas del territorio nacional en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas, quedarán sujetas al régimen previsto en esta Ley y los demás ordenamientos aplicables.

El proyecto no tiene incidencia en ninguna área natural protegida de carácter estatal, municipal, ejidal, comunitaria o privada.

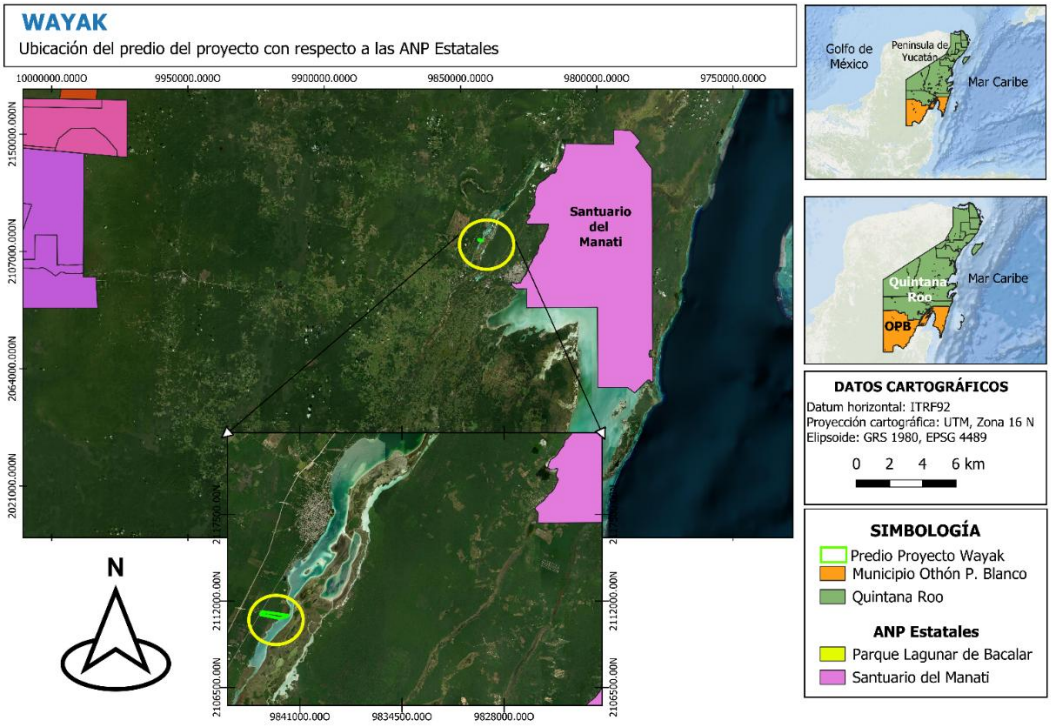


Figura III-7. Areas Naturales Protegidas estatales, municipales con respecto al predio del Proyecto.

III.2.6 Áreas de Interés para la Conservación de las Aves (AICA)

El programa de las AICA (Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves) surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves. Para identificar las AICAS en el territorio mexicano, se invitó a especialistas e interesados en la conservación de las aves a un primer taller que se llevó a cabo en Huatulco, Oaxaca del 5 al 9 de junio, de 1996 en donde se reunieron alrededor de 40 especialistas, representantes de universidades y organizaciones no gubernamentales de diferentes regiones en México para proponer de manera regional Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. En este Taller se identificaron 170 áreas, mismas que se difundieron, invitando a más personas a participar para conformar 193 áreas nominadas durante 1996-1997 (CONABIO 2022).

Un propósito fundamental de estas áreas es el servir como herramienta que ayude a normar criterios de priorización y de asignación de recursos para la conservación de estas.

Actualmente, para México se reportan un total de 243 AICA´s declaradas, esto de acuerdo con la última actualización de la base de datos de la CONABIO. En lo que concierne al predio del Proyecto, este no incide directamente dentro de las AICAS, las más cercanas a este son: AICA 197 Corredor Calakmul-Sian Ka'an y AICA Sian Ka'an, tal y como se aprecia en la siguiente Imagen.

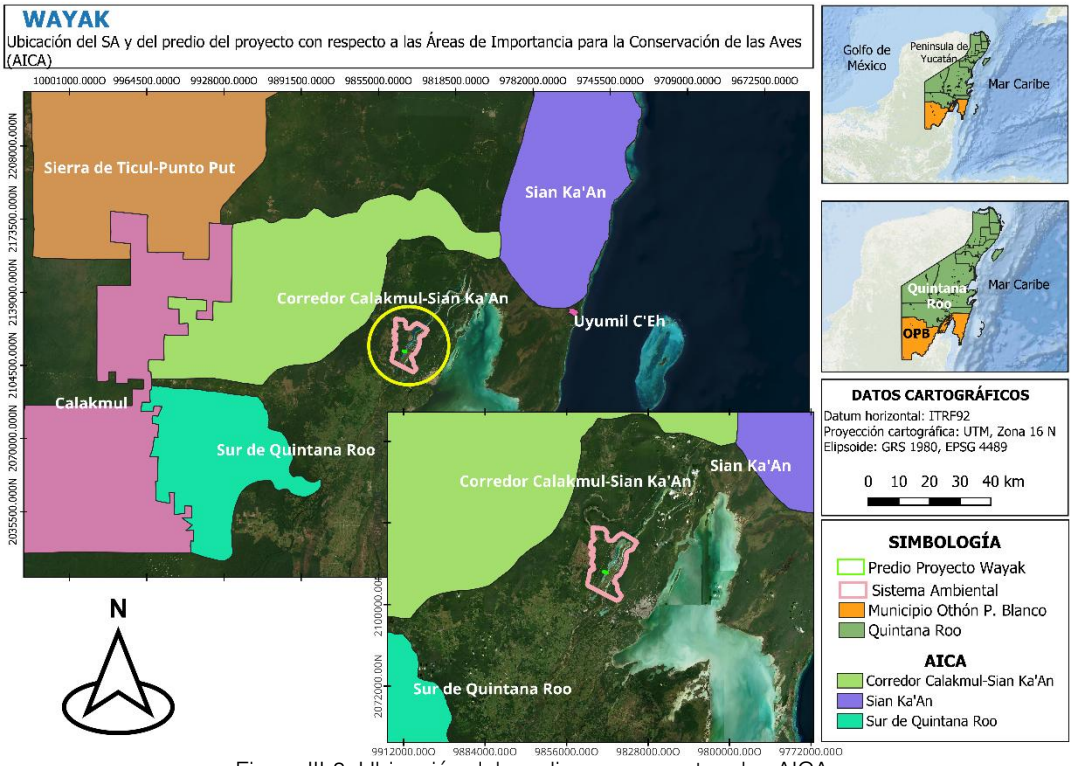


Figura III-8. Ubicación del predio con respecto a las AICA.

III.2.7 Regiones Marinas Prioritarias (RMP)

El programa de RMP´s surge como iniciativa de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) con el apoyo de la agencia The David and Lucile Packard Foundation (PACKARD), la Agencia Internacional para el Desarrollo de la Embajada de los Estados Unidos de América (USAID), el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés).

El resultado del programa detonó en la identificación, delimitación y caracterización de 70 áreas costeras y oceánicas consideradas prioritarias por su alta diversidad biológica, por el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento sobre biodiversidad.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) instrumentó el Programa de Regiones Marinas Prioritarias de México, por medio de talleres multidisciplinarios de expertos del sector académico, gubernamental, privado, social y organizaciones no gubernamentales de conservación, realizados en 1998.

Mediante estos talleres se identificaron 70 áreas prioritarias, considerando criterios ambientales (integridad ecológica, endemismo, riqueza, proceso s oceánicos, etc.), económicos (especies de importancia comercial, zonas pesqueras y turísticas importantes, recursos estratégicos, etc.) y de amenazas (contaminación, modificación del entorno, efectos a distancia, especies introducidas, etcétera. (CONABIO, 2022)

El área del predio del proyecto queda fuera de su delimitación, estando a 16.8 km de este. Con la finalidad de apreciar la vinculación del Proyecto con estas áreas, se muestra la siguiente Imagen

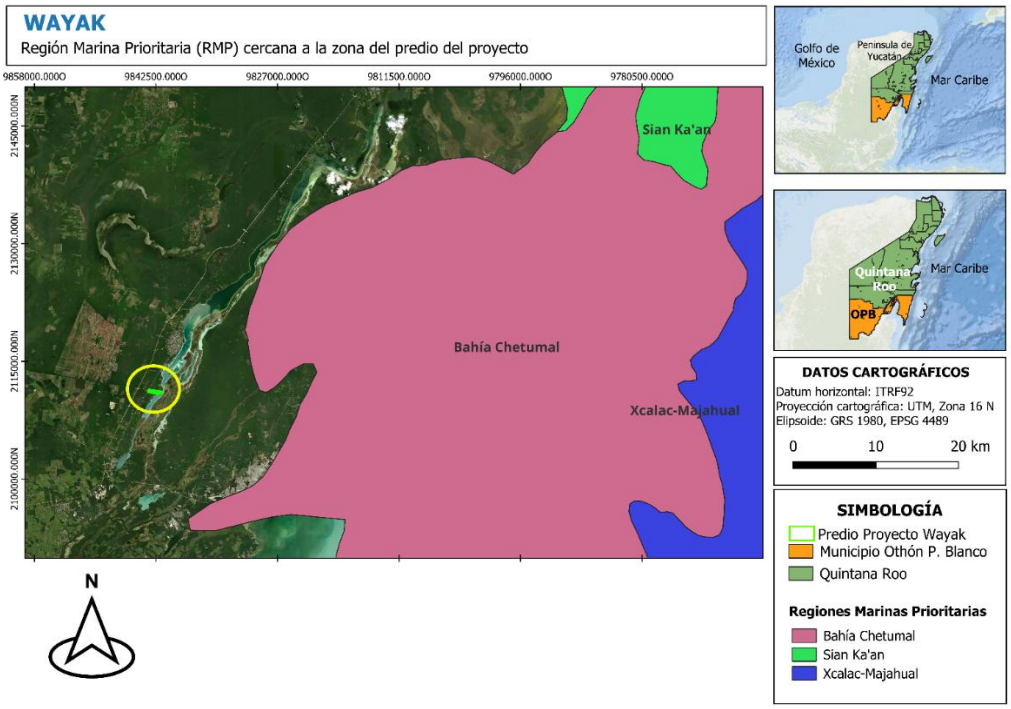


Figura III-9. Región Marina Prioritaria (RMP) alejadas de la zona de desarrollo del Proyecto

III.2.8 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)

Las Regiones Terrestres Prioritarias de México, delimitadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), representan áreas donde la conservación de los ecosistemas es prioritaria para la preservación de las especies endémicas que los habitan, delimitadas bajo criterios de tipo biológico, de amenaza para el mantenimiento de la biodiversidad y de oportunidad para la conservación.

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) tienen como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémicas y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación. (CONABIO, 2017)

En el territorio nacional existen 152 regiones terrestres prioritarias cubriendo un área de 515 558 km2. En la Figura III-10. se aprecian la Región Terrestre Prioritaria por la que incide en el predio del Proyecto, la cual se menciona a continuación:

RTP 148 Río Hondo

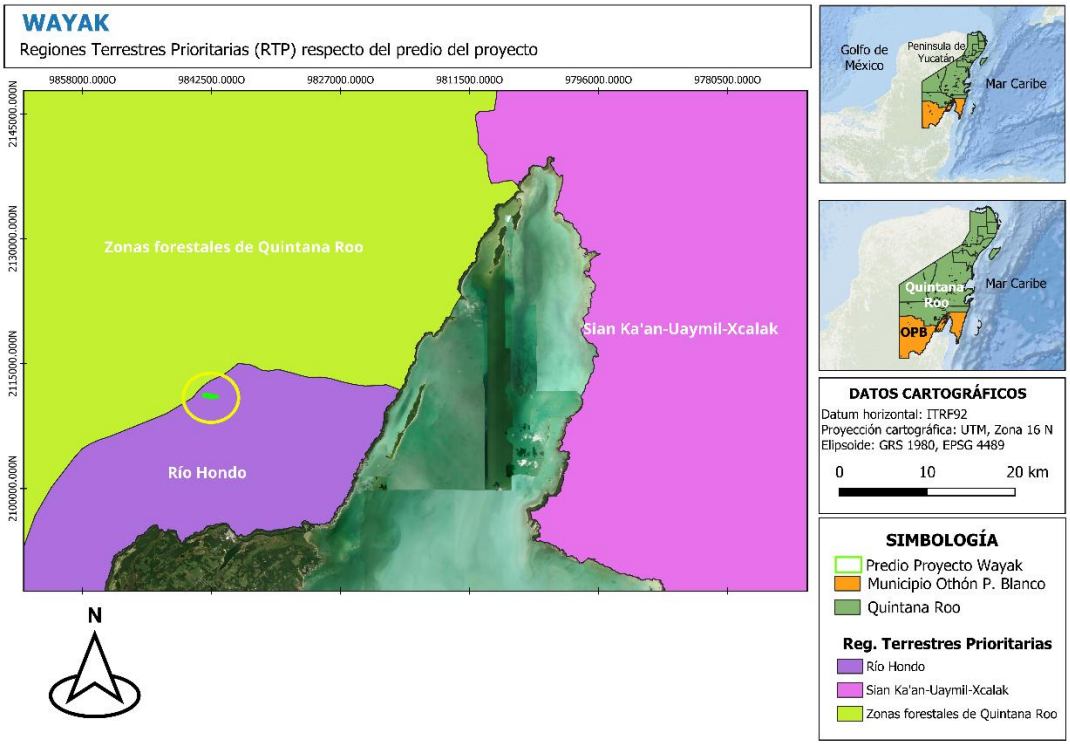


Figura III-10. Ubicación del predio del proyecto con respecto a la RTP.

La RTP-148 Río Hondo se localiza en el municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, con una superficie de 2,555 km². Se caracteriza por su importancia ecológica como corredor biológico entre la península de Yucatán, Belice y Guatemala, así como por su sistema hidrológico relevante. Predomina la selva mediana subperennifolia (61% del área), con usos agrícolas, pecuarios y forestales (21%).
El clima es cálido subhúmedo y el suelo dominante es el Leptosol lítico, poco profundo. Aunque tiene baja diversidad ecosistémica y funcionalidad ecológica media, se reconocen presiones por crecimiento poblacional, agricultura, ganadería y uso de agroquímicos. La región es fuente de agua clave para el sur de Quintana Roo y norte de Belice, y cuenta con grupos organizados y actividades de ecoturismo.

Vinculación: De acuerdo con la superposición cartográfica efectuada, el proyecto se localiza parcialmente dentro de la Región Terrestre Prioritaria RTP-148 “Río Hondo”, identificada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad debido a su importancia como corredor biológico entre la península de Yucatán, Belice y Guatemala, su cobertura de selva mediana subperennifolia y su función en la regulación y provisión regional de recursos hídricos.

La RTP-148 constituye un referente técnico para la identificación de condiciones de biodiversidad, conectividad y presiones ambientales; no corresponde, por sí misma, a una categoría de Área Natural Protegida ni implica una prohibición automática para el desarrollo del proyecto. No obstante, su presencia exige que el diseño y las medidas ambientales del proyecto consideren la conservación de los atributos ecológicos que motivaron su reconocimiento.

El proyecto comprende una superficie aproximada de 33.355 ha y se integra por dos zonas funcionales: una turística destinada al alojamiento temporal y otra de desarrollo suburbano sustentable para alojamiento de mediano y largo plazo. Su construcción se realizará por etapas y mediante una intervención

espacialmente delimitada, procurando evitar la apertura simultánea de frentes extensos y mantener la mayor continuidad posible entre las áreas naturales del predio.

La superficie prevista para desmonte 6.33ha, equivalente al 18.98% del predio y ocupación en áreas sin desmonte son aproximadamente 0.13ha, equivalente al 0.95% del predio. El resto se destinará principalmente a áreas verdes, permeables, de conservación y restauración. Asimismo, el diseño contempla una franja natural perimetral y áreas de conservación de 26.6361 ha, equivalente al 79.855 % de la propiedad, cuya permanencia contribuirá a reducir los efectos de borde y mantener la conectividad con la vegetación de los predios colindantes.

En el predio se identificaron selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea, selva baja subperennifolia, vegetación hidrófila, petenes y manglar. Los ecosistemas inundables son incorporados a las áreas de conservación, manteniendo sus flujos hídricos y su función como hábitat, sitio de alimentación, refugio y abrevadero para la fauna.

El Proyecto no contempla actividades agrícolas, pecuarias ni de aprovechamiento forestal productivo, por lo que no reproduce directamente algunas de las principales presiones regionales identificadas para la RTP, como la expansión agropecuaria, la ganadería extensiva o el aprovechamiento forestal intensivo. Asimismo, se evitará el empleo rutinario e intensivo de agroquímicos y se privilegiarán prácticas de manejo integrado de vegetación y fauna nociva.

No obstante, el desarrollo inmobiliario puede generar otros factores de presión, como remoción de vegetación, fragmentación, ruido, iluminación, tránsito vehicular, demanda de agua y generación de aguas residuales y residuos. Por ello, la compatibilidad ambiental no deberá sustentarse únicamente en la ausencia de actividades agropecuarias, sino en la aplicación efectiva de medidas que prevengan la pérdida de hábitat, la contaminación y la interrupción de la conectividad ecológica e hidrológica.

Antes del desmonte se implementarán programas como Programa de Rescate Selectivo de Flora y Recolecta de Material de Propagación, así como un Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre. Los ejemplares, semillas y propágulos obtenidos se utilizarán preferentemente en las acciones de restauración, reforestación y jardinería con especies nativas.

Las áreas de conservación que mantengan vegetación original serán preservadas de manera permanente. En las superficies afectadas, con cobertura escasa o dominadas por estratos herbáceos o arbustivos como resultado de perturbaciones, se aplicará el Programa de Reforestación con especies nativas y con las densidades establecidas por los criterios ecológicos aplicables. Estas medidas deberán favorecer la recuperación de la estructura y composición vegetal, sin modificar artificialmente comunidades naturalmente herbáceas, inundables o de manglar.

Para prevenir incendios forestales se prohibirán el uso del fuego y la quema de residuos vegetales. El material derivado del desmonte será separado, triturado y aprovechado cuando resulte viable, evitando su acumulación como combustible. También se implementarán vigilancia durante la temporada seca, capacitación del personal, equipos de primera respuesta y protocolos de coordinación con Protección Civil y las autoridades competentes.

El cronograma previsto de cinco años lo que reduce el tiempo de exposición de los ecosistemas a impactos directos. Una vez concluida la remoción de vegetación, se prevé una reducción drástica en la presencia de

personal y maquinaria, lo cual disminuirá notablemente el ruido, perturbación y tráfico interno, permitiendo una fase de recuperación ecológica activa.

Durante la construcción y operación se implementará un Programa de Vigilancia Ambiental que evalúe la supervivencia de la flora reubicada, el éxito de la reforestación, la presencia y desplazamiento de fauna, la calidad del agua, la continuidad de los escurrimientos, la generación de residuos y el cumplimiento de las superficies autorizadas. Los resultados deberán registrarse en bitácoras e incorporarse a mecanismos de manejo adaptativo.

En conclusión, durante esta transición, se activarán medidas adicionales de seguimiento y mitigación ambiental para minimizar impactos residuales y favorecer la readaptación de la fauna y flora locales a las nuevas condiciones del sitio, contribuyendo así al equilibrio ecológico de las Regiones Terrestres Prioritarias y al cumplimiento de sus objetivos de conservación.

III.2.9 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)

En mayo de 1998, la CONABIO inició el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido. Este programa junto con los Programas de Regiones Marinas Prioritarias y Regiones Terrestres Prioritarias forman parte de una serie de estrategias instrumentadas por la CONABIO para la promoción a nivel nacional para el conocimiento y conservación de la biodiversidad de México.

Como parte de dicho programa, se realizaron dos talleres interdisciplinarios con la participación de 45 especialistas del sector académico, gubernamental y de organizaciones no gubernamentales coordinados por la CONABIO. Este programa contó con el apoyo económico del Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad, The David and Lucile Packard Foundation, The United States Agency for International Development, el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza y el fondo Mundial para la Naturaleza.

Se identificaron un total de 110 RHP, de las cuales 82 corresponden a áreas de uso y 75 a áreas de alta riqueza biológica con potencial para su conservación; dentro de estas dos categorías, 75 presentaron algún tipo de amenaza. Se identificaron también 29 áreas que son importantes biológicamente, pero carecen de información científica suficiente sobre su biodiversidad. (CONABIO, 2017).

En la siguiente imagen el predio del proyecto en relación con las Regiones Hidrológicas Prioritarias, específicamente la RHP Río Hondo, que incide en el predio. Por otro lado, la RHP Humedales y Lagunas de la Bahía de Chetumal incide únicamente en la cuenca hidrográfica y no será directamente afectada por las actividades del proyecto.

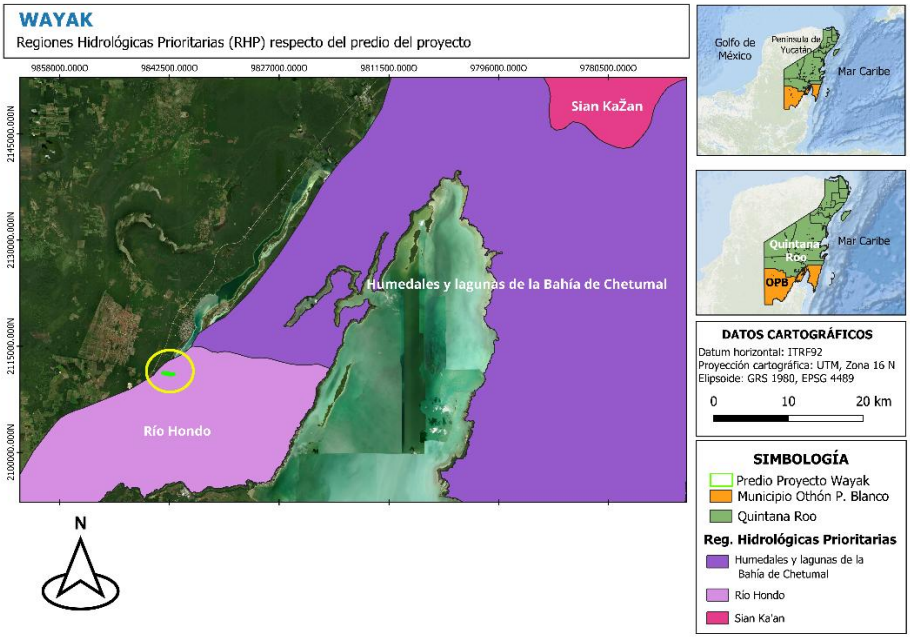


Figura III.11. Ubicación de las RHP respecto al predio del Proyecto.

La Región Hidrológica Prioritaria (RHP) 110, denominada Río Hondo, se ubica en el estado de Quintana Roo y comprende una superficie de 2,688.54 km², delimitada entre las coordenadas 18°39'36"–17°48'36" latitud norte y 89°21'36"–88°12'36" longitud oeste. Esta región incluye una compleja red de sistemas acuáticos, entre los que destacan cuerpos lénticos como cenotes y las lagunas Milagros, Negra y Encantada, así como ecosistemas lóticos representados por los ríos Hondo y Azul, el arroyo Aguadulce y manantiales. Las aguas presentan un flujo lento, característico de la topografía y litología predominante de origen cárstico.

Los suelos dominantes son del tipo Regosol, Vertisol y Rendzina. El clima es cálido subhúmedo con régimen de lluvias en verano; la temperatura media anual oscila entre los 24 y 28 °C, con una precipitación total de 1,200 a 1,500 mm. Los principales asentamientos humanos incluyen las localidades de La Unión, Sabidos, Juan Sarabia y Agua Blanca.

La vegetación natural está conformada por selvas medianas subcaducifolias, selvas bajas perennifolias e inundables, sabanas y pastizales cultivados. En cuanto a flora representativa, se registran especies como Bursera simaruba, *Coccothrinax readii* y Rhizophora mangle. La fauna incluye una alta diversidad de especies, con registros notables de peces como *Astyanax aeneus*, aves endémicas como *Amazona xantholora*, y mamíferos amenazados como la nutria (Lutra longicaudis) y el manatí (T*richechus manatus*).

Las actividades económicas locales se concentran en la pesca (principalmente de lisa, cherna y robalo), la agricultura (destacando el cultivo de caña de azúcar) y la silvicultura. Sin embargo, la región enfrenta diversas problemáticas ambientales, entre ellas la deforestación por expansión agrícola y ganadera, la contaminación por agroquímicos y desechos orgánicos, y la introducción de especies exóticas como las tilapias (*Oreochromis mossambicus y O. niloticus*), junto con prácticas pesqueras inadecuadas.

Ante este panorama, se destaca la necesidad urgente de conservar la biota nativa, establecer controles en el uso de fertilizantes y pesticidas, y evitar la introducción de especies foráneas. Asimismo, se identifica

como prioritaria la generación de estudios limnológicos que sustenten estrategias de manejo y conservación integrales. Las instituciones vinculadas a estas tareas incluyen a El Colegio de la Frontera Sur, PRONATURA, el IPN, la Universidad de Quintana Roo y el Instituto Tecnológico de Chetumal.

Vinculación: El proyecto se localiza dentro de la Región Hidrológica Prioritaria RHP-110 “Río Hondo”, caracterizada por su medio kárstico, la conectividad entre las aguas superficiales y subterráneas y la presencia de ecosistemas acuáticos sensibles. Esta regionalización de CONABIO no constituye un Área Natural Protegida ni implica una prohibición para el proyecto, pero requiere prevenir afectaciones a la dinámica y calidad del agua.

El proyecto conservará la vegetación hidrófila, petenes, individuos de manglar, cuerpos de agua y demás zonas inundables, excluyéndolos de las superficies de desplante. Asimismo, mantendrá los escurrimientos naturales, superficies permeables y pasos hidráulicos en vialidades.

Las aguas residuales de las zonas turística y suburbana serán conducidas a PTAR independientes, sin descargarse directamente en la Laguna de Bacalar o a humedales. El rechazo de las POI será manejado mediante infraestructura separada y conforme a las autorizaciones aplicables.

Además, se evitará el uso intensivo de agroquímicos, la introducción de especies exóticas y el vertimiento de residuos, combustibles o sustancias contaminantes. Se implementará un programa de vigilancia ambiental como parte del seguimiento durante las etapas del proyecto.

III.2.10 Sitios Ramsar.

La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, conocida como la Convención de Ramsar, es un acuerdo internacional que promueve la conservación y el uso racional de los humedales. Es el único tratado mundial que se centra en un único ecosistema.

Según la Convención, la definición del término “humedal” se refiere a toda área terrestre que está saturada o inundada de agua de manera estacional o permanente. Entre los humedales continentales se incluyen acuíferos, lagos, ríos, arroyos, marismas, turberas, lagunas, llanuras de inundación y pantanos. Entre los humedales costeros se incluyen todo el litoral, manglares, marismas de agua salada, estuarios, albuferas o lagunas litorales, praderas de pastos marinos y arrecifes de coral. (RAMSAR, 2022)

Los sitios RAMSAR son humedales de importancia internacional por el hecho de cumplir uno o más criterios RAMSAR, cuyo nombre se debe a la ciudad de Rasar situada a orillas del Mar Caspio en el país de Irán, lugar donde se realizó la Convención sobre los Humedales firmada el 2 de febrero de 1971 (CONANP, 2010).

La importancia de los humedales radica en las funciones ecológicas que desempeñan, brindan protección contra tormentas e inundaciones; estabilizan la línea costera; controlan la erosión; retienen nutrientes y sedimentos; filtran contaminantes y estabilizan las condiciones climáticas locales, particularmente lluvia y temperatura; aseguran el abastecimiento de agua (cantidad y calidad); mantienen los recursos pesqueros; ayudan en la agricultura manteniendo las capas freáticas y reteniendo nutrientes en las llanuras aluviales; proveen madera y otros materiales de construcción, así como recursos energéticos (como materia vegetal) y forman parte del patrimonio cultural (CONANP, 2010).

México forma parte de la Convención de Ramsar desde 1986, es actualmente la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la Dependencia del Gobierno Federal encargada, de llevar a cabo la aplicación de la Convención. Actualmente nuestro país cuenta con 142 Sitios Ramsar con una superficie total de casi nueve millones de hectáreas. Estos incluyen, entre otros tipos de humedales, manglares, pastos marinos, humedales de alta montaña, arrecifes de coral, oasis, sistemas cársticos y sitios con especies amenazadas. (SEMARNAT, 2022)

En relación con el avance y ejecución del Proyecto, es relevante destacar que este se encuentra situado fuera de las áreas designadas como sitios Ramsar. En las proximidades del Proyecto se encuentran Bala'an K'aax, situado a 59.6 km al Norte.

Para proporcionar una mayor perspicacia geográfica y visual, es recomendable hacer referencia a la siguiente imagen, la cual brinda una representación gráfica que ilustra de manera clara y precisa la ubicación relativa de los sitios Ramsar previamente mencionados con respecto al predio del Proyecto.

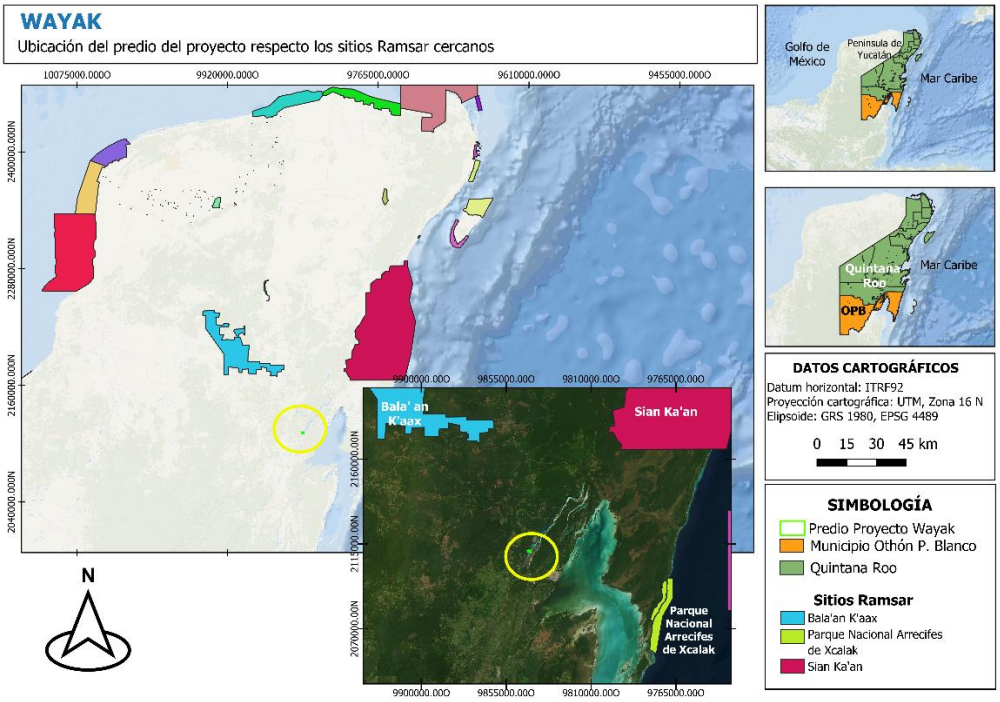


Figura III.12. Ubicación del predio con respecto a los sitios Ramsar.

III. 3 Normas Oficiales Mexicanas

Este marco jurídico está sustentado en la Ley Federal de Metrología y Normalización, la cual es de orden público y rige a nivel nacional. Y, de acuerdo con esta Ley, en su artículo 3, fracción XI, las normas oficiales mexicanas implican "*la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, …, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, …*".

Respecto al tema ambiental, la Ley indica que las normas oficiales mexicanas (NOM) deben tener la finalidad de indicar las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan

proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales. Por lo que, con esta finalidad, SEMARNAT ha emitido una serie de NOM comprendiendo diferentes aspectos ambientales, como la calidad del agua, calidad de las descargas de aguas residuales, calidad del aire, generación de ruido, emisión de contaminantes por fuentes móviles y fijas a la atmósfera, clasificación de residuos, protección de la flora y fauna silvestre, entre otras.

La observancia y aplicación de las NOM depende de las obras, actividades, metodologías a emplearse durante el desarrollo de los proyectos y de características ambientales del área donde se desarrollará. Considerando la naturaleza del proyecto que nos ocupa cobra relevancia la observancia, y en un momento dado la aplicación, de 10 NOM mismas que se indican en la Tabla III-16.

Tabla III-16. Listado de normas oficiales mexicanas a aplicar durante el desarrollo del proyecto.

Norma	Nombre	Cumplimiento
NOM-041-SEMARNAT-2006	Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Estas normas serán de observancia y atención principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, ya que es en éstas cuando los vehículos automotores que operen en el predio estarán directamente bajo la influencia y control de la promovente. Durante la etapa de operación y mantenimiento los automotores que ingresen al predio dependerán de los usuarios del predio.
NOM-045-SEMARNAT-2006	Establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel o mezclas que incluyan diésel como combustible.	
NOM-050-SEMARNAT-1993	Establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.	
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos.	Estas normas oficiales serán de observancia para la identificación, clasificación, separación y manejo de los residuos peligrosos que se generen en las diferentes etapas del proyecto.
NOM-138-SEMARNAT//SS-2003	Su objetivo es establecer los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	
NOM-059-SEMARNAT-2010	Modificación del anexo normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010.	Esta norma es de observancia y consideración obligatoria principalmente durante las dos primeras etapas del proyecto, ya que es fundamental para identificar la categoría de riesgo de los ejemplares de flora y fauna. Se implementarán los programas de rescate de flora y fauna que priorizará especies protegidas, endémicas y de movilidad reducida; se

Norma	Nombre	Cumplimiento
		documentarán hallazgos, reubicaciones y supervivencia.
NOM-080-SEMARNAT-1994	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	Como parte del mantenimiento de los vehículos automotores que estarán en operación durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se contempla la verificación de la intensidad de ruido que se emite durante los tiempos de trabajo de aquellos vehículos que se detecte generan una mayor intensidad. Las emisiones que tengan no deberán rebasar los límites máximos establecidos en la norma en cuestión. En dado caso, se deberán hacer los ajustes necesarios para estar dentro de norma, en caso contrario no se permitirá que laboren dentro del predio.
NOM-081-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición	Debido a los procesos constructivos implicarán flujo y operación de vehículos automotores a un mismo tiempo, ello pudiera ocasionar que el predio funcione como una fuente fija generadora de ruido, por lo que durante las dos primeras etapas de desarrollo del proyecto se tomarán en cuenta los límites máximos permisibles de emisiones de ruido establecidos en esta norma y acuerdo que se emitan del predio.
NOM-081-SEMARNAT-1994	ACUERDO por el que se modifica el numeral 5.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	
NOM-161-SEMARNAT-2011	Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	Esta norma oficial será de observancia para la identificación, clasificación, separación y manejo de los residuos de manejo especial que se generen en las diferentes etapas del proyecto, así como para la formulación del plan de manejo integral de residuos que se deberá someter a consideración de la autoridad correspondiente.
NOM-022-SEMARNAT-2003	Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.	Esta norma será de observancia y aplicabilidad para la preservación, conservación de los ejemplares de mangle que se encuentran dispersos en la zona del humedal del predio. Para ello, se presenta la vinculación con cada una de las especificaciones de esta norma con el desarrollo del proyecto.
	Acuerdo que adiciona la especificación 4.43 a la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003	

III.3.1 Norma oficial mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003

El 10 de abril de 2003, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la norma oficial mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Y, posteriormente, el 07 de mayo de 2004, a través del mismo medio se publicó el acuerdo que adiciona la especificación 4.43 a la norma en comento. Su publicación fue con el objeto de establecer las especificaciones que regulen el aprovechamiento sustentable en humedales costeros, para prevenir su deterioro, fomentando su conservación y, en su caso, su restauración.

Como se ha dejado de manifiesto, el sitio cuenta con 0.173 ha de individuos dispersos de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) los que se conservarán al 100%, se presenta la vinculación con la norma que nos ocupa con la finalidad de identificar las especificaciones que estarían regulando la realización del proyecto y la forma de cómo se daría cumplimiento para hacer viable su ejecución.

Tabla III-17. Vinculación de las obras y actividades del proyecto con respecto a la norma oficial mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003 y el acuerdo de que adiciona la especificación 4.43.

Especificación		Atención
4.0	El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. En la evaluación de las solicitudes en materia de cambio de uso de suelo, autorización de aprovechamiento de la vida silvestre e impacto ambiental se deberá garantizar en todos los casos la integridad del mismo.	El proyecto preserva los individuos dispersos de manglar y mantiene sin intervención directa 0.173 ha. No se contemplan obras, rellenos, desecación, remoción ni alteración física de los individuos de manglar. La integridad del flujo hidrológico, de las zonas de refugio y alimentación, de las interacciones funcionales con el sistema lagunar y de los servicios ecosistémicos se atiende mediante conservación in situ, manejo hídrico compatible y un Programa de áreas de conservación Capítulo VI.
4.1	Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así promover la regeneración del humedal costero.	El proyecto no se encuentra dentro de alguna zona definida como humedal costero. Por lo que no contemplan canalizaciones, desvíos ni interrupciones del flujo hídrico a un humedal. Sin embargo, el proyecto prevé estructuras elevadas sobre pilotes, lo que favorece el flujo hidráulico natural y la conectividad del ecosistema existente.
4.2	Construcción de canales que, en su caso, deberán asegurar la reposición del mangle afectado y programas de monitoreo para asegurar el éxito de la restauración.	El proyecto no contempla la construcción de canales. En consecuencia, no se generan afectaciones a individuos de manglar ni se actualiza la obligación de reposición derivada de este supuesto.
4.3	Los promoventes de un proyecto que requieran de la existencia de canales deberán hacer una prospección con la intención de detectar los canales ya existentes que puedan ser aprovechados a fin de evitar la fragmentación del ecosistema, intrusión salina, azolvamiento y modificación del balance hidrológico.	No se requieren canales para la ejecución del proyecto. Por ello, no se actualiza el supuesto regulado por este numeral.
4.4	El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordos) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibida excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de ésta.	El proyecto no contempla diques, rompeolas, muelles, marinas, bordos ni otras obras que ganen terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar. El andador elevado se sitúa fuera de los individuos de manglar y no implican ocupación de la unidad hidrológica del humedal.

Especificación		Atención
4.5	Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero.	No se proyecta la construcción de bordos ni de infraestructura que funcione como barrera al flujo natural del agua hacia humedales o la laguna.
4.6	Se debe evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación, y asolvamiento.	La ejecución del proyecto incluye medidas de control de erosión, manejo integral de residuos, control de materiales, tratamiento de aguas residuales y supervisión ambiental, con el objeto de evitar contaminación o azolvamiento. La preservación de los individuos de manglar y las medidas del Programa de Vigilancia Ambiental refuerzan esta obligación.
4.7	La persona física o moral que utilice o vierta agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, deberá restituirla al cuerpo de agua y asegurarse de que el volumen, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo.	El proyecto no contempla extracción ni vertimiento directo de agua a la unidad hidrológica. No se encuentra dentro de alguna zona definida como humedal costero. Las aguas residuales se conducirán a PTAR; el agua tratada se reutilizará en usos permitidos y los excedentes se manejarán conforme al marco normativo hídrico aplicable, sin descarga al humedal.
4.8	Se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de granjas acuícolas, centros pecuarios, industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos y otras actividades productivas que se vierten a los humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.	No se realizarán descargas directas a humedal. no se encuentra dentro de alguna zona definida como humedal costero. No obstante, el proyecto contará con sistemas de captación, conducción y tratamiento de aguas residuales, así como con medidas de manejo de combustibles y materiales. Las descargas residuales tratadas y el manejo de excedentes se sujetarán a la normativa aplicable.
4.9	El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente, quien le fijará las condiciones de calidad de la descarga, y el monitoreo que deberá realizar.	No se prevé vertimiento de aguas residuales. En su caso, las autorizaciones hidráulicas y de descarga o infiltración se gestionarán ante la autoridad competente conforme a la legislación aplicable, previo a la operación de los sistemas correspondientes.
4.10	La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un manglar debe de garantizar el balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación, evitando la intrusión de la cuña salina en el acuífero.	La estrategia hídrica del proyecto se basa en captación de agua, con reinyección de rechazo y efluentes tratados en horizontes profundos, de conformidad con los estudios geohidrológicos del sitio. Ello permite mantener el balance hidrológico del sistema.
4.11	Se debe evitar la introducción de ejemplares o poblaciones que se puedan tornar perjudiciales, en aquellos casos en donde existan evidencias de que algunas especies estén provocando un daño inminente a los humedales costeros en zona de manglar, la Secretaría evaluará el daño ambiental y dictará las medidas de control correspondientes.	No se contempla la introducción de especies exóticas, invasoras o potencialmente perjudiciales. Las acciones de revegetación y restauración utilizarán especies nativas y se sujetarán a control técnico y supervisión ambiental.
4.12	Se deberá considerar en los estudios de impacto ambiental, así como en los ordenamientos ecológicos el balance entre el aporte hídrico proveniente de la cuenca continental, y el de las mareas, mismas que determinan la mezcla de aguas dulce y salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan.	El proyecto considera el estudio integral de la unidad hidrológica y la caracterización geohidrológica del sitio. Aun cuando el sistema presenta particularidades y la dinámica local no responde a un modelo estuarino clásico, el análisis del balance hídrico y de la relación entre aportes continentales, flujo subterráneo y sistema lagunar quedó incorporado en la evaluación ambiental.

Especificación		Atención
4.13	En caso de que sea necesario trazar una vía de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, se deberá garantizar que la vía de comunicación es trazada sobre pilotes que permitirán el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre. Durante el proceso constructivo se utilizarán métodos de construcción en fase (por sobre posición continua de la obra) que no dañen el suelo del humedal, no generen depósito de material de construcción ni genere residuos sólidos en el área.	No se plantea una vía de comunicación sobre humedal como infraestructura vial nueva. No obstante, el proyecto contempla estructuras elevadas sobre pilotes de madera, permitiendo el flujo hidráulico natural y permitir la movilidad de fauna, en congruencia con el sentido de este numeral.
4.14	La construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y de luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del límite del derecho de vía al límite de la comunidad vegetal, y los taludes recubiertos con vegetación nativa que garanticen su estabilidad.	El área de desplante del proyecto, no se encuentra dentro de alguna zona definida como humedal costero, sitio RAMSAR con presencia de vegetación de manglar según la CONABIO. Sin embargo, existen individuos de mangle cercanos a la estructura elevada con pilotes. En forma precautoria, se invoca la excepción de la especificación 4.43, sustentada en medidas de compensación.
4.15	Cualquier servicio que utilice postes, ductos, torres y líneas, deberá ser dispuesto sobre el derecho de vía. En caso de no existir alguna vía de comunicación se deberá buscar en lo posible bordear la comunidad de manglar, o en el caso de cruzar el manglar procurar el menor impacto posible.	Las redes y servicios que requiera el proyecto se dispondrán conforme al diseño que minimice su incidencia ambiental, procurando bordear los individuos de mangle y evitando afectación directa.
4.16	Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi-intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberán dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo.	Parte de la infraestructura proyectada se localiza a menos de 100 m del límite de los individuos de manglar. Por ello, el proyecto se acoge expresamente a la excepción prevista en la especificación 4.43, incorporando medidas de compensación, monitoreo y conservación activa del manglar, sujetas a la evaluación y autorización de la autoridad competente.
4.17	La obtención del material para construcción se deberá realizar de los bancos de préstamo señalados por la autoridad competente, los cuales estarán ubicados fuera del área que ocupan los manglares y en sitios que no tengan influencia sobre la dinámica ecológica de los ecosistemas que los contienen.	El material de construcción será obtenido de bancos y proveedores autorizados, ubicados fuera de áreas de manglar y sin influencia adversa sobre la dinámica ecológica del humedal.
4.18	Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación, que no haya sido autorizada por medio de un cambio de utilización de terrenos forestales y especificada en el informe preventivo o, en su caso, el estudio de impacto ambiental.	El proyecto no contempla relleno, desmonte, quema ni desecación de vegetación de humedal costero. Los individuos de manglar permanecerán íntegros y fuera de las áreas de intervención.
4.19	Queda prohibida la ubicación de zonas de tiro o disposición del material de dragado dentro del manglar, y en sitios en la unidad hidrológica donde haya el riesgo de obstrucción de los flujos hidrológicos de escurrimiento y mareas.	No se contemplan dragados de humedal costero ni disposición de material de dragado dentro del manglar o su unidad hidrológica.

Especificación		Atención
4.20	Queda prohibida la disposición de residuos sólidos en humedales costeros.	Todos los residuos se manejarán conforme al Programa de Manejo Integral de Residuos y se dispondrán en sitios autorizados fuera de la unidad hidrológica. No se permitirá la disposición de residuos sólidos en humedal costero.
4.21	Queda prohibida la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semintensivas en zonas de manglar y lagunas costeras, y queda limitado a zonas de marismas y a terrenos más elevados sin vegetación primaria en los que la superficie del proyecto no exceda el equivalente de 10% de la superficie de la laguna costera receptora de sus efluentes en lo que se determina la capacidad de carga de la unidad hidrológica. Esta medida responde a la afectación que tienen las aguas residuales de las granjas camaronícolas en la calidad del agua, así como su tiempo de residencia en el humedal costero y el ecosistema.	El proyecto no contempla actividades camaronícolas ni acuícolas. El numeral no resulta aplicable al objeto del proyecto.
4.22	No se permite la construcción de infraestructura acuícola en áreas cubiertas de vegetación de manglar, a excepción de canales de toma y descarga, los cuales deberán contar previamente con autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de utilización de terrenos forestales.	El proyecto no contempla infraestructura acuícola ni canales de toma o descarga para dichos fines.
4.23	En los casos de autorización de canalización, el área de manglar a deforestar deberá ser exclusivamente la aprobada tanto en la resolución de impacto ambiental y la autorización de cambio de utilización de terrenos forestales. No se permite la desviación o rectificación de canales naturales o de cualquier porción de una unidad hidrológica que contenga o no vegetación de manglar.	No se proyectan obras de canalización ni deforestación de manglar, ni desviación o rectificación de canales naturales.
4.24	Se favorecerán los proyectos de unidades de producción acuícola que utilicen tecnología de toma descarga de agua, diferente a la canalización.	El proyecto no contempla producción acuícola, por lo que este numeral no resulta aplicable.
4.25	La actividad acuícola deberá contemplar preferentemente post-larvas de especies nativas producidas en laboratorio.	No aplica, por no tratarse de un proyecto acuícola.
4.26	Los canales de llamada que extraigan agua de la unidad hidrológica donde se ubique la zona de manglares deberá evitar, la remoción de larvas y juveniles de peces y moluscos.	No aplica, por no contemplarse canales de llamada ni extracción de agua para fines acuícolas.
4.27	Las obras o actividades extractivas relacionadas con la producción de sal, sólo podrán ubicarse en salitrales naturales; los bordos no deberán exceder el límite natural del salitral, ni obstruir el flujo natural de agua en el ecosistema.	El proyecto no contempla actividades relacionadas con producción de sal.
4.28	La infraestructura turística ubicada dentro de un humedal costero debe ser de bajo impacto, con materiales locales, de preferencia en palafitos que no alteren el flujo superficial del agua, cuya conexión sea a través de veredas flotantes, en áreas lejanas de sitios de anidación y percha de aves acuáticas, y requiere de zonificación, monitoreo y el informe preventivo.	Las obras del proyecto no se ubican dentro del humedal costero. En consecuencia, el supuesto del numeral no se actualiza en forma directa; sin perjuicio de ello, las estructuras elevadas previstas responden a un criterio de mínima intervención y de conectividad hídrica.

Especificación		Atención
4.29	Las actividades de turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar deben llevarse a acabo de tal forma que se evite cualquier daño al entorno ecológico, así como a las especies de fauna silvestre que en ellos se encuentran. Para ello, se establecerán zonas de embarque y desembarque, áreas específicas de restricción y áreas donde se reporte la presencia de especies en riesgo.	El proyecto no contempla turismo náutico ni uso de embarcaciones en cuerpos de agua asociados al manglar. No se considera aplicable.
4.30	En áreas restringidas los motores fuera de borda deberán ser operados con precaución, navegando a velocidades bajas (no mayor de 8 nudos), y evitando zonas donde haya especies en riesgo como el manatí.	No aplica, al no contemplarse navegación ni uso de motores fuera de borda en humedal costero.
4.31	El turismo educativo, ecoturismo y observación de aves en el humedal costero deberán llevarse a cabo a través de veredas flotantes, evitando la compactación del sustrato y el potencial de riesgo de disturbio a zonas de anidación de aves, tortugas y otras especies.	Las pasarelas, andadores miradores elevadas previstas son compatibles con este criterio, en tanto permiten la observación del paisaje sin compactar el sustrato ni afectar su funcionalidad ecológica.
4.32	Deberá de evitarse la fragmentación del humedal costero mediante la reducción del número de caminos de acceso a la playa en centros turísticos y otros. Un humedal costero menor a 5 km de longitud del eje mayor, deberá tener un solo acceso a la playa y éste deberá ser ubicado en su periferia. Los accesos que crucen humedales costeros mayores a 5 km de longitud con respecto al eje mayor deben estar ubicados como mínimo a una distancia de 30 km uno de otro.	El proyecto en comento no se encuentra dentro de la delimitación de un humedal costero, ni cuenta con playa por lo que la especificación no es vinculante con el desarrollo de las obras; sin embargo; por el contrario, los andadores elevados son compatibles con el flujo hídrico y la conectividad ecológica.
4.33	La construcción de canales deberá garantizar que no se fragmentará el ecosistema y que los canales permitirán su continuidad, se dará preferencia a las obras o el desarrollo de infraestructura que tienda a reducir el número de canales en los manglares.	No aplica, por no contemplarse canales.
4.34	Se debe evitar la compactación del sedimento en marismas y humedales costeros como resultado del paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos.	El proyecto en comento no se encuentra dentro de la delimitación de un humedal costero, no obstante, para evitar la compactación del suelo por el tránsito, el proyecto prevé el armando de un andador elevado sobre pilotes de madera de geometría cilíndrica los cuales evitaran que no se alteren los patrones hidrológicos, no provocará la compactación del sedimento en la zona como resultado del paso de personas a pie, carritos de golf, o en bicicleta.
4.35	Se dará preferencia a las obras y actividades que tiendan a restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre.	El proyecto incorpora un Programa de conservación de vegetación en la que se incluyen los individuos de mangle, así como medidas de preservación, en congruencia con la preferencia establecida por este numeral.
4.36	Se deberán restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre, de acuerdo como se determinen en el Informe Preventivo.	Las medidas de conservación in situ, continuidad del flujo hídrico y Programa de conservación de vegetación en la que se incluyen los individuos de mangle favorecen la función de corredor biológico y facilitan el libre tránsito de fauna.
4.37	Se deberá favorecer y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, comunidad vegetales y	El proyecto favorece la regeneración natural, permite continuar con las hidráulicas preexistentes, excluye la

Especificación		Atención
	animales mediante el restablecimiento de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales (ríos de superficie y subterráneos, arroyos permanentes y temporales, escurrimientos terrestres laminares, aportes del manto freático), la eliminación de vertimientos de aguas residuales y sin tratamiento protegiendo áreas que presenten potencial para ello.	intervención directa en individuos de manglar y evita descargas sin tratamiento. El saneamiento del agua residual se resuelve mediante PTAR y manejo hídrico integral.
4.38	Los programas proyectos de restauración de manglares deberán estar fundamentados científica y técnicamente y aprobados en la resolución de impacto ambiental, previa consulta a un grupo colegiado. Dicho proyecto deberá contar con un protocolo que sirva de línea de base para determinar las acciones a realizar.	El Programa de conservación de vegetación el que incluye los individuos de mangle se sustenta en conservación y mantenimiento del área.
4.39	La restauración de humedales costeros con zonas de manglar deberá utilizar el mayor número de especies nativas dominantes en el área a ser restaurada, tomando en cuenta la estructura y composición de la comunidad vegetal local, los suelos, hidrología y las condiciones del ecosistema donde se encuentre.	El Programa de conservación de vegetación el que incluye los individuos de mangle se sustenta en conservación y mantenimiento del área.
4.40	Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales costeros.	El proyecto no utilizará especies exóticas en los programas de restauración o revegetación del proyecto.
4.41	La mayoría de los humedales costeros restaurados y creados requerirán de por lo menos de tres a cinco años de monitoreo, con la finalidad de asegurar que el humedal costero alcance la madurez y el desempeño óptimo.	En el predio no hay humedales restaurados y no se prevé su creación pues el humedal original en la zona está bien representado y con buen estado de conservación.
4.42	Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros.	El sitio donde se pretende establecer el proyecto no se encuentra dentro de un humedal costero. La presente MIA-P incorpora el estudio geohidrológico y el análisis integral de la unidad hidrológica, incluyendo recarga, flujo subterráneo, características del acuífero y relación funcional con el sistema estudiado.
4.43	La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo, o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente.	El proyecto invoca expresamente la especificación 4.43 únicamente respecto de los límites espaciales de los numerales 4.14 y 4.16. Por lo antes la promovente propone medidas de compensación en favor y beneficio de los humedales. A. Implementación del programa de conservación de vegetación que incluye los individuos de manglar dentro del predio (Programa anexo). 1. Libre tránsito del flujo hidrológico y mantenimiento de la dinámica hídrica y de los individuos de mangle, con elementos piloteados a una altura de 2.50 metros del suelo. 2. Instrumentación de acciones de educación ambiental, como colocación de letreros ilustrativos que contengan la biología de las especies de mangle. 3. Campañas de concientización y divulgación de acciones para el cuidado del humedal y los individuos de mangle.

Especificación		Atención
		B. Compensación de restauración de 20 hectáreas de humedal con manglar chaparro en el municipio de Othón P. Blanco Q. Roo en zonas incendiadas. 1. Favorecer la regeneración de la vegetación y recuperar interacciones ecológicas mediante la incorporación de manglar, caracol chivita y abejas nativas. 2.Plantación de Rizohopora mangle, 10,000 individuos, con una supervivencia objetivo del 80 %, equivalente a 8,000 plantas vivas. 3. Desazolve manual de canales existentes, 4. Manejo de vegetación muerta y utilización del material extraído para conformar pequeñas islas de plantación. 5. Distribución de la vegetación y las condiciones de inundación, diseñada en función del terreno.

Lo antes expuesto hace evidente que no se llevarán a cabo actividades que contravengan las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003 o que impidan la preservación del manglar como comunidad vegetal y sí se garantiza la integralidad de este ya que no se realiza su aprovechamiento.

Conclusión.

Como se demuestra en la vinculación jurídica, en el planteamiento general se ajusta al marco legal aplicable, es importante manifestar que el proyecto es compatible con el sistema ambiental establecido en los diversos ordenamientos jurídicos y demás normas ambientales, así como que no se generará daño grave al ecosistema, ya que el sitio del proyecto y los usos compatibles se encuentran destinados para dicho objeto.

Para el planteamiento del proyecto se siguieron los preceptos establecidos desde la carta magna y la LGEEPA, como ley reglamentaria de la evaluación del impacto ambiental, materia del proceso que nos ocupa. Así, de la vinculación realizada se identificaron los artículos, con sus incisos y fracciones, por los cuales el proyecto tiene que ser sometido al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, para su autorización previo al desarrollo del proyecto. Para este caso, también se identificaron y vincularon los artículos, con sus respectivos incisos y fracciones, del REIA que le son aplicables al desarrollo del proyecto, así como para la presentación de la presente MIA, en su modalidad respectiva.

En orden jerárquico, posteriormente se presentó la vinculación con los ordenamientos aplicables. Entre estos se usó, para el planteamiento del proyecto, el POEGT, aunque como claramente lo dice su decreto de creación, este instrumento jurídico no establece restricciones ni prohibiciones, sino que, más bien, define lineamientos generales, mismos que fueron vinculados al desarrollo del proyecto. Posteriormente, se explicó el apego del planteamiento del proyecto con lo reglamentado en la POEL-OPB, donde quedó claramente demostrado que se cumple la política de aprovechamiento sustentable, aplicable a la UGA 29 “Corredor Turístico Xul-Ha – Bacalar”; así como con los criterios ecológicos de aplicación general y con los criterios ecológicos de aplicación específica.

En la vinculación del proyecto, se mostró el planteamiento sometido al procedimiento de evaluación cumple a cabalidad con el uso del suelo compatibles con turismo y suburbano sustentable, así como con el

cumplimiento con los umbrales de aprovechamiento del 30%, la densidad de 15 cuartos por ha, y 8 viviendas por ha, altura 5 niveles, áreas verdes y permeables del 40%.

De mismo modo, se ubicó el predio del proyecto con respecto a las áreas naturales protegidas, de carácter federal, estatal y municipal, y no se encontró que hubiera sobreposición con alguna de ellas, por lo que no se pudo vincular puntualmente con los criterios o especificaciones para esta clasificación terrestre ambiental.

En la vinculación también se identificaron las principales NOM ambientales a tomar en cuenta para la ejecución del proyecto, las que es importante considerar ya que su cumplimiento es de carácter obligatorio. Aquí resalta la vinculación realizada, puntualmente, con la NOM-022-SEMARNAT-2003, por lo que el proyecto conserva el 100% de los individuos de mangle, así como del acuerdo que adiciona la especificación 4.43 a esta NOM, demostrando la forma como se da cumplimiento a cada una de las especificaciones, cuando eran aplicable, y que no se contraviene ninguna de las especificaciones de dicha norma.

Con este proyecto, la empresa promovente, consolida y da continuidad al desarrollo y aprovechamiento del predio que se encuentra, en el predio Parcela 68 Z2 P1/1, del poblado de Juan Sarabia, ubicado en la Carretera Federal 307, kilómetro 12+300, municipio de Othón P. Blanco, estado de Quintana Roo.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA.

Con la finalidad de caracterizar la condición de los componentes ambientales previo al desarrollo del proyecto, también conocida como línea base ambiental, así como las variables sociales y económicos que ayuden a entender el contexto en el cual se inserta el proyecto se procedió a delimitar su denominada área de influencia. Este fue un ejercicio que implicó trabajo de campo recorriendo las áreas aledañas al predio para tener conocimiento del nivel de conservación de los componentes ambientales y la revisión de los instrumentos jurídicos que regulan el uso del suelo en Bacalar,

Además, como parte del ejercicio para la delimitación del área de influencia, se tomó en cuenta la naturaleza del proyecto y la interacción que éste tendrá con procesos bióticos, abióticos y socioeconómicos regionales, y, para ello, fue necesaria la creación de un Sistema de Información Geográfico (SIG) base empleando el software ESRI ArcGIS 10, proyectado en coordenadas de la Universal Transversa de Mercator Zona 16 Norte (UTM Z16 N), conteniendo los conjuntos vectoriales de INEGI escala 1:250,000 correspondientes al estado de Quintana Roo, el municipio de Othon P. Blanco, incluyendo sus principales vías de comunicación.

Al SIG base se le fueron incorporando las diferentes capas de información geográfica descargadas del sitio de SEMARNAT, CONAGUA e INEGI en línea, y la evaluación para la definición del área se realizó mediante el proceso de fotointerpretación de imágenes satelitales sobre vectores en el SIG. Gran parte de este trabajo se ve reflejado en la cartografía que se incluye a través de este capítulo.

Para la delimitación de las áreas de influencia existen diversos procedimientos y criterios bien establecidos que, cuando se siguen estrictamente y bajo los lineamientos establecidos para ello, ayudan a dimensionar y entender el impacto global y específico que tendría en un momento dado el desarrollo del proyecto en el ecosistema donde incide. En la definición de dichas áreas se pueden utilizar delimitaciones establecidas en los programas de manejo de áreas naturales protegidas, UGA (unidades de gestión ambiental) de ordenamientos ecológicos, zonificaciones de usos de suelo de programas o planes de desarrollo urbano, unidades ambientales delimitadas por rasgos geomorfológicos, edafológicos, tipos vegetación, cuencas o microcuencas hidrológicas, unidades paisajísticas, entre otros. Además, el proceso de delimitación tiene la flexibilidad de que puede usarse de manera combinada integrando dos o más de los criterios antes referidos, conjugándose, además, con desarrollos antrópicos, como infraestructura urbana, de servicios, de vías de comunicación, entre otras; siempre y cuando estas funcionen como barrera para alguno de los componentes ambientales a evaluar.

En el caso que no ocupa, primero se trató de utilizar la delimitación de la cuenca hidrográfica como área de sistema ambiental y su área de influencia, esto considerando que integra una serie de ecosistemas naturales, cuyo grado de complejidad aumenta en relación directa con el tamaño de la cuenca, la complejidad es el tamaño de su territorio que es mayor a 50,000 ha mientras que una subcuenca, entre 5

000 y 50 000, y una microcuenca menos de 5 000 hectáreas4F[5]. La subcuenca o microcuenca son divisiones convencionales hechas con fines de manejo de la cuenca, en donde se basa en la organización espacial fundamental en la estructura geológica y geomorfológica. En la península de Yucatán, la delimitación de microcuenca es compleja, debido a que no se presentan grandes cambios topográficos5F[6].

Por lo tanto, para efectos de éste proyecto, se describen los elementos físicos y biológicos a nivel de subcuenca hidrológica RH33 Ac- Bahía de Chetumal (Figura IV-1), por tanto se propone la delimitación de una fracción mediante la determinación del sistema ambiental, el cual fue delimitado tomando en cuenta que un sistema es un complejo de elementos que interactúan generalmente dentro de un espacio tridimensional que tiene límites reales o imaginarios (Valverde, 2005)6F[7], en donde pueden existir más de un ecosistema donde se contendrán algunos elementos vivos (Garmendia, 2005)7F[8] y que es necesario definir sus límites espacio-temporales, en donde se comparten características ecológicas comunes8F[9]. Definiéndose también como la interacción entre ecosistemas (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) del sistema o región donde pretende establecer el proyecto (SEMARNAT,s f)9F[10].

[5] Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2019. **¿Qué es una cuenca?** https://www.gob.mx/imta/articulos/que-es-una-cuenca-211369
[6] Corter A. H. 2010. **Las cuencas hidrográficas de México.** SEMARNAT, INE.
[7] Valverde, T., Z. Cano Santana, J. Meave, J. Carabias. 2005. **Ecología y medio ambiente.** PEARSON. México.
[8] Garmendia S. A., S. Alcaide, C. Crespo, S. L. Garmendia. 2005. **Evaluación de Impacto Ambiental**. Pearson educación, S.A. España.
[9] ttps://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/766/1/mx/glosario.html?contentid=766&num_letra=18&num_letra_siguiente=19&querypage=2 recuperado el 24 de septiembre de 2026.
[10] http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/compendio_2019/RECUADROS_INT_GLOS/D4_GLOS_IMPACTO.htm

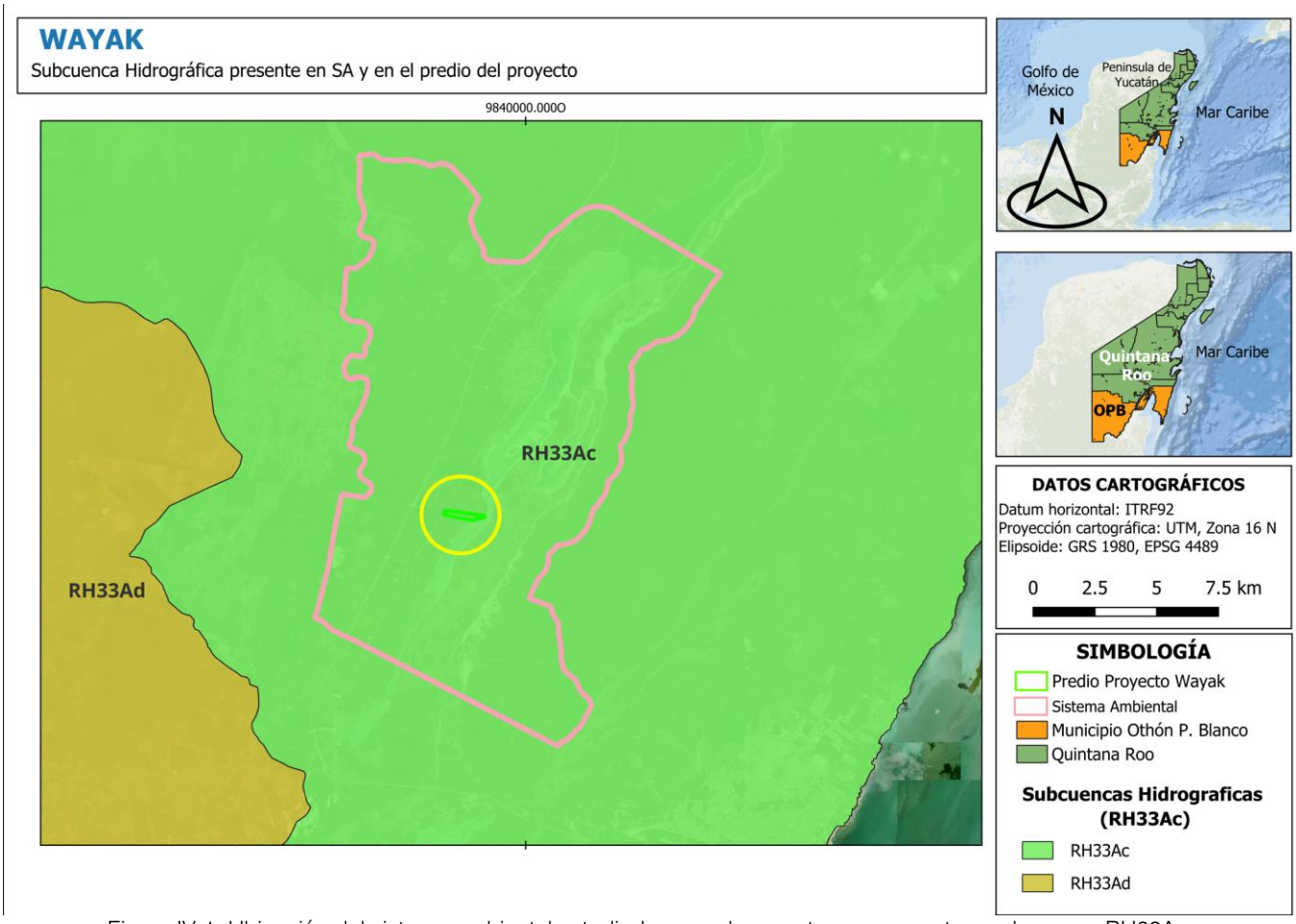


Figura IV-1. Ubicación del sistema ambiental estudiado para el proyecto con respecto a subcuenca RH33Ac.

Por otro lado, los factores sociales, de municipio, uso de suelo, vegetación y geomorfología del sitio son homogéneos, por lo que el área delimitada es suficiente para caracterizar los atributos involucrados y en donde el proyecto puede ejercer también su influencia. Por otro lado, Margalef (1973)10F[11] define ecosistema como sistemas formados por individuos de muchas especies, en el seno de un ambiente de características definidas e implicados en un proceso dinámico e incesante de interacción ajuste y regulación, expresable bien como intercambio de materia y energías o como secuencia de nacimientos y muerte y uno de cuyos resultados es la evolución a nivel de especies y la sucesión a nivel del sistema entero. Entonces, el sistema ambiental propuesto cumple con estos criterios y es suficiente para realizar una descripción y análisis de los atributos ambientales y sociales involucrados.

La delimitación del sistema ambiental para este proyecto, parte de los límites que imponen los instrumentos de regulación del uso de suelo de los programas de ordenación ecológicos de los municipios de Othón P. Blanco y Bacalar, así como los límites de los diversos ecosistemas como de vegetación que envuelven el predio objeto de este estudio, las que finalmente definieron Unidades de Paisaje que son notorias tanto en la imagen satelital utilizada11F[12] que se presenta a continuación, como a nivel del suelo. Así se orientó el

[11] Margalef R. 1973. Ecological theory and prediction in the study of the interaction between man and the rest of the biosphere. En: Sioli, H. (ed.), Ökologie und Lebensschutz in internalionaler Sicht, pp. 307-353. Rombach, Freiburg. Traducción al español: Margalef, R. 1982. La teoría ecológica y la predicción en el estudio de la interacción entre el hombre y el resto de la biosfera, En: Ecología y protección de la naturaleza. Conclusiones internacionales, pp. 306-355. Blume, Barcelona, España.
[12] Imagen satelital escala 1:160 000 utilizada para la delimitación del sistema ambiental.

ejercicio para identificar y determinar las Unidades de Paisaje (UP), entendidas éstas como componentes discretos y perceptibles del espacio terrestre que se estructuran en función de su composición característica o su fisonomía distintiva que la hace ser claramente diferenciables unas de otras.

Esta particularidad de las UP ofrece además la posibilidad de evaluar y cuantificar la oferta de recursos naturales, su condición y localización territorial ya que éstas son entonces, porciones de un mosaico diferenciado localizadas de la superficie terrestre que establecen entre y con ellas, límites visibles sean estos naturales o producidos por el hombre. En estos espacios los componentes naturales, bióticos y abióticos forman ensambles que se interrelacionan o no, de manera clara y evidente. Bajo el planteamiento de diferenciación mencionado se delimitó el sistema ambiental (SA).

Este es un ejercicio replicable que permite la caracterización del estado general de aquellos elementos ambientales que forman parte del espacio en el que se inserta el proyecto tal como lo establece el Artículo 35 de la LGEEPA:

".. Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación."

Bajo este contexto el sistema ambiental (SA) delimitado, es concordante con el requerimiento de evaluación en materia de impacto ambiental ya que deriva en un diagnóstico del medio, así como en la identificación de cualquier problemática ambiental existente en el área de influencia del proyecto. Para lo anterior y mediante la utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG) QGis 3.44.14, se llevaron a cabo análisis de la imagen satelital disponible para este fin.

Las corroboraciones de campo fueron realizadas de manera sistemática sobre cada Unidad de Paisaje definida. A continuación, se muestra sobre un mosaico fotográfico, el sistema ambiental delimitado para este ejercicio.

El SA se integra dentro de la demarcación del uso de suelo y vegetación compartida en la misma región conforme al mapa de uso de suelo y vegetación serie VII del INEGI, 2018, sumado a los usos de suelo regulado por otros instrumentos de gestión territorial (Figura IV-2)

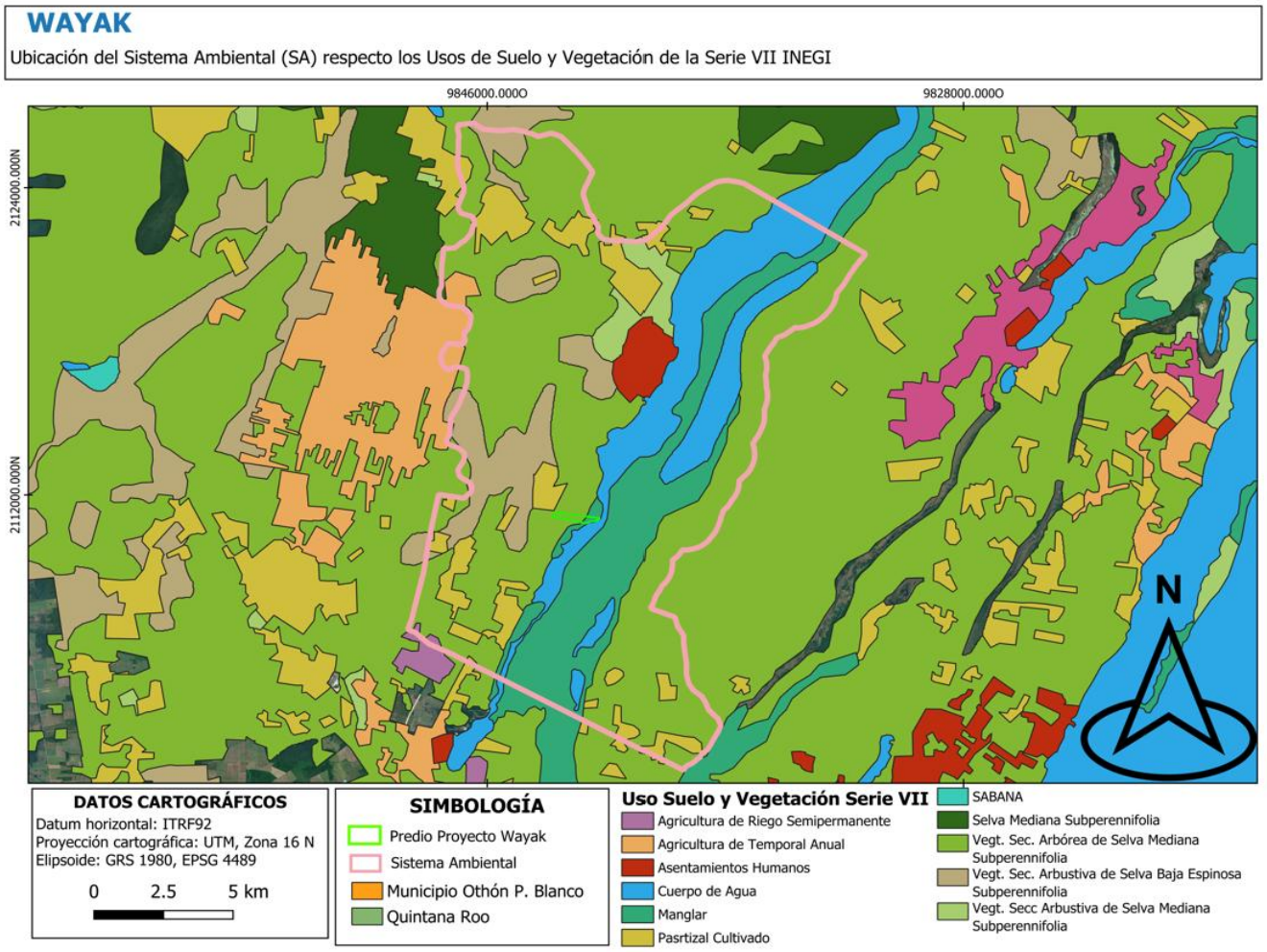


Figura IV-2. Clasificación del uso de suelo y vegetación del SA con base en Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, escala 1:250,000 serie VII.

El SA tiene una superficie de 213,602,452.74 m^2 (21,360 has), de los que el predio representa el 0.16% dentro de este sistema (Figura IV-3).

Fundamento legal jerarquizado: La delimitación territorial emana directamente de un instrumento normativo municipal derivado de la legislación ambiental federal (LGEEPA, artículos 19 y 20), lo que le confiere validez jurídica plenamente reconocida tanto en el ámbito local como en el sistema nacional de ordenamiento ecológico.

Vinculación operativa para la evaluación ambiental: El SA al estar definido conforme a una Unidad de Gestión Ambiental reconocida por la autoridad competente, permite establecer un marco espacial preciso, vinculante y compatible con la metodología de análisis requerida para evaluaciones de impacto ambiental en modalidad regional, conforme a los artículos 13 y 44 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Integración funcional de escalas de análisis: La superficie de las unidades de gestión ambiental representan una escala intermedia adecuada entre la zona de emplazamiento del proyecto y el ámbito regional de

procesos ecológicos, permitiendo captar los efectos acumulativos, sinérgicos, indirectos y residuales de las actividades propuestas sin incurrir en sobre delimitación o artificialidad metodológica.

Convergencia de subsistemas ambientales y antrópicos: Dentro de la delimitación realizada concurren los principales subsistemas abióticos, bióticos, hidrológicos, geomorfológicos, urbanos y de infraestructura relevantes para el análisis de procesos de transformación ambiental derivados del desarrollo proyectado de manera que pueda ser medible.

Instrumento articulador de políticas urbanas y ecológicas: El POEL y su sistema de UGAs están diseñados para vincular las disposiciones de conservación ambiental con la planeación del desarrollo urbano y turístico municipal, mediante la asignación espacial de compatibilidades y restricciones de uso de suelo, integrando así de forma simultánea el marco jurídico federal y municipal.

Eficiencia administrativa y trazabilidad metodológica: como las siguientes UGAs 29, 30, 31 y 32 del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio de Othon P. Blanco, que tiene un uso de suelo de aprovechamiento sustentable y protección. Y las UGAs GA 40, Ah1, Ff-20 y Tu- 7 con usos de Asentamiento humano y Conservación del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Laguna de Bacalar, en donde al proyecto tendrá una influencia por su colindancia limítrofe con este municipio, sin dejar de ser una actividad particular. Proporciona un marco de trabajo claro, verificable y administrativamente viable para la valoración de impactos ambientales.

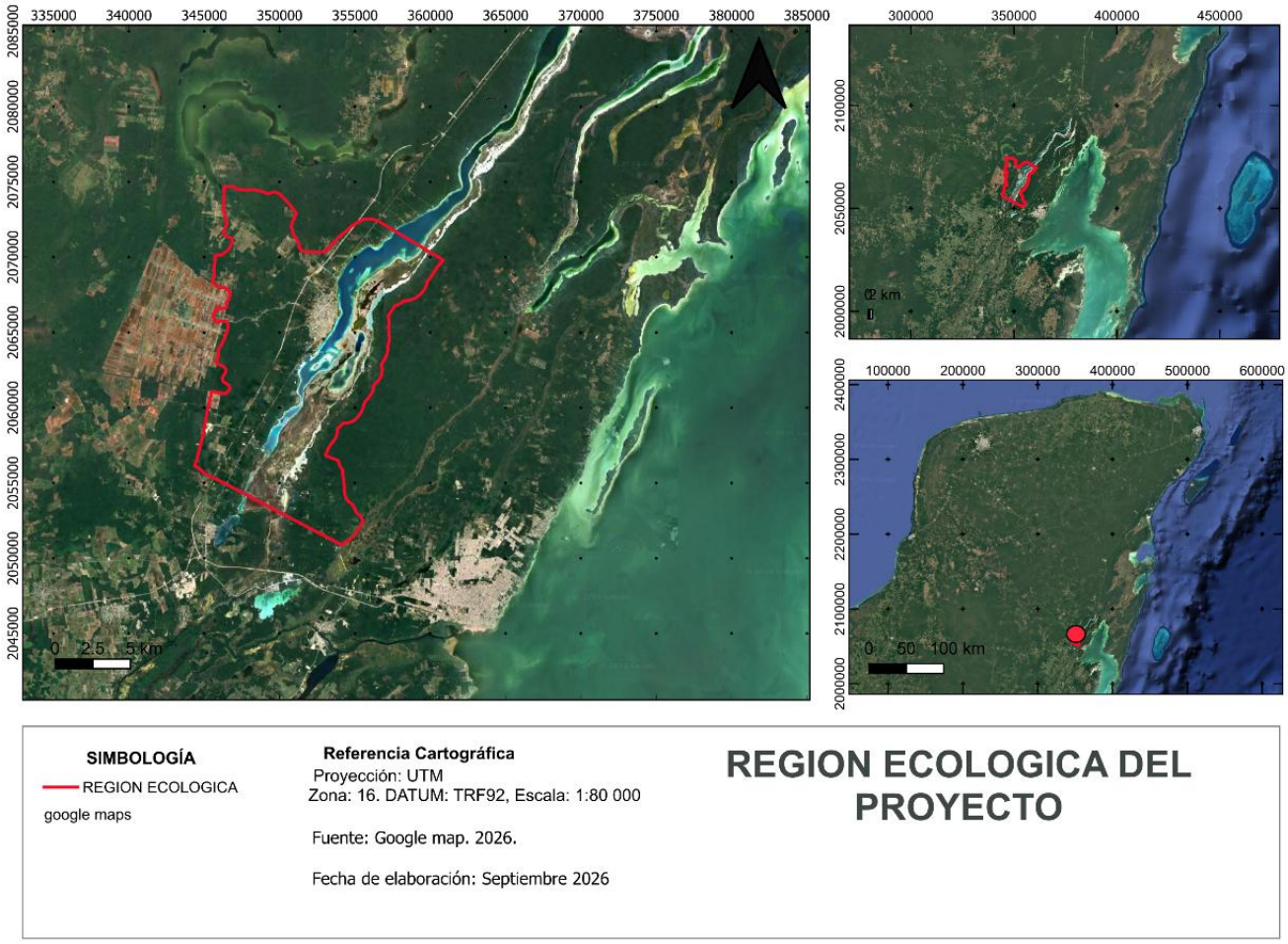


Figura IV-3. Delimitación del sistema ambiental (SA) del proyecto, sobre imagen.

Por otro lado, el área de influencia directa del proyecto dentro del mismo SA. la caracterización biótica incorpora de forma expresa la prospección de mamíferos pequeños y quirópteros, así como de epífitas y cactáceas, en tres escalas de análisis, Sistema ambiental (SA), Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP), este último se describirá en el capítulo IV. Esta ampliación no sustituye la línea base obtenida mediante registros directos derivados de la prospección en campo, sino que la precisa y desarrolla en los términos solicitados por la autoridad, diferenciando en cada caso entre registros de distribución potencial sustentados mediante bibliografía o bases de datos de dominio público y estudios de la zona.

El área de influencia (AI), ocupa una superficie de 6289.818 ha m^2 (6,290 has) de las que el predio representa el 0.53%. Esta demarcación considera el espacio de interacción directa sobre la superficie que ocuparán las obras y el predio. (Figura IV-4).

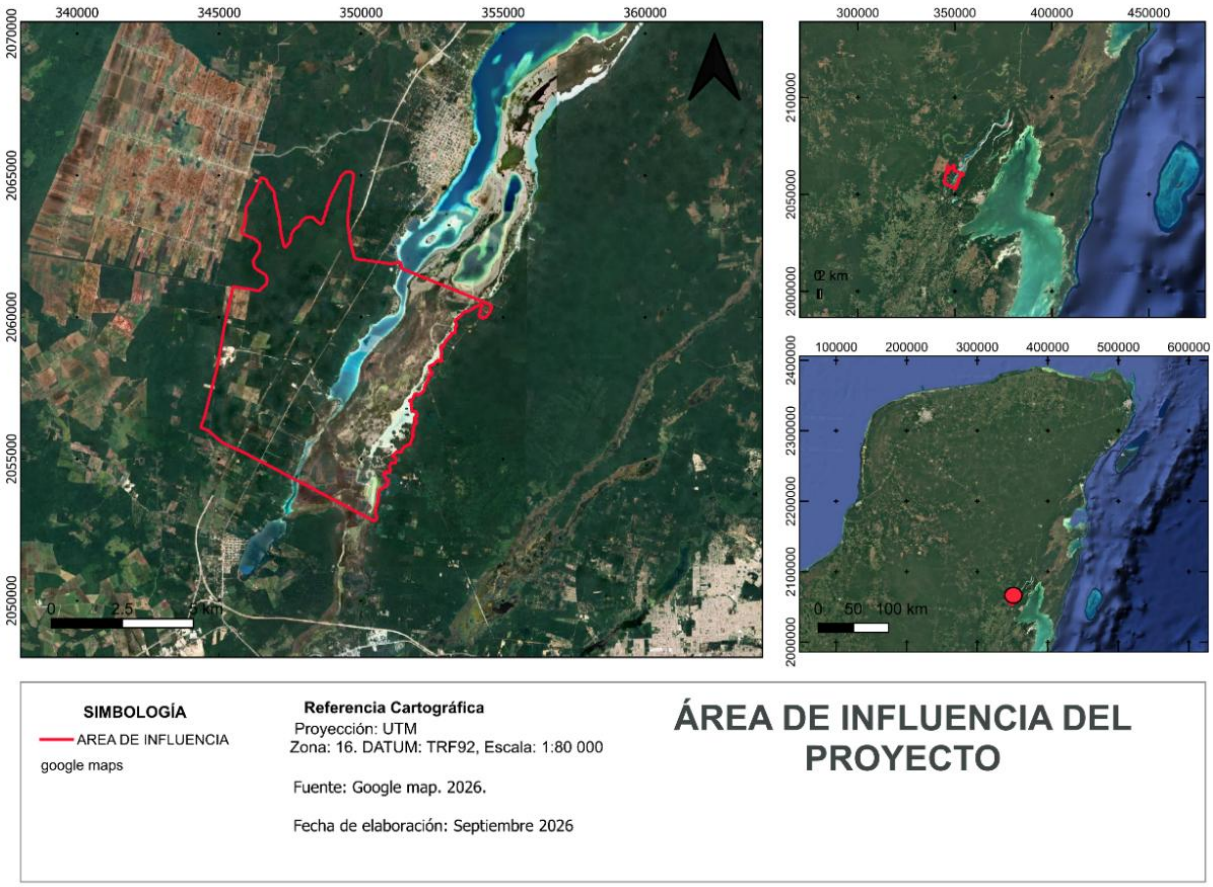


Figura IV-4. Delimitación del área de influencia (AI), sobre el SA

IV.1 Aspectos abióticos

Las características ambientales de una zona se conforman por la integración de los distintos elementos del medio físico, así como del medio biológico. En los siguientes apartados de este capítulo se presenta la descripción relativa al medio físico, descripción que para fines de este documento corresponderán a: tipo de clima, temperatura, precipitación, intemperismos severos, vientos, geomorfología, edafología, relieve, hidrología, así como fisiografía.

IV.1.1 Clima

El clima predominante en el estado de Quintana Roo es de tipo tropical cálido subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación media anual corresponde a 900 mm. La temporada de lluvia comprende de mayo a octubre, presentándose los niveles máximos de precipitación entre junio y septiembre. La temporada de estiaje comprende los meses de noviembre a abril. La temperatura media anual es de 25 °C y la evaporación potencial media anual de 1,650 mm.

Por su parte, a la zona de estudio le corresponden los siguientes atributos climáticos: el clima se caracteriza por mantener una temperatura media anual que oscila entre 22 °C y 26 °C, es muy caluroso todo el año, con máximas que pueden superar los 35°C, especialmente entre mayo y agosto, y mínimas frescas que raramente bajan de 15°C en invierno. De acuerdo con la clasificación climática de Köepen, modificada por García (2004), la fórmula climática corresponde a Aw1(x') (Figura IV-5).

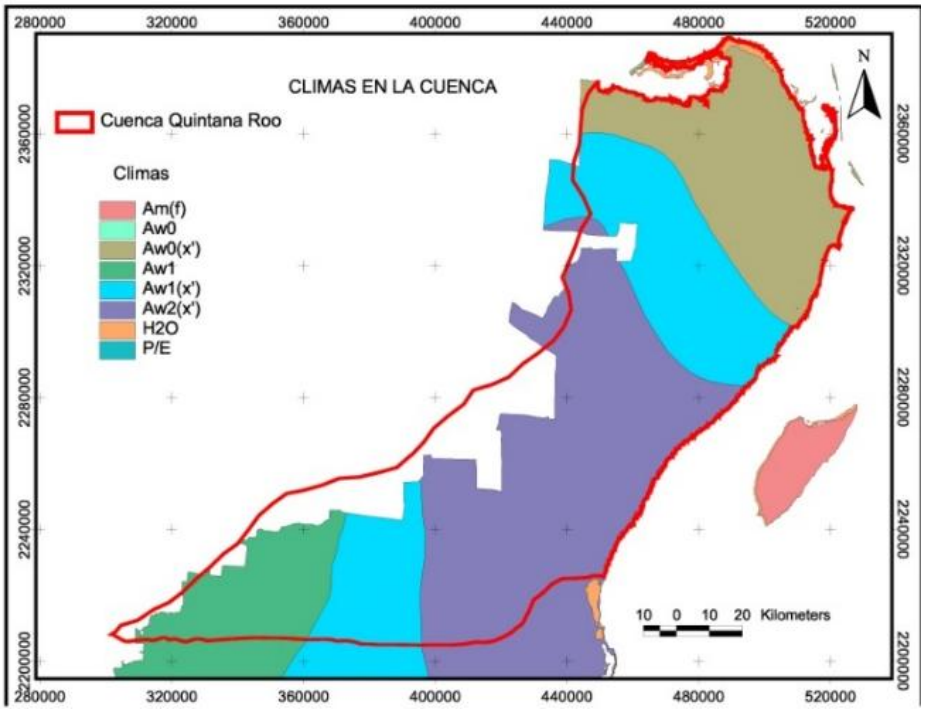


Figura IV-5. Clasificación climática para el estado de Quintana Roo.

A pesar de que la misma unidad climática está presente en la SAR, se observan tres subtipos climáticos dentro de esta, diferenciados por el nivel de humedad (Figura V-5).

Aw1(x'): Cálido subhúmedo con lluvias de verano, cociente P/T entre 43.2 y 55.3 (intermedio entre los subhúmedos), temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; régimen de lluvias intermedio (porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual). Aw1: Cálido subhúmedo con lluvias en verano, cociente P/T entre 43.2 y 55.3, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual. Y Aw0(x'): Cálido subhúmedo con lluvias en verano, cociente P/T mayor de 55.3, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

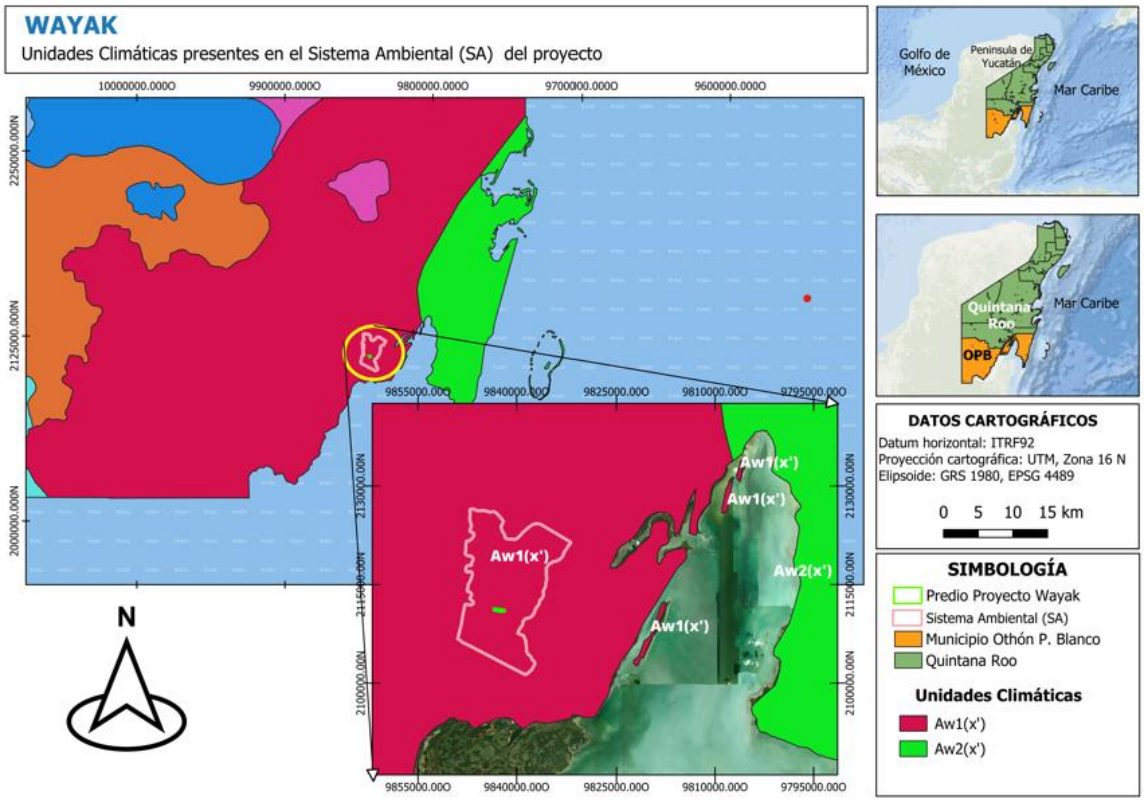


Figura IV-6. Unidades climáticas presentes en el SA, dentro del que se encuentra el AP.

IV.1.1.1. Humedad relativa

La combinación de humedad atmosférica elevada y temperatura cálida puede limitar el secado de materiales y superficies después de las lluvias. En depresiones saturadas, la persistencia de agua está controlada principalmente por el balance hidrológico y la capacidad de drenaje; no debe atribuirse exclusivamente a la humedad del aire. A la inversa, una atmósfera húmeda no impide que un suelo somero sobre roca presente déficit de agua durante la temporada seca.

Para el entorno del SAR se reporta una humedad relativa media de 77.8 %, de acuerdo con el análisis de datos MERRA-2/NASA POWER del periodo 1981–2022 realizado por Carrillo y colaboradores (2024). Su comportamiento estacional muestra valores menores entre marzo y mayo, con un promedio mensual mínimo cercano al 70 % en abril. Esta información se incorpora como referencia regional para la caracterización del SAR y no sustituye los registros meteorológicos locales

IV.1.1.2. Vientos

El Atlas de Riesgos de Chetumal identifica el predominio regional de los vientos alisios del este. Este antecedente permite reconocer la influencia de la circulación del Caribe, pero no constituye una rosa de vientos del SA. La dirección y la intensidad cerca de la superficie pueden modificarse por rugosidad, obstáculos y contrastes térmicos entre el agua y el terreno.

En el análisis del SA interesa distinguir la dirección meteorológica de procedencia del movimiento hacia sotavento. Un viento del este se desplaza hacia el oeste; confundir ambas convenciones puede invertir la interpretación del transporte de polvo o de la exposición de una ribera.

La intensidad del viento se clasifica de acuerdo con su velocidad y duración, hay ráfagas, turbonadas, de brisa, tormenta y huracán (Morales, 2015). Los vientos de mayor intensidad en México se registran durante los huracanes; generalmente las zonas costeras son las más expuestas a peligro por efecto del viento, sin embargo, la ocurrencia de otros fenómenos atmosféricos puede producir vientos intensos, donde aún en el interior del territorio se presentan áreas de peligro (CENAPRED, 2014).

Con el objetivo de conocer el grado de peligro por acción del viento en México, el Centro de Prevención de Desastres (CENAPRED) desarrolló un conjunto de datos vectoriales que determinan el grado de peligro por regiones, esta regionalización se encuentra basada en la velocidad máxima de viento en cierto período de tiempo (periodo de retorno) con datos recabados por la Comisión Nacional de Electricidad (CFE), de acuerdo a la información de zonificación eólica, se observa que el SA se encuentra inmersa en la zona B de peligro moderado.

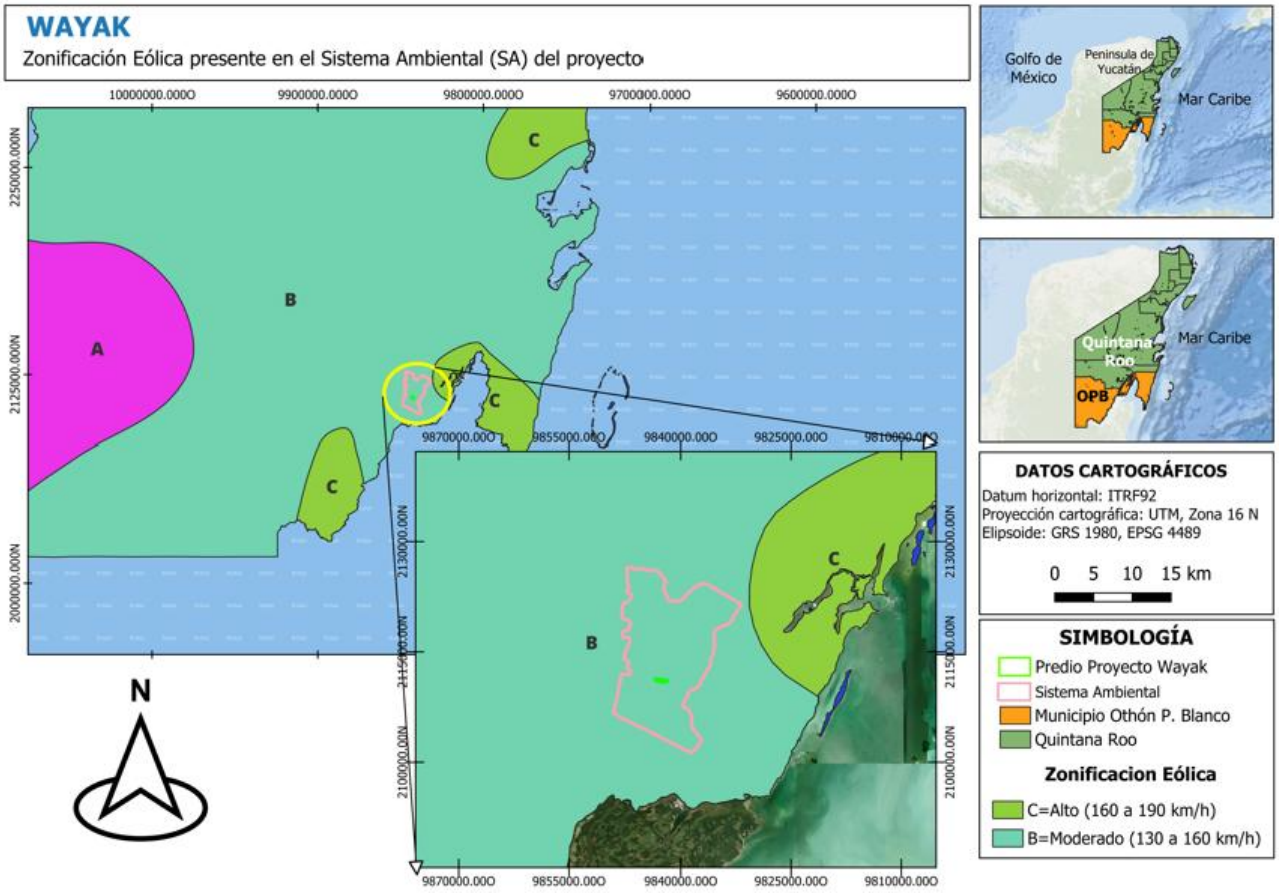


Figura IV-7. Zonificación Eólica en la SA dentro del que se encuentra el AP.

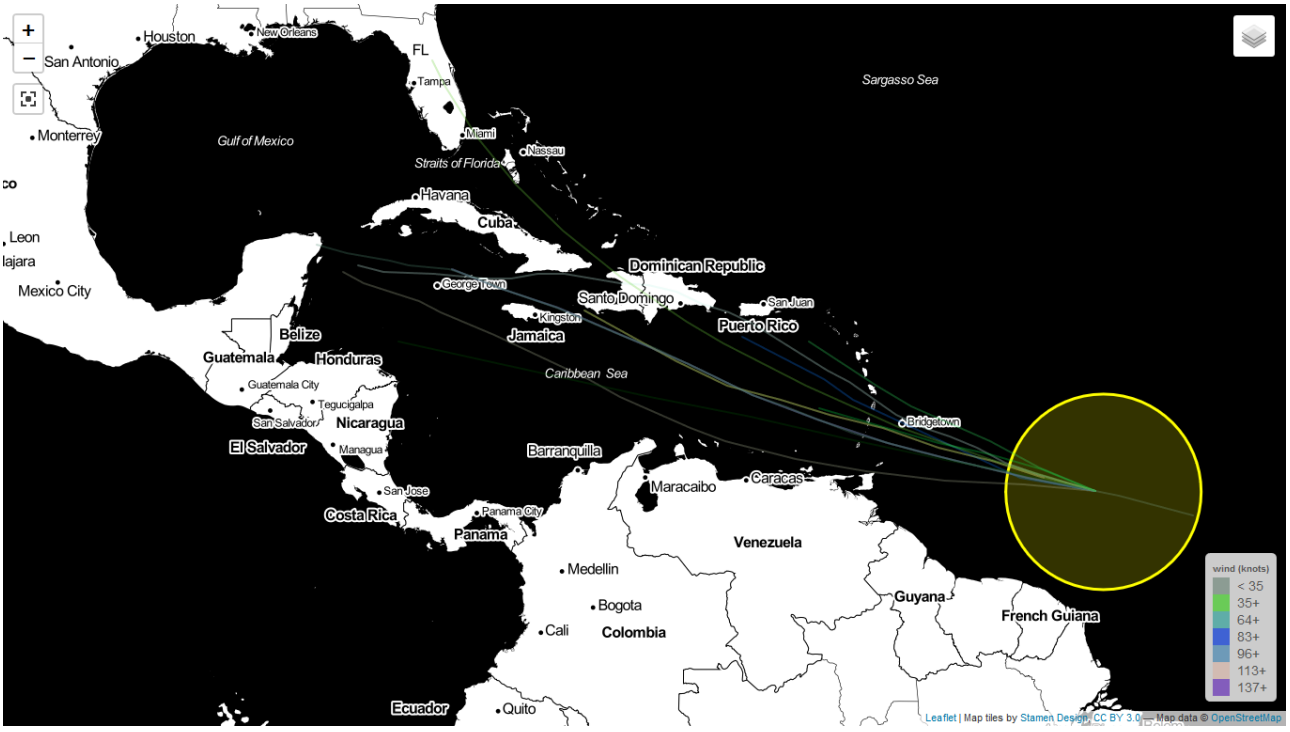
IV.1.1.3. Tormentas tropicales

De los ciclones que han ingresado en el sureste mexicano, el 35.1 % han impactado a Quintana Roo, el 22.9 % a Campeche y el 22.1 % a Yucatán, lo que muestra la alta exposición de la Península ante estos fenómenos. En tanto que, en Chiapas y Tabasco, aunque han ingresado el 11.5 % y 8.4 % de los ciclones respectivamente, las características orográficas amplifican el nivel de la amenaza. Cabe señalar que los ciclones tropicales tienen efectos directos por los vientos y la precipitación en los estados cuando ingresan

a tierra, y tienen efectos indirectos a larga distancia relacionados con la precipitación, (PNUD- INECC, 2018).

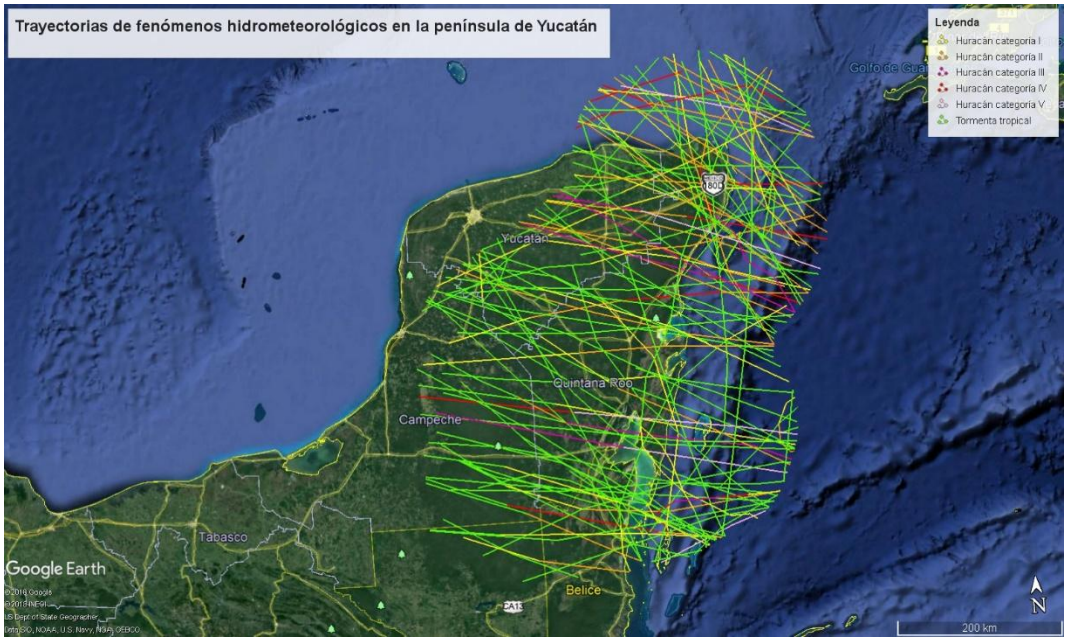
El sector Bacalar–Xul-Há forma parte de una región expuesta a perturbaciones tropicales durante verano y otoño. Su relevancia no se limita al viento: la lluvia acumulada, las condiciones previas de saturación y la conectividad del sistema lagunar pueden prolongar los efectos después del paso del fenómeno. Una tormenta de menor categoría de viento puede producir una respuesta hidrológica importante

La clasificación del grado de peligro por presencia de ciclones tropicales se basa en análisis que consideran una variedad de factores, incluyendo la topografía, la exposición geográfica y la historia de eventos naturales pasados. Estos resultados permiten orientar la toma de decisiones en la etapa de planificación y ejecución del Proyecto, asegurando una aproximación informada y cautelosa que salvaguarde la seguridad de las comunidades y la integridad del entorno natural.



Fuente: Imagen obtenida de la página web

Figura IV-8. Surgimiento y trayectoria de los ciclones tropicales que llegan a impactar la península de Yucatán, incluyendo el estado de Quintana Roo.



Fuente: CENAPRED. Atlas Nacional de Riesgos, en: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/AtlasEstatales/?&NOM_ENT=Quintana%20Roo&CVE_ENT=23.

Figura IV-9. Trayectoria de tormentas tropicales, representada por las líneas verdes, y huracanes, que inciden sobre el estado de Quintana Roo, en la península de Yucatán.

Históricamente, la península de Yucatán, incluyendo al estado de Quintana Roo, ha sido fuertemente golpeada por huracanes, causando grandes devastaciones agropecuarias, destrucción de infraestructura pública y privada, afectaciones ambientales y, lo más lamentable, pérdidas humanas.

El entorno regional de Chetumal–Bacalar presenta antecedentes de exposición a huracanes intensos, entre los que destacan Janet, en septiembre de 1955; Carmen, en septiembre de 1974; Dean, en agosto de 2007; y Ernesto, en agosto de 2012. Estos sistemas ingresaron por la costa sur de Quintana Roo o sus inmediaciones, con categorías de entrada a tierra de 5, 4, 5 y 2, respectivamente, conforme a los registros históricos consultados. Dichas categorías describen la intensidad del ciclón en su entrada costera y no constituyen mediciones del viento dentro del SAR.

Para la evaluación ambiental también resultan relevantes las tormentas tropicales Cristóbal, en 2020, y Nadine, en 2024, cuyas lluvias ocasionaron inundaciones, escurrimientos y afectaciones a comunidades y vías de comunicación de Bacalar y Othón P. Blanco. Estos antecedentes justifican analizar, además de los vientos extremos, la respuesta del sistema lagunar, la acumulación de agua en zonas bajas y la continuidad de los escurrimientos regionales

Entre las afectaciones que han ocasionado los fenómenos meteorológicos mencionados sobresale la ocasionada directamente a la flora silvestre, ya que los fuertes vientos que traen las tormentas tropicales ocasionan desde el desgajamiento de ramas hasta el derribo de árboles enteros, además de inundaciones de áreas forestales que, a la postre termina con la pérdida de la vegetación forestal. Posteriormente, el material muerto resultante se convierte en material combustible durante la época de secas. Todo esto afecta, también, indirectamente a la fauna silvestre, por la pérdida de hábitat, y al suelo, por la exposición a la que queda expuesto.

En los últimos 15 años no se ha tenido una gran presencia de tormentas o depresiones tropicales o huracanes que golpeen directa y fuertemente el estado de Quintana Roo. De acuerdo con información publicada por la CONAGUA (ver: https://smn.cna.gob.mx/es/ciclones-tropicales/informacion-historica), entre el 2005 y el 2020 se han presentado 22 ciclones tropicales que han incidido directamente en el Estado; el año de 2005 cuando se tuvo un mayor número de ellos, siendo estos: la depresión tropical Cindy, el huracán Emily, la tormenta tropical Stan y el huracán Wilma (Tabla IV-1). Sin embargo, Dean fue el que más afectación ocasionó con sus 260 km h-1 de vientos sostenidos y rachas de hasta 315 km h-1 en agosto de 2007. Recientemente tenemos Delta, el cual golpeó el Estado directamente en Puerto Morelos con vientos máximos de 175 km h-1, rachas de 205 km h-1 y un desplazamiento hacia el noroeste a 28 km h-1.

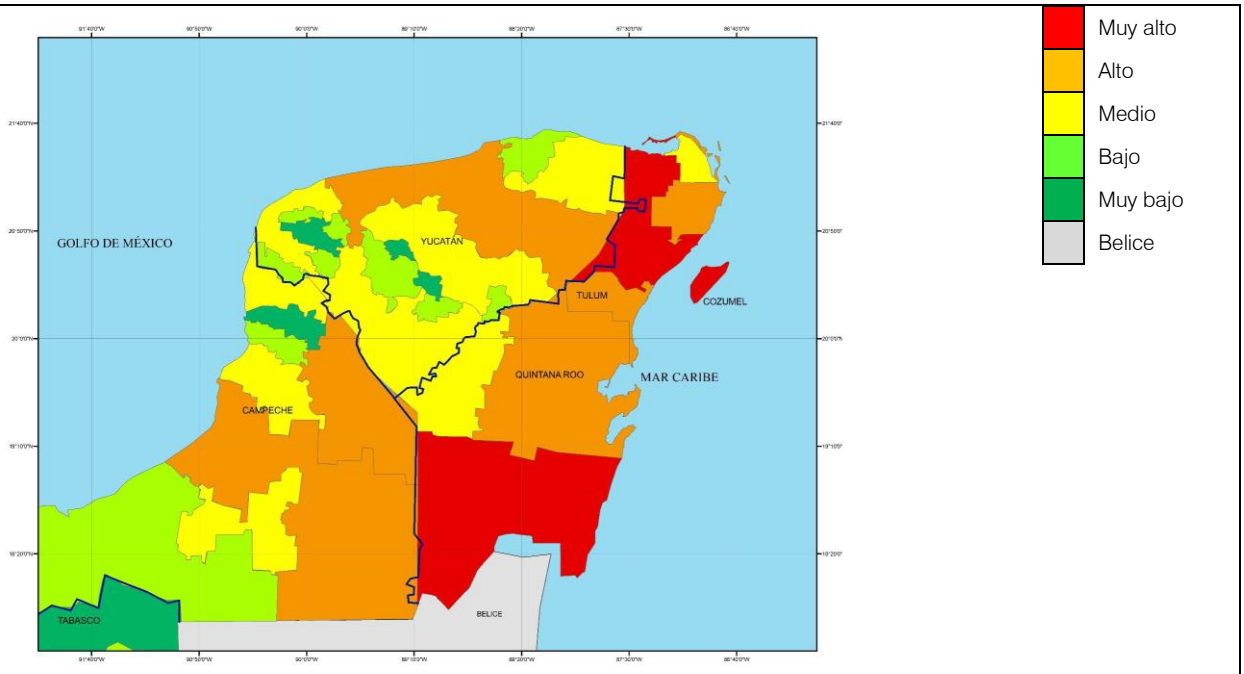
Tabla IV-1. Fenómenos hidrometeorológicos de mayor impacto en el estado de Quintana Roo entre 1988 y 2020§.

Año	Nombre	Categoría§§	Periodo	Vientos máximos (km h^{-1})	
				Sostenidos	Rachas
1988	Gilberto	H5	3-19 sept	295	320
1995	Opal	H5	27/sep – 05/oct	240	
1998	Mitch	H5	22/oct – 05/nov	285	
2000	Gordon	DT	14-18 sep	55	
2001	Chantal	TT	15-22 sep	115	
2003	Claudette	H1	08-16 jul	110	
2004	Iván	H5	02-24 sep	275	325
2005	Cindy	DT	3-6 jul	55	
	Emily	H4	10-21 jul	215	
	Stan	TT	01-05 oct	75	
	Wilma	H4	15-25 oct	230	
2007	Dean	H2	20-21 ago	260	315
2008	Arthur	Tt	31/may-01/jun	65	
	Dolly	Tt	20-21 de jul	85	100
2009	Ida	H2	04-09 de nov	165	205
2010	Alex	H2	25/jun-01/jul	90	165
	Karl	H3	14-18 de septiembre	100	230
	Richard	Dt	20-26 de octubre	55	75
2011	Rina	Tt	23-28 de octubre	95	175
2012	Ernesto	H1	01-10 de agosto	140	175
	Leslie	H1	30/ago-11/sep	120	150
2013	Ingrid	H1	12-17 sep	140	165
2014	Dolly	Tt	01-03 de septiembre	85	100
2015	Bill	Tt	15-17 de junio	95	110
2016	Earl	H1	02 – 06 agosto	130	150
2017	Franklin	H1	06 – 10 agosto	140	165
2018	Alberto	Tt	25 - 29 mayo	100	120
2018	Michael	H4	06 – 12 octubre	230	275
2020	Delta	H2	06 -08 octubre	175	205
2021	Greace	H1	19-20- agosto	120	150

§ Con información de la CONAGUA, ver: https://smn.cna.gob.mx/es/ciclones-tropicales/informacion-historica.

§§ Categorías: H = Huracán, seguido del número de acuerdo con clasificación según la escala Saffir-Simpson; Tt = Tormenta tropical y, Dt = Depresión tropical.

De acuerdo con el mapa de amenazas por presencia de ciclones tropicales del estado de Quintana Roo elaborado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Bacar se considera de riesgo alto de ser impactado por estos fenómenos hidrometeorológicos (Figura IV-10). Dicho análisis es resultado del histórico sufrido en el municipio y de la incidencia de estos sucesos en la región.



Fuente: SEDATU (2016).

Figura IV-10. Mapa de amenaza por presencia de ciclones tropicales para el estado de Quintana Roo, elaborado por el CENAPRED.

IV.1.1.4. Inundaciones

Las altas precipitaciones que normalmente se presentan en el estado de Quintana Roo, aunado al relieve de toda la Península, incluyendo el Estado, y la superficialidad de la roca madre, convierten a la región susceptible a inundaciones que afectan no solo las áreas urbanas, sino también áreas forestales y agropecuarias. Si bien, el material kárstico del subsuelo facilita la filtración del agua acumulada de las altas precipitaciones, esto reduce las afectaciones que ello ocasionan, pero no las impiden.

Debido a la devastación que este tipo de fenómenos ocasionaba a las poblaciones fue que se empezaron a tomar medidas de protección, enfocándose en las zonas litorales. Entre las medidas efectuadas por el gobierno federal, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, fue la elaboración de los atlas de riesgo, en los que, entre otros objetivos, se definieron las estrategias para reducir los riesgos de la población ocasionados por los efectos naturales.

La zona en Bacalar en Othón P Blanco se encuentra expuestas a las inundaciones por marea y por lluvias abundantes o falla de alguna estructura hidráulica, provoca el incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y genera daños a la población, agricultura, ganadería e infraestructura (Salas & Jiménez, 2004).

Con base en la información del índice de peligro de inundaciones del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2016), se determinó que el total del SA incide en el índice de peligro “Alto” (Figura IV-11).

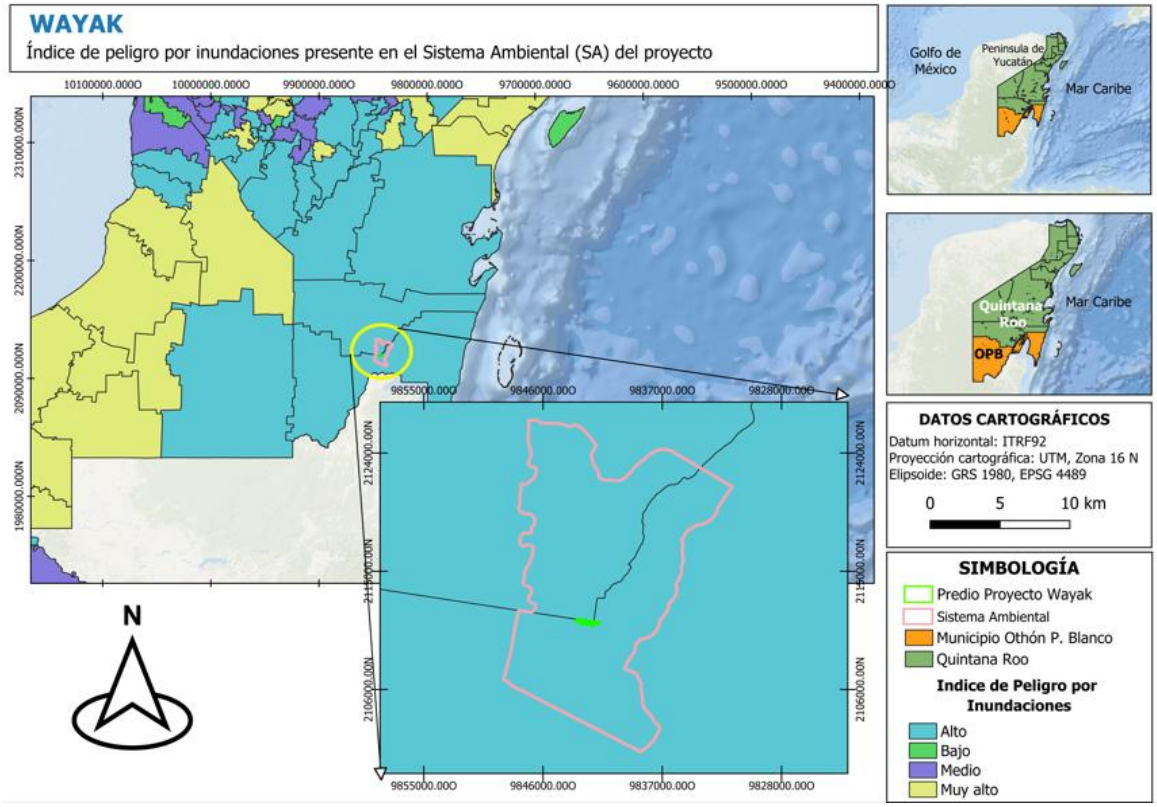
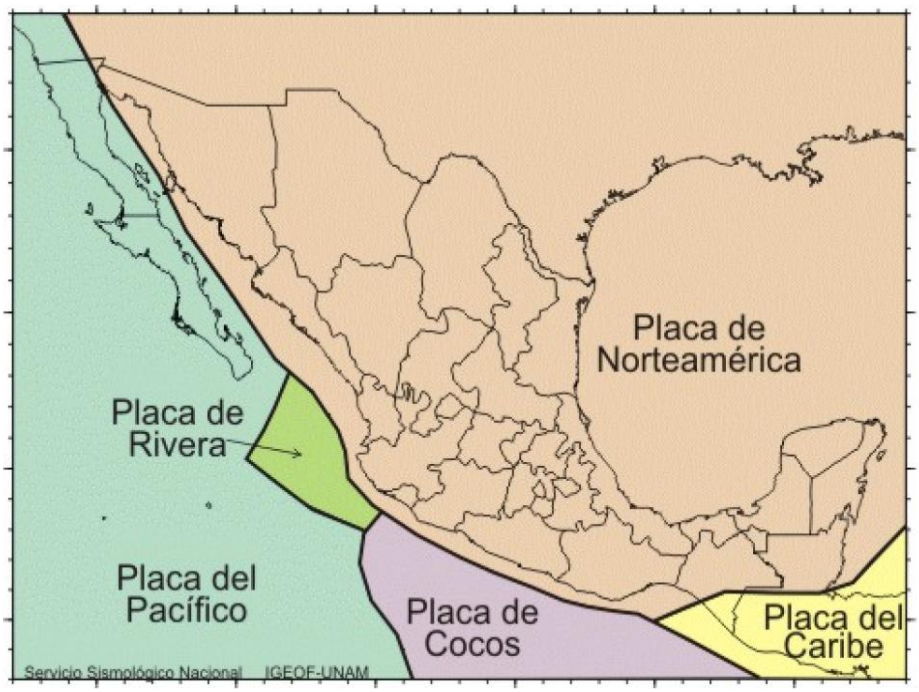


Figura IV-11. Índice de peligro por inundaciones del SA dentro del que se encuentra el AP.

IV.1.2 Sismicidad

México se encuentra en una zona de alta sismicidad debido a la interacción de 5 placas tectónicas: la placa de Norteamérica, la del Pacífico, la del Caribe, la de Rivera y la placa de Cocos (Figura IV-12). De acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional, estas últimas dos placas se encuentran en subducción (se sumergen) debajo de la placa de Norteamérica y, la de Cocos, además, con la placa del Caribe. Rivera se sumerge bajo Jalisco y Colima, mientras que Cocos lo hace debajo de Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (García, 2007). Al sur de Chiapas y en Centroamérica, Cocos continua, pero ahora subduciendo debajo de la placa del Caribe.



Fuente: Servicio Sismológico Nacional, en:
http://www.ssn.unam.mx/jsp/reportesEspeciales/sismoMayor.pdf

Figura IV-12 Placas téctonicas que se encuentran influenciando la República Mexicana.

De acuerdo con DeMets et al., Gripp y Gordon, y DeMets citados por García (2007), la placa de Norteamérica se mueve hacia la placa de Cocos, mientras que la placa del Caribe está esencialmente estacionaria o se aleja muy lentamente de la placa de Cocos. Estos movimientos, principalmente el convergente que existe entre las placas Norteamericana con la de Cocos y la del Caribe con la Norteamericana, son los que generan grandes liberaciones de energía en forma de ondas sísmicas y de otros procesos tectónicos.
La liberación de las ondas sísmicas se manifiesta externamente mediante los movimientos telúricos, los que dependiendo de la energía a liberarse es la intensidad del movimiento. Normalmente, y principalmente en las grandes ciudades, movimientos con intensidades menores a 4 grados son poco o imperceptibles, mientras que, por otro lado, sismos por arriba de 5 grados son altamente perceptibles y, en algunos casos, devastadores.

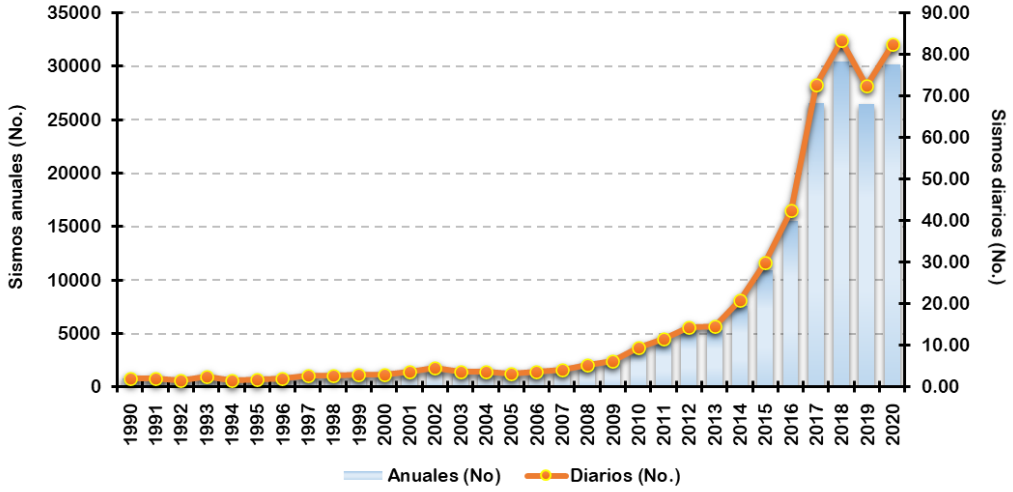
De 1990 a 2020, en México se han tenido en promedio 17 temblores por día, con un mínimo de 1.7 (1992 y 1994) y un máximo de 83.3 (2018), según la base de datos del Servicio Sismológico Nacional (ver: http://www2.ssn.unam.mx:8080/estadisticas/) (Tabla IV-2). Esta incidencia se ha ido acrecentando, en la década de los 90's se tuvieron 2.3 temblores diarios, en promedio, pero a partir de 2010 éstos se han incrementado de manera exponencial, hasta llegar a tener 83.3 diarios en el 2018 (Figura IV-13). Fue este último año, precisamente, que se alcanzó el máximo, en 2019 hay una ligera disminución en el número de sismos, falta ver si esa baja se mantiene o fue una caída momentánea como lo muestra la tendencia que se tuvo en el 2020.

De los sismos registrados en el país en el periodo referido, el 80.8% fueron menores de 4 grados, y solo 118 (0.07% con respecto al total) fueron superiores a 6 grados.

Tabla IV-2. Número de sismos, clasificados por magnitud, presentes en México de 1990 a 2019 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional[§].

Año	Sismos (No.)	Diarios (No.)	No calculables	0 - 29	3 - 3.9	4 - 4.9	5 - 5.9	6 - 6.9	7 - 7.9	8 - 8.9	Total
1990	796	2.2	1	12	247	510	24	2	0	0	796
1991	728	2.0	4	2	183	509	29	1	0	0	728
1992	614	1.7	1	4	184	398	27	0	0	0	614
1993	916	2.5	1	47	274	548	40	5	1	0	916
1994	622	1.7	0	20	192	383	24	3	0	0	622
1995	678	1.9	0	17	188	438	26	6	2	1	678
1996	789	2.2	0	8	203	543	32	2	1	0	789
1997	1019	2.8	13	44	388	533	34	6	1	0	1019
1998	1024	2.8	2	11	453	532	21	5	0	0	1024
1999	1099	3.0	1	12	542	527	11	4	2	0	1099
2000	1052	2.9	9	28	463	531	18	2	1	0	1052
2001	1344	3.7	9	8	704	585	32	6	0	0	1344
2002	1688	4.6	0	4	880	760	40	4	0	0	1688
2003	1323	3.6	0	5	728	568	18	3	1	0	1323
2004	1346	3.7	0	2	669	639	33	3	0	0	1346
2005	1210	3.3	0	1	678	514	17	0	0	0	1210
2006	1356	3.7	0	0	792	544	19	1	0	0	1356
2007	1528	4.2	0	1	728	764	33	2	0	0	1528
2008	1958	5.4	0	7	1154	780	15	2	0	0	1958
2009	2301	6.3	0	5	1648	610	37	1	0	0	2301
2010	3462	9.5	0	23	2454	954	27	3	1	0	3462
2011	4272	11.7	0	44	3357	839	27	5	0	0	4272
2012	5244	14.4	1	21	4106	1054	50	10	2	0	5244
2013	5361	14.7	0	57	4221	1046	33	4	0	0	5361
2014	7608	20.8	1	238	6365	954	42	7	1	0	7608
2015	10946	30.0	1	251	9056	1605	30	3	0	0	10946
2016	15547	42.6	0	557	13501	1453	29	7	0	0	15547
2017	26564	72.8	0	470	21628	4383	79	2	1	1	26564
2018	30407	83.3	0	1584	25657	3122	41	2	1	0	30407
2019	26444	72.4	0	308	23004	3087	43	2	0	0	26444
2020	30128	82.5	0	308	26752	3031	34	2	1	0	30128
Máx	30407	83.3	13	1584	26752	4383	79	10	2	1	
Mín	614	1.7	0	0	183	383	11	0	0	0	
Media	6109	17	1.4	132	4884	1056	31	3	1	0	
STD	9340.7	25.6	3.1	306.6	8159.6	983.5	12.7	2.3	0.7	0.2	
CV	152.9	152.9	221.1	231.9	167.1	93.1	40.9	67.6	131.1	387.1	

[§] Fuente: Servicio Sismológico Nacional, en: http://www2.ssn.unam.mx:8080/estadisticas/



Fuente: Elaboración propia con información del Servicio Sismológico Nacional, en: http://www2.ssn.unam.mx:8080/estadisticas/

Figura IV-13. Sismos totales anuales y promedios diarios presentes en México de 1990 a 2020 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional.

De 2000 a 2020 se han presentado 238 sismos de magnitud ≥ 5.5 a nivel nacional (Servicio Sismológico Nacional, en: http://www2.ssn.unam.mx:8080/sismos-fuertes/). El estado de Chiapas es el de mayor incidencia sísmica con el 28.99% de ellos, le siguen los estados de Oaxaca y Jalisco con el 20.59% y 10.92%, respectivamente (Figura IV-14). De estos sismos, solo uno ha sido referenciado con el estado de Quintado Roo, mismo que tuvo una magnitud de 5.7, con epicentro a 555 km al norte de Isla Mujeres, teniendo lugar el 10 de septiembre de 2006.

septiembre de 2006.



Fuente: Elaboración propia con información del Servicio Sismológico Nacional, en: http://www2.ssn.unam.mx:8080/sismos-fuertes/

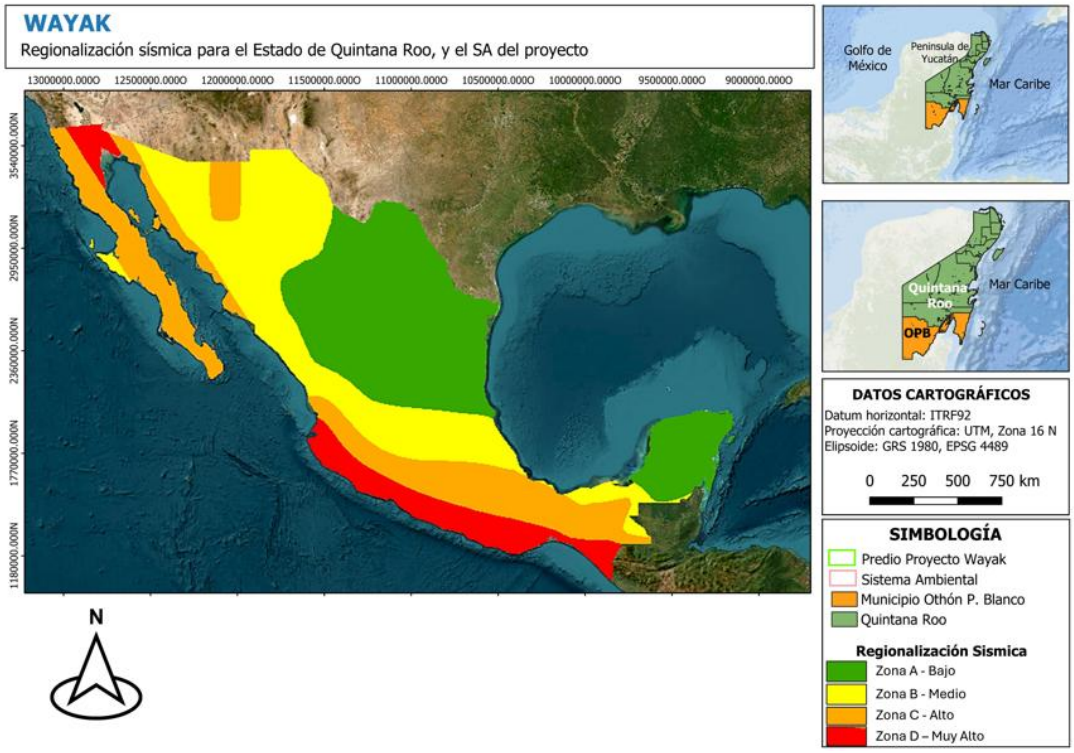
Figura IV-14 Incidencia de sismos superiores a 5.5 de magnitud entre el 2000 y 2020 a nivel nacional.

Históricamente se ha considerado que la península de Yucatán, incluyendo el estado de Quintana Roo, como una región libre de sismos (Figura IV-15), pero de acuerdo con el registro del Servicio Sismológico Nacional no es así debido a su poca, pero presente, actividad sísmica. La base de datos del Sismológico (ver: http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/), deja ver que de 1970 a 2020 se han presentado 35 movimientos telúricos con epicentro referenciados al Estado (Tabla IV-3; Figura IV-16); lo que no implica que se hayan dejado sentir en la zona terrestre estatal. De éstos, dos estuvieron en una magnitud de entre 3 y 3.9, 25 entre 4 y 4.9, siete con una magnitud entre 5 y 5.9 y, solo uno con una magnitud mayor de 6. Los sismos con una magnitud $\geq$ 5 se han presentado principalmente en las décadas de los 70´s y 80´s, solo dos eventos de este tipo se presentaron posterior al año 2000. El primero de ellos es el ya mencionado de magnitud 5.6 que se presentó en septiembre de 2006 a 555 km al norte de Isla Mujeres y, el segundo, tuvo lugar el 10 de abril de 2013, con una magnitud 5.4 a 321 km al sureste de Chetumal.

No es muy claro el origen de estos movimientos telúricos, ya que no hay evidencia de actividad volcánica ni de reactivación de fallas activas, así como tampoco de grandes afectaciones humanas (como explotaciones en el subsuelo, construcción de embalses o uso excesivo de detonaciones) que pudieran ser el origen de estos eventuales movimientos telúricos; por lo que, se cree que podría ser originado por un rompimiento del balance geohidrológico en la región.

El sistema ambiental analizado en la Zona A de acuerdo con la regionalización sísmica presentada en el sistema nacional de información sobre riesgos del CENAPRED, es considerada una zona de bajo riesgo en cuanto a peligro de presencia de sismos se refiere.

peligro de presencia de sismos se refiere.



Fuente: Elaboración propia con información de la CFE, en: https://www.arcgis.com/home/item.html?id=38ddd78848e64eeeb55e2c8027d76ffe.

Figura IV-15. Regionalización sísmica del país, incluyendo la península de Yucatán, realizada por la CFE. Sismicidad: a) zona A baja; b) zona B, media; c) zona C, alta y, d) zona D, muy alta.

Tabla IV-3. Sismos, clasificados por magnitud, con epicentro referenciado al estado de Quintana Roo entre 1970 y 2020 de acuerdo con la base de datos del Servicio Sismológico Nacional§.

Fecha	Hora	Magnitud	Latitud	Longitud	Profundidad (km)	Referencia de localización
10/12/1974	00:01:32	3.0	31.35	-87.47	10	1,120 km al norte de Isla Mujeres
13/03/1975	17:40:10	5.2	16.32	-86.96	33	281 km al sureste de Chetumal
04/02/1976	11:20:44	4.4	15.86	-88.29	5	292 km al sur de Chetumal
08/02/1976	02:13:46	5.6	15.57	-88.47	5	325 km al sur de Chetumal
27/04/1976	23:15:37	4.0	15.88	-86.13	36	371 km al sureste de Chetumal
14/07/1976	03:23:28	4.6	15.72	-88.01	33	309 km al sur de Chetumal
01/09/1976	22:15:05	4.3	15.63	-88.49	43	318 km al sur de Chetumal
21/07/1977	18:30:42	4.6	17.2	-86.27	33	259 km al sureste de Chetumal
19/08/1977	20:46:11	5.7	16.61	-86.85	14	260 km al sureste de Chetumal
19/08/1977	21:51:54	5.9	16.7	-86.61	36	269 km al sureste de Chetumal
20/08/1977	06:21:04	4.7	16.95	-86.43	33	263 km al sureste de Chetumal
15/07/1978	18:31:19	4.8	16.33	-86.93	33	281 km al sureste de Chetumal
15/05/1979	16:44:42	4.6	15.7	-88.43	33	310 km al sur de Chetumal
28/07/1980	11:16:04	4.3	15.78	-88.71	33	304 km al sur de Chetumal
08/08/1980	23:45:11	6.5	15.879	-88.505	24	291 km al sur de Chetumal
04/03/1981	23:49:08	4.9	16.4	-86.7	33	288 km al sureste de Chetumal

Fecha	Hora	Magnitud	Latitud	Longitud	Profundidad (km)	Referencia de localización
30/06/1981	17:10:12	4.7	16.72	-86.25	9	294 km al sureste de Chetumal
04/09/1981	23:38:50	4.5	16.58	-86.66	9	275 km al sureste de Chetumal
26/04/1982	18:14:04	4.9	14.55	-87.73	44	441 km al sur de Chetumal
26/04/1982	18:53:22	4.9	14.65	-87.61	33	432 km al sur de Chetumal
26/04/1982	21:15:20	5.0	14.53	-87.59	334	446 km al sur de Chetumal
27/07/1982	00:54:43	4.9	14.61	-87.85	33	433 km al sur de Chetumal
14/04/1983	19:35:03	4.8	15.56	-88.66	8	328 km al sur de Chetumal
18/04/1997	09:57:35	3.9	25.78	-86.55	33	501 km al norte de Isla Mujeres
10/06/2002	00:36:39	4.6	19.04	-88.08	12	60 km al sur de Felipe Carrillo P.
21/06/2005	12:04:38	4.5	17.96	-87.87	20	76 km al sureste de Chetumal
10/09/2006	09:56:09	5.7	26.25	-87.26	10	555 km al norte de Isla Mujeres
15/03/2009	23:17:46	4.2	16.94	-86.25	20	278 km al sureste de Chetumal
10/12/2011	08:08:02	4.8	16.87	-86.18	34	289 km al sureste de Chetumal
03/05/2012	13:08:09	4.7	17.2688	-85.5467	20	322 km al sureste de Chetumal
11/05/2012	01:14:58	4.4	15.8322	-88.4172	10	296 km al sur de Chetumal
10/04/2013	14:13:59	5.4	15.8648	-87.0532	10	321 km al sureste de Chetumal
24/08/2013	13:58:47	4.7	15.5658	-86.0355	10	405 km al sureste de Chetumal
13/01/2014	21:06:54	4.3	16.1238	-88.743	3	267 km al sur de Chetumal
11/01/2015	21:49:16	4.2	20.3183	-87.5048	5	56 km al suroeste de Playa del Carmen

§ Fuente: Servicio Sismológico Nacional, en: http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/

A este respecto, la SEDESOL (2017) afirmó que el riesgo de que se presenten movimientos telúricos en el Municipio es muy bajo, debido a las características geofísicas de la región y a la gran distancia a la zona sismo generadora del país.

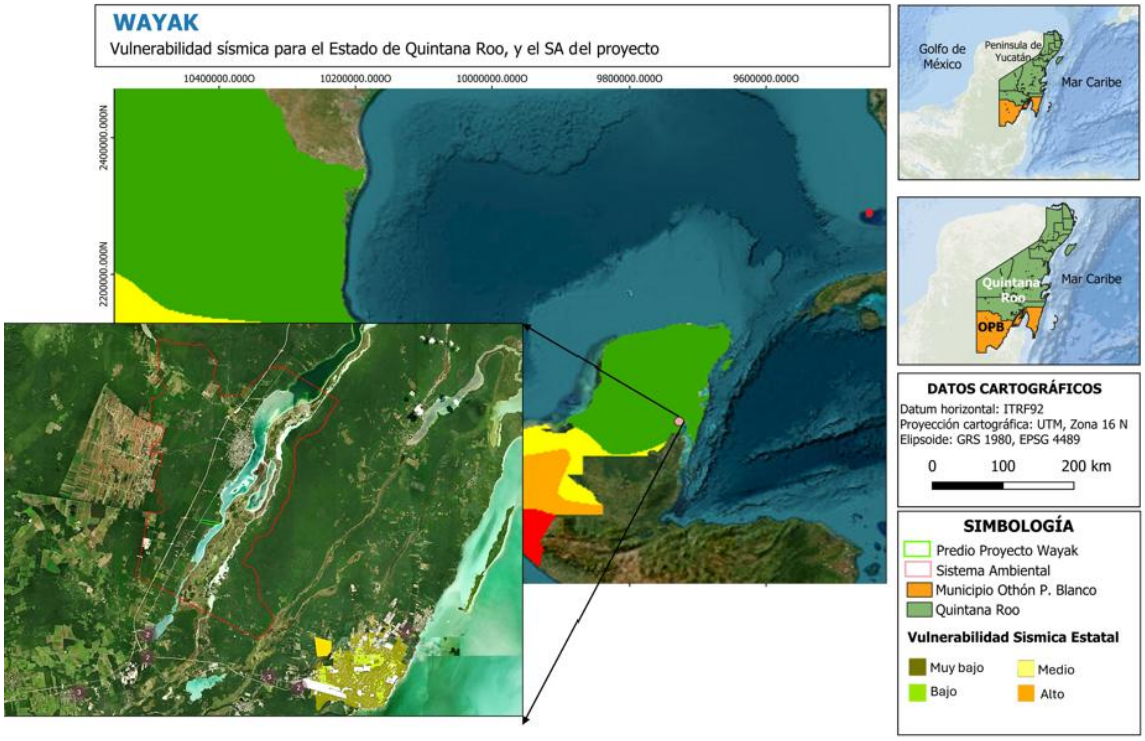


Figura IV-16. Mapa sísmico para el estado de Quintana Roo considerando los movimientos telúricos de 1970 a 2020.

IV.1.3 Fisiografía

México es un país con una gran variación topográfica y geológica, representado por sistemas montañosos que corren cerca o relativamente cerca de las zonas de costa, mesetas o valles centrales, planicies costeras y áreas con poco relieve en los extremos, con intercalación entre ellas. Esta gran variación llevó a diferenciar y clasificar el territorio nacional en provincias y subprovincias fisiográficas. Las provincias representan las características generales de relieve, origen geológico y paisaje de una región específica. Y, por otro lado, las subprovincias agrupan regiones con características topográficas similares que las diferencian de otras dentro regiones. Cabe mencionar que dentro de las provincias fisiográficas existen pequeñas áreas con características paisajísticas y geológicas muy particulares, pero dado a su tamaño no se consideran o caen dentro de subprovincias, por lo que se les considera como discontinuidades fisiográficas.

El INEGI presentó la clasificación fisiográfica del territorio nacional dividiéndolo en 15 provincias, 73 subprovincias y 13 discontinuidades fisiográficas. El área de influencia del proyecto delimitado para su desarrollo se ubica en la provincia denominada “Península de Yucatán” (Figura IV-17), la cual se trata de una provincia rocosa con hondonadas someras que, a su vez, se divide en solo tres subprovincias fisiográficas: 62 Carso yucateco; 63 Carso y lomeríos de Campeche, y 64 Costa baja de Quintana Roo (Figura IV-18).

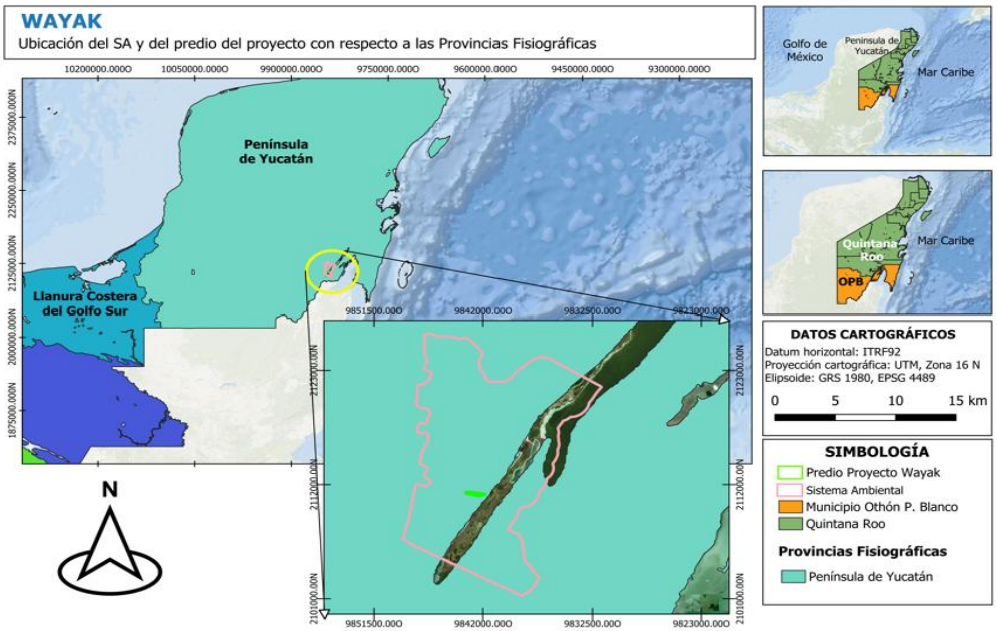


Figura IV-27. Ubicación del área del SA y del predio del proyecto, con respecto a la provincia fisiográfica “Península de Yucatán.

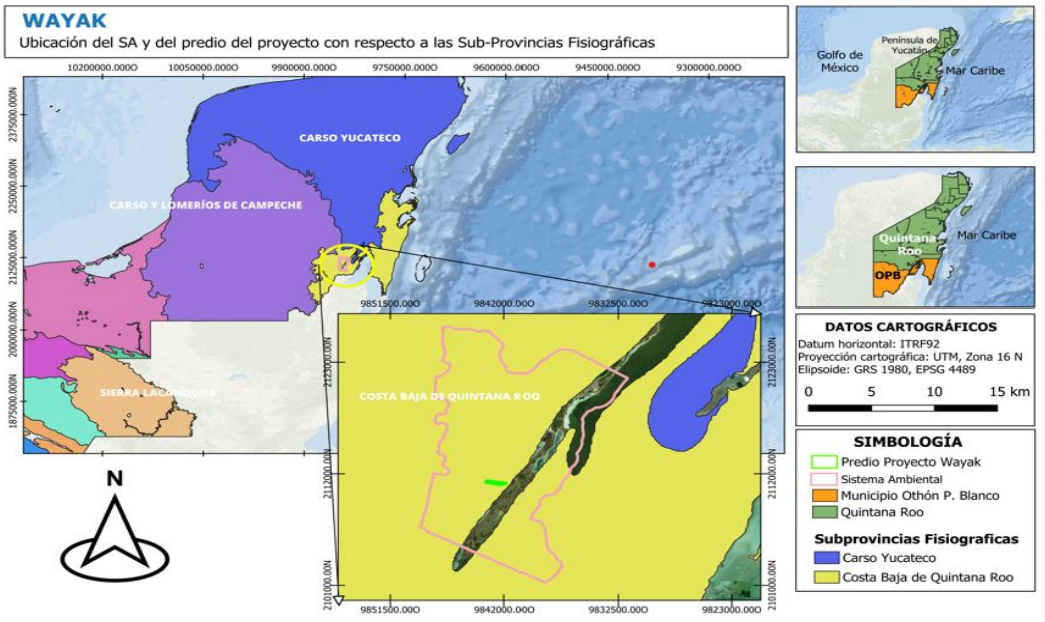


Figura IV-18. Ubicación del SA y AP, en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, con respecto a la subprovincia fisiográfica “Carso Yucateco”.

Esta provincia fisiográfica se ubica en el sureste de la república mexicana, comprendiendo la totalidad de los estados de Yucatán y Quintana Roo y, la gran mayoría territorial del estado de Campeche. Sus límites son: al norte y oeste con el Golfo de México; al sur con Belice; al sureste con la provincia fisiográfica "Llanura Costera del Golfo Sur" y, al este con el mar Caribe.

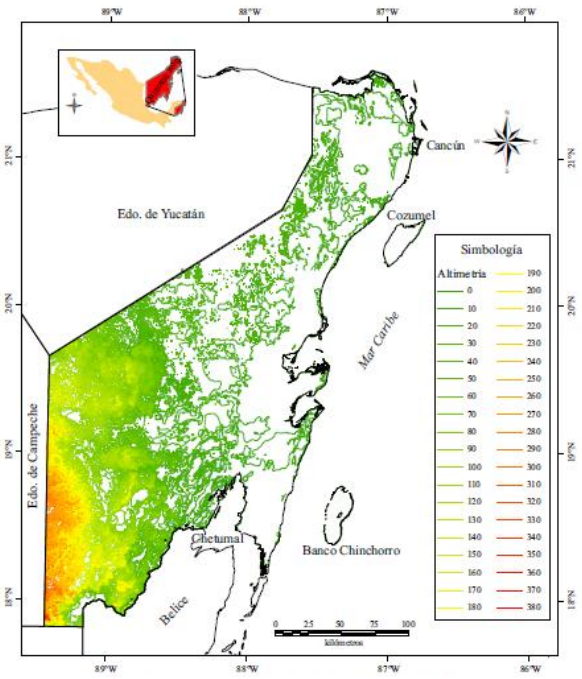
Lugo-Hubp et al. (1992), mencionan que la península de Yucatán está conformada por dos unidades morfológicas: la primera comprende el norte de la península, donde predominan las planicies y las rocas sedimentarias neogénicas y, la segunda se ubica en el sur, donde se mezclan planicies con lomeríos de hasta 400 msnm que se desplantan sobre rocas sedimentarias oligocénicas.

Una de las características distintivas de esta provincia es su poca variabilidad altitudinal, reportándose en promedio 50 msnm, por lo que se considera un terreno predominantemente plano. La parte con mayor variación de relieve es la Sierrita de Ticul, la cual se ubica entre los municipios de Ticul y Peto, al sur del estado de Yucatán. Otra de las características distintivas de esta provincia es su flujo hídrico subterráneo, el cual se da por la red de cavernas por las que corre el agua, además de la presencia de cenotes (dolinas), que son afloramientos hidrológicos en el sistema de cavernas.

Al sur, en los límites con Campeche y Guatemala se localizan las mayores elevaciones, encontrándose altitudes hasta de 241 msnm; al oeste en los límites con Yucatán se tienen altitudes de hasta 100 msnm y al norte llega a alcanza los 80 metros que va disminuyendo hasta llegar a nivel del mar conforme se aproxima a la costa. Las principales elevaciones en esta provincia fisiográfica son: cerro El Charro con 230 msnm, cerro El Gavilán con 210 msnm, cerro Nuevo Becar con 180 msnm y cerro El Pavo con 120 msnm.

En otro nivel, el área de influencia del proyecto se ubica dentro de la subprovincia fisiográfica "62: Carso yucateco" (Figura IV-18). Ésta se conforma por la mayoría territorial de los estados de Yucatán y Quintana Roo, y solo una pequeña superficie de Campeche. Se ubica, parcial o totalmente, en los 11 municipios del Estado: Isla Mujeres, Lázaro Cárdenas, Puerto Morelos, Benito Juárez, Solidaridad, Cozumel, Tulum, Felipe Carrillo Puerto, José Ma. Morelos, Bacalar y Othón P. Blanco.

Particularmente, el estado de Quintana Roo presenta una variación altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 380 msnm (Fragoso-Servón et al., 2014a) (Figura IV-19). La altitud va ascendiendo de este hacia el oeste y de norte a sur, siendo el extremo suroeste donde se presentan las mayores alturas, en la región donde se juntan los municipios de Othón P. Blanco y Bacalar con el municipio de Calakmul, Campeche. Sin embargo, la zona de mayor altitud del estado se ubica en una subprovincia fisiográfica diferente a la que donde se ubica el área del proyecto, es decir, en la subprovincia "63: Carso y lomeríos de Campeche".



Fuente: Fragoso-Servón et al. (2014a).
Figura IV-19. Variación altitudinal en el estado de Quintana Roo

El área de influencia y predio del proyecto se ubican dentro de un área de la subprovincia fisiográfica clasificada como playa o barra, con presencia de piso rocoso, de acuerdo con la información presentada por el INEGI en la carta fisiográfica Mérida.

De acuerdo con la información del conjunto de datos fisiográficos, continuo nacional (INEGI, 2001), el SAR incide en la subprovincia fisiográfica (Figura IV-20) Costa Baja de Quintana Roo: Limita al este con el Mar Caribe y al sur con el Río Hondo. Destacan en el extremo oriental lagunas costeras que alternan con tres bahías: Ascensión al norte, Espíritu Santo al este y al sur la Bahía de Chetumal. Esta subprovincia la conforman ocho sistemas de topoformas, cinco tipos de llanuras y tres playas o barras, los suelos son poco profundos y mayormente salinos, la variación altitudinal del sistema ambiental y del predio lo marca en 50 m.

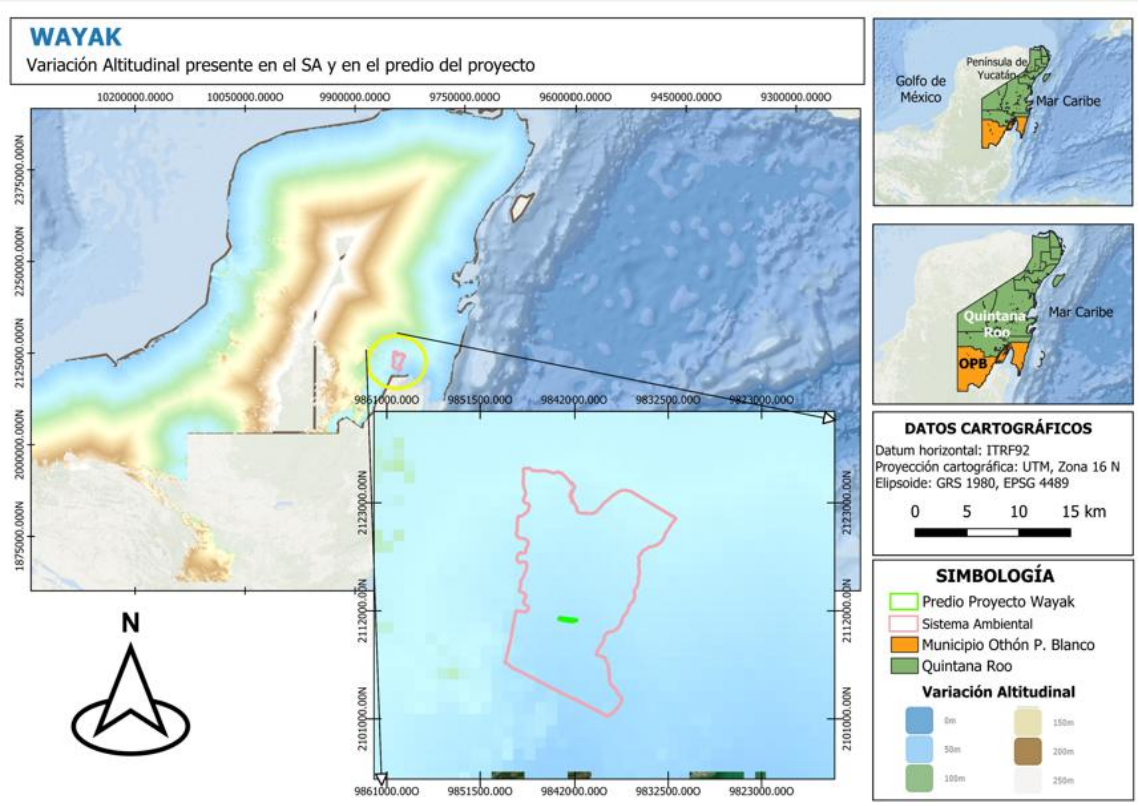


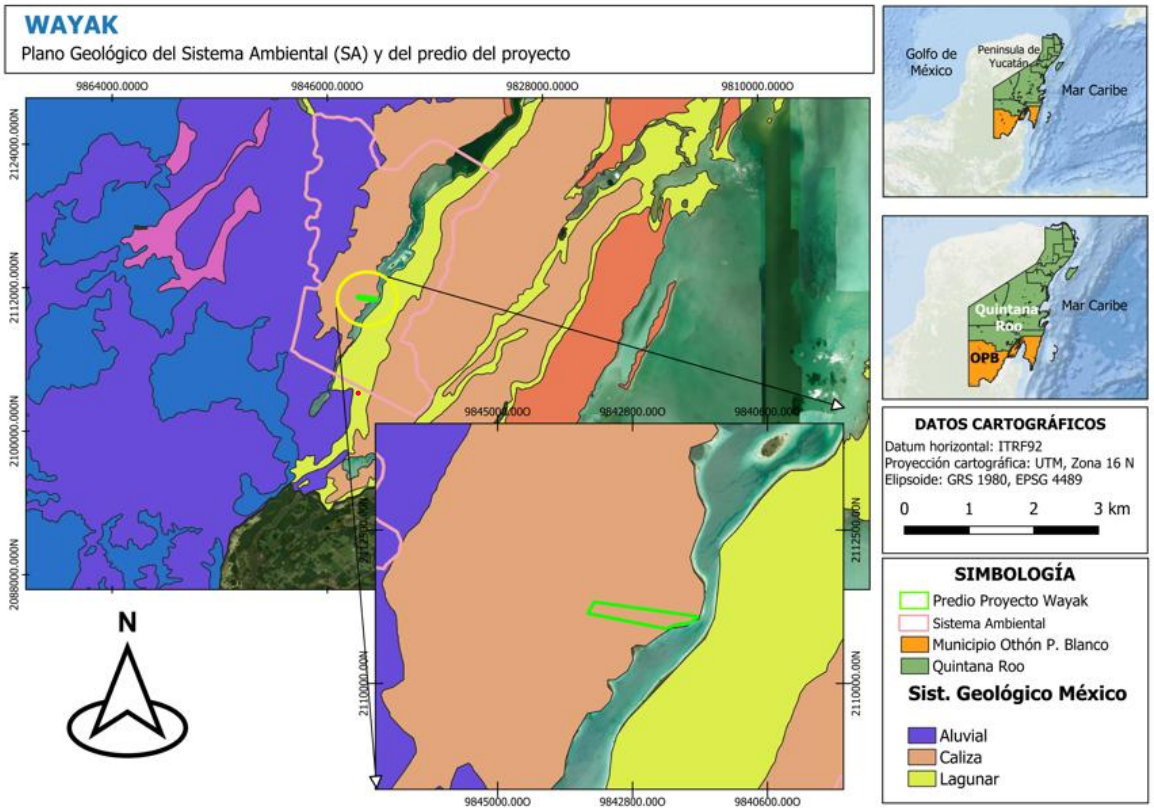
Figura IV-20. Variación altitudinal en el área SA con el predio del proyecto.

IV.1.4. Geología

La carta geológico-minera Chetumal E16-4-7 del Servicio Geológico Mexicano sitúa la región en la Plataforma de Yucatán. Describe una sucesión sedimentaria carbonatada con calizas, dolomítas y otros materiales asociados. Entre las unidades neógenas reconoce la Formación Bacalar, de caliza, y la Formación Carrillo Puerto, de caliza y coquina. Estos nombres definen el marco estratigráfico regional.

Conforme a la información contenida en la carta geológica publicada por el Sistema Geológico Mexicano (SGM, 2012), (Figura IV-21). La unidad litológica del predio. De acuerdo con esta clasificación se muestra que el 100 % se encuentra compuesto por caliza de roca sedimentaria TmCZ.

Clave TmCz: Caliza. Data del Mioceno 28 - 7 Ma (Neógeno), es un cambio de facies lateral de la unidad TmCzdo hacia una carbonatación dominante que dio lugar a la roca caliza, de esa manera son correlacionables en tiempo, a esta unidad se le conoce como formación Bacalar, se ubica en una franja alineada al noreste si se parte desde Chetumal y Xul-Ha hasta el poblado Buena Vista, la Formación Bacalar, en parte, concuerda con la depresión topográfica denominada Bacalar.



Fuente: Servicio Geológico Mexicano (2006). Carta Geológico-Minera Cancún F16-8.

Figura IV-21. Geología en SA con el predio del proyecto tomando como base la información del INEGI publicada en 1996, retomada por el Servicio Geológico Mexicano.

Estructuralmente no se han podido reconocer en superficie lineamientos importantes, sin embargo, con apoyo de información de secciones geoeléctricas realizadas en la zona abarcando la parte oeste, este. La geología del subsuelo se definió mediante la recopilación, descripción y análisis de las muestras de roca durante la perforación de pozos exploratorios. (estudio geohidrológico anexo).

En resumen, la geología del subsuelo del área de estudio está compuesta primeramente por una capa de calizas blancas de grano muy fino ligeramente margosas con lentes delgados de yeso y con un espesor entre 4.5 y 7 m, le subyace un paquete de calizas cretosas de color beige de grano fino con estratificación delgada y abundantes fósiles, con rasgos de disolución formando pequeñas oquedades con un espesor entre 4 m y 8 m disminuyendo hacia la parte más alejada a la laguna.

Por debajo de las calizas cretosas se identificó una unidad de calizas compactas dolomitizadas decolor café, amarillentas y blancas con horizontes arcillosos, arenosos y silicificados formando calcedonias de varias tonalidades, presenta fracturas y/o disolución formando pequeñas oquedades. Esta unidad mantiene espesores mayores a 20 m.

Conforme al estudio geohidrológico anexo al presente las condiciones del subsuelo del predio visto a través de una sección y/o transecto con orientación E-W elaborado con las imágenes de los videos más representativas de cada uno de los barrenos.

Esta información complementa y confirman los registros generados durante la exploración a través de los barrenos exploratorios y secciones de resistividad.

Del análisis de los videos de pozos, se observan en los primeros 6 m paredes estables sin discontinuidades importantes. En el parte oeste más lejano a la laguna por debajo de los 6 m se observan las primeras discontinuidades formando pequeños conductos y/o cavidades secas las cuales se van acrecentando conforme más cercanos estén al nivel freático del acuífero. Por debajo del nivel freático las paredes se tornan muy irregulares observándose zonas fracturadas que dan origen a cavidades y/o conductos de disolución por donde circula agua subterránea descargando hacia la laguna.

Como parte de las conclusiones se indica que la geología superficial en el área de estudio está constituida por rocas cretosas blancas o amarillentas, suaves, nodulosas y en ocasiones irregularmente laminadas, observándose ligeramente margosa y de grano fino, en algunas partes se observa brechiforme, en estratos de 35 cm, que se endurece en la superficie por efecto del intemperismo formando un caliche laminar de color gris o negro (Buterlin, 1958), estas rocas se presentan a lo largo de la laguna de Bacalar y pertenece a la formación Bacalar (Mioceno), con permeabilidad alta.

En la parte próxima a la laguna se identificaron sedimentos y fragmentos no consolidados de limo, arena, arcilla, grava y/o material calcáreo suelto, lodos calcáreos y mezclada con materia orgánica en colores grises, negros y cafés en varios tonos de permeabilidad baja;

Estructuralmente en el área de estudio la continuidad de los estratos es interrumpida por fallas normales que dan al terreno una configuración escalonada. Las fallas tienen longitud de varios kilómetros y se manifiestan en escarpes con desnivel de 10 a 100 m, en alguna de ellas han originado fosas gradualmente convertidas en pantanos, lagos y lagunas, siendo la mayor de ellas la Laguna de Bacalar.

IV.1.5 Edafología

IV.1.5.1. Generalidades

El suelo cumple una serie de funciones importantes en los ecosistemas, funcionando como captador y filtrador de agua de lluvia, almacén de nutrientes para las plantas y macro y microorganismos del suelo, banco de semillas, anclaje para las plantas, refugio de fauna silvestre, neutraliza y retiene sustancias tóxicas, fija gases de efecto invernadero, entre otras. Pero, no podemos dejar de mencionar una que en los últimos años ha cobrado relevancia, siendo esta la de funcionar como almacén de carbono (solo superado por los mares y océanos).

El suelo es un cuerpo natural tridimensional, organizado e independiente, formado a partir de la intemperización de rocas y sedimentos; por la interacción del clima, la biota, el relieve y el tiempo (Jenny, 1994). En su constitución se diferencian cuatro componentes: materia mineral, materia orgánica (MO), agua y aire. En un suelo superficial de textura franca y en condiciones ideales para el crecimiento de las plantas, la proporción que deberían de guardar sus componentes es de 45-5-25-25%, en el orden anteriormente citado.

En los minerales se distinguen tres partículas importantes: arenas, limos y arcillas. La MO se distingue entre viva (biota) y no viva (biomasa). Por otro lado, la fase líquida se compone principalmente por el agua que entra y se conserva en el suelo. Y, por último, la fase gaseosa que se compone, principalmente, de vapor de agua, dióxido de carbono (CO_2), oxígeno (O_2) y algunos elementos que tienen una fase gaseosa como el nitrógeno (NOx).

La interacción de los componentes del suelo antes mencionados le confiere una serie de propiedades y características propias. De esta manera, se distinguen propiedades físicas y químicas del suelo, las cuales no se mantienen constantes, variando por diversas causas antropogénicas y ambientales.

Para la clasificación del suelo es necesario conocer a detalle variables de sus propiedades físicas y químicas (Cuanalo, 1981). Como parte de las variables de las propiedades físicas a determinar en campo están la textura, estructura, porosidad, consistencia, color, permeabilidad, número, tipo y ancho de horizontes y la densidad aparente. Y, entre las variables importantes a considerar para conocer las propiedades químicas del suelo están el pH, carbonato (CO3), la capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica y la concentración de los cationes intercambiables (K, Mg y Ca); siendo éstas las características más variables de un suelo.

La edafología debe analizarse como un mosaico vinculado con posición topográfica, material parental, redistribución de arcillas, materia orgánica y régimen de agua. En el mapa regional de INEGI destacan Leptosols y unidades de Gleysol en el entorno lagunar; también se observan Luvisols hacia sectores próximos del interior.

Para la zona del predio y del SA se identifica el tipo de suelo Leptosol.

Leptoso fina (LPhurz + VRhugl+LVcrlep/3): El grupo Leptosol corresponde a los suelos que: 1) Están limitados por una profundidad menor o igual a los 25 cm en los que se localiza la roca dura y continua, con una secuencia de horizontes A(B)R o; 2) Se encuentran sobre un material con más del 40% de carbonato de calcio y con la misma profundidad de suelo ya mencionada, con una secuencia de horizontes A(B)C; o 3) Contienen menos del 20 % de tierra fina hasta una profundidad de 75 cm o más (WRB, 2006).

Los leptosoles dominan en las planicies cársticas y en los lomeríos, principalmente en las partes altas de las lomas.

La distribución de leptosoles en la corresponde a una superficie predominante sobre la cual prácticamente ocupa el SAR e intercepta con el predio. Los calificadores que predominan son calcárico, cláyico, rendzico, húmico y sódico. Las clases texturales son media y fina.

Clase textural

La textura define la relación porcentual de cada uno de los grupos de partículas primarias menores de 2 milímetros de diámetro. Estas se denominan según su tamaño en arena, limo y arcilla.

Existen tres códigos que describen la clase textural de los primeros 30 cm del suelo dominante:

- Gruesa (1). Suelos arenosos con más de 70% de arena, con menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas.
- Media (2). Comúnmente llamados francos, equilibrados en el contenido de arena, arcilla y limo.
- Fina (3). Suelos arcillosos con más de 35% de arcilla, que tienen mal drenaje, escasa porosidad, son por lo general duros al secarse, se inundan fácilmente y son menos favorables al laboreo.

De acuerdo con los calificativos empleados para los tipos de suelo presentes dentro del trazo del Proyecto estos se clasificaron con clase textural de grado 3, es decir las coberturas de suelo presentan mayoritariamente una textura fina.

Estado de conservación del suelo

Utilizando los datos vectoriales del Índice de degradación de suelos, proporcionados por la CONABIO, se exponen los niveles de degradación del suelo realizando un análisis cartográfico para identificar las clases de degradación presentes en el predio, el método realizado se basó en empalmar las capas vectoriales

proporcionadas sobre la capa del predio. El empalme de las capas vectoriales de degradación del suelo con los polígonos, estos no presentan algún tipo de degradación de suelos.

La descripción general de los diferentes grados de afectación del suelo (CONAFOR, 2018), son:

- Ligero: Presentan alguna reducción apenas perceptible en su productividad, en la que se ha perdido hasta el 25% de la capa superficial; entre 10 y 20% de la superficie del área presenta problemas de canalillos y cárcavas pequeñas.

- Moderado: Marcada reducción en su productividad. El suelo ha perdido de 26 a 50% de la capa superficial; presenta erosión en canalillos, canales y cárcavas pequeñas.

- Fuerte: Se requieren grandes trabajos de ingeniería para su restauración, presenta perdida de 51 a 75 % de la capa superficial del suelo. Ocurre en manchones de material consolidado, tipo tepetate o afloramientos rocosos, así como cárcavas de todos los tamaños. Presenta niveles con degradación ligera o moderada en 25% del área total.

- Extremo: Terrenos cuya productividad es irrecuperable, presenta pérdidas superiores a 75% de la capa de suelo superficial, con cárcavas profundas.

Por lo anterior, no se presenta degradación de suelo en el predio.

IV.1.1.5.2. Descripción de propiedades relevantes del suelo

a. Materia orgánica (MO)

Si bien, no existe un acuerdo claro para definir la calidad de un suelo, también es de reconocer que la MO es considerada un componente clave cuando se habla de su calidad, tomando en cuenta que es un importante almacén y fuente de nutrientes para las plantas y microorganismos (Nieder y Benbi, 2008). Además, es un componente que ejerce una gran influencia sobre las funciones físicas, químicas y biológicas del suelo, todo ello a pesar de su bajo porcentaje como componente del suelo.

La MO está compuesta por una gran variedad de compuestos, los cuales se encuentran en diferentes proporciones, y en diferentes grados de descomposición. No obstante, de manera general se habla de tres rubros generales: a) residuos de plantas y microorganismos sin degradar, formando entre 1-10% de la MO; b) fracción orgánica activa, que ocupa entre el 10 y el 40% y, c) la MO estable o resistente, conforma entre el 40 y 60% de la MO (Lickacz y Penny, 2001).

El primer rubro normalmente se encuentra ocupando la parte superior del horizonte del suelo, incluso a veces ya en proceso de descomposición. La fracción orgánica activa tiene la función de unir pequeñas partículas del suelo para formar agregados, ayudando a mantener la estructura, aeración interna, filtración de agua, resistencia a la erosión y a proporcionar nutrientes para las plantas. Y, el tercer rubro es el que se descompone más lentamente de los tres, y es el que ayuda a mantener la capacidad de retención de nutrientes para las plantas.



Figura IV-22. Presencia y distribución de materia orgánica residual, en la parte superior y en el horizonte A del suelo, así como en proceso de descomposición en el perfil de un suelo de pastizal.

Ortiz y Ortiz (1980) y Lickacz y Penny (2001) citan algunos de los efectos benéficos de la M.O. en el suelo, entre los que destacan:

- Es fuente importante de micro y macronutrimentos especialmente N, P, Y S, siendo particularmente importante el P orgánico en los suelos ácidos.
- Ayuda a la estabilización de la acidez del suelo.
- Actúa como quelatante de aluminio y micronutrientes previniendo su lixiviación y evita la toxicidad de los mismos. (un quelante tiene la propiedad de combinarse con los iones positivos bivalentes y trivalentes, formando complejos estables).
- Regula los fenómenos de adsorción especialmente la inactivación de plaguicidas.
- Mejora la capacidad de intercambio catiónica del suelo.
- La descomposición de la MO mejora la cohesión y estabilidad de los agregados del suelo ya que se producen sustancias y aglutinantes microbianos.
- Disminuye la densidad aparente.
- Aumenta la capacidad del suelo para retener agua. Ortiz y Ortiz (1980) refirieron que una lluvia de 70 mm puede humedecer unos 35 cm de profundidad en un suelo sin MO en la superficie; sin embargo, en ese mismo suelo con unas 32 t de residuos puede humedecer hasta 70 cm de profundidad del horizonte.
- Es fuente energética de los microorganismos especialmente por sus compuestos de carbono.
- Estimula el desarrollo radicular y la actividad de los macro y microorganismos del suelo.

- Al descomponerse la MO deja conductos a través de los cuales penetra el agua y se favorece la difusión de los gases que son producidos por los microorganismos.
- Actúa como agente termorregulador en el suelo, manteniéndolo a menor temperatura que la ambiental en zonas calientes y a mayor temperatura que la ambiental en zonas frías.
- Los residuos orgánicos en la superficie del suelo reducen el impacto de las gotas de lluvia y de la fuerza del viento, protegiendo al suelo contra los procesos erosivos en las épocas de lluvia y secas.
- Se reduce la pérdida de agua del suelo por efecto de evaporación.

El contenido de MO en los suelos varia debido a diferentes factores, uno de los más importantes es por el origen del suelo, siendo mayor el contenido en suelos de origen volcánico que en los suelos de origen mineral. En la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 se presenta una clasificación de los suelos de acuerdo a su contenido de MO, misma que se presenta en la Tabla IV-4.

Tabla IV-4. Clasificación de los suelos por su contenido de materia orgánica y origen del suelo§.

Clase	Materia orgánica (%)	
	Suelo volcánico	Suelo no volcánico
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1 y 6.0	0.6 - 1.5
Medio	6.1 - 10.9	1.6 - 1.5
Alto	11.0 - 16.0	3.6 - 6.0
Muy alto	> 16.1	> 6.0

§ Tabla obtenida de la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000.

a. Textura

Esta variable del suelo hace referencia a la proporción en la que se encuentran distribuidas las partículas que conformar el sustrato del suelo, las cuales son clasificadas de acuerdo con su tamaño en arena, limo y arcilla. Las partículas que tienen un diámetro mayor de 2 mm se consideran gravas y, por ello, no entran en el análisis granulométrico del suelo. En la Tabla IV–5 se muestra la clasificación granulométrica de las distintas partículas del suelo.

Tabla IV-5. Clasificación de las partículas del suelo con base a su tamaño, según la clasificación de la USDA y la USCS.

Fracción granulométrica	Tamaño de partícula (mm)	
	USDA	USCS
Arena muy gruesa	2.0 – 1.0	---
Arena gruesa	1.0 – 0.5	2.0 – 0.2
Arena media	0.5 – 0.25	---
Arena fina	0.25 – 0.10	0.20 – 0.02
Arena muy fina	0.10 – 0.05	---
Limo	0.05 – 0.002	0.02 – 0.002
Arcilla	< 0.002	< 0.002

De acuerdo con la proporción de cada partícula presente en el suelo, se establecen 12 clases texturales, las cuales se indican en el triángulo de texturas desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) (Figura IV–23). Según la dominancia de cada partícula, el suelo

adquiere características específicas en cuanto a fertilidad, retención de humedad, capacidad de infiltración del agua y velocidad de circulación del agua y aire.

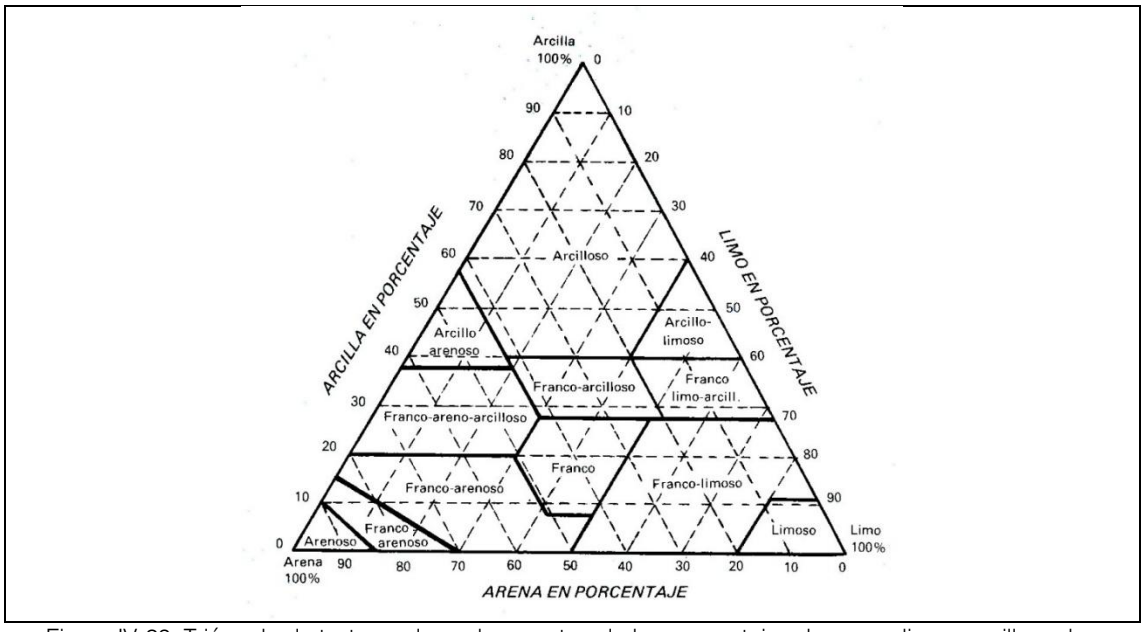


Figura IV-23. Triángulo de texturas de suelos mostrando los porcentajes de areno, limo y arcilla en las clases texturales

De manera general, las 12 clases texturales se pueden agrupar en tres grandes grupos: texturas gruesas, que agrupa las texturas arenosas, arena migajosa y franco arenoso; texturas medias, donde hay una proporción equilibrada de arena, limo y arcilla y, texturas finas o pesadas, que agrupan las texturas arcillosa, franco arcilloso, franco arcillo arenosa, franco limosa y limosa.

Cada grupo de texturas (finas, medias o gruesas) tienen un comportamiento específico en la velocidad de infiltración del agua y otras propiedades importantes del suelo. En suelos de texturas finas la infiltración es muy lenta, mientras que, en suelos de textura gruesa, la infiltración es muy rápida.

a. Estructura

La estructura del suelo es el ordenamiento o acomodo de las partículas del suelo (arena, limo y arcilla) en partículas secundarias o agregados y el espacio poroso que llevan asociados, todo ello como resultado de interacciones físico-químicas entre las arcillas y los grupos funcionales de la materia orgánica. Esta es una característica edáfica que permite diferenciar el suelo del material geológico. Los poros del suelo funcionan como vía de comunicación y movimiento en el perfil del suelo, en el horizonte y entre horizontes del suelo, permitiendo la transferencia de fluidos (aire y agua), el desarrollo de la biota (micro y macroorganismos) y facilitan el desarrollo de raíces.

Se reconocen ocho tipos principales de estructuras del suelo: granular, migajosa, laminar, bloques, placas, prismática, unigranular, columnar y masiva, que es cuando un suelo no desarrolla agregados. En la Figura IV–24 se ilustran los distintos tipos de agregados (peds) del suelo.

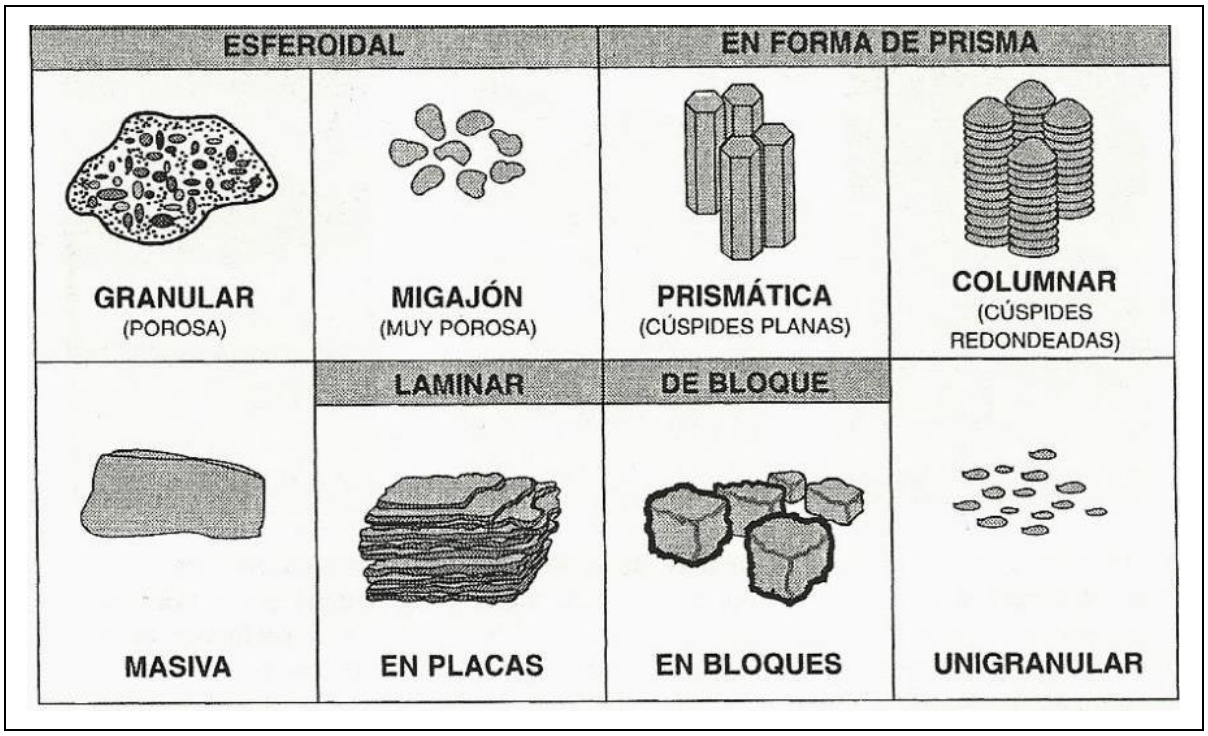


Figura IV-24. Tipos de estructuras de un suelo.

 Bloques subangulares	 Prismática moderada

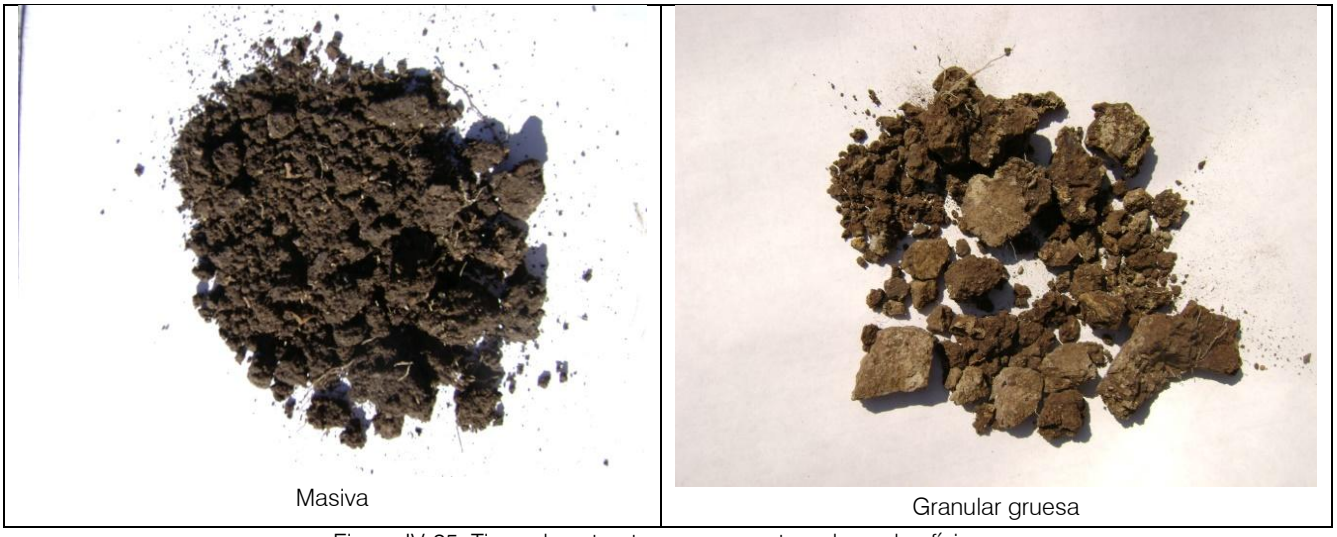


Figura IV-25. Tipos de estructuras en muestras de suelos físicas.

De igual manera, es importante la estabilidad que tengan estos agregados o peds del suelo, esta estabilidad depende de la presencia de sustancias que funcionen como cementantes entre las partículas elementales del suelo; dichas sustancias pueden ser materia orgánica coloidal, arcillas, carbonatos (en suelos alcalinos), óxidos de hierro, aluminio y manganeso (en suelos ácidos). La pérdida de estos materiales lleva al deterioro de la estructura del suelo. La estructura de tipo granular facilita la infiltración y circulación del agua y del aire, por el contrario, la ausencia de estructura (suelo masivo) y la estructura del tipo laminar dificulta la circulación.

Debido a la implementación de prácticas inadecuadas en el manejo del suelo, su estructura puede pasar de una muy favorable, como la granular, a una poco favorable, como la laminar; por ello, es importante conservar los materiales que funcionan como cementantes.

a. Densidad aparente

La densidad es una propiedad que tiene toda materia y se define como la masa por unidad de volumen. En el caso del suelo este volumen es el que ocupa la fracción sólida del suelo (mineral y orgánico) y el del espacio poroso (que en términos prácticos el aire no tiene peso), de ahí que la densidad del suelo reciba el termino de densidad aparente. Si se elimina el volumen ocupado por el espacio poroso entonces la densidad del suelo se denomina densidad real.

De acuerdo con lo mencionado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA, 1999), esta propiedad del suelo puede considerarse como un indicador indirecto del grado de compactación de un suelo y ésta del nivel de restricción del crecimiento de las raíces de las plantas que en él se desarrollan. De manera que permite inferir las dificultades para el crecimiento de las plantas y la circulación del agua y del aire. La FAO (2009) menciona que esta propiedad física del suelo puede usarse como un estimador de la función ecosistémica de suelo, ya que densidades aparentes altas tienen un efecto negativo en el crecimiento radicular, provocan una pobre aireación y lento movimiento del agua en el perfil del suelo.

Esta propiedad del suelo está directamente relacionada a la textura y la estructura del suelo. Las densidades aparentes varían de acuerdo con la textura del suelo, así se tiene que, de manera general un suelo arcillo

está entre 1.00 y 1.19 g cm^{-3}, uno franco entre .20 y 1.32 g cm^{-3}, y, uno arenoso presenta una densidad superior a 1.32 g cm^{-3}, de manera general (Tabla IV-6).

Tabla IV-6. Relación entre tipo de estructura, desarrollo radical y densidad aparente (Dap) de suelos§.

Textura del suelo	Dap ideal (g cm^{-3})	Dap que pueden afectar el crecimiento radicular (g cm^{-3})	Dap que restringen el crecimiento radicular (g cm^{-3})
Arena y arenoso franco	<1.60	1.69	>1.80
Franco arenoso y franco	<1.40	1.63	>1.80
Franco arcilla arenoso, franco y franco arcilloso	<1.40	1.60	>1.75
Limoso y franco limoso	<1.30	1.60	>1.75
Franco limoso y franco arcillo limoso	<1.40	1.55	>1.65
Arcillo arenoso, arcillo limoso, y algunos franco arcillosos	<1.10	1.39	>1.58
Arcilloso (> 45% de arcilla)	<1.10	1.39	>1.47

§ Fuente: USDA (1999).

La densidad aparente del suelo también indica indirectamente la porosidad del suelo, pero no su tamaño ni la conexión entre ellos. Esta información es muy importante para poder predecir el movimiento del agua y el aire en el suelo. Un suelo puede tener un espacio poroso amplio y tener poros pequeños, lo que influye en la retención de humedad. La FAO (2009) especifica que valores de densidad bajos (<1.3 g cm^{-3}) indican una condición porosa del suelo.

a. Conductividad eléctrica

Esta variable del suelo determina la cantidad de sales (iones) presentes (USDA, 1999). Su determinación detecta la cantidad de cationes (Ca^{++}, Mg^{++}, K^{+}, Na^{+} e H^{+}) o aniones (NO_3^-, SO_4^-, Cl-, HCO_3^- y OH^-) en solución. Durante su determinación, a mayor lectura de la conductividad eléctrica mayor es la concentración de iones (sales).

Las sales son importantes para la nutrición vegetal, por ende, importante en los ecosistemas para el crecimiento de la flora silvestre; y, tanto sus deficiencias como sus excesos o desbalances drásticos pueden llegar a afectar el crecimiento de las plantas. De acuerdo con el USDA (1999), los valores de conductividad eléctrica aceptables para tener un desarrollo de cultivos van entre 0 y 0.8 dS m^{-1}, clasificado como un suelo no salino de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, con lo que se podría inferir que éste sería el rango aceptable para las plantas en general. Sin embargo, es sabido que existen especies que se adaptan a condiciones extremas de salinidad, como es el caso de las especies halófitas *Suaeda torreyana*, *Atriplex linifolia*, *Salsola tragus* L., *Chenopodium macrospermum*, entre otras.

Además, la concentración de sales también puede llegar a tener un efecto en la densidad de la microbiota del suelo, siendo menos afectados a valores más bajos de conductividad eléctrica (Tabla IV-7). La densidad de micro y macroorganismos en el suelo es muy importante, ya que a mayor diversidad y densidad de ellos mayor es la degradación de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Tabla IV-7. Valores de conductividad eléctrica (CE), su clasificación e impacto en las plantas y microbiota del suelo§.

CE (dS m^{-1})	Clasificación	Respuesta del cultivo	Respuesta microbiana
0 – 0.98	No salino	Efectos casi despreciables	Pocos organismos son afectados
0.98 – 1.71	Muy ligeramente salino	Se restringen los rendimientos de cultivos muy sensibles	Se alteran procesos microbianos seleccionados
1.71 – 3.16	Ligeramente salino	Se restringen los rendimientos de cultivos	Son influenciados los principales procesos microbianos

3.16 – 6.07	Moderadamente salino	Solo cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente	Predominan microorganismos tolerantes
>6.07	Fuertemente salino	Solo cultivos muy tolerantes rinden satisfactoriamente	Unos pocos organismos halofílicos seleccionados se mantienen activos

§ Fuente: USDA (1999).

IV.1.1.5.3. Descripción de perfiles de suelo

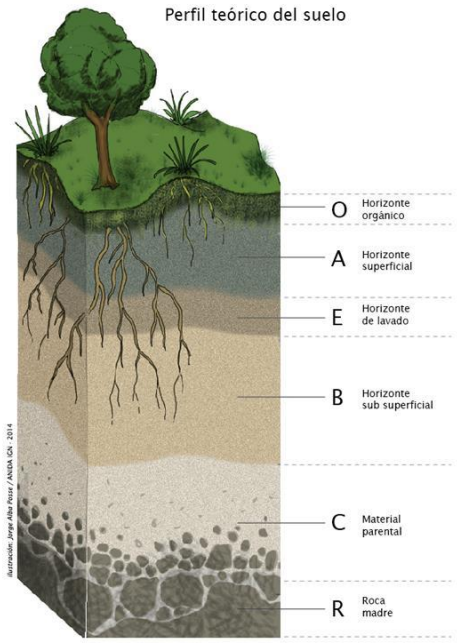
El suelo es un cuerpo natural que forma parte fundamental del ecosistema; y su estudio debe iniciarse en campo con la observación detallada del suelo y del medio en donde se encuentra. Para cualquier estudio agronómico, ambiental, arquitectónico, ingenieril, u otro, se deben seleccionar y estudiar los suelos representativos de cada una de las unidades en que sea posible subdividir el paisaje.

El perfil del suelo es un corte vertical del terreno que permite estudiar el suelo en su conjunto desde su superficie hasta el material que le dio origen. En esta observación pueden distinguirse capas que se denominan horizontes. Éstos se diferencian de acuerdo a la presencia de diferencias en color, textura, estructura, resistencia y consistencia, principalmente.

El suelo está delimitado por la superficie del terreno en la parte superior, de manera lateral delimitado con otro suelo, con roca o sedimentos y, en algunos casos, con cuerpos de agua; el límite inferior es un poco más difícil de identificar ya que el suelo presenta variaciones en sentido vertical (resultado de la interacción de los factores de formación), estas variaciones de las propiedades del suelo están en función de la distancia a la superficie.

La presencia de horizontes es el resultado de la evolución o génesis del suelo a partir de un material parental. Por ello se denominan horizontes genéticos; estos horizontes presentan cierta variabilidad en su morfología. Sin embargo, esta morfología no es infinita, existiendo horizontes semejantes, lo que hace posible que existan sistemas de clasificación de suelos con base a características similares.

La designación de los horizontes del suelo resume muchas observaciones de la descripción del suelo y da una impresión acerca de los procesos que han formado el suelo. Actualmente se utilizan las letras mayúsculas del alfabeto latino (O, A, E, B, C y R), para referenciar los horizontes mayores (Figura IV-26).



Fuente: Luján et al. (2016).

Figura IV-26. Perfil teórico de un suelo.

Confirmando lo mencionado al inicio de este apartado, el desarrollo de un perfil del suelo solo se da cuando este ha sido formado de manera natural, a través del tiempo, y con la interacción natural de diferentes componentes ambientales, entre los que destacan el clima, la vegetación, procesos de intemperización y biológicos. Cuando se habla de un área conformada por relleno de material dragado, no se puede hablar de un perfil de suelo pedológicamente desarrollado.

IV.1.1.5.4. Identificación de los tipos de suelo presentes en el sistema ambiental y su área de influencia

De acuerdo con Reyes (2014), la primera clasificación moderna de suelo consideró tres niveles: a) las zonas climáticas (suelos zonales); b) los procesos particulares formadores (suelos intrazonales) y, c) basados en el material parental (suelos azonales). Diversos países han generado su propia clasificación de suelo, sin embargo, la clasificación de la FAO-UNESCO es una de las más conocidas y usadas a nivel mundial. Esta clasificación originalmente comprendía 26 grupos de suelos y 206 subunidades; pero con el paso del tiempo y la realización de nuevos estudios y resultados, éstos se han venido incrementando hasta los 32 grupos de suelos de referencia que se consideran hoy en día (Reyes, 2014).

En México, es en el periodo del presidente Díaz Ordaz que se inicia con la clasificación de suelos y la elaboración de la cartografía, utilizando la clasificación de los suelos propuesto por la FAO-UNESCO modificada por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) (Xix, 2010). Después de varios trabajos y esfuerzos de dependencias federales es que se llega hasta la actual cartografía elaborada por el INEGI, quien continúo con los estudios edafológicos del país.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos por el INEGI, con base al análisis de 9,549 perfiles de suelo y 10,892 realizados de 1969 al 2000, en el país se ha documentado la presencia de 23 de los 32 grupos de

suelos. De estos, los más abundantes son: Leptosoles (antes Litosoles) (28.3%), Regosoles (13.7%), Feozems (11.7%), Calcisoles (10.4%), Luvisoles (9.0%), Vertisoles (8.6%) y otros (14.0%).

Para determinar los diferentes tipos de suelos presentes en el área de influencia del proyecto se utilizó el conjunto de datos vectoriales edafológicos escala 1: 250 000 Serie II (Continuo Nacional) editados por el INEGI, la cual contiene información actualizada de los diferentes grupos de suelos que existen en el territorio nacional, obtenida durante el período 2002-2006, utilizando para la clasificación de los suelos el Sistema Internacional "Base Referencial Mundial del Recurso Suelo". Para la extracción de la información, se generó un Sistema de Información Geográfica (SIG), ya que el diseño conceptual de la información la hace apropiada para manejarse bajo estas herramientas de cartografía asistida por computadora. De esta manera, se obtuvo la espacialidad y los tipos de suelo presentes en el área de estudio para el proyecto.

A nivel del área de SA y AI se reporta la presencia de los Regosoles y Solonchak los predominantes y, en menor superficie, se tienen suelos Leptosoles (anteriormente conocidos como Litosoles) (Figura IV-27). el tipo de suelo que se encuentra mayormente representado es el Leptosol con textura fina, mientras que, el tipo de suelo que se encuentra menormente representado es el Solonchak de roca caliza.

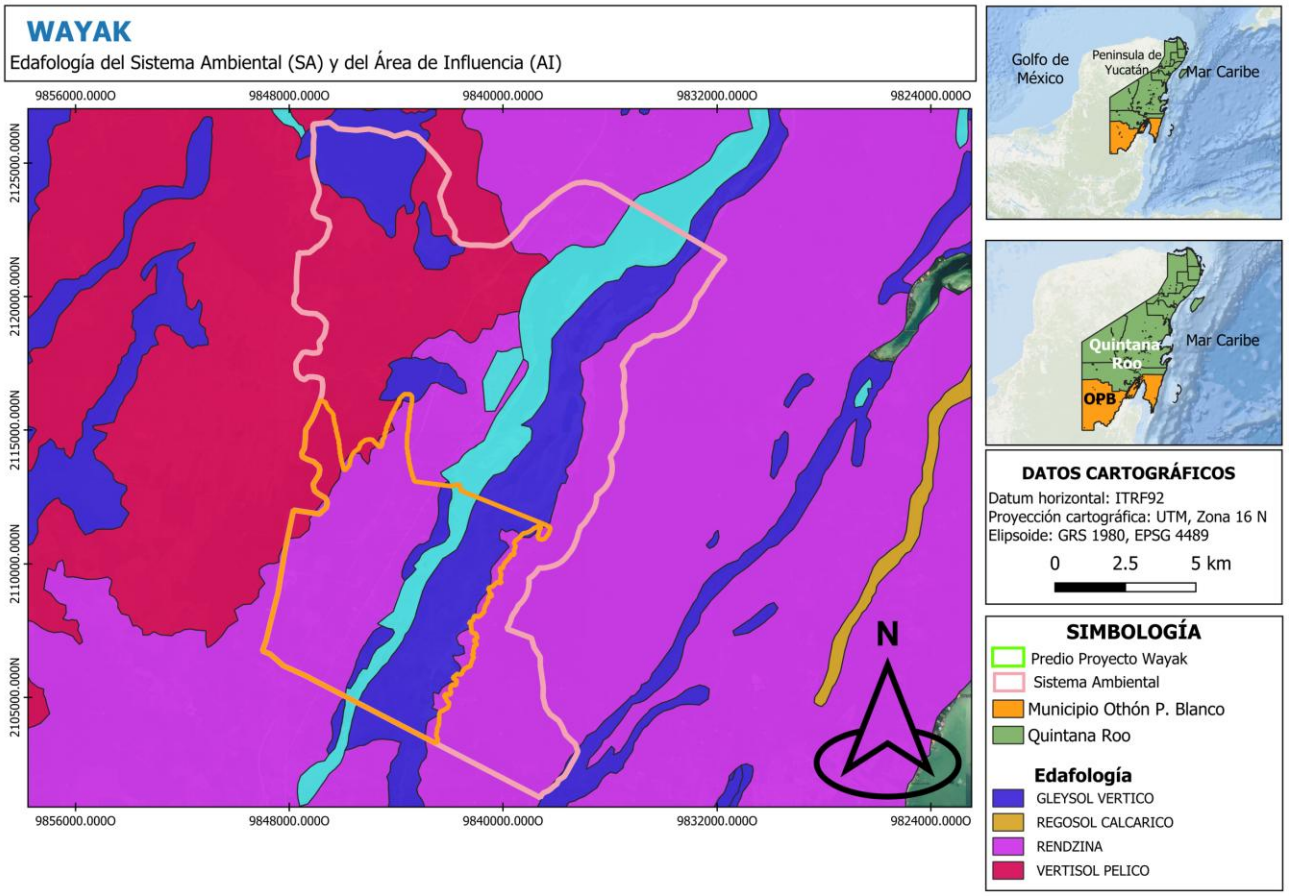


Figura IV-27. Tipos de suelos presentes en el SA y AI dentro del que se encuentra el predio del proyecto.

A continuación, se presenta una breve descripción de este suelo, y los aledaños, conforme lo presenta el IUSS Working Group WRB (2015).

Gleysol. Son suelos que se caracterizan por ser suelo no estratificados en áreas inundables (propiedades gléyicas) dentro de los primeros 50 cm de profundidad. La prolongada saturación del suelo por agua del acuífero ocasiona, en presencia de materia orgánica, la reducción y lavado del hierro por las condiciones reductoras (WRB, 2006).

En la PY los gleysoles se encuentran en las partes bajas del relieve cercanas a las costas en las tres entidades, pero también en porciones ubicadas a mayor altitud, en los lomeríos y en las montañas en zonas de baja permeabilidad. En Quintana Roo hay Gleysoles húmico GLhu, se forman en las partes bajas donde se acumula agua, normalmente presentan un color gris y cuando están saturados de agua se tornan azules o verdosos, al secarse manchan de rojo.

La distribución de las diferentes áreas de gleysol se encuentra prácticamente de manera casi aleatoria en el SA y en el AI y dentro el predio. El gleysol tiene calificadores: eútrico, hístico, y mólico. Las clases texturales son media y fina.

Regosoles. Son suelos minerales que se desarrollan en materiales no consolidados y que carecen de un grupo mólico o úmbrico. Son pedregosos, comúnmente de color claro y bastante parecidos a la roca que les ha dado origen cuando no son profundos. Son asociados con los Leptosoles.

La distribución del Regosol está ubicada en la porción este del SA, y no intercepta con el AI ni el predio del proyecto. El calificador es léptico y estágnico. La clase textural de este tipo de suelo es media.

Leptosol. corresponde a los suelos que: 1) Están limitados por una profundidad menor o igual a los 25 cm en los que se localiza la roca dura y continua, con una secuencia de horizontes A(B)R o; 2) Se encuentran sobre un material con más del 40% de carbonato de calcio y con la misma profundidad de suelo ya mencionada, con una secuencia de horizontes A(B)C; o 3) Contienen menos del 20 % de tierra fina hasta una profundidad de 75 cm o más (WRB, 2006).

Los leptosoles dominan en las planicies cársticas y en los lomeríos, principalmente en las partes altas de las lomas. La distribución prácticamente cruza la mayor parte del sistema ambiental del AI y del AP. Los calificadores que predominan son calcárico, cláyico, rendzico, húmico y sódico. Las clases texturales son media y fina.

Vertisoles. Estos presentan un horizonte vértico dentro de los 100 cm desde la superficie. Después de los primeros 20 cm desde la superficie todos los horizontes tienen 30% de arcilla o más, hasta el contacto lítico o los 100 cm de profundidad, los agregados son en forma de cuña o paralepípedos, presentan caras de deslizamiento y deben presentar grietas que se abren y cierran periódicamente (WRB, 2006). Se desarrollan en zonas en las que predomina la presencia de arcillas expandibles 2:1 del grupo de la smectita, se localizan en las partes bajas del relieve.

Los Vertisoles son muy pesados en la época de secas y pegajosos en la de lluvias, por lo que la labranza se realiza al comienzo de la época de lluvias. El manejo del agua en estos suelos es clave para lograr altos rendimientos agrícolas. En diversos lugares algunas siembras se realizan al final de la época de lluvias debido a que la cantidad de agua residual puede ser suficiente para algunos cultivos. Se utilizan con

cultivos de caña de azúcar, sorgo, maíz y arroz. En condiciones naturales presentan una cubierta vegetal de selva baja subperennifolia.

La distribución del Vertisol en el SA, es casi aleatoria, y no intercepta con el área de influencia ni el predio del proyecto. Los calificadores son: arcaico, calcárico, húmico y pélico. La clase textural de este tipo de suelo es fina.

Clase textural
La textura define la relación porcentual de cada uno de los grupos de partículas primarias menores de 2 milímetros de diámetro. Estas se denominan según su tamaño en arena, limo y arcilla.

Existen tres códigos que describen la clase textural de los primeros 30 cm del suelo dominante:
Gruesa (1). Suelos arenosos con más de 70% de arena, con menor capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas.

Media (2). Comúnmente llamados francos, equilibrados en el contenido de arena, arcilla y limo.
Fina (3). Suelos arcillosos con más de 35% de arcilla, que tienen mal drenaje, escasa porosidad, son por lo general duros al secarse, se inundan fácilmente y son menos favorables al laboreo.

De acuerdo con los calificativos empleados para los tipos de suelo presentes en el SA, estos se clasificaron mayormente en la clase textural de grado 2, es decir las coberturas de suelo presentan mayoritariamente una textura media.

Estado de conservación del suelo.
El suelo juega un papel fundamental en todos los procesos ecosistémicos, debido a las funciones que realiza y servicios que proporciona, y aunque constantemente está en formación, su proceso es sumamente lento, por lo cual se considera que es un recurso natural no renovable en la escala de tiempo humana, aunado a lo difícil y costoso que resulta recuperarlo o mejorar sus propiedades después de haber sido deteriorado física o químicamente. Al formar parte de los ecosistemas, el suelo contribuye de manera sustancial a la provisión de servicios ambientales de soporte, regulación y provisión, indispensables para el sustento de la humanidad, razón por la cual surge la importancia del cuidado de este recurso y la necesidad de su conservación. (CONAFOR, 2018).

Los procesos de la degradación del suelo son un fenómeno presente en todo el mundo, con diferentes niveles e impactos en la sociedad. Implican la reducción de su complejidad biológica, de su capacidad para producir bienes económicos y de llevar a cabo funciones de regulación directamente relacionadas con el bienestar humano, como son la productividad agrícola y el mantenimiento de la calidad del agua y el aire (Lal, 1998- DGFFS, 2015).

La FAO define a la degradación como un cambio en la salud del suelo, que se refleja en la disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes y servicios ambientales, tanto directos como indirectos (FAO, s/a). Puede ser de origen natural y humano, y es el resultado de una compleja interacción de factores naturales, como el tipo de suelo, el relieve, la vegetación y el clima; de factores socioeconómicos como la densidad poblacional, tenencia de la tierra, las políticas ambientales y los usos y gestión del suelo (Gardi et al., 2014).

Utilizando los datos vectoriales del Índice de degradación de suelos, proporcionados por la CONABIO, se exponen los niveles de degradación del suelo realizando un análisis cartográfico para identificar las clases

de degradación presentes en el sistema ambiental, en la que se observan que es nula dentro del sistema ambiental y zona de influencia estudiado (figura IV.28).

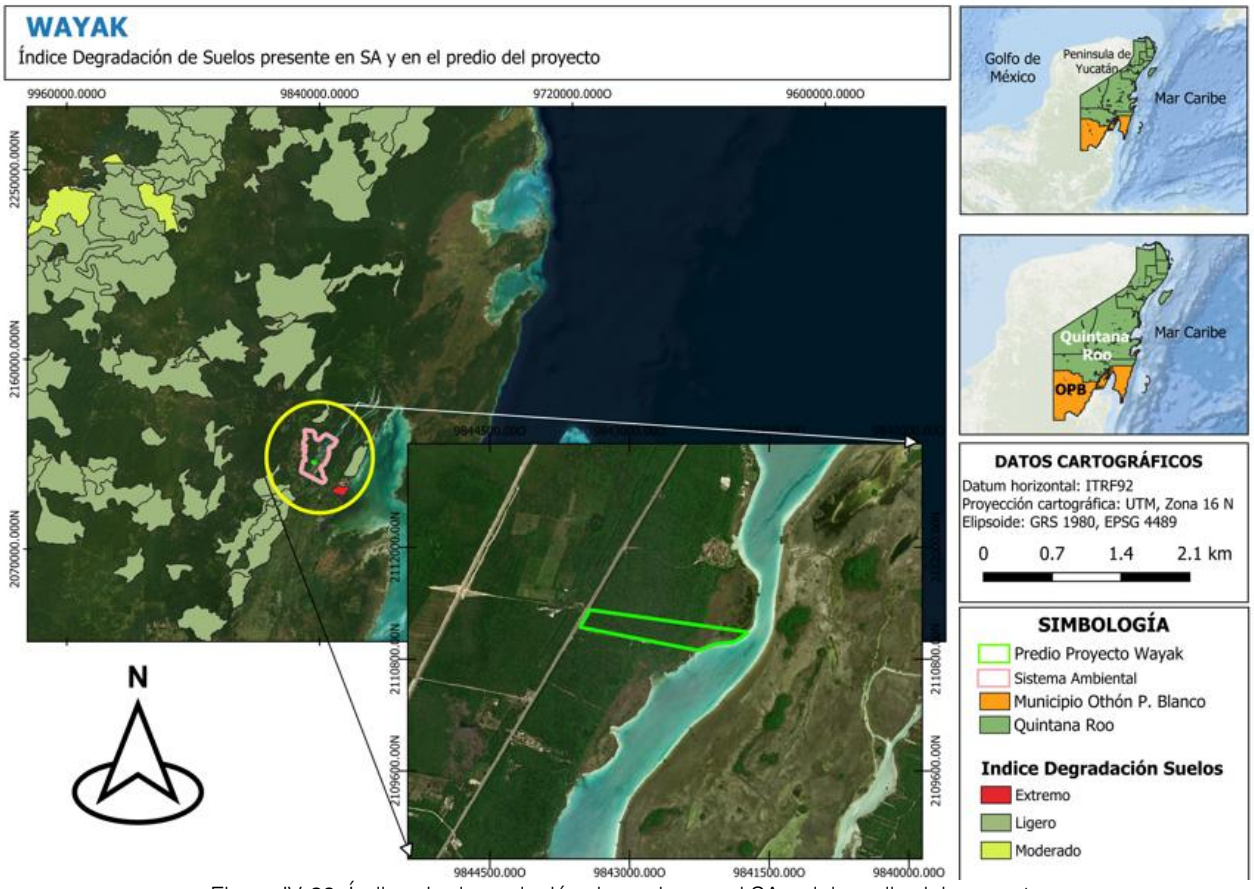
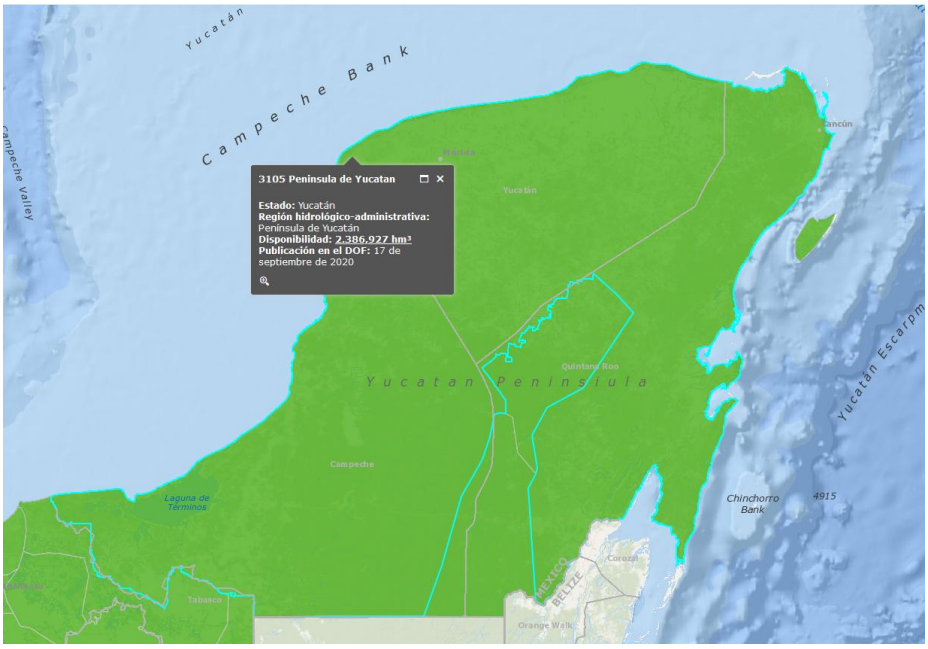


Figura IV-28. Índice de degradación de suelos en el SA y del predio del proyecto

IV.1.6 Hidrología

El territorio del estado de Quintana Roo se ubica sobre los acuíferos “2301 Cerros y Valles”, “2305 Isla de Cozumel” y “3105 Península de Yucatán”. El acuífero 2301 comprende 50% del municipio de José Ma. Morelos y 10% de la superficie del municipio de Othón P. Blanco, el resto se ubica en el estado de Campeche. El acuífero 2305 cubre la totalidad de la Isla de Cozumel, sin llegar a la parte continental del Estado. Y, el resto de la superficie de Quintana Roo, incluyendo al municipio de Benito Juárez, está sobre el acuífero Península de Yucatán (Figura IV-29), por mucho el de mayor superficie terrestre a nivel nacional con sus 124,409.1 km^2.



Fuente: CONAGUA, en: http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=acuiferos

Figura IV-29. Ubicación, delimitación e información general del acuífero 3105 Península de Yucatán.

Con base en información geológica, geofísica, hidrogeológica y piezométrica, se define la presencia de un acuífero de tipo libre, heterogéneo y anisótropo. Está constituido por calizas que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento, cuyo espesor va desde decenas de metros en las zonas costeras a cientos de metros al interior del continente. En la zona costera del estado de Yucatán se comporta como semiconfinado, ya que la capa de caliche que lo sobreyace funciona como una capa semiconfinante.

El Proyecto se encuentra ubicado en una zona con una elevada precipitación pluvial, aunada a la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica, favorece la renovación del agua subterránea, por lo que prácticamente toda el área funciona como zona de recarga propiciando que los escurrimientos superficiales sean escasos o de muy corto recorrido. A continuación, se mencionan aspectos particulares del Proyecto analizado con base en las aguas superficiales y subterráneas, así como en los aspectos de calidad del agua.

Hidrología superficial

La gestión del agua en México es realizada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que desempeña funciones en 13 organismos cuyo ámbito territorial son las Regiones Hidrológicas Administrativas (RHA), las cuales se encuentran definidas por características geopolíticas para facilitar su administración (Figura IV.30).



Figura IV-30 Regiones hidrológico-administrativas (RHA) en México. CONAGUA 2018.

En lo concerniente a la ubicación del sistema ambiental, esta se ubica en la Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán (RHA-XII), que comprende la totalidad de los estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche, la RHA-XII está hidrológicamente conformada por las Regiones Hidrológicas (RH) 30, 31, y 33 en las cuales los parteaguas de sus microcuencas quedan incluidos en los límites políticos de los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche (Figura IV.30).

El sistema ambiental, con respecto a las regiones hidrográficas, traslapa en su totalidad con la Región Hidrológica No. 33 Yucatán-Este. Cabe destacar que estas regiones hidrológicas se caracterizan por ser cuencas criptorreicas, lo que implica la ausencia de corrientes superficiales perceptibles.

El mecanismo de escurrimiento en estas regiones adquiere una particularidad notable, ya que se desarrolla de manera enteramente subterránea. Esta peculiaridad hidrológica se encuentra arraigada en las características del terreno kárstico que prevalece en la zona. El suelo kárstico, con su alta permeabilidad, permite una rápida infiltración de las precipitaciones pluviales en el subsuelo.

En consecuencia, el agua de lluvia se introduce profundamente en el sustrato terrestre, alimentando los acuíferos y manteniendo un ciclo de recarga hídrica subterránea. Este fenómeno de infiltración contribuye a la formación y sostenimiento de los cuerpos de agua subterráneos, los cuales cumplen un papel fundamental en la regulación y disponibilidad de recursos hídricos en la región.

Cuencas Hidrológicas. La región hidrológica 33 se conforma a su vez de dos cuencas: 33A-Cuenca Bahía de Chetumal y otras y 33B-Cuencas Cerradas-B (Imagen III.2). Abarca los tres estados de la península de Yucatán con una superficie total de 39 579 km2. Tiene la mayor extensión del estado ya que ocupa el equivalente a 68.23 % de su superficie, ubicada desde poco más al norte de la parte media hasta el sur de la entidad; limita al norte con la región hidrológica 32, al este con el Mar Caribe y la Bahía de Chetumal, al sur con Belice y Guatemala, al oeste con Campeche, colindando con la RH31 y al noroeste con el estado de Yucatán.

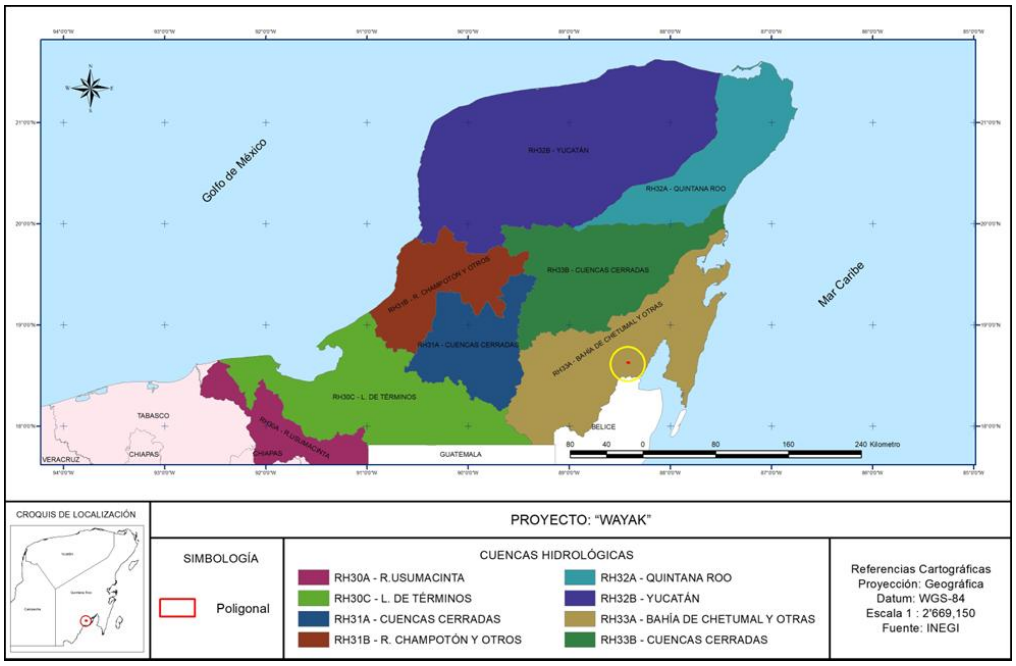


Figura IV-31. Ubicación del proyecto dentro de la Cuenca RH33A Bahía de Chetumal y otras.

Subcuencas Hidrológicas.

Las subcuencas que se localizan en la región hidrológica Yucatán Este incluyen a las denominadas Bahía de Chetumal (44.52%), R. Hondo (17.06%), Xpechil – Felipe Carrillo Puerto – Chunhuhub – Yoactún – L. Paiyegua (13.19%), R. Escondido (10.96%), Varias (9.01%), Bahías La Ascensión y Espíritu Santo (5.02%) y Becanchén – L. Chichancanab – Loché – Xkanhá – Sin nombre (0.24%). El predio se localiza en la subcuenca RH33Ac Bahía de Chetumal de acuerdo a las cartas de INEGI.

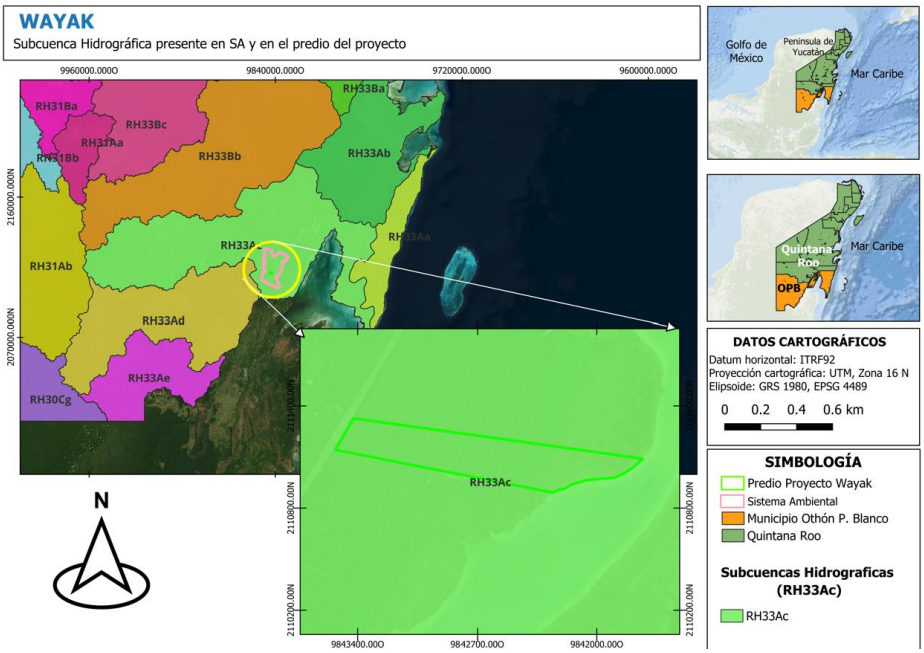


Figura IV. 32. Subcuenca Hidrológica RH33Ac Bahía de Chetumal, en donde se localiza el proyecto.

Corrientes de agua

La exploración detallada de la red hidrográfica utilizando el del Simulador de Flujos de Aguas de Cuencas Hidrográficas (SIATL), proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) ha revelado que la mayoría de las corrientes de agua en la zona estudiada tienen un flujo virtual (Imagen III.29). A través de este análisis se pudo visualizar que 349 corrientes de agua intersecan la RE, la mayor parte de condición flujo virtual y de orden 1.

La siguiente tabla presenta la condición que prevalece en las corrientes de agua que inciden en el sistema ambiental.

Tabla IV-8. Corrientes de agua en la subcuenca hidrológica R33Ac.

Orden	Entidad	Condición	No. Corrientes
-1	Corriente de agua	Intermitente	13
		Perenne	3
	Línea central	Flujo virtual	12
1	Corriente de agua	Intermitente	37
		Perenne	57
	Línea central	Flujo virtual	61
2	Corriente de agua	Intermitente	24
		Perenne	13
	Línea central	Flujo virtual	44
3	Corriente de agua	Intermitente	10
		Perenne	17
	Línea central	Flujo virtual	48
5	Corriente de agua	Intermitente	4
		Perenne	4
	Línea central	Flujo virtual	2

Como se mencionó anteriormente, la mayor parte de sus corrientes son de flujo virtual ya que descargan dentro de las lagunas o cuerpos de agua que se encuentran dentro de la RE como lo son: Laguna Bacalar, Laguna Guerrero, Laguna Chile Cerde y Laguna Milagros.

Hidrología subterránea.

Para el ordenamiento y gestión del agua subterránea en México, se ha delimitado un total de 653 delimitaciones territoriales administrativas comúnmente llamados Acuíferos, la división geográfica no obedece al confinamiento natural del agua subterránea. El conocimiento real de los acuíferos permite una visión regional de la estructura dinámica en los flujos: áreas de recarga, tránsito y puntos de descarga (Cubas et al., 2017; Hatch, 2018).

De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, un acuífero se define como cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden extraerse para su explotación, uso y aprovechamiento, y cuyos

límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.
En la Península de Yucatán, existen dos tipos de acuíferos:
Acuífero Miocénico: Esta unidad acuífera se caracteriza por: alta permeabilidad y transmisividad, poca carga hidráulica, nivel freático estable y dirección de flujo radial desde el área de recarga hacia las costas.

Acuífero Eocénico: Los depósitos calcáreos y evaporíticos de Eoceno-Paleoceno forman una unidad hidrogeológica con alta permeabilidad y un acuífero kárstico regional cuya distribución superficial la constituye la provincia geomórfica III. Esta unidad presenta subdivisiones hidrogeológicas, aunque contiene varios acuíferos colgados de carácter local. Su nivel freático es profundo (60 a 100 m) y estable, y en los acuíferos colgados, somero y variable.

En lo que concierne a la delimitación de la RE, esta se localiza en el acuífero eocénico (Figura IV-33) y se encuentra en su totalidad en el Acuífero Xpujil (0405).

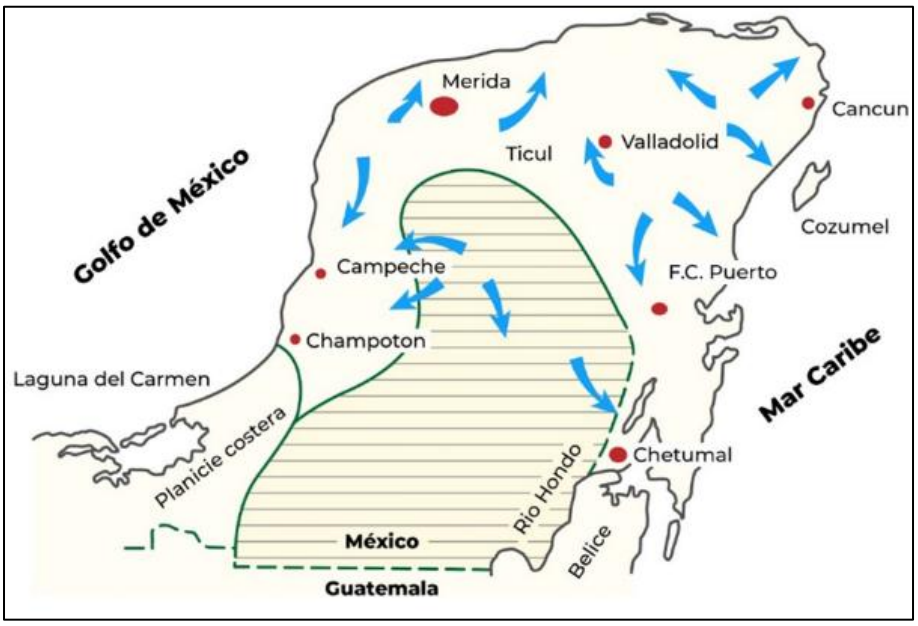


Figura IV.33. Acuíferos en la Península de Yucatán (CONAGUA 2020).

Acuífero Península de Yucatán. De acuerdo con CONAGUA (2024), el acuífero Península de Yucatán con clave 3105, se localiza en la porción suroriental de la República Mexicana y abarca los estados de Campeche, Yucatán y Quitina Roo, entre los paralelos 17° 49’ 00” y 21° 36’ 00” de latitud norte y entre los meridianos 86° 45’ 00” y 91° 20’ 00” de longitud oeste, cubriendo una superficie de 124,409 km2 (Figura IV-34).
La geología general que aflora en el acuífero Península de Yucatán está constituida por rocas sedimentarias principalmente calcáreas, y depósitos no consolidados.
Con base en información geológica, geofísica, hidrogeológica y piezométrica, se define la presencia de un acuífero de tipo libre, heterogéneo y anisótropo. Está constituido por calizas que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento, cuyo espesor va desde decenas de metros en las zonas costeras a cientos de metros al interior del continente. En la zona costera del estado de Yucatán se comporta como semiconfinado, ya que la capa de caliche que lo sobreyace funciona como una capa semiconfinante.

Su territorio se encuentra parcialmente vedado y está sujeto a las disposiciones de cuatro decretos de veda; el primero es el "Decreto por medio del cual se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona que comprende la Delegación de Payo Obispo, Q. Roo", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 07 de mayo de 1964, esta veda se clasifica como tipo III que permiten extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros; el segundo es el "Decreto que declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos en una zona comprendida dentro de los limites geopolíticos del Estado de Campeche, para el mejor control de las extracciones, uso y aprovechamiento de aguas del subsuelo en dicha zona" publicado en el Diario Oficial de la Federación el 10 de diciembre de 1975. El tercero es el "Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos del área que circunda los límites geopolíticos de los Municipios de Benito Juárez y Cozumel, Quintana Roo y se establece veda por tiempo indefinido para la extracción, alumbramiento y aprovechamiento de las aguas del subsuelo" publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de marzo de 1981, esta veda se clasifica como tipo II que sólo permite extracciones para usos domésticos; y el cuarto es el "Decreto por el que se declara de interés público la conservación de los mantos acuíferos y se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento, extracción y aprovechamiento de las aguas del subsuelo en la parte que corresponde a los límites geopolíticos del Estado de Yucatán." publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de septiembre de 1984, esta veda se clasifica como tipo II que sólo permite extracciones para usos domésticos.

La porción no vedada del acuífero se encuentra sujeta a las disposiciones del "ACUERDO General por el que se suspende provisionalmente el libre alumbramiento en las porciones no vedadas, no reglamentadas o no sujetas a reserva de los 175 acuíferos que se indican", publicado en el DOF el 5 de abril de 2013, a través del cual en dicha porción del acuífero, no se permite la perforación de pozos, la construcción de obras de infraestructura o la instalación de cualquier otro mecanismo que tenga por objeto el alumbramiento o extracción de las aguas nacionales del subsuelo, sin contar con concesión o asignación otorgada por la Comisión Nacional del Agua, quien la otorgará conforme a lo establecido por la Ley de Aguas Nacionales, ni se permite el incremento de volúmenes autorizados o registrados previamente por la autoridad, sin la autorización previa de la Comisión Nacional del Agua, hasta en tanto se emita el instrumento jurídico que permita realizar la administración y uso sustentable de las aguas nacionales del subsuelo.

El principal uso del agua es el agrícola. En la porción norte de su territorio se localiza el distrito de riego DR 048 "Ticul" y al sureste el DR 102 "Río Hondo", el cual también queda comprendido por el acuífero Xpujil; actualmente no se ha instalado el Comité Técnico de Aguas Subterráneas.

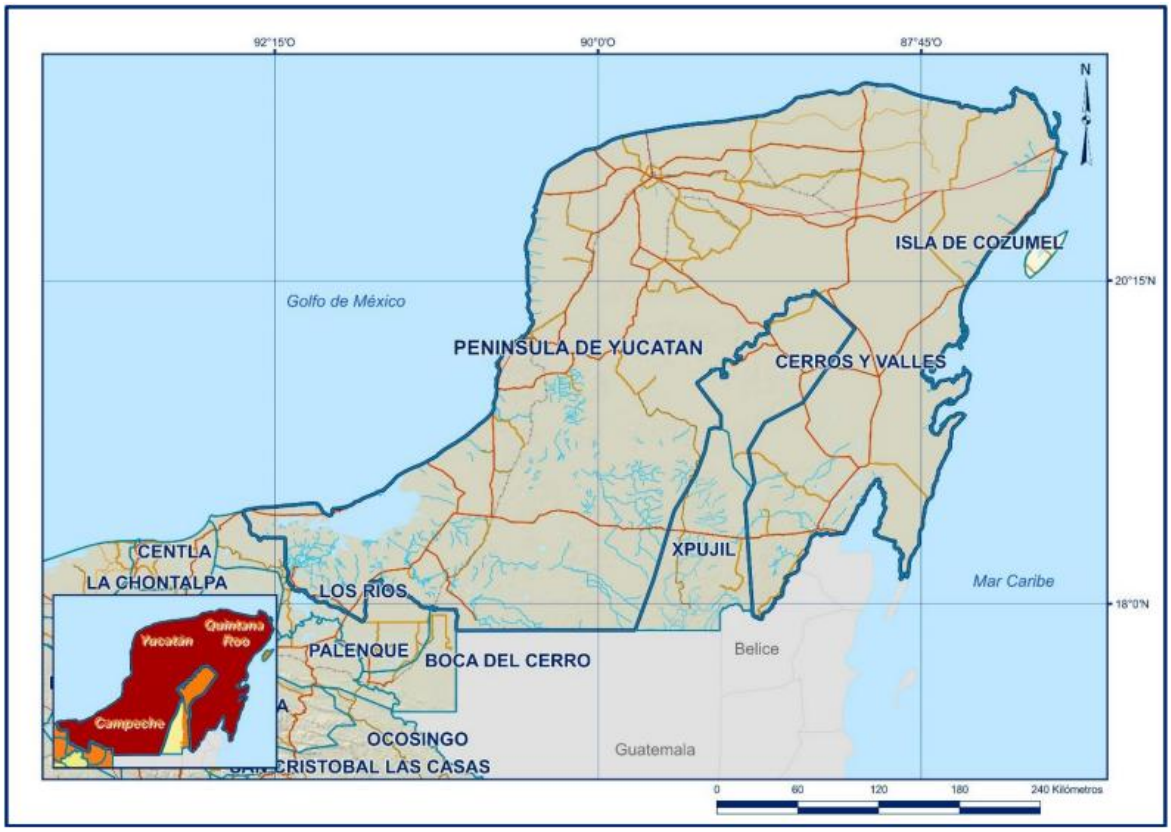


Figura IV 34. Acuífero Península de Yucatán (3105).

La disponibilidad de aguas subterráneas constituye el volumen medio anual de agua subterránea disponible en un acuífero, al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro a los ecosistemas.

Conforme a la metodología indicada en la norma referida anteriormente, se obtiene de restar al volumen de recarga total media anual, el valor de la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas. El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de 2,059,634,923 m3 anuales en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Península de Yucatán.

Calidad del agua.

Para la determinación de la calidad del agua, se utilizan los datos de la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua (RENAMECA) de la CONAGUA, en este caso del periodo de 2012 hasta 2023, se realizó el análisis estadístico descriptivo de la base de datos para obtener las concentraciones mínimas, máxima, percentiles 25% y 75%, así como la mediana, promedio, así como los valores extremos. Para ello se tomaron los valores de los sitios de monitoreo de calidad de agua los cuales se identifican por una clave.

Dentro del sistema estudiado, se localizan 12 sitios de monitoreo de calidad de agua superficial y 1 sitio de calidad de agua subterránea. Todos estos sitios se pintan de color verde, esto nos indica que los sitios monitoreados presentan la mejor calidad del agua. Los sitios de monitoreo de la RENAMECA se identifican por una clave, lo anterior se muestra en la tabla siguiente:

Tabla IV-9. Sitios de monitoreo de la REMECA en la RE.

Estado	Clave del sitio de monitoreo (agua superficial)	Clave del sitio de monitoreo (agua subterránea)	Semáforo
Quintana Roo	DLQUI2261	-	Verde
Quintana Roo	DLQUI2262	-	Verde
Quintana Roo	DLQUI2263	-	Verde
Quintana Roo	DLQUI2264	-	Verde
Quintana Roo	DLQUI2265	-	Verde
Quintana Roo	DLQUI2266	-	Verde
Quintana Roo	DLQUI2267	-	Verde
Quintana Roo	DLQUI2276	-	Verde
Quintana Roo	DLQUI2277	-	Verde
Quintana Roo	DLQUI2279	-	Verde

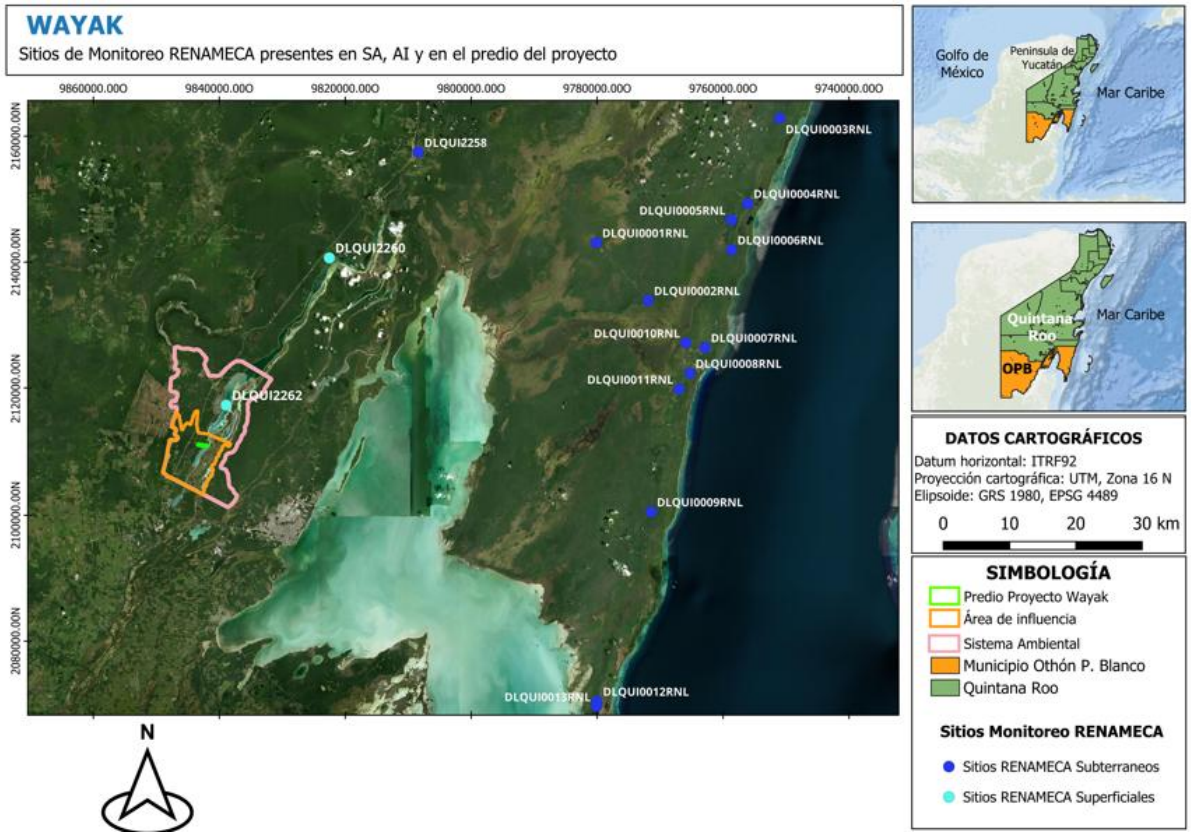


Figura IV-35. Sitios de monitoreo de la REMECA en el sistema ambiental.

Los pozos monitoreados presentan el uso de fuente de abastecimiento de agua potable por lo que los resultados obtenidos se compararon con la norma oficial mexicana, NOM-127-SSA1-2021 tomando en

cuenta el uso del agua de los pozos y que corresponde al “Agua para Uso y Consumo Humano Límites Permisibles de la Calidad del Agua”, además de tomar en cuenta que el agua de los pozos todavía recibe un proceso de potabilización antes de llegar al consumidor; las concentraciones de los parámetros medidos pueden disminuir.

El monitoreo sistemático y la recopilación de datos en los pozos existentes y en los potenciales nuevos puntos de muestreo servirán como una herramienta esencial en la toma de decisiones informadas. La evaluación continua de la calidad del agua, respaldada por la información recopilada, permitirá anticipar posibles problemas y tomar acciones preventivas y correctivas de manera eficaz y eficiente

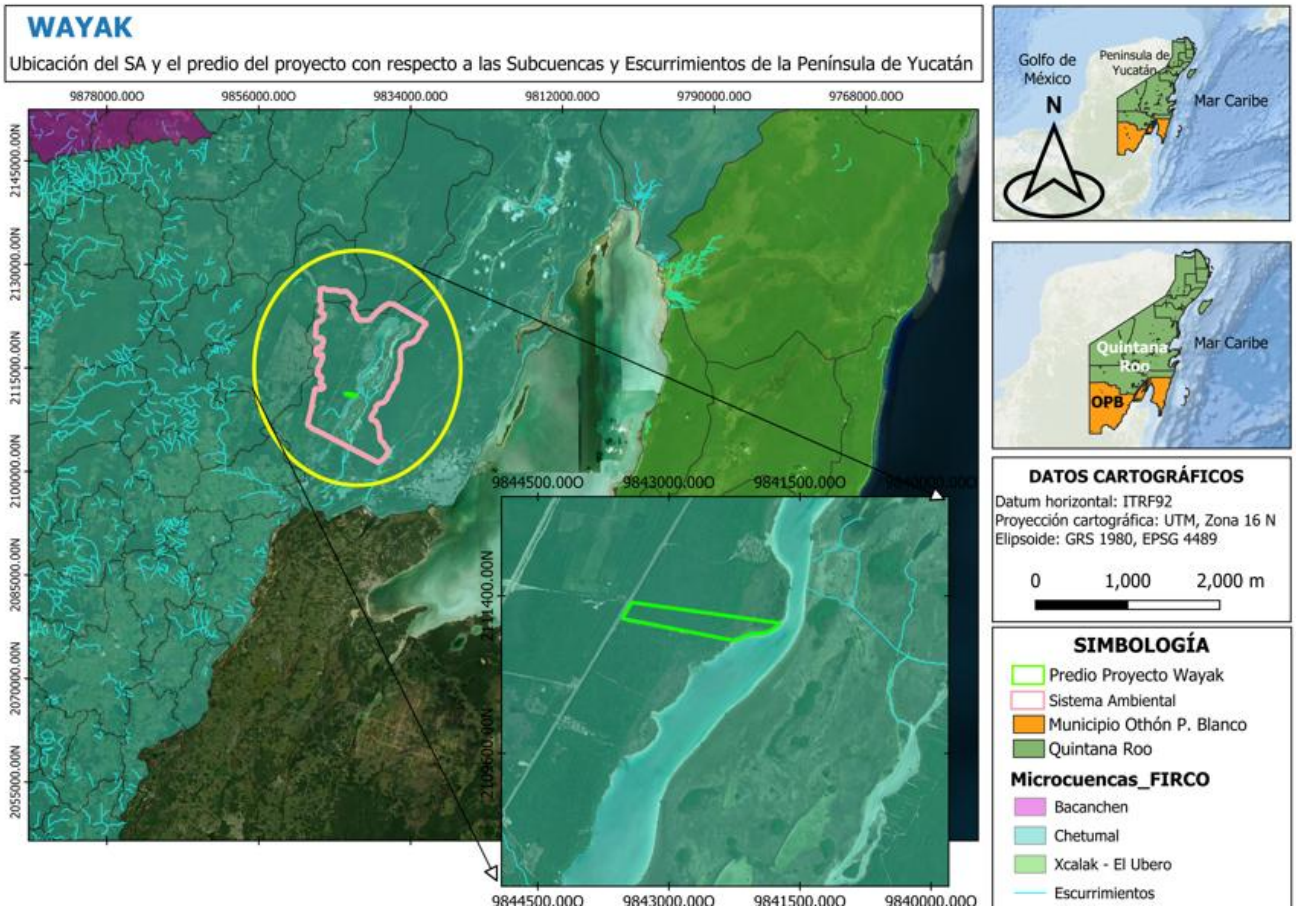


Figura IV.36. Escurrimientos del sistema ambiental (SA) entorno a Wayak..

Prospección hidrológica del predio.

De acuerdo con él estudio geohidrológico (anexo), de la prospección hidrológica realizada en el predio se tiene las siguientes:

La caracterización se organiza en tres escalas complementarias: el contexto del sistema lagunar de Bacalar, las subcuencas del entorno de Wayak y las microcuencas y puntos de observación del predio.

El estudio superficial sitúa a Wayak en el contexto que denomina “Cuenca Laguna Bacalar”. Sus mapas muestran el sistema lagunar, las divisorias topográficas y los escurrimientos regionales; la bahía de Chetumal aparece como referencia del entorno oriental. A escala de detalle, el predio se extiende desde el sector próximo a la carretera, al oeste, hacia la ribera occidental de la laguna, al este.

La organización regional del drenaje se expresa mediante los conjuntos A, B y C, subdivididos en A1–A4, B1–B3 y C1–C2. En los mapas, A1 corresponde a la unidad baja asociada al humedal contiguo al proyecto; B1 se encuentra hacia el sector occidental y C1 hacia el sur. Esta configuración evidencia que la delimitación de las unidades de aportación no coincide necesariamente con los linderos del predio. La continuidad hidrológica debe leerse a través de las divisorias, las depresiones, las zonas bajas y el cuerpo lagunar, no únicamente a través del límite del predio.

Las líneas de escurrimiento representadas constituyen resultados del análisis topográfico.

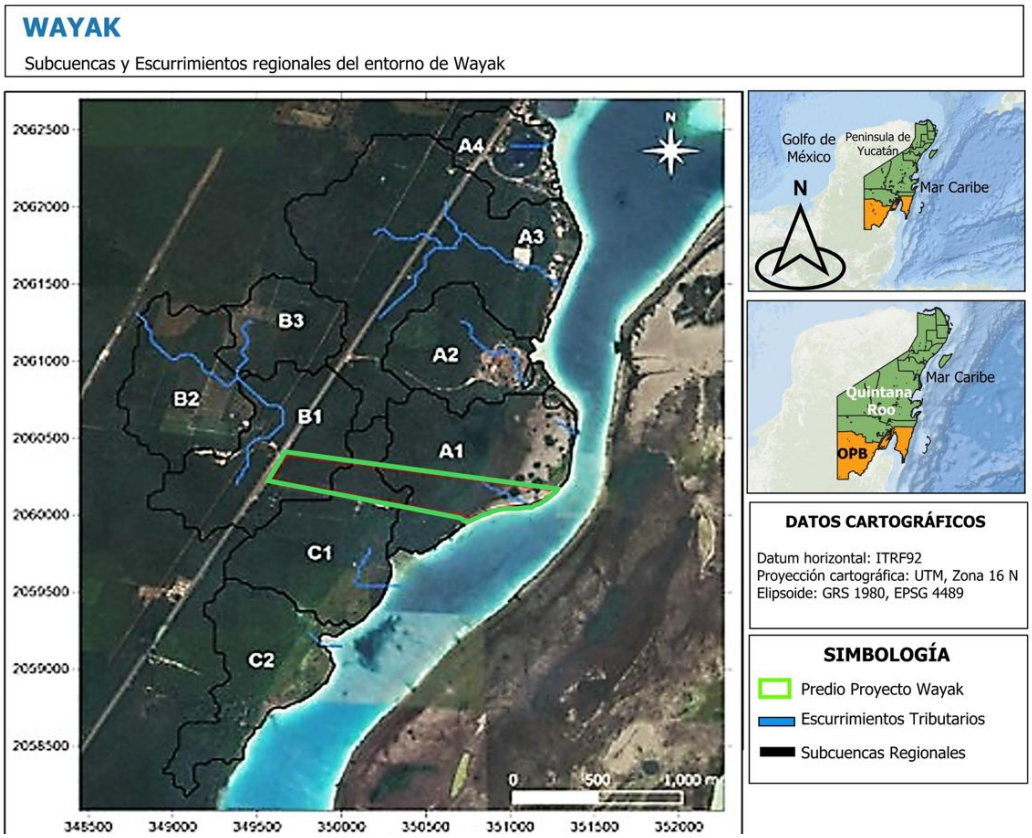


Figura IV.37. Subcuencas y escurrimientos regionales del entorno de Wayak. Reproducción del anexo de hidrología superficial, página 7.

El levantamiento de detalle muestra una transición desde el sector occidental relativamente elevado hacia la planicie baja y el humedal ribereño del extremo oriental. La pendiente general no elimina la presencia de depresiones interiores: los modelos identifican sitios de concentración y almacenamiento en las microcuencas M3 y M4, además de la acumulación de agua en el conjunto bajo M1–M2. que desagua hacia la laguna.

Un control indispensable es la referencia vertical. El anexo compara quince puntos nivelados con las cotas del LiDAR y reporta una diferencia promedio de −6.113 m. Los niveles máximos de inundación se presentan

en ambas referencias: elevación LiDAR y elevación ODISER. Para describir alturas respecto del nivel del mar se utilizan aquí las cotas ODISER tal como se reportan.

En la tabla de nivelación superficial, los puntos B1 y B5 registran cotas ODISER de 20.604 y 4.082 m, respectivamente. Las fichas geohidrológicas utilizan además cotas de referencia de medición y una “tara”; por ello, la profundidad al agua reportada en cada barreno debe interpretarse respecto de su referencia instrumental y no automáticamente como profundidad bajo el terreno natural.

subcuenca del ecosistema del humedal

La delimitación de detalle reconoce cuatro microcuencas, M1 a M4, y el estudio incorpora la subcuenca regional A1 para representar el ecosistema del humedal. La siguiente tabla conserva los parámetros del anexo; las áreas en hectáreas son conversiones aritméticas de las superficies originales.

Tabla IV-10. Microcuencas y subcuencas.

Unidad	Área (ha)	Pendiente (%)	L (m)	Tc (min)	Lag (min)	NC
M1	8.95	2.26	390	8.51	5.1	69
M2	12.72	7.08	660	8.22	4.93	69
M3	16.38	5.62	465	6.86	4.12	62
M4	11.19	3.94	660	10.3	6.18	62
A1	84.09	4.65	1,280	16.09	9.66	65

Fuente: H, tabla de propiedades de microcuencas, p. 15, y números de curva, p. 23. L: longitud consignada; Tc: tiempo de concentración; Lag: tiempo de retardo; NC: número de curva SCS.

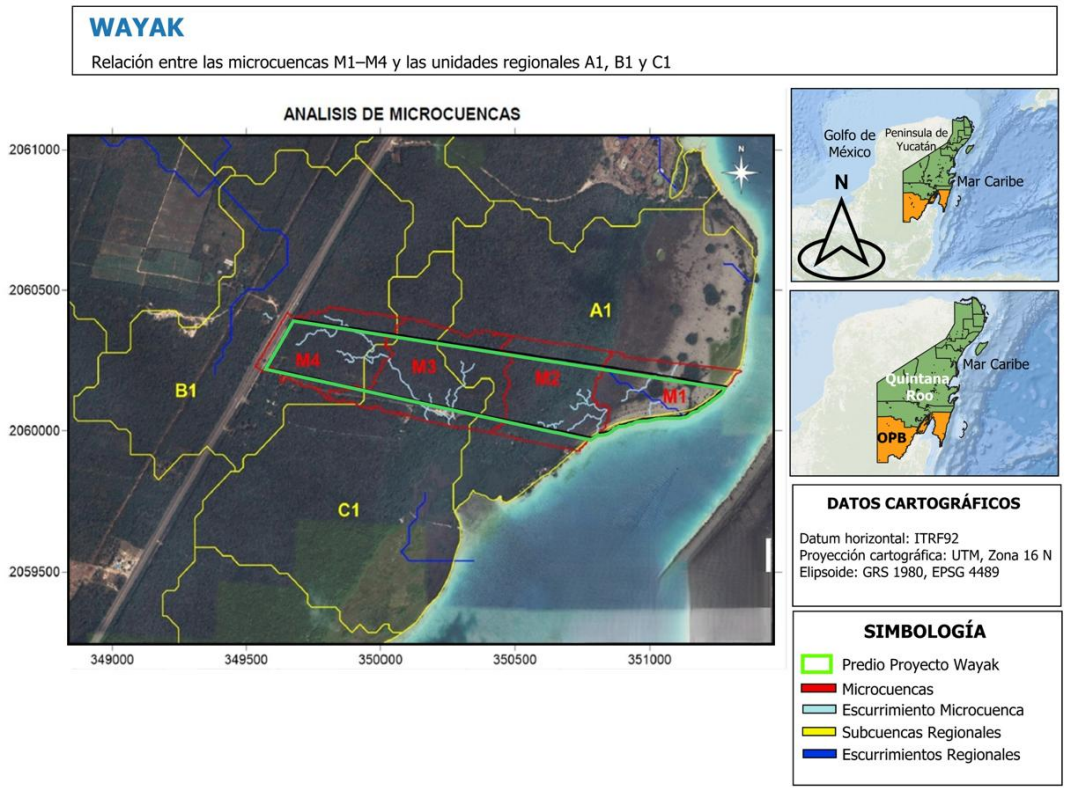


Figura IV. 38. Relación entre las microcuencas M1–M4 y las unidades regionales A1, B1 y C1. Reproducción del anexo de hidrología superficial, página 12.

M1 ocupa el extremo oriental ribereño y presenta la menor pendiente media reportada. M2 corresponde al sector de transición hacia la zona baja y tiene la mayor pendiente media de las cuatro microcuencas. M3 se sitúa en la parte central y contiene una depresión de almacenamiento. M4 se localiza al oeste, próxima a la carretera, con otra depresión interior. Esta descripción funcional procede de los mapas de delimitación y de inundación.

Información de precipitación y escenarios

El análisis de lluvia utiliza las estaciones Bacalar (23002), I.N.I.A. CAECHET (23049), Los Pozos (23015) y Chetumal DGE (23032), con distancias al predio de 7, 7.5, 11 y 17 km, respectivamente. Los periodos de registro consignados son 1962–1973, 1982–2023, 1962–1995 y 1952–2023. Estos datos describen la base histórica utilizada por el estudio de 2024.

La estudió empleó un ajuste de distribución de probabilidad exponencial y hietogramas tipo III SCS para las lluvias de 2 y 10 años de periodo de retorno. Adicionalmente utiliza como escenario extremo una lluvia asociada al huracán Wilma, tomada de la estación Sian Ka'an II. Este último es un evento de referencia aplicado a la simulación, no una medición que los anexos atribuyan al predio.

Tabla IV-11. Escenarios de en diferentes periodos de retorno Tr

Escenario del anexo	Precipitación acumulada	Duración
Lluvia común, Tr = 2 años	107.74 mm	24 h
Lluvia extraordinaria, Tr = 10 años	200.68 mm	24 h
Extremo, huracán Wilma	853.00 mm	60 h

Fuente: hidrológico, pp. 19 y 32–34.

Red de observación, piezometría y dirección de flujo

La red local está formada por cinco barrenos B1–B5, el registro en el espacio anular de B5 y un punto de referencia en la laguna. Las profundidades totales consignadas para los barrenos van de 20.25 a 29.94 m. Las mediciones puntuales y los sensores documentan la transición entre junio y julio de 2024, pero no una serie anual completa.

Tabla IV-12. Red de observación piezométrica en 5 Barrenos

Punto	Prof. total (m)	N.E. 03/07 (m)	Carga junio (m)	Carga 03/07 (m)	Carga 18/07 (m)
B1	28.15	17.327	3.224	3.542	3.362
B2	29.94	N/D	3.02	3.370*	N/D
B3	28.32	12.525	2.78	3.104	3.11
B4	20.25	9.928	2.639	2.964	2.942
B5	25.34	0.983	2.864	3.229	3.223
B5 anular	N/A	1.063	N/D	3.149	3.147
Laguna	N/A	—	1.800*	2.185	2.153

*Fuente: G, p. 36, y AT, p. 27. Las cargas se expresan en la referencia de nivel del mar del estudio. N.E.: profundidad al agua desde la referencia instrumental; *Valor estimado a partir del sensor. La campaña de junio integra mediciones entre el 7 y el 10 de junio.*

Entre la campaña inicial y el 3 de julio las cargas aumentan entre 0.318 y 0.365 m en B1–B5; la laguna aumenta 0.385 m entre las referencias comparadas. Son diferencias calculadas con las tablas, no estimaciones de fluctuación anual máxima. Los registros continuos muestran ascensos relacionados temporalmente con los episodios de lluvia.
Las redes de flujo de secas y lluvias representan una tendencia desde el interior occidental y noroccidental hacia la laguna, en direcciones generales este y sureste. La mayor carga del sector interior respecto del punto lagunar sustenta esa interpretación local de descarga hacia el sistema ribereño. La anomalía relativa de B5 impide simplificar el conjunto como un plano piezométrico uniformemente inclinado.

Caracterización fisicoquímica disponible

Los anexos del estudio geohidrológico presentan perfiles de temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos totales y potencial redox. La tabla siguiente resume intervalos aproximados leídos en las gráficas; no sustituye las series numéricas originales ni un informe de laboratorio.

Tabla IV-13. Caracterización fisicoquímica

Parámetro	Intervalo aproximado en barrenos	Lectura del conjunto
Temperatura	27.3–29.6 °C	Variación entre puntos y profundidades; la muestra lagunar se representa alrededor de 31.8 °C.
Conductividad eléctrica	0.6–2.4 mS/cm	Mineralización variable; algunos perfiles incrementan con la profundidad.
Sólidos disueltos totales	0.4–1.6 g/L	Equivalen aproximadamente a 400–1,600 mg/L; no son una concentración única regional.
pH	6.85–7.5	Variaciones próximas a la neutralidad; el punto lagunar se representa alrededor de 7.9.
Oxígeno disuelto	Cercano a 0 hasta 6.3 mg/L	Se observan disminuciones marcadas en profundidad en varios perfiles.
Potencial redox	Aproximadamente 345–400 mV	Valores positivos en las gráficas; no se describe un medio reductor generalizado.

Fuente:Geohidrológico, pp. 29–34; y pp. 24–26.

El modelo conceptual diferencia condiciones de mineralización entre secas y lluvias: en secas representa del orden de 1,500 mg/L; en lluvias muestra una zona somera de 600 mg/L y niveles más profundos de 1,380–1,440 mg/L. Se trata de una síntesis interpretativa del estudio.

Síntesis de caracterización

El entorno hidrológico del proyecto forma parte del sistema lagunar de Bacalar y se caracteriza por la interacción de escurrimientos superficiales, depresiones de almacenamiento temporal, una zona inundable ribereña y un medio subterráneo carbonatado heterogéneo. En el sitio, la transición topográfica de oeste a este organiza el drenaje general, pero coexiste con depresiones interiores que concentran agua y con una franja baja cuyo hidroperiodo responde tanto a la precipitación como a las oscilaciones de la laguna.

Las cuatro microcuencas modeladas presentan diferencias de pendiente, tiempo de concentración, suelos y número de curva. Los escenarios de lluvia muestran que las zonas susceptibles de inundación no se restringen a la ribera y que la magnitud de la respuesta debe describirse mediante volumen, caudal, nivel y tirante, sin confundir esos indicadores. El monitoreo de junio–julio de 2024 registra el ascenso de niveles superficiales y subterráneos durante la transición hacia las lluvias, y las redes piezométricas interpretan una tendencia local de flujo hacia la laguna. En consecuencia, la caracterización del sistema ambiental debe mantener la distinción entre la organización regional del sistema, los resultados cuantitativos locales y la extrapolación. El estudio anexo aportan una base para reconocer la continuidad funcional entre el interior, las depresiones y la zona baja del predio.

IV.2.1 Medio biótico

IV.2.1.1 Vegetación

Con base en la Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII, escala 1:250,000 del INEGI, se identificaron siete clases de cobertura y uso del suelo dentro del sistema ambiental y el área de Influencia Indirecta. La cartografía oficial de cobertura registra una proporción significativa de vegetación forestal, evidencia un mosaico de ecosistemas Tabla IV-14.

Tabla IV-14 Clasificación de los usos de suelo y vegetación inmersos dentro del sistema ambiental, de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación, Serie VII, del INEGI.

CLAVE	Cobertura de consulta	Superficie (ha)	Proporción %
VSA/SMQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	10,129.76	47%
VM	MANGLAR	3,177.47	15%
H2O	CUERPO DE AGUA	3,068.59	14%
VSa/SBQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA	1,973.31	9%
PC	PASTIZAL CULTIVADO	1,817.17	9%
VSa/SMQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	515.64	2%
AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	444.41	2%
TA	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	193.50	0.91%
RS	AGRICULTURA DE RIEGO SEMIPERMANENTE	27.43	0.13%
SMQ	SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	12.96	0.06%
	TOTAL	21,360.25	100%

Según la carta temática de uso de suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021), serie VII, en el SA se identificaron un total de 10 usos de suelo y vegetación, que abarcan una superficie total de 21,360.245 ha. De estos, corresponden a diferentes tipos de vegetación en diferentes estados de sucesión, la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) como ecosistema, ocupa una superficie de 47 % del sistema estudiado, seguida de la vegetación de manglar (VM) con el 15% y el cuerpo de agua (H2O) lagunar con el 14% vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia (VSa/SBQ) y pastizal cultivado (PC) con el 9.0% respectivamente y en menor proporción vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia (VSa/SMQ) y asentamientos humanos (AH) con 2% respectivamente, agricultura de temporal anual (TA) con 0.91 % agricultura de riego semipermanente con 0.13% y por último con 0.06% selva mediana subperennifolia (SMQ), lo antes con respecto a la superficie total del sistema ambiental estudiado.

Consideraciones técnicas sobre la cartografía utilizada

La caracterización de usos de suelo y cobertura vegetal en el sistema ambiental y área de influencia (AI) se sustenta en la Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie VII, elaborada por el INEGI. La metodología empleada combina análisis multiespectral mediante técnicas de fotointerpretación sistemática, con integración de datos obtenidos en recorridos de verificación en campo. La fuente constituye el insumo oficial de mayor cobertura y continuidad a nivel nacional para escalas regionales.
No obstante, la aplicación de esta cartografía con fines de caracterización de las coberturas existentes requiere el reconocimiento explícito de sus condicionantes técnicas, derivadas de los siguientes aspectos:
a) Resolución cartográfica

La escala nominal 1:250,000 implica una resolución espacial que permite la representación confiable únicamente de polígonos mayores a 25 hectáreas. Como resultado, fragmentos de vegetación menores, aperturas recientes, brechas o desarrollos localizados no son capturados en el insumo cartográfico. Este nivel de generalización espacial restringe la identificación de procesos como fragmentación, pérdida puntual de cobertura forestal o inserción de infraestructura dispersa.

Las clasificaciones de usos de suelo y vegetación elaborada por el INEGI se deben de tomar con cuidado por dos principales razones, el nivel de escala con la que se trabaja y porque son el reflejo de un momento determinado. La carta de uso de suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie VII, se elaboró aplicando una técnica de fotointerpretación con imágenes geomedianas de la constelación satelital Landsat seleccionadas con base 2018, apoyándose, para ello, en trabajo de campo (ver página: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/).

Si bien se trata de la última clasificación de uso de suelo y vegetación publicada oficialmente, esta fue hecha con base a las condiciones del 2018 (Figura IV-39)

Es sabido que esta se trata de una clasificación de uso de suelo y vegetación general considerando el grado de precisión que se alcanza para diferenciar entre usos de suelo y tipos de vegetación, no obstante, resulta de gran utilidad como punto de partida en estudios que implican la caracterización de este componente ambiental.

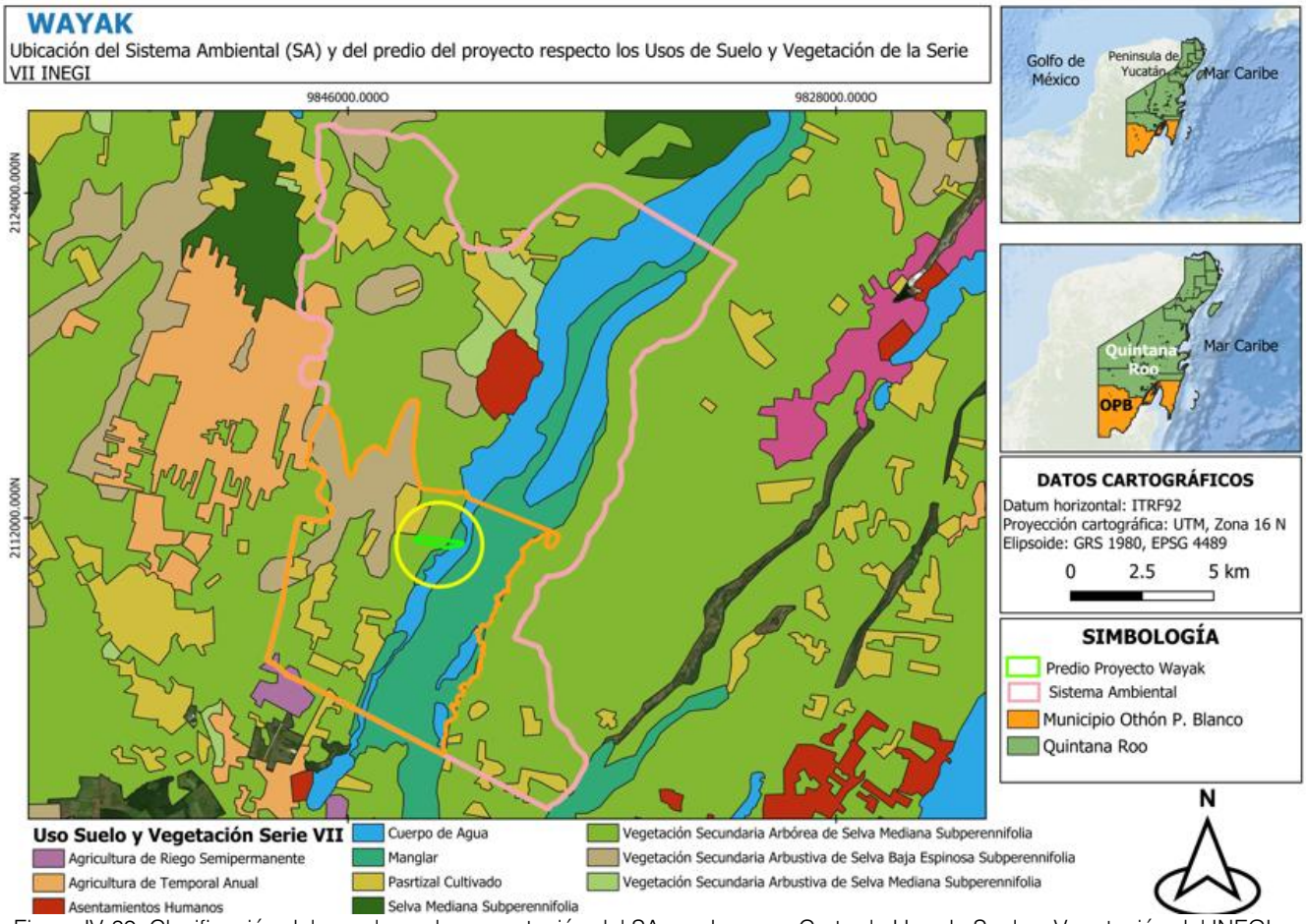


Figura IV-39. Clasificación del uso de suelo y vegetación del SA con base en Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, escala 1:250,000, serie VII.

En el SA, las formaciones de selva y manglar abarcan **74.01 %**, mientras que las fases secundarias de selva, consideradas conjuntamente, comprenden **12,618.71 ha**, equivalentes al **59.08 %**. Su principal rasgo es, por tanto, el predominio superficial de comunidades secundarias, especialmente de fisonomía arbórea, acompañado por manglar, cuerpos de agua y usos agropecuarios.

Considerando las limitaciones expuestas y con el fin de contar con un insumo representativo de las condiciones actuales del área de Influencia, se realizaron campañas de muestreo a efecto de lograr una mejor aproximación al área de interés de forma directa a efecto de determinar y verificar las unidades de cobertura.

A partir de esta base, se estimaron las superficies correspondientes a cada tipo de cobertura presente en el área de influencia indirecta, obteniéndose una superficie total de 6289.818 ha. Los resultados se muestran en la tabla siguiente, en la cual se presenta el desglose por clase de uso de suelo o vegetación, superficie estimada en hectáreas y su proporción relativa.

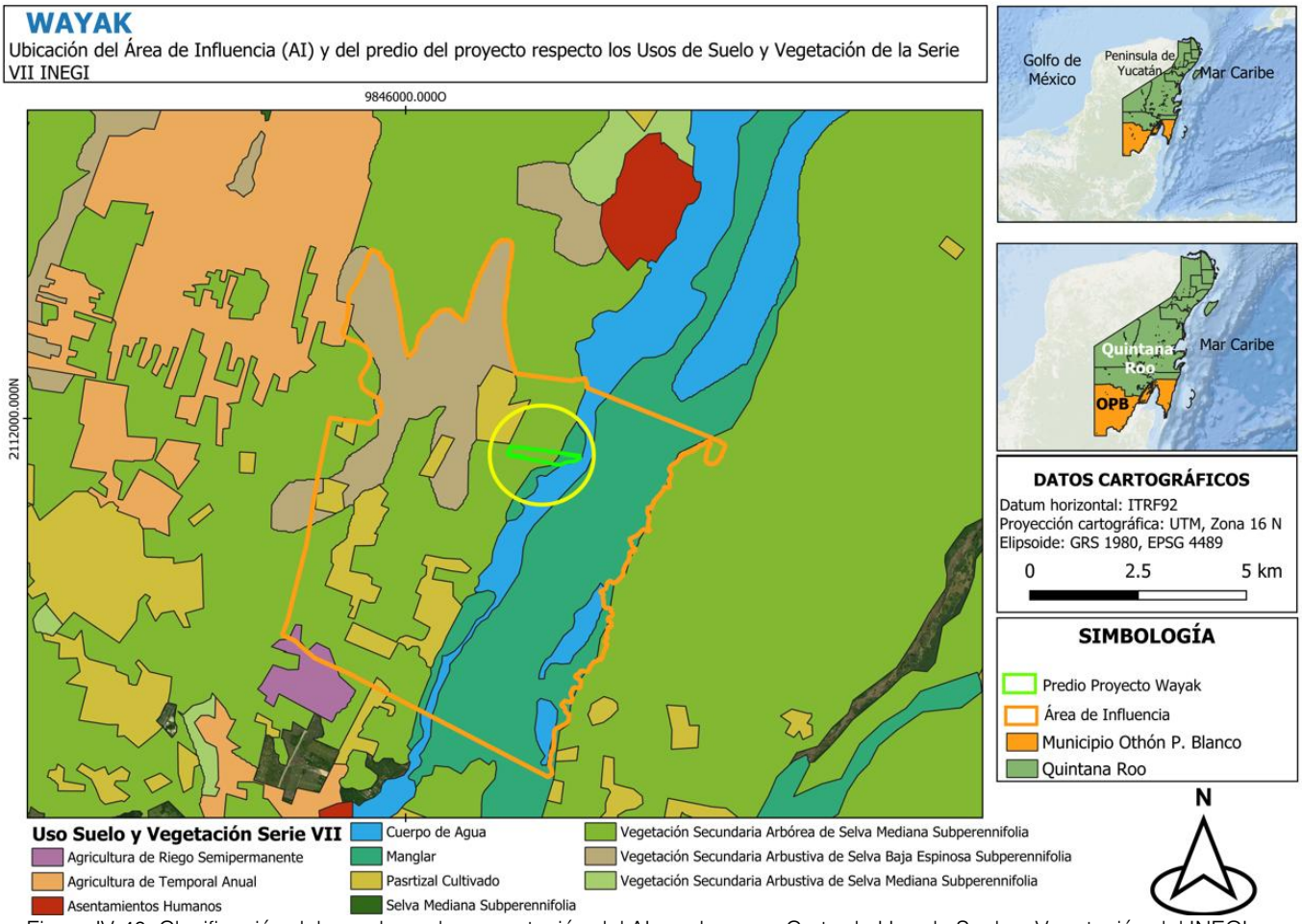


Figura IV-40. Clasificación del uso de suelo y vegetación del AI con base en Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, escala 1:250,000, serie VII.

Tabla IV-15 Clasificación de los usos de suelo y vegetación inmersos en el AI Serie VII

CLAVE	Cobertura de consulta	Superficie (ha)	Proporción (%)
VSA/SMQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	1,913.09	32%
VM	MANGLAR	2,036.48	30%
VSa/SBQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA	1,178.44	7%
PC	PASTIZAL CULTIVADO	660.48	19%
H2O	CUERPO DE AGUA	466.38	11%
RS	AGRICULTURA DE RIEGO SEMIPERMANENTE	27.43	0%
TA	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	7.52	0%
	Total	6,289.818	100%

La vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) ocupa 1,913.09 ha en el área de influencia equivalente a 30.42 %. Constituye el principal componente de selva cartografiado y la clase de mayor extensión dentro del AI.

Su denominación reconoce una comunidad secundaria con fisonomía arbórea y afinidad con la selva mediana subperennifolia. El calificativo *secundario* expresa una condición sucesionales asociada con cambios en la cubierta vegetal; no identifica por sí mismo la causa, fecha o intensidad de la perturbación. Los metadatos del INEGI reconocen que las fases sucesionales pueden relacionarse con alteraciones naturales o humanas. Por ello, no corresponde interpretar esta clase automáticamente como terreno desmontado, vegetación recientemente afectada o comunidad actualmente en recuperación.

El manglar (VM) ocupa 2,036.48 ha en el área de influencia, correspondientes al 32.38 %. Su mayor importancia relativa en el área de influencia determina que este ámbito no deba describirse exclusivamente como un entorno de selva mediana: el manglar es su cobertura individual predominante.

Desde una perspectiva ecológica general, los manglares son formaciones leñosas que pueden presentar fisonomía arbórea o arbustiva. Entre sus funciones se encuentran la provisión de hábitat, la retención de sedimentos y la participación en la regulación de inundaciones y de la calidad del agua. Estas funciones sustentan su consideración diferenciada dentro del análisis ambiental; su magnitud y condición local no se encuentran cuantificadas en la capa de coberturas.

La caracterización particular deberá relacionar la estructura de la vegetación con la frecuencia y duración de la inundación, la salinidad y las conexiones de entrada y salida de agua. La información examinada no permite asignar esos parámetros a los polígonos ni establecer las especies dominantes, asociaciones monoespecíficas o subtipos estructurales presentes.

Esta unidad de vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia (VSa/SBQ) comprende 1,178.44 ha en el área de influencia con una representatividad de 18.74 %, respectivamente. Es la tercera cobertura de mayor extensión dentro del área de influencia.

La clave reúne dos atributos que deben conservarse en su interpretación: la pertenencia a una selva baja espinosa subperennifolia y su condición de vegetación secundaria arbustiva. Por tanto, no debe confundirse con pastizal, terreno sin vegetación ni vegetación secundaria de selva mediana. La denominación espinosa se conserva porque forma parte de la clase identificada en la base utilizada.

Otras coberturas relevantes para la interpretación de vegetación.

El pastizal cultivado (PC) ocupa 660.48 ha en el área de influencia con 10.50 %. Debe mantenerse separado de las comunidades de vegetación natural y de las fases secundarias de selva, conforme a la clasificación.

La agricultura de temporal anual (TA) comprende 7.52 ha en el área de influencia y. La agricultura de riego semipermanente (RS) ocupa 27.43 ha. Sus denominaciones distinguen modalidades agrícolas por disponibilidad de agua y duración del ciclo de cultivo, que son criterios considerados por el conjunto de datos del INEGI.

Estas superficies forman parte del contexto de uso del suelo, pero no deben integrarse a la superficie de selvas y manglar. Los atributos examinados no identifican los cultivos específicos ni sus prácticas de manejo.

Los cuerpos de agua abarcan 466.38 ha en el área de influencia equivalente al 7.41 %. Constituyen una cobertura distinta de las formaciones forestales, por lo que deben conservarse como categoría separada en los balances de superficie, toda vez que corresponden a la Laguna de Bacalar.

El área de influencia presenta una composición en la que manglar, selva secundaria arbórea y selva baja secundaria arbustiva reúnen el 81.53 % de su superficie. Las dos clases secundarias de selva suman 3,091.53 ha, correspondientes al 49.15 % del ámbito. Estos resultados muestran que una descripción centrada solamente en selva mediana sería insuficiente: debe incorporar expresamente el manglar y la vegetación secundaria de selva baja espinosa subperennifolia.

Caracterización de la vegetación a nivel de SA y AI

Para corroborar la información antes descrita, se realizó un inventario de flora dentro del mismo tipo de vegetación de la cuenca colindante al predio, esto para realizar una comparación de parámetros entre predio y cuenca (sistema ambiental y área de influencia). A continuación, se describe la metodología empleada, ubicación de sitios y resultados obtenidos del muestreo sobre la vegetación del SA y AI dentro de la misma subcuenca.

Descripción del método de muestreo de la Flora

Se realizaron 2 salidas de campo del 11 al 16 de marzo de 2024 y del 3 al 8 de julio de 2026 para la rectificación de la información y sobre todo, en épocas aún con lluvia y en secas. De tal manera que las labores de campo, aunque escalonadas, cumplen con la variación en cuanto a estacionalidad.

La vegetación se caracterizó aplicando el método de muestreo circular con un sistema aleatorio. Para ello se levantaron 30 sitios de 500 m^2 cada uno. En cada unidad de muestreo se realizó un levantamiento del estrato arbóreo en la superficie total de 500m^2, 28m^2 para el estrato arbustivo y 3m^2 para el estrato herbáceo. Con la ayuda de un GPS, cada punto fue georreferenciado. Para los estratos arbóreo y arbustivo se registraron las variables de DAP, altura total y fuste limpio, y para el estrato herbáceo solo se tomó la abundancia. El conteo y numeración de los árboles se inició del centro del sitio hacia fuera utilizando como referencia el Norte franco y con sentido de las manecillas del reloj. De esta manera, por árbol numerado se procedió a registrar los datos dasométricas solicitados. Todos y cada uno de se marcaron en el tallo con pintura en aerosol llamativa a la altura donde se midió el diámetro normal mediante una línea o un punto y sobre ella el número del árbol que le corresponde. Para la elaboración del inventario f se necesitó la participación de una brigada compuesta por un técnico de campo y dos auxiliares. Mediante la utilización de un GPS se marcó la ubicación del centro de la parcela de cada sitio, mediante la colocación de una estaca o baliza pintada de algún color llamativo.

Tabla IV-16. Coordenadas de los sitios de muestreo en el SA.

Punto	x	y			Punto	x	y		
SA1	349781	2060412	X	X	SA16	348640	2061477	X	X
SA2	349878	2060407	X	X	SA17	350372	2058482	X	X
SA3	349979	2060387	X	X	SA18	346201	2060186	X	X
SA4	350063	2060368	X	X	SA19	355394	2067673	X	
SA5	350194	2060348	X	X	SA20	355693	2068190	X	
SA6	349836	2060493	X	X	SA21	360242	2069584	X	

Punto	x	y			Punto	x	y		
SA7	350062	2060206	X	X	SA22	347027	2065477	X	
SA8	350513	2061907	X	X	SA23	349778	2063708	X	
SA9	350295	2061363	X	X	SA24	349226	2070411	X	
SA10	350006	2060141	X	X	SA25	356389	2062126	X	
SA11	349959	2060113	X	X	SA26	350804	2063357	X	
SA12	348039	2060708	X	X	SA27	351613	2069035	X	
SA13	347037	2059819	X	X	SA28	356933	2065901	X	
SA14	354131	2051288	X		SA29	350851	2067400	X	
SA15	348350	2055132	X	X	SA30	351013	2052823	X	

En el siguiente mapa se observan los sitios de muestreo de flora dentro del SA y AI. El diseño del muestreo dasonómico fue sistemático y distribuidos equitativamente, aunque por temas de seguridad el muestreo se realizó cerca de colindancias de caminos vecinales.

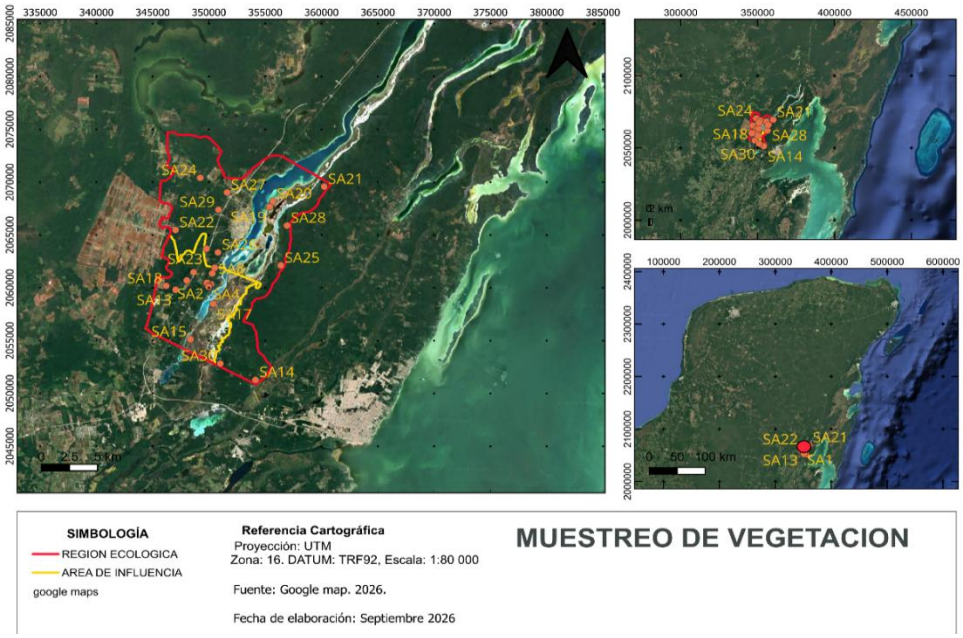


Figura IV-41. Sitios de muestreo de vegetación en el sistema ambiental

En cada sitio de muestreo el levantamiento florístico se hizo por estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo. Los criterios utilizados para clasificar las especies vegetales identificadas, en los diferentes sitios de muestreo, fueron según su forma de crecimiento (estrato).

- Estrato arbóreo: se contabilizaron todos aquellos ejemplares que su diámetro a la altura del pecho fuera igual o mayor a 10 cm. El registro de los árboles se inició del centro del sitio hacia norte franco y con dirección a las manecillas del reloj, se utilizaron líneas vectoriales dentro de los sitios de muestreo para realizar el registro los datos por especie. Por cada individuo se determinó el género, especie, frecuencia y nombre común.

- **Estrato arbustivo: se incluyó** los individuos con diámetros igual o mayores a 5 cm y menores a 10 cm, todos los individuos con esta condición fueron registrados según su especie con las variables de nombre común, genero, especie y frecuencia.
- **Estrato herbáceo:** aquí incluimos a todos los individuos con diámetros menores a 5 cm hasta individuos con una altura mayor a 30 cm.

Debido a sus características, forma de crecimiento y edades de las especies de vegetación, estas se pueden encontrar en los tres diferentes estratos.

Tabla IV-17. Definición de estratos.

Estratos de vegetación				
Forma de crecimiento	Alturas	Diámetros	Tallo	Ramificación
Arbóreo	Mínimo 1.30 m	10 cm de diámetro a la altura del pecho	Leñoso	Presente
Arbustivo	Mínimo 50 cm	Desde 5 cm hasta menores a 10 cm.	Leñoso	Ramificado desde la base del tallo
Herbáceo	Mínimo 10 cm	Desde 1 cm en la base del tallo	Poco resiste o muy flexible	Presente o ausente

Con el apoyo de una cinta o cuerda marcada se inició con el conteo de los individuos incluidos en el área de los 500 m^2 (12.62 m^2 de diámetro). Para los registros de los individuos por sitio de muestreo se procuró iniciar por el norte y con dirección a las macillas del reloj, los sitios quedaron delimitados mediante la utilización de brújula y cinta métrica, así como la marca con una estaca o baliza pintada en el centro de cada sitio. Todos y cada uno de los árboles incluidos en los sitios se marcaron en el tallo con pintura en aerosol llamativa a la altura donde se midió el diámetro normal mediante una línea o un punto y sobre ella el número del árbol que le corresponde.

En cada sitio de muestreo se registró:

- **Número de sitio.** Esta asignación se llevó a cabo sobre los planos, y al llegar al sitio se marcó el número correspondiente mediante la colocación de una placa metálica
- **Número de árbol.** Se tomaron los datos en forma de zig-zag sobre el sitio iniciando de la esquina que fue georreferenciada asignándole un número consecutivo a cada ejemplar encontrado.
- **Especie.** Se anotó el nombre común de cada especie.
- **Diámetro Normal (DN).** Se utilizó una forcípula metálica para la medición del diámetro de árboles en pie, se tomó de acuerdo a los estándares mundiales que se establecen a 1.30 m del suelo.
- **Altura Total (AT).** Con la ayuda de un estadal graduado métricamente a cada 10 cm, se midió la altura total de cada árbol desde el nivel del suelo hasta su extremo superior.
- **Altura al fuste limpio (AFL).** Se midió con el estadal desde el nivel del suelo a las primeras ramas de la copa.

El material y equipo necesario para el levantamiento florístico fue:

- Estadal graduado métricamente a cada 10 cm, para medir alturas
- Forcípula graduada
- Machete
- Geoposicionador satelital Garmin con una precisión de $\pm$ 30 cm)

- Cámara fotográfica digital
- Cinta métrica de 50 metros
- Pintura en aerosol color naranja fluorescente
- Libreta de campo
- Lápices de grafito
- Plumones permanentes
- Cinta amarilla

Métodos y cálculos de datos

Intensidad de muestreo

Se obtuvo en total de área muestreada de 15000 m^2 (30 sitios x 500 m^2) lo que representa una intensidad de muestreo (IM) de 0.007% del total de la superficie de la RE.

$$IM(\%) = \left[\frac{Sup\ muestreada}{\text{Sup. total}}\right] * 100$$

Tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de la muestra y la confiabilidad de esta, se calculó de la siguiente forma:

Los criterios que generalmente se utilizan para determinar el tamaño de la muestra puede ser: la relación entre la superficie a muestrear y la superficie total, y la homogeneidad espacial de la variable o población a estudiarse. El número de muestreos aumenta mucho más cuando las variables de estudio son heterogéneas[13].

Por otro lado, para que un muestreo sea lo suficientemente representativo y confiable, debe estar bien diseñado. Esto quiere decir que la muestra a tomarse debe considerar la mayor variabilidad existente en toda una población estadística. Y para que los datos tengan una distribución normal, lo ideal sería realizar el mayor número de muestreos, es decir, la representatividad está dada por el número de réplicas a tomarse en cuenta y por el conocimiento de los factores que pueden influir en una determinada variable. El muestreo sistemático puede realizarse a partir de un punto determinado al azar, del cual se establece una cierta medida para medir los subsiguientes puntos[14].

De las muestras que se obtuvieron se seleccionaron 10 sitios al azar del sistema ambiental (variables de datos reales), y se tomaron los datos de volumen total de estrato arbóreo y arbustivo.

El modelo para determinar el número de muestras según el modelo matemático es el siguiente[15]:

[13] Mostacedo B., Fredericksen T. 2000. Manual de Métodos Básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR (proyecto de Manejo Forestal Sostenible). Santa Cruz, Bolivia.
[14] Mostacedo B., Fredericksen T. 2000. Manual de Métodos Básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR (proyecto de Manejo Forestal Sostenible). Santa Cruz, Bolivia.
[15] Mostacedo B., Fredericksen T. 2000. Manual de Métodos Básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR (proyecto de Manejo Forestal Sostenible). Santa Cruz, Bolivia.

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2 + \frac{T^2 * CV^2}{N}} \qquad (1)$$

Donde:

n = número de unidades muestrales
E = error con el que se quiere obtener los valores de un determinado parámetro
t = valor que se obtiene de las tablas de "t" de Student, generalmente se usa t = 0.05
N = total de unidades muestrales en toda la población
CV = coeficiente de variación; para obtener este valor es necesario hacer un muestreo piloto.

Tabla IV-18. Volúmenes de muestreo piloto en SA para flora

SITIO	ARBOREO	ARBUSTIVO	SUMA (V)	V2
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Para determinar el número de muestras necesarias se debe de calcular la desviación estándar (s) y el coeficiente de variación (CV), para lo cual se siguieron las siguientes formulas:

$$s = \frac{\sqrt{\sum V^2 - \frac{(\sum V)^2}{n}}}{n-1} \qquad (2)$$

Donde:

s= desviación estándar
V= volumen
V^2= volumen al cuadrado por muestra
n= número de unidades muestreadas

Tabla IV-19. La desviación estándar para los sitios muestreados se muestra en la siguiente tabla:

	Flora SA
ΣV	
V^2	
n	
s	

Tabla IV-20.Para determinar el coeficiente de variación es igual a:

$$CV = \frac{s * 100}{promedio\ V} \qquad (3)$$

	Flora SA

s	
Promedio V	
CV	

El valor de error con que se quiere obtener las muestras es de 10%. El valor de "t" en este caso, tendrá 6 grados de libertad y 95% de probabilidad.

Tabla IV-21. Retomando la fórmula para el cálculo del número de muestras (1) sería:

	Flora SA
CV	
t (6 grados de libertad)	
E	
N	
n	

Esto da como resultado que el número de SITIOS a muestrear para flora del sistema ambiental seria 26.62 sitios. Por lo tanto, la intensidad y representatividad del número de sitios a muestrear se cumple, en donde se realizaron 30 sitios.

Para el análisis de datos de vegetación se utilizaron los siguientes índices

Diversidad

La diversidad de un ecosistema depende de dos factores, el número de especies presente y el equilibrio demográfico entre ellas. Por ejemplo, entre dos ecosistemas hipotéticos formados por especies demográficamente idénticas (el mismo número de individuos de cada una, algo que nunca aparece en la realidad) se consideraría más diverso al que presentara un número de especies mayor. Por otra parte, entre dos ecosistemas que tienen el mismo número de especies, consideraremos más diverso al que presenta menos diferencias en el número de individuos de unas y otras especies.

El índice de Shannon-Winner (H) requiere que todos los individuos sean muestreados al azar y que estén representadas todas las especies de la comunidad en la muestra. Este índice proviene de la teoría de la información, donde se utiliza para estimar el máximo de información que puede llegar a contener un mensaje, es decir que las medidas parten del supuesto de que una comunidad (ensamblaje de organismos presentes en un hábitat) es análoga a un sistema termodinámico en la cual existe un número finito de individuos (análogo a cantidad de energía), los cuales pueden ocupar un número -también finito- de categorías (especies, análogo de estados). Se calcula como la suma de la producción de cada especie multiplicada por el logaritmo base dos de esa porción.

La fórmula del índice de Shannon-Wiener es:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} p_i log_2 p_i$$

Dónde:

S= número de especies (la riqueza de especies).

Pi= proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n i/ N
Ni= número de individuos de la especie i
N= Número de todos los individuos de todas las especies
Log2= la fórmula utiliza el logaritmo base 2

Este índice usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. La ventaja de un índice de este tipo es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total.

Los valores de este índice van de 1 a 5, siendo un valor pobre el 1 y máxima diversidad el 5. En general se considera un ecosistema pobre cuando los valores no alcanzan de 3 en adelante.

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*).

El concepto de uniformidad se deriva fácilmente de las consideraciones teóricas de las fórmulas descritas para H y $\hat{H}$.
Si $n1 = n2 = n3 = ni\ldots = n$, entonces:
$N = s\Sigma ni = sN$
$Hmax = lns$

Esto permite cuantificar qué tanto la diversidad estimada ($\hat{H}$) para una situación dada se desvía del máximo teórico (H) -que ocurre cuando todas las especies son igualmente abundantes

Por otro lado, se analiza la equidad, la cual es un parámetro descriptivo de las relaciones de abundancia. La equidad es la medida de lo parecidas que son las proporciones de las diferentes especies de una comunidad. Existen varias formas de medir esta equitatividad, una de las más frecuentes es la razón que expresa la equitatividad como la diversidad H (encontrada) con relación al máximo valor que H' puede alcanzar cuando todas las especies de la comunidad muestran idénticas abundancias. Si esto se mide con el índice de Shannon-Wienner, el valor resultante es la J de Pielou:

La equitatividad se calculó con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H'}{H'max} = \frac{H'}{lnS}$$

donde s es la riqueza y $\log^2 S$ es la diversidad máxima que se puede obtener para una riqueza determinada

El valor de la equitatividad está considerado como una medida del grado de organización de la comunidad (Margalef, 1974). Un incremento en el número de especies puede aumentar los valores de riqueza y de

diversidad, pero si las nuevas especies tienen abundancias muy diferentes a las de las ya existentes, bajarían la equitatividad de la comunidad[16].

Para la correcta identificación de las especies de flora, se utilizaron los siguientes listados: http://www.tropicos.org/Home.aspx, http://www.theplantlist.org/, Herbario CICY (https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/).

Índice de Valor de Importancia

El índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor de las especies con base en tres parámetros principales: dominancia (área basal), densidad y frecuencia. El índice de valor de importancia (I.V.I.) es la suma de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. El I.V.I. es un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros utilizados individualmente. Para obtener el I.V.I., es necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100. Por lo tanto, la suma total de los valores del I.V.I. debe ser igual a 300[17].

Análisis de diversidad de la vegetación

Tanto en el sistema ambiental como en el área de influencia, se detectaron especies potenciales presentes dentro de la subcuenca, sin embargo, a pesar de que se enlistan, estos no se cuantificaron para realizar los cálculos correspondientes a cada sitio. la flora potencial de la RE y del AI fue integrada a partir de registros obtenidos de la plataforma En ciclo vida y del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB-CONABIO)[18] y bases de datos del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad–GBIF[19] .

De tal forma que en el sistema ambiental se registraron 183 especies de vegetación pertenecientes 156 géneros y 62 familias, presentes en los tres estratos, arbóreo, arbustivo y herbáceo. La familia Fabaceae obtuvo una mayor presencia con 29 especies, seguida de la familia Euphorbiaceae, Asteraceae y *Convolvulaceae*. Solo 4 especies se encuentran en la NOM059-SEMARNAT-2010, como las palmas chit y nacax (*Thrinax radiata* y *Coccothrinax radiata*), *Conocarpus erectus y Rhizophora mangle*, todas en categoría de amenazadas (A). El resto no requieren de atención mayor de acuerdo con la lista roja de la IUCN.

De acuerdo con la (tabla IV-22), correspondiente al listado florístico que se generó por el inventario forestal y la consulta de bases de datos de dominio público, resultó que se tiene una riqueza especifica (S) de 183 especies, de los cuales 119 registros correspondieron al inventario o directos (D) y 64 especies registrados a través de consulta de bases de datos (BD) de consulta pública. 12 especies de epífitas dentro de las cuales se pueden mencionar de la Familia Orchidaceae, Bromeliaceae, Araceae y Cactaceae. En cuanto a la distribución de las especies registradas, 4 especies son endémicas y 173 especies son de distribución más amplia o no endémicas y 6 especies exóticas. Cada una de las especies identificadas tienen diversos usos que van desde la leña y construcción, hasta medicinal y melífera.

Tabla IV-22. Listado de especies de vegetación en el Sistema Ambiental. A = Amenazada.

No.	N. COMUN	N. CIENTIFICO	FAMILIA	USO	USO	USO	DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059	REGISTRO
1	Tripa de gallina	*Acmella pilosa*	Asteraceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD

[16] Samo L., Garmendia A., Delgado J. 2008. Introducción practica a la ecología. Pearson, Prentice Hall.
[17] Mostacedo y Fredericksen. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz de la Serra, Bolivia.
[18] http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/snib/plantas
[19] https://www.gbif.org/es/

2	Tasiste	*Acoelorraphe wrightii*	Arecaceae	Construcción	---	---	N/E	A/ M	---	D
3	Kerpis	*Adonidia merrillii*	Arecaceae	Ornamental			Exótica	---	---	BD
4	Sak pich	*Albizia tomentosa*	Fabaceae	Maderable	Medicinal	Melifera	N/E	A/ M	---	D
5	Cordoncillo	*Allophylus cominia*	Sapindacea e	Insecticida	Medicinal	Melifera	N/E	A/ M	---	D
6	Tabaquillo	*Alseis yucatanensis*	Rubiaceae	---	---	---	---	---	---	D
7	Bel sinik che	*Alvaradoa amorphoides*	Simaroubac eae	---	---	---	---	---	---	D
8	Helecho	*Anemia adiantifolia*	Anemiaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
9	Hoja de piedra	*Anthurium schlechtendalii*	Araceae	Ornamental	Tóxica	---	N/E	A/ M	---	BD
10	Guaco de monte	*Aristolochia maxima*	Aristolochiac eae	Ornamental	Medicinal	---	N/E	A/ M	---	BD
11	Bejuco rosa	*Arrabidaea floribunda*	Bignoniacea e	---	---	Artesanal	N/E	A/ M	---	D
12	Pata de vaca2	*Bauhinia divaricata*	Fabaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
13	Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	Fabaceae	---	---	---	E	A/ M	---	D
14	Pata de venado	*Bauhinia jenningsii*	Fabaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	D
15	Orquidea	*Bletia purpurea*	Orchidaceae	---	---	---	---	---	---	BD
16	Naranjillo	*Bonellia macrocarpa*	Primulaceae	---	---	---	---	---	---	D
17	Ramón	*Brosimum alicastrum*	Moraceae	Maderable	Comestible	Forraje	N/E	A/ M	---	D
18	Wayate	*Bunchosia lanceolata*	Malpighiace ae						---	D
19	Sinche	*Bunchosia swartziana*	Malpighiace ae	Combustible	Medicinal	---	N/E	A/ M	---	D
20	Chaca	*Bursera simaruba*	Burseraceae	Maderable	Medicinal		N/ E	A/ M	---	D
21	Sacpa	*Byrsonima bucidifolia*	Malpighiace ae	---	Comestible	---	N/E	A/ M	---	D
22	Kitamche	*Caesalpinia gaumeri*	Fabaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	D
23	chile piquin	*Capsicum annuum*	Solanaceae	---	---	---	---	---	---	BD
24	B12 pasto	*Carex polystachya*	Cyperaceae	---	---	---	---	---	---	D
25	Akit2	*Cascabela thevetia*	Apocynacea e	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
26	Akit	*Cascabela gaumeri*	Apocynacea e	Ornamental	---	---	N/E	A/ M	---	D
27	iximche	*Casearia corymbosa*	Salicaceae	Ornamental			N/ E	A/ M	---	D
28	Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	Rutaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	D
29	Fideo	*Cassytha filiformis*	Lauraceae	---	---	---	---	---	---	D
30	Orquidea	*Catasetum integerrimum*	Orchidaceae	Ornamental			N/ E	A/ M	---	BD
31	Guarumbo	*Cecropia peltata*	Urticaceae		Medicinal		N/ E	A/ M	---	D
32	Ceiba	*Ceiba pentandra*	Malvaceae		Medicinal	Forraje	N/ E	A/ M	---	BD
33	verde lucero	*Chloroleucon mangense*	Fabaceae	Maderable	Medicinal	Forraje	N/ E	A/ M	---	D
34	Sukun	*Chromolaena odorata*	Asteraceae	---	Medicinal	---	N/E	A/ M	---	BD
35	Icaco	*Chrysobalanus icaco*	Chrysobalan aceae	---	---	---	---	---	---	D

36	Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	Sapotaceae	Maderable	Comestible	---	N/E	A/ M	---	D
37	Barba de viejo	*Cissampelos pareira*	Menisperma ceae	---	---	---	---	---	---	D
38	Cortadera	*Cladium jamaicense*	Cyperaceae	---	---	---	---	---	---	D
39	Chaya2	*Cnidoscolus aconitifolius*	Euphorbiace ae	---	Comestible	---	N/ E	A/ M	---	BD
40	Chaya	*Cnidoscolus souzae*	Euphorbiace ae		Comestible		N/ E	A/ M	---	BD
41	Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	Polygonacea e	Construcción		Melifera	N/E	A/ M	---	D
42	Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	Polygonacea e	---	---	---	N/E	A/ M	---	D
43	Boob	*Coccoloba spicata*	Polygonacea e	---	---	---	N/E	A/ M	---	D
44	Uva de mar	*Coccoloba uvifera*	Polygonacea e		Comestible	Melifera	N/E	A/ M	---	BD
45	Nacax	*Coccothrinax readii*	Arecaceae	Construcción	Medicinal		E	A	A	D
46	Canutillo	*Commelina diffusa*	Commelinac eae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
47	Botoncillo	*Conocarpus erectus*	Combretace ae	Maderable	---	---	N/E	A/ M	A	D
48	Ciricote	*Cordia dodecandra*	Boraginacea e	Maderable	Comestible		N/E	A/ M	---	D
49	Chacteviga	*Coulteria mollis*	Fabaceae	Maderable	Medicinal	Melifera	N/E	A/ M	---	D
50	Perezcut	*Croton arboreus*	Euphorbiace ae	---	---	---	E	A/ M	---	D
51	Palo de escoba	*Cryosophila stauracantha*	Aracaceae	---	---	---	---	---	---	D
52	flor morada	*Cyanthillium cinereum*	Asteraceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
53	Muuk	*Dalbergia glabra*	Fabaceae	---	---	---	---	---	---	D
54	Pica Pica	*Dalechampia scandens*	Euphorbiace ae	---	---	---	---	---	---	D
55	cactacea	*Deamia testudo*	Cactaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
56	Flamboyan	*Delonix regia*	Fabaceae	---	---	---	Exótica	A/ M	---	BD
57	Sak chaca	*Dendropanax arboreus*	Araliaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	D
58	silil	*Diospyros cuneata*	Ebenaceae						---	D
59	Uchulche	*Diospyros salicifolia*	Ebenaceae	---	---	Melifera	N/E	A/ M	---	D
60	ruda	*Diphysa carthagenensis*	Fabaceae						---	D
61		*Distimake dissectus*	Convolvulac eae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
62		*Distimake tuberosus*	Convolvulac eae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
63		*Eclipta prostrata*	Asteraceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
64	roble	*Ehretia tinifolia*	Boraginacea e	---	---	Melifera	N/E	A/ M	---	D
65	Orquidea6	*Encyclia guatemalensis*	Orchidaceae	---	---	---	---	---	---	D
66	Colorin	*Erythrina standleyana*	Fabaceae	---	---	---	---	---	---	D
67	Cascarillo	*Erythroxylum confusum*	Erythroxylac eae	---	---	---	---	---	---	D
68	Naranjillo	*Esenbeckia berlandieri*	Salicaceae	---	---	---	---	---	---	D
69	Naranjache	*Esenbeckia pentaphylla*	Rutaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	D

70	Saclophe (Hoja pequeña)	*Eugenia foetida*	Myrtaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	D
71	Golondrina	*Euphorbia heterophylla*	Euphorbiaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
72	Box chaca	*Euphorbia schlechtendalii*	Euphorbiaceae	---	---	---	---	---	---	D
73	Guayo	*Exothea diphylla*	Sapindaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	D
74	Kopo	*Ficus cotinifolia*	Moraceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	D
75	Tres marias	*Forchhammeria trifoliata*	Resedaceae	---	---	---	---	---	---	D
76	Madrecacao	*Gliricidia sepium*	Fabaceae	Maderable	Ornamental	Melífera	N/ E	A/ M	---	D
77		*Gronovia scandens*	Loasaceae						---	BD
78	Guazuma	*Guazuma ulmifolia*	Malvaceae	---	---	---	---	---	---	D
79	Tastab	*Guettarda combsii*	Rubiaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	D
80	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	Euphorbiaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	D
81	Sisilche	*Gymnopodium floribundum*	Polygonaceae	Combustible	---	Melifera	N/E	A/ M	---	D
82	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	Fabaceae	Maderable	---	---	N/E	A/ M	---	D
83	Ortiga	*Hamelia patens*	Rubiaceae	---	Medicinal	---	N/E	A/ M	---	BD
84	Mahahua	*Hampea trilobata*	Malvaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	D
85	Tripa de cochino	*Hyperbaena winzerlingii*	Menispermaceae	---	---	---	---	---	---	D
86	Trompillo	*Ipomoea alba*	Convolvulaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
87	Chak lool	*Ipomoea hederifolia*	Convolvulaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
88	Ipomea1	*Ipomoea indica*	Convolvulaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
89	Ke´lil	*Ipomoea splendor-sylvae*	Convolvulaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
90	Ipomea2	*Ipomoea triloba*	Convolvulaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
91	Zacate (sit)	*Lasiacis divaricata*	Poaceae	Ornamental	---	Forraje	N/E	A/ M	---	D
92	Chile rojo	*Lisianthius axillaris*	Gentianaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
93	Xuul	*Lonchocarpus guatemalensis*	Fabaceae	---	---	---	---	---	---	D
94	kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	Fabaceae	Maderable y construcción	---	---	N/E	A/ M	---	D
95	Xuul	*Lonchocarpus xuul*	Fabaceae	Maderable y construcción	---	---	N/E	A/ M	---	D
96	Kaskat	*Luehea speciosa*	Malvaceae	Maderable	Medicinal		N/ E	A/ M	---	D
97	Solanum	*Lycianthes lenta*	Solanaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
98	Helecho2	*Lygodium venustum*	Schizaeaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
99	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	Fabaceae	Maderable y construcción	Medicinal	Forraje y melifera	N/E	A/ M	---	D
100	Sipilche * Sip che	*Malpighia glabra*	Malpighiaceae	---	Medicinal	---	N/E	A/ M	---	D
101	Tulipancillo	*Malvaviscus arboreus*	Malvaceae	---	---	---	N/E	A/ M	---	BD
102	Zapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae	Construcción	Comestible		N/E	A/ M	---	D

103	Flor blanca	*Melanthera nivea*	Asteraceae		Medicinal	Forraje	N/E	A/M	---	BD
104	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae	---	Comestible	---	N/E	A/M	---	D
105	Sandía	*Melothria pendula*	Cucurbitaceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M	---	BD
106	Pega pega	*Mentzelia aspera*	Loasaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD
107	Chechem	*Metopium brownei*	Anacardiaceae	Maderable	---	---	N/E	A/M	---	D
108	Katsin	*Mimosa bahamensis*	Fabaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
109	Melon	*Momordica charantia*	Cucurbitaceae	---	---	---	Exótica	A/M	---	BD
110	Noni	*Morinda citrifolia*	Rubiaceae	---	Medicinal	Forraje	Exótica	A/M	---	BD
111	Capulin	*Muntingia calabura*	Muntingiaceae		Comestible	Melifera	N/E	A/M	---	BD
112	Orquidea8	*Myrmecophila christinae*	Orchidaceae	---	---	---	---	---	---	D
113	palo balsamo	*Myroxylon balsamum*	Fabaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
114	Ta'tsi'	*Neea psychotrioides*	Nyctaginaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
115	Sak itsab	*Neomillspaughia emarginata*	Polygonaceae	---	---	Melifera	N/E	A/M	---	D
116	Flor de agua	*Nymphaea ampla*	Nymphaeaceae	Ornamental	---	---	N/E	A/M	---	BD
117	Orquidea monje	*Oeceoclades maculata*	Orchidaceae	---	---	---	Exótica	A/M	---	D
118	Tsakam	*Opuntia dillenii*	Cactaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD
119	Plomolche	*Parathesis cubana*	Primulaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
120	Altanisa	*Parthenium hysterophorus*	Asteraceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M	---	BD
121	Pasiflora	*Passiflora biflora*	Passifloraceae		Medicinal		N/E	A/M	---	BD
122	Ala de murcielago	*Passiflora coriacea*	Passfloraceae		Medicinal		N/E	A/M	---	D
123	Pasiflora	*Passiflora foetida*	Passifloraceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M	---	BD
124	Bejuco guaya	*Paullinia pinnata*	Araceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
125	Aguacate	*Persea americana*	Lauraceae	---	Comestible	---	N/E	A/M	---	BD
126	Petrea	*Petrea volubilis*	Verbenaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD
127	chukum	*Phitecolobium albicans*	Fabaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
128	Te negro	*Phyla nodiflora*	Verbenaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD
129	Pixtón	*Phyllanthus graveolens*	Phyllanthaceae	---	---	---	---	---	---	D
130	Frescura	*Pilea microphylla*	Urticaceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M	---	BD
131	Piper	*Piper amalago*	Piperaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD
132	Piper1	*Piper marginatum*	Piperaceae	---	---	---	---	---	---	BD
133	piper	*Piper sempervirens*	Piperaceae	---	---	---	---	---	---	D
134	Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	Maderable	Comestible y medicinal	---	N/E	A/M	---	D
135		*Pithecellobium lanceolatum*	Fabaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD

136	Granadillo	*Platymiscium yucatanun*	Fabaceae	Construcción	---	----	N/E	A/M	---	D
137	Algodoncillo	*Pluchea yucatanensis*	Asteraceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD
138	Flor de mayo	*Plumeria rubra*	Apocynaceae	Ornamental	---	----	N/E	A/M	---	D
139	Kaniste	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae	Construcción	Comestible	---	N/E	A/M	---	D
140	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	Sapotaceae	Maderable	Comestible	---	N/E	A/M	---	D
141		*Priva lappulacea*	Verbenaceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M	---	BD
142	Copal	*Protium copal*	Burseraceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
143	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	Myrtaceae	Maderable	Medicinal	---	N/E	A/M	---	D
144	Café silvestre	*Psychotria nervosa*	Rubiaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
145	crusche	*Randia truncata*	Rubiaceae	---	---	---	E	A/M	---	D
146	flor blanca	*Rhabdadenia biflora*	Apocynaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD
147	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	Rhizophoraceae	---	---	---	---	---	A	D
148	Higuerilla	*Ricinus communis*	Euphorbiaceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M	---	BD
149	Coral	*Rivina humilis*	Petiveriaceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M	---	BD
150	Guano	*Sabal yapa*	Arecaceae	Construcción	---	---	N/E	A/M	---	D
151	Saman	*Samanea saman*	Fabaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD
152	Nich max	*Sapranthus campechianus*	Annonaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
153	Lechuga	*Scaevola taccada*	Goodeniaceae	---	Ornamental	---	Exótica	A/M	---	BD
154	Chuntok	*Semialarium mexicanum*	Celastraceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
155	Flor amarilla	*Senna hayesiana*	Fabaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD
156	Bejuco yax	*Serjania mexicana*	Euphorbiaceae	---	---	Melifera	N/E	A/M	---	D
157	Caracolillo (Zapote faisan)	*Sideroxylon foetidissimum*	Sapotaceae	---	---	---	N/ E	A/M	---	D
158	caracolillo	*Sideroxylon gaumeri*	Sapotaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
159	Mapche	*Sideroxylon obtusifolium*	Sideroxylon	---	---	---	N/E	A/M	---	D
160	Zapote faisan	*Sideroxylon salicifolium*	Sapotaceae	Maderable y construcción	Comestible	Melifera	N/E	A/M	---	D
161	Negrito	*Simarouba glauca*	Simaroubaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
162		*Spermacoce remota*	Rubiaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD
163	Jobo	*Spondias mombin*	Anacardiaceae	---	---	---	---	---	---	D
164	Tabaquillo	*Suriana maritima*	Surianaceae	---	---	---	---	---	---	D
165	Katalox	*Swartzia cubensis*	Fabaceae	Combustible	Medicinal	Melifera	N/E	A/M	---	D
166	Caoba	*Swietenia macrophylla*	Meliaceae	Maderable	---	---	N/E	A/M	---	D
167	Tamarindo	*Tamarindus indica*	Fabaceae	---	---	---	---	---	---	D
168	Pucte	*Terminalia buceras*	Combretaceae	---	---	---	---	---	---	D

169	Cojon de venado	*Thevetia ahouai*	Apocynaceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M	---	BD
170	Kanchunup	*Thouinia paucidentata*	Sapindaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
171	Chit	*Thrinax radiata*	Arecaceae	Construcción	---	---	N/E	A/M	A	D
172	Bromelia2	*Tillandsia dasyliriifolia*	Bromeliaceae	Ornamental	---	---	N/E	A/M		BD
173	Bromelia	*Tillandsia fasciculata*	Bromeliaceae	---	---	---	---	---	---	D
174	Maguey blanco	*Tradescantia spathacea*	Commelinaceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M	---	BD
175	Ciruelillo	*Trichilia havanensis*	Meliaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
176	Pasmado	*Tridax procumbens*	Asteraceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M	---	BD
177	Subin	*Vachellia cornigera*	Fabaceae	Combustible	Medicinal	---	N/E	A/M	---	D
178	Vainilla cimarrona	*Vanilla insignis*	Orchidaceae	---	---	---	N/ E	A/M	---	D
179	Yaxnic	*Vitex gaumeri*	Lamiaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	D
180	Sol kay	*Wedelia acapulcensis*	Asteraceae	Ornamental	Melifera	Forraje	N/E	A/M	---	BD
181	Palmita	*Zamia prasina*	Zamiaceae	---	---	---	---	---	---	D
182	Tamay	*Zuelania guidonia*	Salicaceae	Maderable y construcción	---	---	N/E	A/M	---	D
183	Cacao che	*Zygia stevensonii*	Fabaceae	---	---	---	---	---	---	D

Para corroborar la confiabilidad del tamaño de la muestra para los registros directos (D), se hizo el análisis no paramétrico de Chao1, dando como resultado que casi todas las especies fueron correctamente representadas. En la tabla IV-23, nos indica que no hicieron falta especies y se encuentran bien representados

Tabla IV-23 Índice de Chao 1 para el sistema ambiental

S obs	Singletons	Doubletons	Chao 1	Especies faltantes
119	12	28	119.2	0.2

En la (tabla IV-24) siguiente se muestra la riqueza acumulada obtenida de la información de campo de cada sitio de muestreo. Aquí se puede apreciar cómo va cambiando la riqueza de especies a medida que aumenta el número de muestreos.

Tabla IV-24 De acumulación de especies en el SA

No.	NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	FRECUENCIA	Abundancia absoluta
1	Tasiste	*Acoelorraphe wrightii*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
2	Sak pich	*Albizia tomentosa*	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
3	Cordoncillo	*Allophylus cominia*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
4	Tabaquillo	*Alseis yucatanensis*	0	0	0	0	0	4	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8
5	Bel sinik che	*Alvaradoa amorphoides*	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
6	Bejuco rosa	*Arrabidaea floribunda*	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	4	4	3	2	7	20
7	Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	5
8	Pata de venado	*Bauhinia jenningsii*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
9	Naranjillo	*Bonellia macrocarpa*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
10	Ramón	*Brosimum alicastrum*	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
11	Wayate	*Bunchosia lanceolata*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
12	Sinche	*Bunchosia swartziana*	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
13	Chaca	*Bursera simaruba*	1	3	2	5	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	3	0	0	5	6	1	6	5	3	0	5	3	4	17	63
14	Sacpa	*Byrsonima bucidifolia*	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2
15	Kitamche	*Caesalpinia gaumeri*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	4	0	0	1	0	5	10
16	B12 pasto	*Carex polystachya*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	25	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	90
17	Akit	*Cascabela gaumeri*	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4	1	0	0	8	13
18	iximche	*Casearia corymbosa*	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5
19	Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	2	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7
20	Fideo	*Cassytha filiformis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13
21	Guarumbo	*Cecropia peltata*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

22	verde lucero	*Chloroleucon mangense*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2	1	2	5	9
23	Icaco	*Chrysobalanus icaco*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
24	Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	3	0	1	3	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	2	0	0	0	0	2	0	0	9	23
25	Barba de viejo	*Cissampelos pareira*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
26	Cortadera	*Cladium jamaicense*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	20
27	Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	4	8
28	Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	13	4	0	0	7	0	5	0	0	1	3	4	1	0	0	0	0	0	2	11	42
29	Boob	*Coccoloba spicata*	0	1	4	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	12
30	Nacax	*Coccothrinax readii*	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	7	10
31	Botoncillo	*Conocarpus erectus*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15
32	Ciricote	*Cordia dodecandra*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
33	Chacteviga	*Coulteria mollis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	5
34	Perezcut	*Croton arboreus*	3	1	0	2	3	1	0	0	0	0	0	5	2	0	0	5	0	2	1	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	4	13	35
35	Palo de escoba	*Cryosophila stauracantha*	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
36	Muuk	*Dalbergia glabra*	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5
37	Pica Pica	*Dalechampia scandens*	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5
38	Sak chaca	*Dendropanax arboreus*	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
39	silil	*Diospyros cuneata*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
40	Uchulche	*Diospyros salicifolia*	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
41	ruda	*Diphysa carthagenensis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	3	4
42	roble	*Ehretia tinifolia*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3	3
43	Orquidea6	*Encyclia guatemalensis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4

44	Colorin	*Erythrina standleyana*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	4
45	Cascarillo	*Erythroxylum confusum*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	6
46	Naranjillo	*Esenbeckia berlandieri*	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
47	Naranjache	*Esenbeckia pentaphylla*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	4
48	Saclophe (Hoja pequeña)	*Eugenia foetida*	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	4	0	0	0	0	0	4	0	0	2	2	2	3	1	1	1	0	0	0	12	27
49	Box chaca	*Euphorbia schlechtendalii*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
50	Guayo	*Exothea diphylla*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	4
51	Kopo	*Ficus cotinifolia*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	1	0	1	2	0	6	9
52	Amatillo	*Ficus pertusa*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2
53	Tres marias	*Forchhammeria trifoliata*	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
54	Madrecacao	*Gliricidia sepium*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	4
55	Guazuma	*Guazuma ulmifolia*	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
56	Tastab	*Guettarda combsii*	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	8
57	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	5
58	Sisilche	*Gymnopodium floribundum*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
59	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	4	6
60	Mahahua	*Hampea trilobata*	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	5	7
61	Tripa de cochino	*Hyperbaena winzerlingii*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	5	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	4	19
62	Zacate (sit)	*Lasiacis divaricata*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9
63	Xuul	*Lonchocarpus guatemalensis*	0	0	0	0	0	3	3	0	2	0	0	3	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	6	9	24
64	kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	4	0	0	0	5	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	13
65	Palo gusano	*Lonchocarpus xuul*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

66	Kaskat	*Luehea speciosa*	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
67	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	9	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	10	20
68	Sipilche * Sip che	*Malpighia glabra*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	7
69	Tulipancillo	*Malvabiscus arboreus*	0	0	0	0	0	4	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	5	14
70	Zapote	*Manilkara zapota*	0	0	0	0	0	2	4	1	0	1	0	2	2	3	0	2	0	2	0	0	5	0	1	2	0	3	0	0	0	0	13	30
71	Guaya	*Melicoccus olivifor mis*	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7
72	Chechem	*Metopium brownei*	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	3	3	2	0	1	0	0	0	0	2	2	1	1	1	2	0	1	2	2	15	27
73	Katsin	*Mimosa bahamensis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2
74	Orquidea8	*Myrmecophila christinae*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
75	palo balsamo	*Myroxylon balsamum*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	4	4
76	Ta'tsi'	*Neea psychotrioides*	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	4	8
77	Sak itsab	*Neomillspaughia emarginata*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
78	Orquidea monje	*Oeceoclades maculata*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
79	Plomolche	*Parathesis cubana*	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	0	0	0	7	12
80	Ala de murcielago	*Passiflora coriacea*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
81	Bejuco guaya	*Paullinia pinnata*	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	2	10
82	chukum	*Phitecolobium albicans*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4	2	1	0	1	1	1	8	12
83	Pixtón	*Phyllanthus graveolens*	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
84	piper	*Piper sempervirens*	0	0	0	0	0	4	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13
85	Jabin	*Piscidia piscipula*	1	3	11	7	2	1	1	2	0	1	3	1	0	0	0	0	0	2	0	0	5	4	0	2	6	3	1	4	4	5	21	69
86	Granadillo	*Platymiscium yucatanun*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
87	Flor de mayo	*Plumeria rubra*	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3

88	Kaniste	*Pouteria campechiana*	2	0	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	5	10
89	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
90	Copal	*Protium copal*	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
91	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	9	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1	6	18
92	Café silvestre	*Psychotria nervosa*	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	4	11
93	crusche	*Randia truncata*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	2	0	1	7	8
94	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	4	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	16
95	Guano	*Sabal yapa*	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	2	2	0	7	12
96	Nich max	*Sapranthus campechianus*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3	3
97	Chuntok	*Semialarium mexicanum*	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	7	7
98	Bejuco yax	*Serjania mexicana*	0	0	0	0	0	0	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	10
99	Caracolillo (Zapote faisan)	*Sideroxylon foetidissimum*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
100	caracolillo	*Sideroxylon gaumeri*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4
101	Mapche	*Sideroxylon obtusifolium*	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	3	0	0	0	2	0	1	2	0	0	0	1	0	10	18
102	Zapote faisan	*Sideroxylon salicifolium*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
103	Negrito	*Simarouba glauca*	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	10
104	Jobo	*Spondias mombin*	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
105	Tabaquillo	*Suriana maritima*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
106	Katalox	*Swartzia cubensis*	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6

107	Caoba	*Swietenia macrophylla*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
108	Tamarindo	*Tamarindus indica*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5
109	Pucte	*Terminalia buceras*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	5	8
110	Kanchunup	*Thouinia paucidentata*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	5	8
111	Chit	*Thrinax radiata*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	4	0	3	3	0	0	0	0	1	0	0	7	15
112	Bromelia	*Tilandsia fasciculata*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
113	Ciruelillo	*Trichilia havanensis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	3
114	Subin	*Vachellia cornigera*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	5	10
115	Vainilla cimarrona	*Vanilla insignis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7
116	Yaxnic	*Vitex gaumeri*	1	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	2	0	1	0	4	3	0	5	0	2	12	28
117	Palmita	*Zamia prasina*	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
118	Tamay	*Zuelania guidonia*	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
119	Cacao che	*Zygia stevensonii*	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	5

El análisis de acumulación de especies muestra que aumenta el número de especies conforme el número de sitios de muestreo, pero entre más muestreos se realicen, menor será el incremento de nuevas especies. Por lo que la curva tiende a estabilizarse y generar una asíntota.

La curva de acumulación de especies indica que las especies son representativas en el muestreo ya que se obtuvo una R de superior a 0.95 con base logarítmica. A continuación, se muestra en la gráfica una comparativa de la riqueza acumulada (figura IV-42).

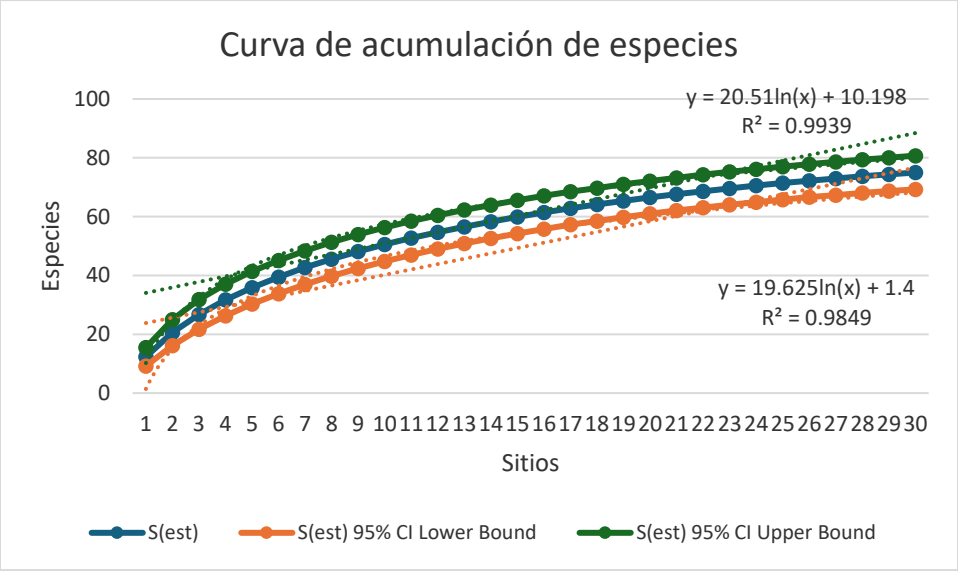


Figura IV-42. Curva de acumulación de especies.

Estimación de la diversidad con el Índice de Shannon-Wiener por estrato

Estrato arbóreo

El índice de diversidad para el estrato arbóreo de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue alto calculado en 3.46, mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 4.08 lo cual nos da un índice de equidad de 0.82, esto indica que las 59 especies de flora arbórea reportadas, presenta cada una el 82 % de probabilidad de ser encontradas en el sitio. En este estrato sobre sale *Bursera simaruba y Piscidia piscipula* con una densidad representada en 13.31% y 12.01% respectivamente (tabla IV-25).

Tabla IV-25. Abundancia e índice de Shannon-Wiener en estrato arbóreo

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Chaca	*Bursera simaruba*	Burseraceae	61	0.132	-2.02	-0.27	0.27	**0.07**
Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	56	0.121	-2.11	-0.26	0.26	**0.06**
Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	Polygonaceae	30	0.065	-2.73	-0.18	0.18	**0.04**
Chechem	*Metopium brownei*	Anacardiaceae	21	0.045	-3.1	-0.14	0.14	**0.03**

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Yaxnic	*Vitex gaumeri*	Lamiaceae	21	0.045	-3.1	-0.14	0.14	0.03
Tripa de cochino	*Hyperbaena winzerlingii*	Menispermaceae	19	0.041	-3.19	-0.13	0.13	0.03
Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	Fabaceae	18	0.039	-3.24	-0.13	0.13	0.03
chukum	*Phitecolobium albicans*	Fabaceae	12	0.026	-3.65	-0.09	0.09	0.02
Perezcut	*Croton arboreus*	Euphorbiaceae	11	0.024	-3.73	-0.09	0.09	0.02
Kitamche	*Caesalpinia gaumeri*	Fabaceae	9	0.019	-3.96	-0.08	0.08	0.02
verde lucero	*Chloroleucon mangense*	Fabaceae	9	0.019	-3.96	-0.08	0.08	0.02
Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	Sapotaceae	9	0.019	-3.96	-0.08	0.08	0.02
Akit	*Cascabela gaumeri*	Apocynaceae	8	0.017	-4.07	-0.07	0.07	0.02
Boob	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae	7	0.015	-4.2	-0.06	0.06	0.01
Kopo	*Ficus cotinifolia*	Moraceae	8	0.017	-4.07	-0.07	0.07	0.02
Tastab	*Guettarda combsii*	Rubiaceae	8	0.017	-4.07	-0.07	0.07	0.02
Zapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae	8	0.017	-4.07	-0.07	0.07	0.02
crusche	*Randia truncata*	Rubiaceae	8	0.017	-4.07	-0.07	0.07	0.02
Negrito	*Simarouba glauca*	Simaroubaceae	8	0.017	-4.07	-0.07	0.07	0.02
Kanchunup	*Thouinia paucidentata*	Sapindaceae	8	0.017	-4.07	-0.07	0.07	0.02
Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	Rutaceae	6	0.013	-4.34	-0.06	0.06	0.01
Xuul	*Lonchocarpus guatemalensis*	Fabaceae	6	0.013	-4.34	-0.06	0.06	0.01
Chacteviga	*Coulteria mollis*	Fabaceae	5	0.011	-4.51	-0.05	0.05	0.01
Sak chaca	*Dendropanax arboreus*	Araliaceae	4	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Uchulche	*Diospyros salicifolia*	Ebenaceae	4	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
ruda	*Diphysa carthagenensis*	Fabaceae	4	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Guayo	*Exothea diphylla*	Sapindaceae	4	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Yaiti	*Gymnanthes lucida*	Euphorbiaceae	5	0.011	-4.51	-0.05	0.05	0.01
Mahahua	*Hampea trilobata*	Malvaceae	4	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	Fabaceae	4	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
palo balsamo	*Myroxylon balsamum*	Fabaceae	4	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Ta'tsi'	*Neea psychotrioides*	Nyctaginaceae	4	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
caracolillo	*Sideroxylon gaumeri*	Sapotaceae	4	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Katalox	*Swartzia cubensis*	Fabaceae	4	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Tamarindo	*Tamarindus indica*	Fabaceae	5	0.011	-4.51	-0.05	0.05	0.01
Sak pich	*Albizia tomentosa*	Fabaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Tabaquillo	*Alseis yucatanensis*	Rubiaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Bel sinik che	*Alvaradoa amorphoides*	Simaroubaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
iximche	*Casearia corymbosa*	Salicaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
roble	*Ehretia tinifolia*	Boraginaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Madrecacao	*Gliricidia sepium*	Fabaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Kaniste	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Guano	*Sabal yapa*	Arecaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Chuntok	*Semialarium mexicanum*	Celastraceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Jobo	*Spondias mombin*	Anacardiaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Pucte	*Terminalia buceras*	Combretaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Tamay	*Zuelania guidonia*	Salicaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Sinche	*Bunchosia swartziana*	Malpighiaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0
Guarumbo	*Cecropia peltata*	Urticaceae	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	0
Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	Polygonaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
silil	*Diospyros cuneata*	Ebenaceae	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	0
Tinto	*Haematoxylum campechianum*	Fabaceae	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	0
Palo gusano	*Lonchocarpus xuul*	Fabaceae	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	0
Kaskat	*Luehea speciosa*	Malvaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0
Granadillo	*Platymiscium yucatanun*	Fabaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0
Zapotillo	*Pouteria reticulata*	Sapotaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0
Guayabillo	*Psidium sartorianum*	Myrtaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0
Chit	*Thrinax radiata*	Arecaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0

Riqueza (S) =	59
H´ Calculada =	3.46
H max =	4.08
Equidad (J) =	0.82
H max - H´ =	0.62

Estrato arbustivo

El índice de diversidad para el estrato arbustivo de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue alto calculado en 3.73, mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 3.87, lo cual nos da un índice de equidad de 0.87 esto indica que las 48 especies de flora arbustiva reportadas presentan cada una el 87 % de probabilidad de ser encontradas en el sitio (tabla IV-26). *Croton arboreus y Manilkara zapota* son las 2 especies mejor representadas con un 7.83% y 7.12% respectivamente.

Tabla IV-26. Abundancia e índice de Shannon-Wiener en estrato arbustivo.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Perezcut	*Croton arboreus*	Euphorbiaceae	11	0.08	-2.53	-0.2	0.2	0.05
Zapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae	10	0.07	-2.66	-0.19	0.19	0.05
Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	Polygonaceae	7	0.05	-3	-0.15	0.15	0.04
Saclophe (Hoja pequeña)	*Eugenia foetida*	Myrtaceae	7	0.05	-3	-0.15	0.15	0.04

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Mapche	*Sideroxylon obtusifolium*	Sideroxylon	7	0.05	-3	-0.15	0.15	0.04
Nacax	*Coccothrinax readii*	Arecaceae	6	0.04	-3.22	-0.13	0.13	0.03
Cascarillo	*Erythroxylum confusum*	Erythroxylaceae	6	0.04	-3.22	-0.13	0.13	0.03
Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	6	0.04	-3.22	-0.13	0.13	0.03
Tinto	*Haematoxylum campechianum*	Fabaceae	5	0.04	-3.22	-0.13	0.13	0.03
Guayabillo	*Psidium sartorianum*	Myrtaceae	5	0.04	-3.22	-0.13	0.13	0.03
Yaxnic	*Vitex gaumeri*	Lamiaceae	5	0.04	-3.22	-0.13	0.13	0.03
Boob	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae	4	0.03	-3.51	-0.11	0.11	0.03
Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae	4	0.03	-3.51	-0.11	0.11	0.03
Tabaquillo	*Suriana maritima*	Surianaceae	4	0.03	-3.51	-0.11	0.11	0.03
Colorin	*Erythrina standleyana*	Fabaceae	3	0.02	-3.91	-0.08	0.08	0.02
Xuul	*Lonchocarpus guatemalensis*	Fabaceae	3	0.02	-3.91	-0.08	0.08	0.02
Nich max	*Sapranthus campechianus*	Annonaceae	3	0.02	-3.91	-0.08	0.08	0.02
Chuntok	*Semialarium mexicanum*	Celastraceae	3	0.02	-3.91	-0.08	0.08	0.02
Ramón	*Brosimum alicastrum*	Moraceae	2	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Chaca	*Bursera simaruba*	Burseraceae	2	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Sacpa	*Byrsonima bucidifolia*	Malpighiaceae	2	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
iximche	*Casearia corymbosa*	Salicaceae	2	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Botoncillo	*Conocarpus erectus*	Combretaceae	2	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Amatillo	*Ficus pertusa*	Moraceae	2	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	Fabaceae	2	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Katsin	*Mimosa bahamensis*	Fabaceae	2	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Kaniste	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae	2	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Zapote faisan	*Sideroxylon salicifolium*	Sapotaceae	2	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Pucte	*Terminalia buceras*	Combretaceae	2	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	Fabaceae	1	0.007	-4.96	-0.03	0.03	0.01
Wayate	*Bunchosia lanceolata*	Malpighiaceae	1	0.007	-4.96	-0.03	0.03	0.01
Kitamche	*Caesalpinia gaumeri*	Fabaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	Sapotaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	Polygonaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Ciricote	*Cordia dodecandra*	Boraginaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Naranjache	*Esenbeckia pentaphylla*	Rutaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Kopo	*Ficus cotinifolia*	Moraceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Madrecacao	*Gliricidia sepium*	Fabaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Sisilche	*Gymnopodium floribundum*	Polygonaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Mahahua	*Hampea trilobata*	Malvaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Chechem	*Metopium brownei*	Anacardiaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Ta'tsi'	*Neea psychotrioides*	Nyctaginaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Sak itsab	*Neomillspaughia emarginata*	Polygonaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Pixtón	*Phyllanthus graveolens*	Phyllanthaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Copal	*Protium copal*	Burseraceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Guano	*Sabal yapa*	Arecaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Negrito	*Simarouba glauca*	Simaroubaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
Chit	*Thrinax radiata*	Arecaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	0.01
	48		140	1	-198.68	-3.73	3.73	0.87

Riqueza (S) =	48

H´ Calculada =	3.73
H max =	3.87
Equidad (J) =	0.87
H max - H´ =	0.14

Estrato herbáceo

El índice de diversidad para el estrato herbáceo de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue alto calculado en 3.64, mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 4.25, lo cual nos da un índice de equidad de 0.86, esto indica que las 70 especies de flora herbáceas reportadas, presentan cada una el 86 % de probabilidad de ser encontradas en el sitio. En este estrato sobresalen *Carex polystachya* con un 16.6%, es una especie de Cyperaceae que se desarrolla en las zonas bajas (tabla IV-27).

Tabla IV-27. Abundancia e índice de Shannon-Wiener en estrato herbáceo.

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
B12 pasto	*Carex polystachya*	Cyperaceae	90	0.166	-1.8	-0.3	0.3	0.07
Bejuco rosa	*Arrabidaea floribunda*	Bignoniaceae	20	0.037	-3.3	-0.12	0.12	0.03
Cortadera	*Cladium jamaicense*	Cyperaceae	20	0.037	-3.3	-0.12	0.12	0.03
Saclophe (Hoja pequeña)	*Eugenia foetida*	Myrtaceae	20	0.037	-3.3	-0.12	0.12	0.03
Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	Rhizophoraceae	16	0.029	-3.54	-0.1	0.1	0.02
Xuul	*Lonchocarpus guatemalensis*	Fabaceae	15	0.028	-3.58	-0.1	0.1	0.02
Tulipancillo	*Malvabiscus arboreus*	Malvaceae	14	0.026	-3.65	-0.09	0.09	0.02
Fideo	*Cassytha filiformis*	Lauraceae	13	0.024	-3.73	-0.09	0.09	0.02
Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	Sapotaceae	13	0.024	-3.73	-0.09	0.09	0.02
Botoncillo	*Conocarpus erectus*	Combretaceae	13	0.024	-3.73	-0.09	0.09	0.02
Perezcut	*Croton arboreus*	Euphorbiaceae	13	0.024	-3.73	-0.09	0.09	0.02
piper	*Piper sempervirens*	Piperaceae	13	0.024	-3.73	-0.09	0.09	0.02
Zapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae	12	0.022	-3.82	-0.08	0.08	0.02
Plomolche	*Parathesis cubana*	Primulaceae	12	0.022	-3.82	-0.08	0.08	0.02
Chit	*Thrinax radiata*	Arecaceae	12	0.022	-3.82	-0.08	0.08	0.02

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Guayabillo	*Psidium sartorianum*	Myrtaceae	11	0.02	-3.91	-0.08	0.08	0.02
Café silvestre	*Psychotria nervosa*	Rubiaceae	11	0.02	-3.91	-0.08	0.08	0.02
Mapche	*Sideroxylon obtusifolium*	Sideroxylon	11	0.02	-3.91	-0.08	0.08	0.02
Bejuco guaya	*Paullinia pinnata*	Araceae	10	0.018	-4.02	-0.07	0.07	0.02
Bejuco yax	*Serjania mexicana*	Euphorbiaceae	10	0.018	-4.02	-0.07	0.07	0.02
Subin	*Vachellia cornigera*	Fabaceae	10	0.018	-4.02	-0.07	0.07	0.02
Zacate (sit)	*Lasiacis divaricata*	Poaceae	9	0.017	-4.07	-0.07	0.07	0.02
kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	Fabaceae	9	0.017	-4.07	-0.07	0.07	0.02
Guano	*Sabal yapa*	Arecaceae	8	0.015	-4.2	-0.06	0.06	0.01
Sipilche * Sip che	*Malpighia glabra*	Malpighiaceae	7	0.013	-4.34	-0.06	0.06	0.01
Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	7	0.013	-4.34	-0.06	0.06	0.01
Vainilla cimarrona	*Vanilla insignis*	Orchidaceae	7	0.013	-4.34	-0.06	0.06	0.01
Tabaquillo	*Alseis yucatanensis*	Rubiaceae	5	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Akit	*Cascabela gaumeri*	Apocynaceae	5	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Icaco	*Chrysobalanus icaco*	Chrysobalanaceae	5	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	Polygonaceae	5	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	Polygonaceae	5	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Muuk	*Dalbergia glabra*	Fabaceae	5	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Pica Pica	*Dalechampia scandens*	Euphorbiaceae	5	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Box chaca	*Euphorbia schlechtendalii*	Euphorbiaceae	5	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Chechem	*Metopium brownei*	Anacardiaceae	5	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Kaniste	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae	5	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Cacao che	*Zygia stevensonii*	Fabaceae	5	0.009	-4.71	-0.04	0.04	0.01
Tasiste	*Acoelorraphe wrightii*	Arecaceae	4	0.007	-4.96	-0.03	0.03	0.01

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Cordoncillo	*Allophylus cominia*	Sapindaceae	4	0.007	-4.96	-0.03	0.03	0.01
Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	Fabaceae	4	0.007	-4.96	-0.03	0.03	0.01
Barba de viejo	*Cissampelos pareira*	Menispermaceae	4	0.007	-4.96	-0.03	0.03	0.01
Nacax	*Coccothrinax readii*	Arecaceae	4	0.007	-4.96	-0.03	0.03	0.01
Orquidea6	*Encyclia guatemalensis*	Orchidaceae	4	0.007	-4.96	-0.03	0.03	0.01
Guazuma	*Guazuma ulmifolia*	Malvaceae	4	0.007	-4.96	-0.03	0.03	0.01
Orquidea8	*Myrmecophila christinae*	Orchidaceae	4	0.007	-4.96	-0.03	0.03	0.01
Bromelia	*Tilandsia fasciculata*	Bromeliaceae	4	0.007	-4.96	-0.03	0.03	0.01
Naranjache	*Esenbeckia pentaphylla*	Rutaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Tres marias	*Forchhammeria trifoliata*	Resedaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Ta'tsi'	*Neea psychotrioides*	Nyctaginaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Orquidea monje	*Oeceoclades maculata*	Orchidaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Flor de mayo	*Plumeria rubra*	Apocynaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Caracolillo (Zapote faisan)	*Sideroxylon foetidissimum*	Sapotaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Pucte	*Terminalia buceras*	Combretaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Ciruelillo	*Trichilia havanensis*	Meliaceae	3	0.006	-5.12	-0.03	0.03	0.01
Pata de venado	*Bauhinia jenningsii*	Fabaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0
Naranjillo	*Bonellia macrocarpa*	Primulaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0
Mahahua	*Hampea trilobata*	Malvaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0
Katalox	*Swartzia cubensis*	Fabaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0
Caoba	*Swietenia macrophylla*	Meliaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0
Yaxnic	*Vitex gaumeri*	Lamiaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0
Palmita	*Zamia prasina*	Zamiaceae	2	0.004	-5.52	-0.02	0.02	0

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	Rutaceae	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	0
Boob	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	0
Palo de escoba	*Cryosophila stauracantha*	Aracaceae	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	0
Colorin	*Erythrina standleyana*	Fabaceae	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	0
Naranjillo	*Esenbeckia berlandieri*	Salicaceae	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	0
Ala de murcielago	*Passiflora coriacea*	Passfloraceae	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	0
Chuntok	*Semialarium mexicanum*	Celastraceae	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	0
Negrito	*Simarouba glauca*	Simaroubaceae	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	0
	70		543	1.002	-327.46	-3.64	3.64	0.86

Riqueza (S) =	70
H´ Calculada =	3.64
H max =	4.25
Equidad (J) =	0.86
H max - H´ =	0.61

Estimación del Índice de Valor de Importancia por estrato

Este índice indica la relevancia y nivel de ocupación del sitio de una especie con respecto a los demás, en función de su cuantía, frecuencia, distribución y dimensión de los individuos de dicha especie (Krebs, 1985)[20].

De los datos obtenidos directamente en el campo para el área de estudio, se tiene el análisis de los valores de Densidad relativa, Dominancia relativa, Frecuencia relativa y cuya combinación permite obtener el Indicé de Valor de Importancia (IVI) para cada estrato de ambos tipos de vegetación. Por ello los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas.

La estructura horizontal del estrato arbóreo de la vegetación forestal del sistema ambiental, está compuesto por 59 especies que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, la especie *Bursera simaruba y Piscidia piscipula*, resultaron ser las de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con un IVI de 35.08 y 28.10 (tabla IV-28) (figura IV-43).

Tabla IV-28. Índice de valor de importancia arbóreo.

[20] Krebs, C.J. 985. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. New York. U.S.A.: Harper and Row.

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Bursera simaruba*	13.17	7.05	14.85	35.08
2	*Piscidia piscipula*	12.1	6.22	9.78	28.1
3	*Coccoloba reflexiflora*	6.48	2.49	7.04	16.01
4	*Metopium brownei*	4.54	6.22	4.66	15.42
5	*Vitex gaumeri*	4.54	4.98	5.4	14.92
6	*Lysiloma latisiliquum*	3.89	3.32	6.04	13.25
7	*Hyperbaena winzerlingii*	4.1	1.66	3.71	9.47
8	*Phitecolobium albicans*	2.59	3.32	2.13	8.04
9	*Manilkara zapota*	1.73	2.9	3.28	7.92
10	*Thouinia paucidentata*	1.73	2.07	2.73	6.53
11	*Randia truncata*	1.73	2.9	1.76	6.39
12	*Chloroleucon mangense*	1.94	2.07	1.82	5.84
13	*Caesalpinia gaumeri*	1.94	2.07	1.68	5.7
14	*Croton arboreus*	2.38	2.07	1.2	5.65
15	*Cascabela gaumeri*	1.73	2.49	1.37	5.58
16	*Simarouba glauca*	1.73	2.07	1.71	5.52
17	*Ficus cotinifolia*	1.73	2.49	1.03	5.25
18	*Chrysophyllum mexicanum*	1.94	2.07	0.94	4.96
19	*Guettarda combsii*	1.73	2.07	1.01	4.81
20	*Coccoloba spicata*	1.51	1.24	1.41	4.17
21	*Lonchocarpus guatemalensis*	1.3	1.24	1.53	4.07
22	*Sideroxylon gaumeri*	0.86	1.24	1.88	3.99
23	*Casimiroa tetrameria*	1.3	1.24	1.19	3.73
24	*Gymnanthes lucida*	1.08	1.24	1.34	3.66
25	*Coulteria mollis*	1.08	1.24	1.04	3.37
26	*Exothea diphylla*	0.86	1.66	0.78	3.3
27	*Tamarindus indica*	1.08	1.24	0.9	3.22
28	*Myroxylon balsamum*	0.86	1.66	0.54	3.06
29	*Neea psychotrioides*	0.86	1.24	0.91	3.02
30	*Dendropanax arboreus*	0.86	0.83	1.31	3.01
31	*Melicoccus oliviformis*	0.65	1.24	1.06	2.96
32	*Zuelania guidonia*	0.65	1.24	1.01	2.9
33	*Swartzia cubensis*	0.86	1.24	0.7	2.81
34	*Sabal yapa*	0.65	1.24	0.89	2.78
35	*Lonchocarpus rugosus*	0.86	1.24	0.65	2.75
36	*Diospyros salicifolia*	0.86	1.24	0.59	2.7
37	*Diphysa carthagenensis*	0.86	1.24	0.59	2.7
38	*Hampea trilobata*	0.86	1.24	0.53	2.64
39	*Terminalia buceras*	0.65	0.41	1.29	2.35
40	*Gliricidia sepium*	0.65	1.24	0.38	2.28
41	*Ehretia tinifolia*	0.65	1.24	0.37	2.26
42	*Semialarium mexicanum*	0.65	1.24	0.31	2.2
43	*Spondias mombin*	0.65	0.83	0.7	2.18
44	*Platymiscium yucatanun*	0.43	0.83	0.81	2.07
45	*Albizia tomentosa*	0.65	0.83	0.56	2.04
46	*Alseis yucatanensis*	0.65	0.83	0.47	1.95
47	*Casearia corymbosa*	0.65	0.83	0.31	1.79
48	*Pouteria campechiana*	0.65	0.41	0.71	1.78
49	*Luehea speciosa*	0.43	0.83	0.47	1.73
50	*Bunchosia swartziana*	0.43	0.83	0.46	1.72
51	*Pouteria reticulata*	0.43	0.83	0.33	1.59

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
52	*Alvaradoa amorphoides*	0.65	0.41	0.46	1.52
53	*Thrinax radiata*	0.43	0.83	0.23	1.49
54	*Psidium sartorianum*	0.43	0.83	0.18	1.44
55	*Coccoloba acapulcensis*	0.43	0.41	0.36	1.21
56	*Cecropia peltata*	0.22	0.41	0.23	0.86
57	*Diospyros cuneata*	0.22	0.41	0.16	0.79
58	*Haematoxylum campechianum*	0.22	0.41	0.11	0.75
59	*Lonchocarpus xuul*	0.22	0.41	0.1	0.73
		100	100	100	300

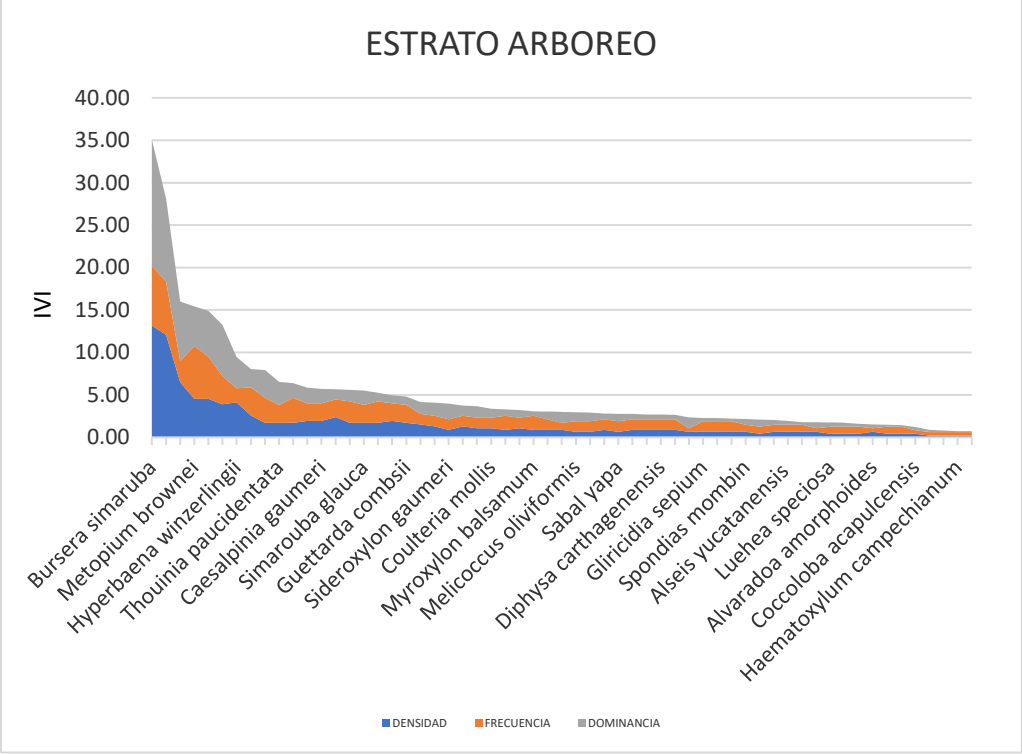


Figura IV-43 IVI del estrato arbóreo.

La estructura horizontal del estrato arbustivo de la vegetación forestal de la RE, está compuesto por 48 especies que, de acuerdo con el Índice de Valor de Importancia, *Manilkara zapota y Croton arboreus* resultaron ser las de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con un IVI de 20.34 y 19.84 respectivamente (tabla IV-29) (figura IV-43).

Tabla IV-29 IV del estrato arbustiva en la SA.

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Manilkara zapota*	7.143	7.759	5.44	20.34
2	*Croton arboreus*	7.857	6.034	5.95	19.84

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
3	*Piscidia piscipula*	4.286	4.31	5.97	14.57
4	*Haematoxylum campechianum*	3.571	3.448	6.83	13.85
5	*Coccoloba reflexiflora*	5	3.448	5.11	13.55
6	*Sideroxylon obtusifolium*	5	4.31	3.77	13.08
7	*Eugenia foetida*	5	4.31	3.5	12.81
8	*Coccothrinax readii*	4.286	5.172	2.84	12.29
9	*Psidium sartorianum*	3.571	3.448	5.2	12.22
10	*Erythroxylum confusum*	4.286	3.448	3.58	11.31
11	*Vitex gaumeri*	3.571	1.724	4.58	9.87
12	*Coccoloba spicata*	2.857	3.448	3.06	9.37
13	*Melicoccus oliviformis*	2.857	3.448	1.95	8.26
14	*Lonchocarpus guatemalensis*	2.143	1.724	4.29	8.15
15	*Suriana maritima*	2.857	1.724	2.54	7.12
16	*Semialarium mexicanum*	2.143	2.586	2.01	6.74
17	*Terminalia buceras*	1.429	1.724	3.02	6.17
18	*Sapranthus campechianus*	2.143	2.586	1.32	6.05
19	*Erythrina standleyana*	2.143	1.724	2.01	5.87
20	*Byrsonima bucidifolia*	1.429	1.724	1.99	5.14
21	*Bursera simaruba*	1.429	1.724	1.87	5.02
22	*Lysiloma latisiliquum*	1.429	1.724	1.87	5.02
23	*Pouteria campechiana*	1.429	1.724	1.5	4.65
24	*Brosimum alicastrum*	1.429	1.724	1.07	4.23
25	*Conocarpus erectus*	1.429	1.724	1.07	4.23
26	*Mimosa bahamensis*	1.429	1.724	1.07	4.23
27	*Casearia corymbosa*	1.429	1.724	0.88	4.03
28	*Ficus pertusa*	1.429	1.724	0.88	4.03
29	*Sideroxylon salicifolium*	1.429	1.724	0.88	4.03
30	*Cordia dodecandra*	0.714	0.862	1.43	3
31	*Sabal yapa*	0.714	0.862	1.43	3
32	*Chrysophyllum mexicanum*	0.714	0.862	1.13	2.7
33	*Coccoloba acapulcensis*	0.714	0.862	1.13	2.7
34	*Metopium brownei*	0.714	0.862	1.13	2.7
35	*Hampea trilobata*	0.714	0.862	0.99	2.57
36	*Ficus cotinifolia*	0.714	0.862	0.86	2.44
37	*Bauhinia erythrocalyx*	0.714	0.862	0.63	2.21
38	*Protium copal*	0.714	0.862	0.63	2.21
39	*Thrinax radiata*	0.714	0.862	0.63	2.21
40	*Bunchosia lanceolata*	0.714	0.862	0.44	2.02

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
41	*Caesalpinia gaumeri*	0.714	0.862	0.44	2.02
42	*Esenbeckia pentaphylla*	0.714	0.862	0.44	2.02
43	*Gliricidia sepium*	0.714	0.862	0.44	2.02
44	*Gymnopodium floribundum*	0.714	0.862	0.44	2.02
45	*Neea psychotrioides*	0.714	0.862	0.44	2.02
46	*Neomillspaughia emarginata*	0.714	0.862	0.44	2.02
47	*Phyllanthus graveolens*	0.714	0.862	0.44	2.02
48	*Simarouba glauca*	0.714	0.862	0.44	2.02
		100	100	100	300

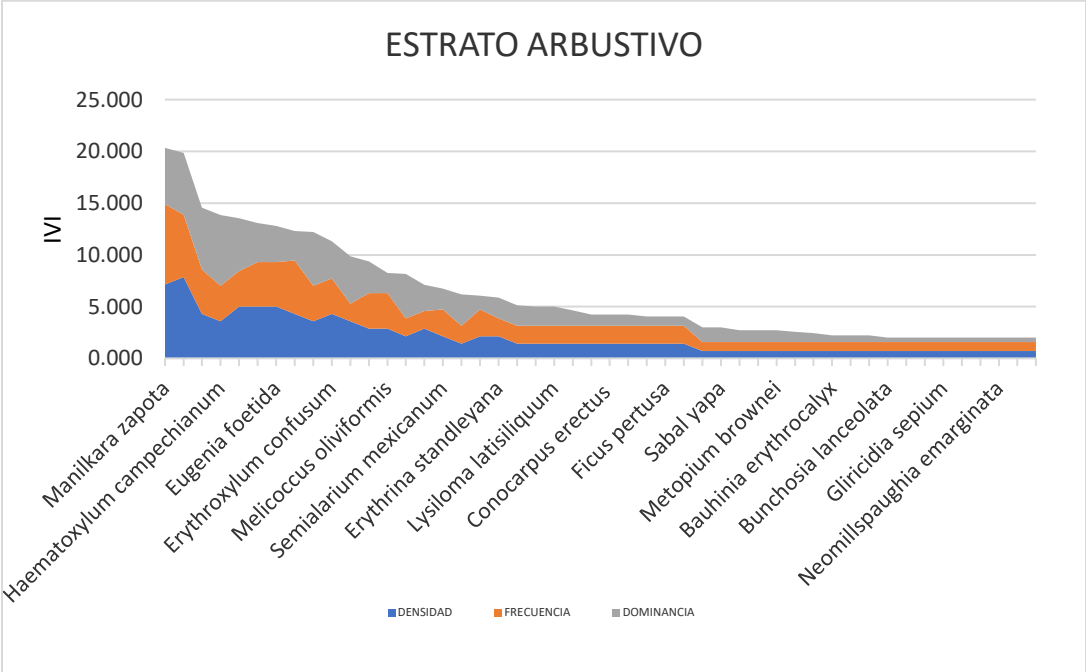


Figura IV-44 Estrato arbustivo de vegetación forestal.

Estrato herbáceo

La estructura horizontal del estrato herbáceo de la vegetación forestal de la RE, está compuesto por 70 especies que, de acuerdo con el Índice de Valor de Importancia, *Carex polystachya y Eugenia foetida* resultaron ser la de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con un IVI de 34.79 y 12.83 respectivamente (tabla IV-30) (figura IV-45).

Tabla IV-30. IVI del estrato herbácea en la RE.

No.	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Carex polystachya*	16.575	1.64	16.57	34.79

No.	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
2	*Eugenia foetida*	3.683	5.46	3.68	12.83
3	*Arrabidaea floribunda*	3.683	3.83	3.68	11.19
4	*Cladium jamaicense*	3.683	1.09	3.68	8.46
5	*Lonchocarpus guatemalensis*	2.762	2.73	2.76	8.26
6	Parathesis cubana	2.21	3.83	2.21	8.25
7	*Croton arboreus*	2.394	3.28	2.39	8.07
8	Malvabiscus arboreus	2.578	2.73	2.58	7.89
9	Rhizophora mangle	2.947	1.64	2.95	7.53
10	*Chrysophyllum mexicanum*	2.394	2.73	2.39	7.52
11	Manilkara zapota	2.21	2.73	2.21	7.15
12	Thrinax radiata	2.21	2.73	2.21	7.15
13	Sideroxylon obtusifolium	2.026	2.73	2.03	6.78
14	*Cassytha filiformis*	2.394	1.64	2.39	6.43
15	*Conocarpus erectus*	2.394	1.64	2.39	6.43
16	Piper sempervirens	2.394	1.64	2.39	6.43
17	Vachellia cornigera	1.842	2.73	1.84	6.42
18	Psychotria nervosa	2.026	2.19	2.03	6.24
19	Serjania mexicana	1.842	1.64	1.84	5.32
20	Psidium sartorianum	2.026	1.09	2.03	5.14
21	Sabal yapa	1.473	2.19	1.47	5.13
22	Paullinia pinnata	1.842	1.09	1.84	4.78
23	Piscidia piscipula	1.289	2.19	1.29	4.76
24	*Lasiacis divaricata*	1.657	1.09	1.66	4.41
25	Lonchocarpus rugosus	1.657	1.09	1.66	4.41
26	Malpighia glabra	1.289	1.64	1.29	4.22
27	Vanilla insignis	1.289	1.09	1.29	3.67
28	*Alseis yucatanensis*	0.921	1.64	0.92	3.48
29	*Coccoloba reflexiflora*	0.921	1.64	0.92	3.48
30	*Dalbergia glabra*	0.921	1.64	0.92	3.48
31	*Dalechampia scandens*	0.921	1.64	0.92	3.48
32	Metopium brownei	0.921	1.64	0.92	3.48
33	Zygia stevensonii	0.921	1.64	0.92	3.48
34	*Cascabela gaumeri*	0.921	1.09	0.92	2.93
35	*Chrysobalanus icaco*	0.921	1.09	0.92	2.93
36	*Coccoloba acapulcensis*	0.921	1.09	0.92	2.93
37	*Euphorbia schlechtendalii*	0.921	1.09	0.92	2.93
38	Pouteria campechiana	0.921	1.09	0.92	2.93
39	*Acoelorraphe wrightii*	0.737	1.09	0.74	2.57

No.	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
40	*Bauhinia erythrocalyx*	0.737	1.09	0.74	2.57
41	*Cissampelos pareira*	0.737	1.09	0.74	2.57
42	*Coccothrinax readii*	0.737	1.09	0.74	2.57
43	*Encyclia guatemalensis*	0.737	1.09	0.74	2.57
44	*Guazuma ulmifolia*	0.737	1.09	0.74	2.57
45	Myrmecophila christinae	0.737	1.09	0.74	2.57
46	Tilandsia fasciculata	0.737	1.09	0.74	2.57
47	*Forchhammeria trifoliata*	0.552	1.09	0.55	2.2
48	Plumeria rubra	0.552	1.09	0.55	2.2
49	Terminalia buceras	0.552	1.09	0.55	2.2
50	*Allophylus cominia*	0.737	0.55	0.74	2.02
51	Swartzia cubensis	0.368	1.09	0.37	1.83
52	Swietenia macrophylla	0.368	1.09	0.37	1.83
53	*Esenbeckia pentaphylla*	0.552	0.55	0.55	1.65
54	Neea psychotrioides	0.552	0.55	0.55	1.65
55	Oeceoclades maculata	0.552	0.55	0.55	1.65
56	Sideroxylon foetidissimum	0.552	0.55	0.55	1.65
57	Trichilia havanensis	0.552	0.55	0.55	1.65
58	*Bauhinia jenningsii*	0.368	0.55	0.37	1.28
59	*Bonellia macrocarpa*	0.368	0.55	0.37	1.28
60	*Hampea trilobata*	0.368	0.55	0.37	1.28
61	Vitex gaumeri	0.368	0.55	0.37	1.28
62	Zamia prasina	0.368	0.55	0.37	1.28
63	*Casimiroa tetrameria*	0.184	0.55	0.18	0.91
64	*Coccoloba spicata*	0.184	0.55	0.18	0.91
65	*Cryosophila stauracantha*	0.184	0.55	0.18	0.91
66	*Erythrina standleyana*	0.184	0.55	0.18	0.91
67	*Esenbeckia berlandieri*	0.184	0.55	0.18	0.91
68	Passiflora coriacea	0.184	0.55	0.18	0.91
69	Semialarium mexicanum	0.184	0.55	0.18	0.91
70	Simarouba glauca	0.184	0.55	0.18	0.91
		100	100	100	300

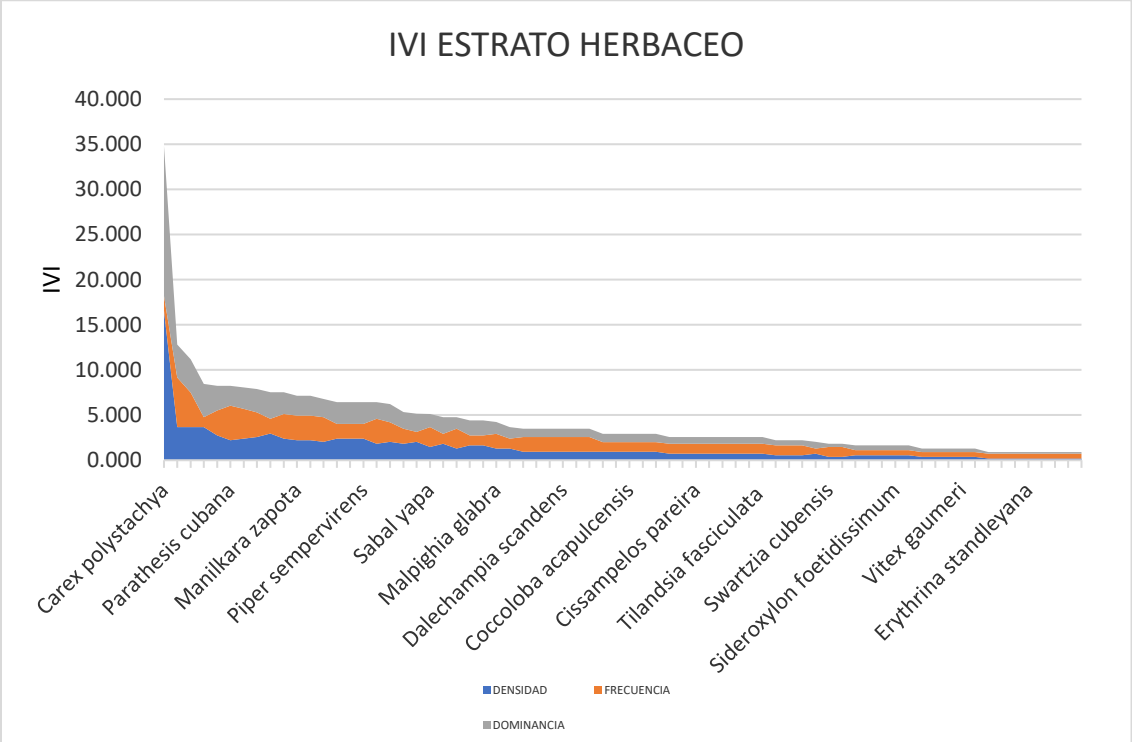


Figura IV-45. IVI del estrato herbáceo de la vegetación.

Área de influencia (AI

El listado potencial de especies en el área de influencia del proyecto es de una riqueza específica (S) de 122 conforme la siguiente (tabla IV-31 incluyendo los registros obtenidos de base de datos de consulta pública; para el área de influencia se tiene: una riqueza específica (S) de 98 especies conforme los registros directos (D), los cuales se distribuyen en 44 Familias, en donde la Familia de las Fabaceae son las más representadas con 16 especies, seguida de la sapotaceae con 7 especies.

Tabla IV-31. Listado potencial de especies en el área de influencia del proyecto.

No	NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	USO	USO	USO	DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059	REGISTRO
1	Sak pich	*Albizia tomentosa*	Fabaceae	Maderable	Medicinal	Melifera	N/E	A/M		D
2	Cordoncillo	*Allophylus cominia*	Sapindaceae	Insecticida	Medicinal	Melifera	N/E	A/M		D
3	Tabaquillo	*Alseis yucatanensis*	Rubiaceae	---	---	---	---	---	---	D
4	Bel sinik che	*Alvaradoa amorphoides*	Simaroubaceae	---	---	---	---	---	---	D
5	Helecho	*Anemia adiantifolia*	Anemiaceae	---	---	---	N/E	A/M	---	BD
6	Hoja de piedra	*Anthurium schlechtendalii*	Araceae	Ornamental	Tóxica	---	N/E	A/M		BD
7	Bejuco rosa	*Arrabidaea floribunda*	Bignoniaceae	---	---	Artesanal	N/E	A/M		D

No	NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	USO	USO	USO	DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059	REGISTRO
8	Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	Fabaceae	---	---	---	E	A/M		D
9	Orquidea	*Bletia purpurea*	Orchidaceae	---	---	---	---	---	---	BD
10	Naranjillo	*Bonellia macrocarpa*	Primulaceae	---	---	---	---	---	---	D
11	Ramón	*Brosimum alicastrum*	Moraceae	Maderable	Comestible	Forraje	N/E	A/M		D
12	Sinche	*Bunchosia swartziana*	Malpighiaceae	Combustible	Medicinal	---	N/E	A/M		D
13	Chaca	*Bursera simaruba*	Burseraceae	Maderable	Medicinal		N/ E	A/M		D
14	Sacpa	*Byrsonima bucidifolia*	Malpighiaceae	---	Comestible	---	N/E	A/M		D
15	chile piquin	*Capsicum annuum*	Solanaceae	---	---	---	---	---	---	BD
16	B12 pasto	*Carex polystachya*	Cyperaceae	---	---	---	---	---	---	D
17	Akit	*Cascabela gaumeri*	Apocynaceae	Ornamental	---	---	N/E	A/M		D
18	iximche	*Casearia corymbosa*	Salicaceae	Ornamental			N/ E	A/M		D
19	Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	Rutaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
20	Fideo	*Cassytha filiformis*	Lauraceae	---	---	---	---	---	---	D
21	Ceiba	*Ceiba pentandra*	Malvaceae		Medicinal	Forraje	N/ E	A/M		BD
22	Icaco	*Chrysobalanus icaco*	Chrysobalanaceae	---	---	---	---	---	---	D
23	Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	Sapotaceae	Maderable	Comestible	---	N/E	A/M		D
24	Barba de viejo	*Cissampelos pareira*	Menispermaceae	---	---	---	---	---	---	D
25	Cortadera	*Cladium jamaicense*	Cyperaceae	---	---	---	---	---	---	D
26	Chaya	*Cnidoscolus souzae*	Euphorbiaceae		Comestible		N/ E	A/M		BD
27	Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	Polygonaceae	Construcción		Melifera	N/E	A/M		D
28	Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	Polygonaceae	---	---	---	---	---	---	D
29	Boob	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
30	Nacax	*Coccothrinax readii*	Arecaceae	Construcción	Medicinal		E	A	A	D
31	Botoncillo	*Conocarpus erectus*	Combretaceae						A	D
32	Chacteviga	*Coulteria mollis*	Fabaceae	Maderable	Medicinal	Melifera	N/E	A/M		D
33	Perezcut	*Croton arboreus*	Euphorbiaceae	---	---	---	E	A/M		D
34	Palo de escoba	*Cryosophila stauracantha*	Aracaceae	---	---	---	---	---	---	D
35	flor morada	*Cyanthillium cinereum*	Asteraceae	---	---	---	N/E	A/M		BD
36	Muuk	*Dalbergia glabra*	Fabaceae	---	---	---	---	---	---	D
37	Pica Pica	*Dalechampia scandens*	Euphorbiaceae	---	---	---	---	---	---	D

No	NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	USO	USO	USO	DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059	REGISTRO
38	Sak chaca	*Dendropanax arboreus*	Araliaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
39	Uchulche	*Diospyros salicifolia*	Ebenaceae			Melifera	N/E	A/M		D
40	Orquidea6	*Encyclia guatemalensis*	Orchidaceae	---	---	---	---	---	---	D
41	Colorin	*Erythrina standleyana*	Fabaceae	---	---	---	---	---	---	D
42	Cascarillo	*Erythroxylum confusum*	Erythroxylaceae	---	---	---	---	---	---	D
43	Naranjillo	*Esenbeckia berlandieri*	Salicaceae	---	---	---	---	---	---	D
44	Naranjache	*Esenbeckia pentaphylla*	Rutaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
45	Saclophe (Hoja pequeña)	*Eugenia foetida*	Myrtaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
46	Box chaca	*Euphorbia schlechtendalii*	Euphorbiaceae	---	---	---	---	---	---	D
47	Guayo	*Exothea diphylla*	Sapindaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
48	Tres marias	*Forchhammeria trifoliata*	Resedaceae	---	---	---	---	---	---	D
49	Madrecacao	*Gliricidia sepium*	Fabaceae	Maderable	Ornamental	Melífera	N/ E	A/M		D
50	Guazuma	*Guazuma ulmifolia*	Malvaceae	---	---	---	---	---	---	D
51	Tastab	*Guettarda combsii*	Rubiaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
52	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	Euphorbiaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
53	Sisilche	*Gymnopodium floribundum*	Polygonaceae	Combustible	---	Melifera	N/E	A/M		D
54	Mahahua	*Hampea trilobata*	Malvaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
55	Tripa de cochino	*Hyperbaena winzerlingii*	Menispermaceae	---	---	---	---	---	---	D
56	Ipomea1	*Ipomoea indica*	Convolvulaceae	---	---	---	N/E	A/M		BD
57	Ipomea2	*Ipomoea triloba*	Convolvulaceae	---	---	---	N/E	A/M		BD
58	Zacate (sit)	*Lasiacis divaricata*	Poaceae	Ornamental	---	Forraje	N/E	A/M		D
59	Chile rojo	*Lisianthius axillaris*	Gentianaceae	---	---	---	N/E	A/M		BD
60	Xuul	*Lonchocarpus guatemalensis*	Fabaceae	---	---	---	---	---	---	D
61	kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	Fabaceae	Maderable y construcción	---	---	N/E	A/M		D
62	Xuul	*Lonchocarpus xuul*	Fabaceae	Maderable y construcción	---	---	N/E	A/M		D
63	Kaskat	*Luehea speciosa*	Malvaceae	Maderable	Medicinal		N/ E	A/M		D
64	Helecho2	*Lygodium venustum*	Schizaeaceae	---	---	---	N/E	A/M		BD
65	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	Fabaceae	Maderable y construcción	Medicinal	Forraje y melifera	N/E	A/M		D
66	Sipilche * Sip che	*Malpighia glabra*	Malpighiaceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M		D
67	Tulipancillo	*Malvabiscus arboreus*	Malvaceae	---	---	---	N/E	A/M		D

No	NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	USO	USO	USO	DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059	REGISTRO
68	Zapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae	Maderable	Comestible y medicinal	---	N/E	A/M		D
69	Flor blanca	*Melanthera nivea*	Asteraceae		Medicinal	Forraje	N/E	A/M		BD
70	Guaya	*Melicoccus olivifor mis*	Sapindacea e	---	Comestible	---	N/E	A/M		D
71	Chechem	*Metopium brownei*	Anacardiac eae	Maderable	---	---	N/E	A/M		D
72	Capulin	*Muntingia calabura*	Muntingiace ae		Comestible	Melifera	N/E	A/M		BD
73	Orquidea8	*Myrmecophila christinae*	Orchidacea e	---	---	---	---	---	---	D
74	Ta'tsi'	*Neea psychotrioides*	Nyctaginac eae	---	---	---	N/E	A/M		D
75	Flor de agua	*Nymphaea ampla*	Nymphaeac eae	Ornamental	---	---	N/E	A/M		BD
76	Plomolche	*Parathesis cubana*	Primulaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
77	Pasiflora	*Passiflora biflora*	Passifloracе ae		Medicinal		N/E	A/M		BD
78	Ala de murcielago	*Passiflora coriacea*	Passfloracе ae		Medicinal		N/E	A/M		D
79	Bejuco guaya	*Paullinia pinnata*	Araceae	---	---	---	N/E	A/M		D
80	Te negro	*Phyla nodiflora*	Verbenacea e	---	---	---	N/E	A/M		BD
81	Pixtón	*Phyllanthus graveolens*	Phyllanthac eae	---	---	---	---	---	---	D
82	Piper1	*Piper marginatum*	Piperaceae	---	---	---	---	---	---	BD
83	piper	*Piper sempervirens*	Piperaceae	---	---	---	---	---	---	D
84	Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	Maderable	Comestible y medicinal	---	N/E	A/M		D
85	Granadillo	*Platymiscium yucatanun*	Fabaceae	Construcción	---	----	N/E	A/M		D
86	Algodoncillo	*Pluchea yucatanensis*	Asteraceae	---	---	---	N/E	A/M		BD
87	Flor de mayo	*Plumeria rubra*	Apocynace ae	Ornamental	---	----	N/E	A/M		D
88	Kaniste	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae	Construcción	Comestible	---	N/E	A/M		D
89	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	Sapotaceae	---	---	---	---	---	---	D
90	Copal	*Protium copal*	Burseracea e	---	---	---	N/E	A/M		D
91	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	Myrtaceae	Maderable	Medicinal	---	N/E	A/M		D
92	Café silvestre	*Psychotria nervosa*	Rubiaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
93	flor blanca	*Rhabdadenia biflora*	Apocynace ae	---	---	---	N/E	A/M		BD
94	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	Rhizophora ceae	---	---	---	---	---	---	D
95	Guano	*Sabal yapa*	Arecaceae	Construcción	---	---	N/E	A/M		D
96	Nich max	*Sapranthus campechianus*	Annonacea e	---	---	---	N/E	A/M		D
97	Chuntok	*Semialarium mexicanum*	Celastracea e	---	---	---	N/E	A/M		D

No	NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	USO	USO	USO	DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059	REGISTRO
98	Flor amarilla	*Senna hayesiana*	Fabaceae	---	---	---	N/E	A/M		BD
99	Bejuco yax	*Serjania mexicana*	Euphorbiaceae	---	---	Melifera	N/E	A/M		D
100	Caracolillo (Zapote faisan)	*Sideroxylon foetidissimum*	Sapotaceae	---	---	---	N/ E	A/M		D
101	caracolillo	*Sideroxylon gaumeri*	Sapotaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
102	Mapche	*Sideroxylon obtusifolium*	Sideroxylon	---	---	---	N/E	A/M		D
103	Zapote faisan	*Sideroxylon salicifolium*	Sapotaceae	Maderable y construcción	Comestible	Melifera	N/E	A/M		D
104	Negrito	*Simarouba glauca*	Simaroubaceae	---	---	---	N/E	A/M		D
105	Jobo	*Spondias mombin*	Anacardiaceae	---	---	---	---	---	---	D
106	Tabaquillo	*Suriana maritima*	Surianacea e	---	---	---	---	---	---	D
107	Katalox	*Swartzia cubensis*	Fabaceae	Combustible	Medicinal	Melifera	N/E	A/M		D
108	Caoba	*Swietenia macrophylla*	Meliaceae	---	---	---	---	---	---	D
109	Tamarindo	*Tamarindus indica*	Fabaceae	---	---	---	---	---	---	D
110	Pucte	*Terminalia buceras*	Combretaceae	---	---	---	---	---	---	D
111	Cojon de venado	*Thevetia ahouai*	Apocynaceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M		BD
112	Kanchunup	*Thouinia paucidentata*	Sapindacea e	---	---	---	N/E	A/M		D
113	Chit	*Thrinax radiata*	Arecaceae	Construcción	---	---	N/E	A/M	A	D
114	Bromelia2	*Tillandsia dasyliriifolia*	Bromeliaceae	Ornamental	---	---	N/E	A/M		BD
115	Bromelia	*Tillandsia fasciculata*	Bromeliaceae	---	---	---	---	---	---	D
116	Pasmado	*Tridax procumbens*	Asteraceae	---	Medicinal	---	N/E	A/M		BD
117	Subin	*Vachellia cornigera*	Fabaceae	Combustible	Medicinal	---	N/E	A/M		D
118	Yaxnic	*Vitex gaumeri*	Lamiaceae	---	---	---	N/E	A/M		D

No	NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	USO	USO	USO	DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059	REGISTRO
119	Sol kay	*Wedelia acapulcensis*	Asteraceae	Ornamental	Melifera	Forraje	N/E	A/M		BD
120	Palmita	*Zamia prasina*	Zamiaceae	---	---	---	---	---	---	D
121	Tamay	*Zuelania guidonia*	Salicaceae	Maderable y construcción	---	---	N/E	A/M		D
122	Cacao che	*Zygia stevensonii*	Fabaceae	---	---	---	---	---	---	D

Para corroborar la confiabilidad del tamaño de la muestra para los registros directos (D), se hizo el análisis no paramétrico de Chao1, dando como resultado que casi todas las especies fueron correctamente representadas. En la (tabla IV-32), nos indica no hicieron falta especies y se encuentran bien representados.

Tabla IV-32 Índice de Chao 1 para el AI

S obs	Singletons	Doubletons	Chao 1	Especies faltantes
98	11	34	98.1	0.1

En la (tabla IV-31) siguiente se muestra la riqueza acumulada obtenida de la información de campo de cada sitio de muestreo. Aquí se puede apreciar cómo va cambiando la riqueza de especies a medida que aumenta el número de muestreos.

Tabla IV-33. De acumulación de especies en el AI

No.	NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S15	S16	S17	S18	FRECUENCIA	Abundancia absoluta
1	Sak pich	*Albizia tomentosa*	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
2	Cordoncillo	*Allophylus cominia*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	2	3	8
3	Tabaquillo	*Alseis yucatanensis*	0	0	0	0	0	4	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8
4	Bel sinik che	*Alvaradoa amorphoides*	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
5	Bejuco rosa	*Arrabidaea floribunda*	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
6	Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
7	Naranjillo	*Bonellia macrocarpa*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2
8	Ramón	*Brosimum alicastrum*	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
9	Sinche	*Bunchosia swartziana*	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2
10	Chaca	*Bursera simaruba*	1	3	2	5	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	3	8	25
11	Sacpa	*Byrsonima bucidifolia*	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
12	B12 pasto	*Carex polystachya*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	25	0	2	55
13	Akit	*Cascabela gaumeri*	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4	6
14	iximche	*Casearia corymbosa*	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	4
15	Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	2	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7
16	Fideo	*Cassytha filiformis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0	2	10
17	Icaco	*Chrysobalanus icaco*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	3
18	Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	3	0	1	3	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	6	16
19	Barba de viejo	*Cissampelos pareira*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	4
20	Cortadera	*Cladium jamaicense*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	8	0	0	2	20
21	Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
22	Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	13	4	0	7	0	5	6	31
23	Boob	*Coccoloba spicata*	0	1	4	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	11
24	Nacax	*Coccothrinax readii*	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	5	5
25	Botoncillo	*Conocarpus erectus*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	0	3	8

No.	NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S15	S16	S17	S18	FRECUENCIA	Abundancia absoluta
26	Chacteviga	*Coulteria mollis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	3
27	Perezcut	*Croton arboreus*	3	1	0	2	3	1	0	0	0	0	0	5	2	0	5	0	2	9	24
28	Palo de escoba	*Cryosophila stauracantha*	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
29	Muuk	*Dalbergia glabra*	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5
30	Pica Pica	*Dalechampia scandens*	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	3	5
31	Sak chaca	*Dendropanax arboreus*	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	4
32	Uchulche	*Diospyros salicifolia*	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
33	Orquidea6	*Encyclia guatemalensis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2
34	Colorin	*Erythrina standleyana*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	2	3
35	Cascarillo	*Erythroxylum confusum*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	2	3
36	Naranjillo	*Esenbeckia berlandieri*	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
37	Naranjache	*Esenbeckia pentaphylla*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
38	Saclophe (Hoja pequeña)	*Eugenia foetida*	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	4	0	0	0	0	4	5	15
39	Box chaca	*Euphorbia schlechtendalii*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	3
40	Guayo	*Exothea diphylla*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	3	3
41	Tres marias	*Forchhammeria trifoliata*	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
42	Madrecacao	*Gliricidia sepium*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	3
43	Guazuma	*Guazuma ulmifolia*	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	4
44	Tastab	*Guettarda combsii*	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	2	0	0	2	0	1	5	8
45	Yaiti	*Gymnanthes lucida*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	2	4
46	Sisilche	*Gymnopodium floribundum*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
47	Mahahua	*Hampea trilobata*	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	4
48	Tripa de cochino	*Hyperbaena winzerlingii*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	5	0	5	3	14
49	Zacate (sit)	*Lasiacis divaricata*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	2	9
50	Xuul	*Lonchocarpus guatemalensis*	0	0	0	0	0	3	3	0	2	0	0	3	0	0	1	0	2	6	14
51	kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	4	0	0	0	5	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12
52	Xuul	*Lonchocarpus xuul*	0	0	0	0	0	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8

No.	NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S15	S16	S17	S18	FRECUENCIA	Abundancia absoluta
53	Kaskat	*Luehea speciosa*	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
54	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	9	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	13
55	Sipilche * Sip che	*Malpighia glabra*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	2	5
56	Tulipancillo	*Malvabiscus arboreus*	0	0	0	0	0	4	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	9
57	Zapote	*Manilkara zapota*	0	0	0	0	0	2	4	1	0	1	0	2	2	0	2	0	2	8	16
58	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	6	7
59	Chechem	*Metopium brownei*	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	3	3	0	1	0	0	5	11
60	Orquidea8	*Myrmecophila christinae*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	4
61	Ta'tsi'	*Neea psychotrioides*	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	3	5
62	Plomolche	*Parathesis cubana*	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	6
63	Ala de murcielago	*Passiflora coriacea*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
64	Bejuco guaya	*Paullinia pinnata*	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
65	Pixtón	*Phyllanthus graveolens*	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
66	piper	*Piper sempervirens*	0	0	0	0	0	4	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13
67	Jabin	*Piscidia piscipula*	1	3	11	7	2	1	1	2	0	1	3	1	0	0	0	0	2	12	35
68	Granadillo	*Platymiscium yucatanun*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2
69	Flor de mayo	*Plumeria rubra*	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	3
70	Kaniste	*Pouteria campechiana*	2	0	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7
71	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
72	Copal	*Protium copal*	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
73	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	9	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12
74	Café silvestre	*Psychotria nervosa*	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	5
75	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	4	0	2	10
76	Guano	*Sabal yapa*	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	4
77	Nich max	*Sapranthus campechianus*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
78	Chuntok	*Semialarium mexicanum*	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	5
79	Bejuco yax	*Serjania mexicana*	0	0	0	0	0	0	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7

No.	NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S15	S16	S17	S18	FRECUENCIA	Abundancia absoluta
80	Caracolillo (Zapote faisan)	*Sideroxylon foetidissimum*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	3
81	caracolillo	*Sideroxylon gaumeri*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	3
82	Mapche	*Sideroxylon obtusifolium*	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3	5	9
83	Zapote faisan	*Sideroxylon salicifolium*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	2
84	Negrito	*Simarouba glauca*	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	3	0	0	2	0	0	5	9
85	Jobo	*Spondias mombin*	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	3
86	Tabaquillo	*Suriana maritima*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2	4
87	Katalox	*Swartzia cubensis*	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	6
88	Caoba	*Swietenia macrophylla*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
89	Tamarindo	*Tamarindus indica*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	3
90	Pucte	*Terminalia buceras*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
91	Kanchunup	*Thouinia paucidentata*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3	4
92	Chit	*Thrinax radiata*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	3	4
93	Bromelia	*Tilandsia fasciculata*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	4
94	Subin	*Vachellia cornigera*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	0	0	0	0	0	3	6
95	Yaxnic	*Vitex gaumeri*	1	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	6	11
96	Palmita	*Zamia prasina*	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
97	Tamay	*Zuelania guidonia*	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	3
98	Cacao che	*Zygia stevensonii*	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
			22	9	8	16	17	18	18	18	22	14	20	23	13	6	26	6	25	98	673
			55	17	25	37	41	34	36	28	32	29	28	63	30	57	64	43	54	673	

El análisis de acumulación de especies muestra que aumenta el número de especies conforme el número de sitios de muestreo, pero entre más muestreos se realicen, menor será el incremento de nuevas especies. Por lo que la curva tiende a estabilizarse y generar una asíntota.

La curva de acumulación de especies indica que las especies son representativas en el muestreo ya que se obtuvo una R de superior a 0.95 con base logarítmica. A continuación, se muestra en la gráfica una comparativa de la riqueza acumulada (figura IV-46).

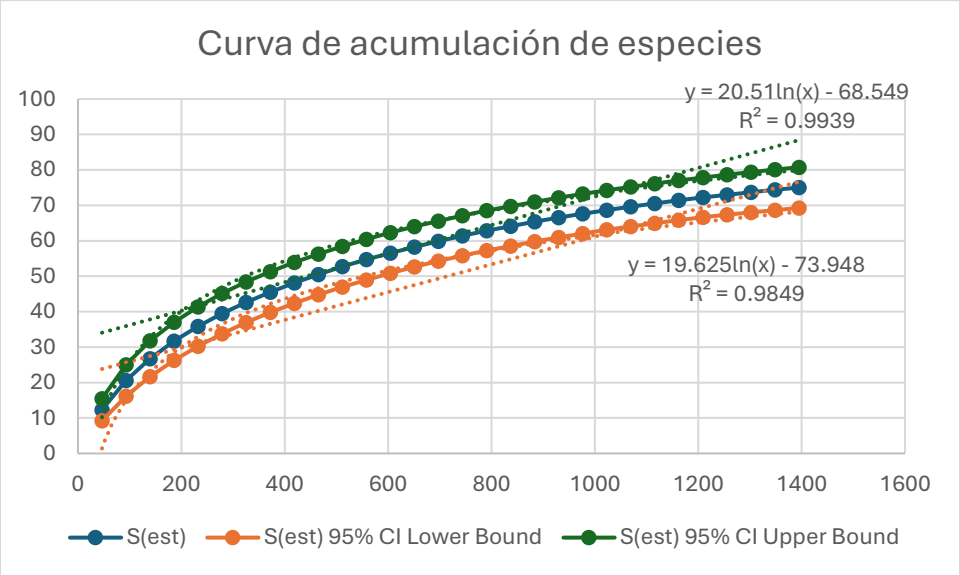


Figura IV-46. Curva de acumulación de especies.

Estimación de la diversidad con el Índice de Shannon-Wiener por estrato

Estrato arbóreo

El índice de diversidad para el estrato arbóreo de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue alto calculado en 3.47, mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 3.78 lo cual nos da un índice de equidad de 0.89, esto indica que las 44 especies de flora arbórea reportadas, presenta cada una el 89 % de probabilidad de ser encontradas en el sitio. En este estrato sobresale *Coccoloba reflexiflora y Piscidia piscipula* con una densidad representada en 9.84% para ambas especies, seguido por *Bursera simaruba* con el 8.89% (tabla IV-34).

Tabla IV-34. Abundancia e índice de Shannon-Wiener en el estrato arbóreo

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	Polygonaceae	26	0.098	-2.32	-0.23	0.23	**0.06**
Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	26	0.098	-2.32	-0.23	0.23	**0.06**
Chaca	*Bursera simaruba*	Burseraceae	24	0.091	-2.4	-0.22	0.22	**0.06**
Tripa de cochino	*Hyperbaena winzerlingii*	Menispermaceae	14	0.053	-2.94	-0.16	0.16	**0.04**

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	Fabaceae	13	0.049	-3.02	-0.15	0.15	**0.04**
Yaxnic	*Vitex gaumeri*	Lamiaceae	11	0.042	-3.17	-0.13	0.13	**0.03**
Perezcut	*Croton arboreus*	Euphorbiaceae	10	0.038	-3.27	-0.12	0.12	**0.03**
Tastab	*Guettarda combsii*	Rubiaceae	8	0.03	-3.51	-0.11	0.11	**0.03**
Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	Sapotaceae	7	0.027	-3.61	-0.1	0.1	**0.03**
Boob	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae	7	0.027	-3.61	-0.1	0.1	**0.03**
Negrito	*Simarouba glauca*	Simaroubaceae	7	0.027	-3.61	-0.1	0.1	**0.03**
Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	Rutaceae	6	0.023	-3.77	-0.09	0.09	**0.02**
Xuul	*Lonchocarpus guatemalensis*	Fabaceae	6	0.023	-3.77	-0.09	0.09	**0.02**
Chechem	*Metopium brownei*	Anacardiaceae	6	0.023	-3.77	-0.09	0.09	**0.02**
Akit	*Cascabela gaumeri*	Apocynaceae	5	0.019	-3.96	-0.08	0.08	**0.02**
Zapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae	5	0.019	-3.96	-0.08	0.08	**0.02**
Sak chaca	*Dendropanax arboreus*	Araliaceae	4	0.015	-4.2	-0.06	0.06	**0.02**
Uchulche	*Diospyros salicifolia*	Ebenaceae	4	0.015	-4.2	-0.06	0.06	**0.02**
Yaiti	*Gymnanthes lucida*	Euphorbiaceae	4	0.015	-4.2	-0.06	0.06	**0.02**
Mahahua	*Hampea trilobata*	Malvaceae	4	0.015	-4.2	-0.06	0.06	**0.02**
Ta'tsi'	*Neea psychotrioides*	Nyctaginaceae	4	0.015	-4.2	-0.06	0.06	**0.02**
Katalox	*Swartzia cubensis*	Fabaceae	4	0.015	-4.2	-0.06	0.06	**0.02**
Kanchunup	*Thouinia paucidentata*	Sapindaceae	4	0.015	-4.2	-0.06	0.06	**0.02**
Sak pich	*Albizia tomentosa*	Fabaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**
Tabaquillo	*Alseis yucatanensis*	Rubiaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**
Bel sinik che	*Alvaradoa amorphoides*	Simaroubaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**
iximche	*Casearia corymbosa*	Salicaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**
Chacteviga	*Coulteria mollis*	Fabaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**
Guayo	*Exothea diphylla*	Sapindaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**
kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	Fabaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**
Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Kaniste	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**
caracolillo	*Sideroxylon gaumeri*	Sapotaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**
Jobo	*Spondias mombin*	Anacardiaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**
Tamarindo	*Tamarindus indica*	Fabaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**
Tamay	*Zuelania guidonia*	Salicaceae	3	0.011	-4.51	-0.05	0.05	**0.01**
Sinche	*Bunchosia swartziana*	Malpighiaceae	2	0.008	-4.83	-0.04	0.04	**0.01**
Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	Polygonaceae	2	0.008	-4.83	-0.04	0.04	**0.01**
Madrecacao	*Gliricidia sepium*	Fabaceae	2	0.008	-4.83	-0.04	0.04	**0.01**
Kaskat	*Luehea speciosa*	Malvaceae	2	0.008	-4.83	-0.04	0.04	**0.01**
Granadillo	*Platymiscium yucatanun*	Fabaceae	2	0.008	-4.83	-0.04	0.04	**0.01**
Zapotillo	*Pouteria reticulata*	Sapotaceae	2	0.008	-4.83	-0.04	0.04	**0.01**
Guano	*Sabal yapa*	Arecaceae	2	0.008	-4.83	-0.04	0.04	**0.01**
Chuntok	*Semialarium mexicanum*	Celastraceae	2	0.008	-4.83	-0.04	0.04	**0.01**

Riqueza (S) =	44
H´ Calculada =	3.47
H max =	3.78
Equidad (J) =	0.89
H max - H´ =	0.31

Estrato arbustivo

El índice de diversidad para el estrato arbustivo de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue alto calculado en 3.30, mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 3.50, lo cual nos da un índice de equidad de 0.89 esto indica que las 48 especies de flora arbustiva reportadas presentan cada una el 89 % de probabilidad de ser encontradas en el sitio (tabla IV-35). *Croton arboreus y Manilkara zapota* son las 2 especies mejor representadas con un 11.38% y 10.13% respectivamente.

Tabla IV-35. Abundancia e índice de Shannon-Wiener en el estrato arbustivo

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Perezcut	*Croton arboreus*	Euphorbiaceae	9	0.11	-2.21	-0.24	0.24	**0.07**
Zapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae	8	0.10	-2.30	-0.23	0.23	**0.07**
Nacax	*Coccothrinax readii*	Arecaceae	5	0.06	-2.81	-0.17	0.17	**0.05**

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Saclophe (Hoja pequeña)	*Eugenia foetida*	Myrtaceae	5	0.06	-2.81	-0.17	0.17	**0.05**
Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	Polygonaceae	4	0.05	-3.00	-0.15	0.15	**0.04**
Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae	4	0.05	-3.00	-0.15	0.15	**0.04**
Tabaquillo	*Suriana maritima*	Surianaceae	4	0.05	-3.00	-0.15	0.15	**0.04**
Boob	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae	3	0.04	-3.22	-0.13	0.13	**0.04**
Cascarillo	*Erythroxylum confusum*	Erythroxylaceae	3	0.04	-3.22	-0.13	0.13	**0.04**
Guayabillo	*Psidium sartorianum*	Myrtaceae	3	0.04	-3.22	-0.13	0.13	**0.04**
Ramón	*Brosimum alicastrum*	Moraceae	2	0.03	-3.51	-0.11	0.11	**0.03**
Botoncillo	*Conocarpus erectus*	Combretaceae	2	0.03	-3.51	-0.11	0.11	**0.03**
Colorin	*Erythrina standleyana*	Fabaceae	2	0.03	-3.51	-0.11	0.11	**0.03**
Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	2	0.03	-3.51	-0.11	0.11	**0.03**
Kaniste	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae	2	0.03	-3.51	-0.11	0.11	**0.03**
Chuntok	*Semialarium mexicanum*	Celastraceae	2	0.03	-3.51	-0.11	0.11	**0.03**
Mapche	*Sideroxylon obtusifolium*	Sideroxylon	2	0.03	-3.51	-0.11	0.11	**0.03**
Zapote faisan	*Sideroxylon salicifolium*	Sapotaceae	2	0.03	-3.51	-0.11	0.11	**0.03**
Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	Fabaceae	1	0.013	-4.34	-0.06	0.06	**0.02**
Chaca	*Bursera simaruba*	Burseraceae	1	0.013	-4.34	-0.06	0.06	**0.02**
Sacpa	*Byrsonima bucidifolia*	Malpighiaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
iximche	*Casearia corymbosa*	Salicaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	Sapotaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
Naranjache	*Esenbeckia pentaphylla*	Rutaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
Madrecacao	*Gliricidia sepium*	Fabaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
Sisilche	*Gymnopodium floribundum*	Polygonaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
Ta'tsi'	*Neea psychotrioides*	Nyctaginaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
Pixtón	*Phyllanthus graveolens*	Phyllanthaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
Copal	*Protium copal*	Burseraceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
Guano	*Sabal yapa*	Arecaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
Nich max	*Sapranthus campechianus*	Annonaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
Negrito	*Simarouba glauca*	Simaroubaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
Chit	*Thrinax radiata*	Arecaceae	1	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
	33		**79**	**1.00**	**-125.48**	**-3.30**	**3.30**	**0.89**

Riqueza (S) =	33
H´ Calculada =	3.30
H max =	3.50
Equidad (J) =	0.89
H max - H´ =	0.20

Tabla IV-36. Abundancia e índice de Shannon-Wiener en el estrato herbáceo

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
B12 pasto	Carex polystachya	Cyperaceae	55	0.167	-1.79	-0.30	0.30	**0.07**
Cortadera	Cladium jamaicense	Cyperaceae	20	0.061	-2.80	-0.17	0.17	**0.04**
piper	Piper sempervirens	Piperaceae	13	0.039	-3.24	-0.13	0.13	**0.03**
Fideo	Cassytha filiformis	Lauraceae	10	0.030	-3.51	-0.11	0.11	**0.03**
Saclophe (Hoja pequeña)	Eugenia foetida	Myrtaceae	10	0.030	-3.51	-0.11	0.11	**0.03**
Mangle rojo	Rhizophora mangle	Rhizophoraceae	10	0.030	-3.51	-0.11	0.11	**0.03**
Zacate (sit)	Lasiacis divaricata	Poaceae	9	0.027	-3.61	-0.10	0.10	**0.02**
kanasin	Lonchocarpus rugosus	Fabaceae	9	0.027	-3.61	-0.10	0.10	**0.02**
Tulipancillo	Malvabiscus arboreus	Malvaceae	9	0.027	-3.61	-0.10	0.10	**0.02**
Guayabillo	Psidium sartorianum	Myrtaceae	9	0.027	-3.61	-0.10	0.10	**0.02**
Cordoncillo	Allophylus cominia	Sapindaceae	8	0.024	-3.73	-0.09	0.09	**0.02**
Caimito	Chrysophyllum mexicanum	Sapotaceae	8	0.024	-3.73	-0.09	0.09	**0.02**
Xuul	Lonchocarpus guatemalensis	Fabaceae	8	0.024	-3.73	-0.09	0.09	**0.02**
Xuul	Lonchocarpus xuul	Fabaceae	8	0.024	-3.73	-0.09	0.09	**0.02**
Jabin	Piscidia piscipula	Fabaceae	7	0.021	-3.86	-0.08	0.08	**0.02**
Bejuco yax	Serjania mexicana	Euphorbiaceae	7	0.021	-3.86	-0.08	0.08	**0.02**
Mapche	Sideroxylon obtusifolium	Sideroxylon	7	0.021	-3.86	-0.08	0.08	**0.02**
Botoncillo	Conocarpus erectus	Combretaceae	6	0.018	-4.02	-0.07	0.07	**0.02**
Plomolche	Parathesis cubana	Primulaceae	6	0.018	-4.02	-0.07	0.07	**0.02**
Subin	Vachellia cornigera	Fabaceae	6	0.018	-4.02	-0.07	0.07	**0.02**
Tabaquillo	Alseis yucatanensis	Rubiaceae	5	0.015	-4.20	-0.06	0.06	**0.01**
Perezcut	Croton arboreus	Euphorbiaceae	5	0.015	-4.20	-0.06	0.06	**0.01**
Muuk	Dalbergia glabra	Fabaceae	5	0.015	-4.20	-0.06	0.06	**0.01**
Pica Pica	Dalechampia scandens	Euphorbiaceae	5	0.015	-4.20	-0.06	0.06	**0.01**
Sipilche * Sip che	Malpighia glabra	Malpighiaceae	5	0.015	-4.20	-0.06	0.06	**0.01**
Chechem	Metopium brownei	Anacardiaceae	5	0.015	-4.20	-0.06	0.06	**0.01**
Café silvestre	Psychotria nervosa	Rubiaceae	5	0.015	-4.20	-0.06	0.06	**0.01**
Barba de viejo	Cissampelos pareira	Menispermaceae	4	0.012	-4.42	-0.05	0.05	**0.01**
Guazuma	Guazuma ulmifolia	Malvaceae	4	0.012	-4.42	-0.05	0.05	**0.01**
Orquidea8	Myrmecophila christinae	Orchidaceae	4	0.012	-4.42	-0.05	0.05	**0.01**
Bromelia	Tilandsia fasciculata	Bromeliaceae	4	0.012	-4.42	-0.05	0.05	**0.01**
Icaco	Chrysobalanus icaco	Chrysobalanaceae	3	0.009	-4.71	-0.04	0.04	**0.01**
Box chaca	Euphorbia schlechtendalii	Euphorbiaceae	3	0.009	-4.71	-0.04	0.04	**0.01**
Tres marias	Forchhammeria trifoliata	Resedaceae	3	0.009	-4.71	-0.04	0.04	**0.01**
Zapote	Manilkara zapota	Sapotaceae	3	0.009	-4.71	-0.04	0.04	**0.01**
Bejuco guaya	Paullinia pinnata	Araceae	3	0.009	-4.71	-0.04	0.04	**0.01**
Flor de mayo	Plumeria rubra	Apocynaceae	3	0.009	-4.71	-0.04	0.04	**0.01**
Caracolillo (Zapote faisan)	Sideroxylon foetidissimum	Sapotaceae	3	0.009	-4.71	-0.04	0.04	**0.01**
Chit	Thrinax radiata	Arecaceae	3	0.009	-4.71	-0.04	0.04	**0.01**
Bejuco rosa	Arrabidaea floribunda	Bignoniaceae	2	0.006	-5.12	-0.03	0.03	**0.01**

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Naranjillo	Bonellia macrocarpa	Primulaceae	2	0.006	-5.12	-0.03	0.03	**0.01**
Tohyub	Coccoloba acapulcensis	Polygonaceae	2	0.006	-5.12	-0.03	0.03	**0.01**
Orquidea6	Encyclia guatemalensis	Orchidaceae	2	0.006	-5.12	-0.03	0.03	**0.01**
Kaniste	Pouteria campechiana	Sapotaceae	2	0.006	-5.12	-0.03	0.03	**0.01**
Katalox	Swartzia cubensis	Fabaceae	2	0.006	-5.12	-0.03	0.03	**0.01**
Palmita	Zamia prasina	Zamiaceae	2	0.006	-5.12	-0.03	0.03	**0.01**
Cacao che	Zygia stevensonii	Fabaceae	2	0.006	-5.12	-0.03	0.03	**0.01**
Pata de vaca	Bauhinia erythrocalyx	Fabaceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Akit	Cascabela gaumeri	Apocynaceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Yuuy	Casimiroa tetrameria	Rutaceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Sak boob	Coccoloba reflexiflora	Polygonaceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Boob	Coccoloba spicata	Polygonaceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Palo de escoba	Cryosophila stauracantha	Aracaceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Colorin	Erythrina standleyana	Fabaceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Naranjillo	Esenbeckia berlandieri	Salicaceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Ala de murcielago	Passiflora coriacea	Passfloraceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Guano	Sabal yapa	Arecaceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Chuntok	Semialarium mexicanum	Celastraceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Negrito	Simarouba glauca	Simaroubaceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Caoba	Swietenia macrophylla	Meliaceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
Pucte	Terminalia buceras	Combretaceae	1	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.00**
	61		**330**	**0.99**	**-278.42**	**-3.60**	**3.60**	**0.78**

Riqueza (S) =	61
H´ Calculada =	3.60
H max =	4.11
Equidad (J) =	0.78
H max - H´ =	0.51

Estimación del Índice de Valor de Importancia por estrato

La estructura horizontal del estrato arbóreo de la vegetación forestal en el AI, está compuesto por 44 especies que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, la especie Bursera simaruba y Piscidia piscipula, resultaron ser las de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con un IVI de 26.88 y 22.71 (tabla IV-37) (figura IV-47).

Tabla IV-37. Índice de valor de importancia arbóreo AI

No.	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	Bursera simaruba	9.09	6.06	11.73	26.88
2	Piscidia piscipula	9.85	5.30	7.56	22.71
3	Coccoloba reflexiflora	9.85	3.79	8.46	22.10

No.	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
4	Metopium brownei	4.92	2.27	8.24	15.44
5	Vitex gaumeri	4.17	4.55	5.27	13.98
6	Lysiloma latisiliquum	5.30	2.27	4.29	11.86
7	Hyperbaena winzerlingii	2.27	3.79	3.76	9.82
8	Phitecolobium albicans	1.89	3.79	4.11	9.79
9	Manilkara zapota	3.03	3.79	1.62	8.44
10	Thouinia paucidentata	2.65	3.03	2.42	8.10
11	Randia truncata	3.79	3.03	1.11	7.92
12	Chloroleucon mangense	2.65	2.27	2.26	7.18
13	Caesalpinia gaumeri	2.27	2.27	2.45	6.99
14	Croton arboreus	2.65	3.03	1.23	6.91
15	Cascabela gaumeri	2.27	2.27	1.90	6.45
16	Simarouba glauca	1.52	2.27	2.37	6.15
17	Ficus cotinifolia	1.52	2.27	2.10	5.89
18	Chrysophyllum mexicanum	1.89	2.27	1.45	5.62
19	Guettarda combsii	1.52	2.27	1.45	5.24
20	Coccoloba spicata	1.14	2.27	1.70	5.11
21	Lonchocarpus guatemalensis	1.14	1.52	2.45	5.10
22	Sideroxylon gaumeri	1.14	2.27	1.62	5.03
23	Casimiroa tetrameria	1.52	2.27	1.13	4.92
24	Gymnanthes lucida	1.52	1.52	1.79	4.82
25	Coulteria mollis	1.52	1.52	1.77	4.80
26	Exothea diphylla	1.52	2.27	0.85	4.64
27	Tamarindus indica	1.14	2.27	1.12	4.52
28	Myroxylon balsamum	1.14	1.52	1.47	4.12
29	Neea psychotrioides	1.14	1.52	1.13	3.78
30	Dendropanax arboreus	0.76	1.52	1.30	3.57
31	Melicoccus oliviformis	1.14	1.52	0.91	3.56
32	Zuelania guidonia	1.14	1.52	0.90	3.56
33	Swartzia cubensis	1.14	1.52	0.86	3.51
34	Sabal yapa	1.14	1.52	0.75	3.41
35	Lonchocarpus rugosus	1.14	1.52	0.50	3.15
36	Diospyros salicifolia	1.14	0.76	1.14	3.04
37	Diphysa carthagenensis	0.76	1.52	0.75	3.02
38	Hampea trilobata	0.76	1.52	0.75	3.02
39	Terminalia buceras	0.76	1.52	0.74	3.01
40	Gliricidia sepium	0.76	1.52	0.52	2.80
41	Ehretia tinifolia	0.76	1.52	0.40	2.67
42	Semialarium mexicanum	0.76	1.52	0.37	2.64

No.	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
43	Spondias mombin	1.14	0.76	0.74	2.63
44	Platymiscium yucatanun	0.76	0.76	0.58	2.09
		100	100	100	300

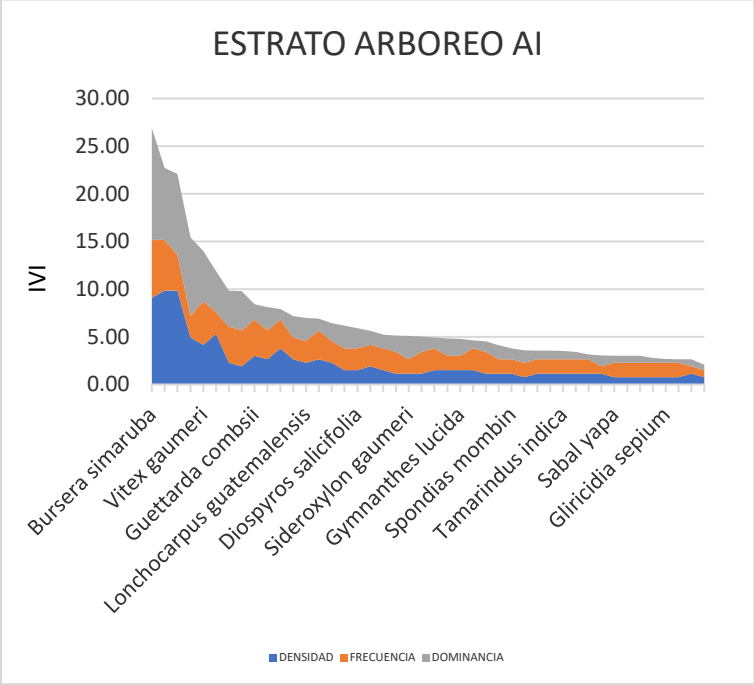


Figura IV-47. IVI del estrato arbóreo AI

Estrato arbustivo

La estructura horizontal del estrato arbustivo de la vegetación forestal del AI, está compuesto por 33 especies que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, *Manilkara zapota y Croton arboreus* resultaron ser las de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con un IVI de 30.70 y 27.63 respectivamente (tabla IV -38) (figura IV-48).

Tabla IV-38. Índice de valor de importancia arbustivo AI

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Manilkara zapota*	10.127	10.606	9.97	30.70
2	*Croton arboreus*	11.392	7.576	8.66	27.63
3	*Coccothrinax readii*	6.329	7.576	4.81	18.72
4	*Eugenia foetida*	6.329	4.545	4.81	15.69
5	*Melicoccus oliviformis*	5.063	6.061	4.27	15.40
6	*Psidium sartorianum*	3.797	4.545	5.74	14.08
7	*Suriana maritima*	5.063	3.030	5.54	13.64

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
8	*Coccoloba reflexiflora*	5.063	3.030	5.20	13.29
9	*Coccoloba spicata*	3.797	4.545	4.81	13.15
10	*Erythroxylum confusum*	3.797	3.030	3.31	10.14
11	*Piscidia piscipula*	2.532	3.030	3.27	8.83
12	*Pouteria campechiana*	2.532	3.030	3.27	8.83
13	*Brosimum alicastrum*	2.532	3.030	2.35	7.91
14	*Conocarpus erectus*	2.532	3.030	2.35	7.91
15	*Semialarium mexicanum*	2.532	3.030	1.92	7.49
16	*Sideroxylon obtusifolium*	2.532	3.030	1.92	7.49
17	*Sideroxylon salicifolium*	2.532	3.030	1.92	7.49
18	*Erythrina standleyana*	2.532	1.515	3.43	7.47
19	*Bursera simaruba*	1.266	1.515	3.12	5.90
20	*Sabal yapa*	1.266	1.515	3.12	5.90
21	*Chrysophyllum mexicanum*	1.266	1.515	2.46	5.24
22	*Byrsonima bucidifolia*	1.266	1.515	1.89	4.67
23	*Bauhinia erythrocalyx*	1.266	1.515	1.39	4.17
24	*Protium copal*	1.266	1.515	1.39	4.17
25	*Thrinax radiata*	1.266	1.515	1.39	4.17
26	*Casearia corymbosa*	1.266	1.515	0.96	3.74
27	*Esenbeckia pentaphylla*	1.266	1.515	0.96	3.74
28	*Gliricidia sepium*	1.266	1.515	0.96	3.74
29	*Gymnopodium floribundum*	1.266	1.515	0.96	3.74
30	*Neea psychotrioides*	1.266	1.515	0.96	3.74
31	*Phyllanthus graveolens*	1.266	1.515	0.96	3.74
32	*Sapranthus campechianus*	1.266	1.515	0.96	3.74
33	*Simarouba glauca*	1.266	1.515	0.96	3.74
		100.00	100.00	100.00	300.00

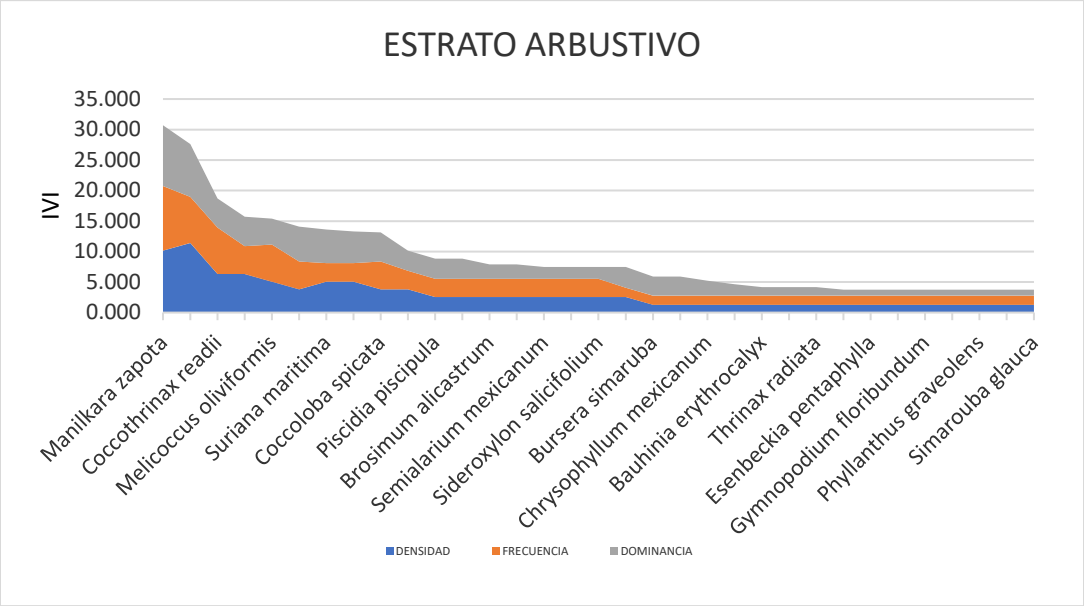


Figura IV-48. IVI de estrato arbustivo de vegetación en el AI

Estrato herbáceo

La estructura horizontal del estrato herbáceo de la vegetación forestal en el AI, está compuesto por 61 especies que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, *Carex polystachya y Cladium jamaicense* resultaron ser la de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con un IVI de 35.07 y 13.86 respectivamente (tabla IV-39) (figura IV-49).

Tabla IV-39. Índice de valor de importancia arbustivo AI

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Manilkara zapota*	10.127	10.606	9.97	30.70
2	*Croton arboreus*	11.392	7.576	8.66	27.63
3	*Coccothrinax readii*	6.329	7.576	4.81	18.72
4	*Eugenia foetida*	6.329	4.545	4.81	15.69
5	*Melicoccus oliviformis*	5.063	6.061	4.27	15.40
6	*Psidium sartorianum*	3.797	4.545	5.74	14.08
7	*Suriana maritima*	5.063	3.030	5.54	13.64
8	*Coccoloba reflexiflora*	5.063	3.030	5.20	13.29
9	*Coccoloba spicata*	3.797	4.545	4.81	13.15
10	*Erythroxylum confusum*	3.797	3.030	3.31	10.14
11	*Piscidia piscipula*	2.532	3.030	3.27	8.83
12	*Pouteria campechiana*	2.532	3.030	3.27	8.83
13	*Brosimum alicastrum*	2.532	3.030	2.35	7.91
14	*Conocarpus erectus*	2.532	3.030	2.35	7.91
15	*Semialarium mexicanum*	2.532	3.030	1.92	7.49
16	*Sideroxylon obtusifolium*	2.532	3.030	1.92	7.49

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
17	*Sideroxylon salicifolium*	2.532	3.030	1.92	7.49
18	*Erythrina standleyana*	2.532	1.515	3.43	7.47
19	*Bursera simaruba*	1.266	1.515	3.12	5.90
20	*Sabal yapa*	1.266	1.515	3.12	5.90
21	*Chrysophyllum mexicanum*	1.266	1.515	2.46	5.24
22	*Byrsonima bucidifolia*	1.266	1.515	1.89	4.67
23	*Bauhinia erythrocalyx*	1.266	1.515	1.39	4.17
24	*Protium copal*	1.266	1.515	1.39	4.17
25	*Thrinax radiata*	1.266	1.515	1.39	4.17
26	*Casearia corymbosa*	1.266	1.515	0.96	3.74
27	*Esenbeckia pentaphylla*	1.266	1.515	0.96	3.74
28	*Gliricidia sepium*	1.266	1.515	0.96	3.74
29	*Gymnopodium floribundum*	1.266	1.515	0.96	3.74
30	*Neea psychotrioides*	1.266	1.515	0.96	3.74
31	*Phyllanthus graveolens*	1.266	1.515	0.96	3.74
32	*Sapranthus campechianus*	1.266	1.515	0.96	3.74
33	*Simarouba glauca*	1.266	1.515	0.96	3.74
		100.00	100.00	100.00	300.00

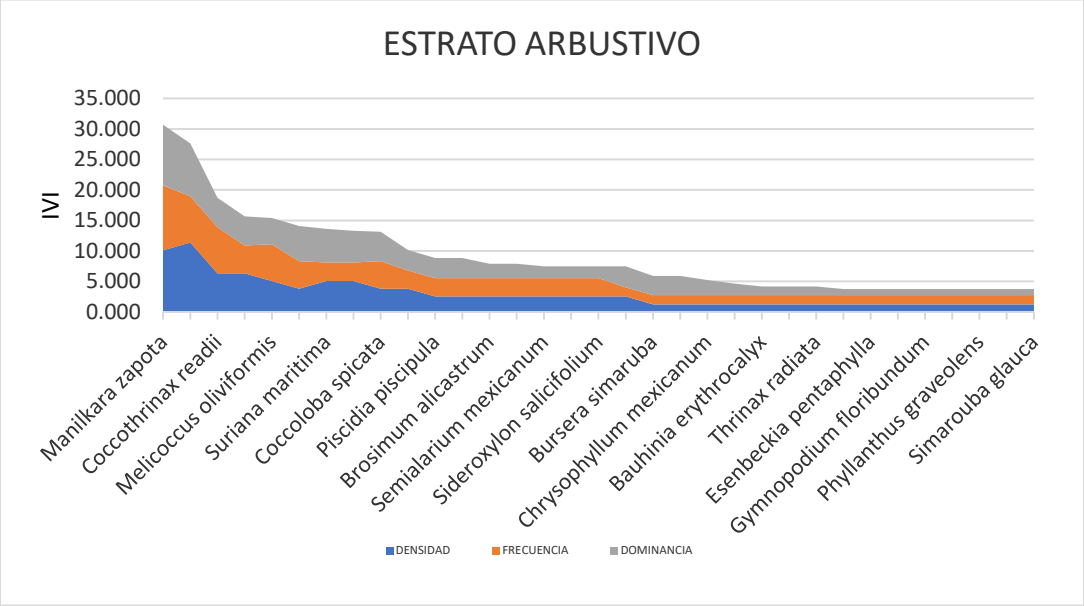


Figura IV-49. IVI de estrato arbustivo de vegetación en el AI.

Estrato herbáceo

La estructura horizontal del estrato herbáceo de la vegetación forestal en el AI, está compuesto por 61 especies que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, *Carex polystachya y Cladium jamaicense* resultaron ser la de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con un IVI de 35.07 y 13.86 respectivamente (tabla IV-40) (figura IV-50).

Tabla IV-40. Índice de valor de importancia herbáceo AI

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Carex polystachya*	16.667	1.74	16.67	35.07
2	*Cladium jamaicense*	6.061	1.74	6.06	13.86
3	*Piper sempervirens*	3.939	2.61	3.94	10.49
4	*Eugenia foetida*	3.030	3.48	3.03	9.54
5	*Malvabiscus arboreus*	2.727	2.61	2.73	8.06
6	*Cassytha filiformis*	3.030	1.74	3.03	7.80
7	*Rhizophora mangle*	3.030	1.74	3.03	7.80
8	*Piscidia piscipula*	2.121	3.48	2.12	7.72
9	*Allophylus cominia*	2.424	2.61	2.42	7.46
10	*Chrysophyllum mexicanum*	2.424	2.61	2.42	7.46
11	*Lonchocarpus guatemalensis*	2.424	2.61	2.42	7.46
12	*Lonchocarpus xuul*	2.424	2.61	2.42	7.46
13	*Lasiacis divaricata*	2.727	1.74	2.73	7.19
14	*Lonchocarpus rugosus*	2.727	1.74	2.73	7.19
15	*Sideroxylon obtusifolium*	2.121	2.61	2.12	6.85
16	*Psidium sartorianum*	2.727	0.87	2.73	6.32
17	*Parathesis cubana*	1.818	2.61	1.82	6.25
18	*Vachellia cornigera*	1.818	2.61	1.82	6.25
19	*Serjania mexicana*	2.121	1.74	2.12	5.98
20	*Alseis yucatanensis*	1.515	2.61	1.52	5.64
21	*Croton arboreus*	1.515	2.61	1.52	5.64
22	*Dalbergia glabra*	1.515	2.61	1.52	5.64
23	*Dalechampia scandens*	1.515	2.61	1.52	5.64
24	*Metopium brownei*	1.515	2.61	1.52	5.64
25	*Conocarpus erectus*	1.818	1.74	1.82	5.38
26	*Malpighia glabra*	1.515	1.74	1.52	4.77
27	*Psychotria nervosa*	1.515	1.74	1.52	4.77
28	*Cissampelos pareira*	1.212	1.74	1.21	4.16
29	*Guazuma ulmifolia*	1.212	1.74	1.21	4.16
30	*Myrmecophila christinae*	1.212	1.74	1.21	4.16
31	*Tilandsia fasciculata*	1.212	1.74	1.21	4.16
32	*Forchhammeria trifoliata*	0.909	1.74	0.91	3.56
33	*Manilkara zapota*	0.909	1.74	0.91	3.56
34	*Plumeria rubra*	0.909	1.74	0.91	3.56
35	*Thrinax radiata*	0.909	1.74	0.91	3.56

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
36	*Swartzia cubensis*	0.606	1.74	0.61	2.95
37	*Zygia stevensonii*	0.606	1.74	0.61	2.95
38	*Chrysobalanus icaco*	0.909	0.87	0.91	2.69
39	*Euphorbia schlechtendalii*	0.909	0.87	0.91	2.69
40	*Paullinia pinnata*	0.909	0.87	0.91	2.69
41	*Sideroxylon foetidissimum*	0.909	0.87	0.91	2.69
42	*Arrabidaea floribunda*	0.606	0.87	0.61	2.08
43	*Bonellia macrocarpa*	0.606	0.87	0.61	2.08
44	*Coccoloba acapulcensis*	0.606	0.87	0.61	2.08
45	*Encyclia guatemalensis*	0.606	0.87	0.61	2.08
46	*Pouteria campechiana*	0.606	0.87	0.61	2.08
47	*Zamia prasina*	0.606	0.87	0.61	2.08
48	*Bauhinia erythrocalyx*	0.303	0.87	0.30	1.48
49	*Cascabela gaumeri*	0.303	0.87	0.30	1.48
50	*Casimiroa tetrameria*	0.303	0.87	0.30	1.48
51	*Coccoloba reflexiflora*	0.303	0.87	0.30	1.48
52	*Coccoloba spicata*	0.303	0.87	0.30	1.48
53	*Cryosophila stauracantha*	0.303	0.87	0.30	1.48
54	*Erythrina standleyana*	0.303	0.87	0.30	1.48
55	*Esenbeckia berlandieri*	0.303	0.87	0.30	1.48
56	*Passiflora coriacea*	0.303	0.87	0.30	1.48
57	*Sabal yapa*	0.303	0.87	0.30	1.48
58	*Semialarium mexicanum*	0.303	0.87	0.30	1.48
59	*Simarouba glauca*	0.303	0.87	0.30	1.48
60	*Swietenia macrophylla*	0.303	0.87	0.30	1.48
61	*Terminalia buceras*	0.303	0.87	0.30	1.48
		100	100	100	300

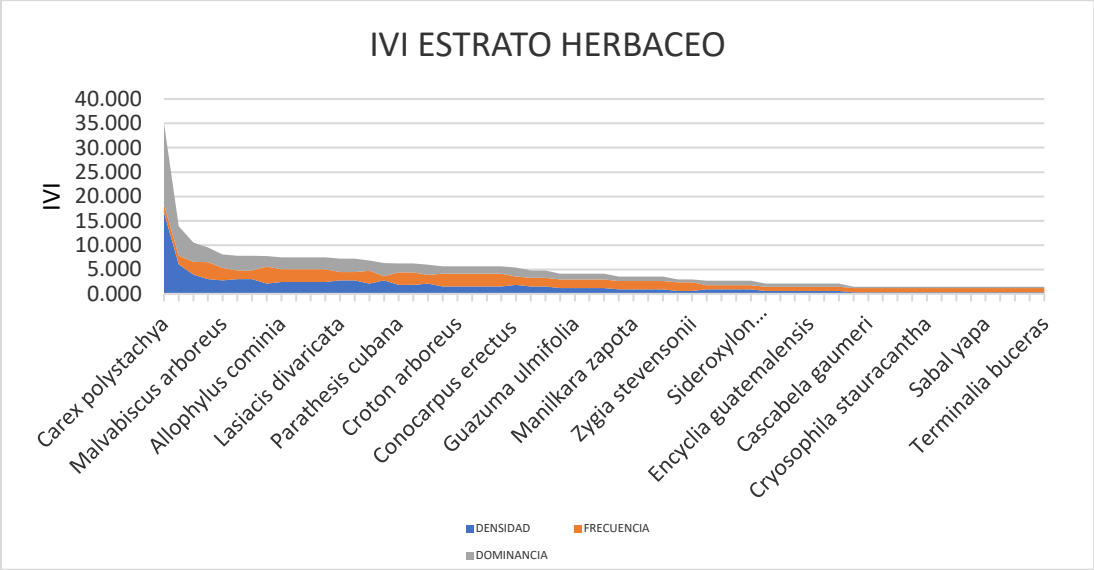


Figura IV-50. IVI de estrato herbáceo de vegetación en el AI

Uso de suelo y tipo de vegetación a nivel de predio

El análisis a nivel de predio tiene por objeto caracterizar, con mayor grado de resolución espacial y ecológica, las unidades de vegetación y los usos de suelo presentes en el área delimitada para el desarrollo del proyecto, cuya superficie total asciende a 33.355 hectáreas. A diferencia de las escalas regional (SA) e intermedia (AI), en las cuales predominan insumos cartográficos oficiales de media y baja resolución, este apartado se construye a partir de una evaluación directa de campo complementada con análisis de imágenes satelitales y datos geomorfológicos específicos del sitio.

La escala predial permite identificar elementos no representables en la cartografía oficial, tales como microparches de vegetación remanente, transiciones estructurales entre unidades, aperturas recientes por efecto antrópico y discontinuidades en la cobertura que resultan valiosas para la evaluación ambiental detallada. Asimismo, posibilita establecer relaciones precisas entre el uso actual del suelo, el tipo de vegetación presente y los condicionantes físico-bióticos del terreno.

Para establecer la clasificación de los tipos de vegetación y usos de suelo dentro del predio, fue necesario definir con claridad los criterios técnicos empleados en su delimitación e interpretación. Dado que este nivel de análisis requiere una mayor precisión taxonómica y estructural, se consideraron elementos como la composición florística dominante, la estructura vertical del estrato leñoso, el grado de intervención antrópica, la condición del suelo y las características hidrológicas del sitio. Asimismo, se adoptó la nomenclatura y definiciones contenidas en la Guía para la Clasificación de Tipos de Vegetación y Uso del Suelo publicada por el INEGI, adaptándola cuando fue necesario a las condiciones locales observadas en campo.

A continuación, se describen los criterios de identificación aplicados para cada unidad registrada en el predio.

En el predio para el desarrollo del Proyecto, según la capa temática del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) Serie VII, se registraron dos tipos de vegetación tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV-41 Uso del suelo y tipo de vegetación según INEGI

Clave	Tipo de Vegetación	Superficie (Ha)	Proporción (%)
VSA/SMQ	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	24.43	73.23
VM	Vegetación de Manglar	8.93	26.77
Total		33.36	100.00

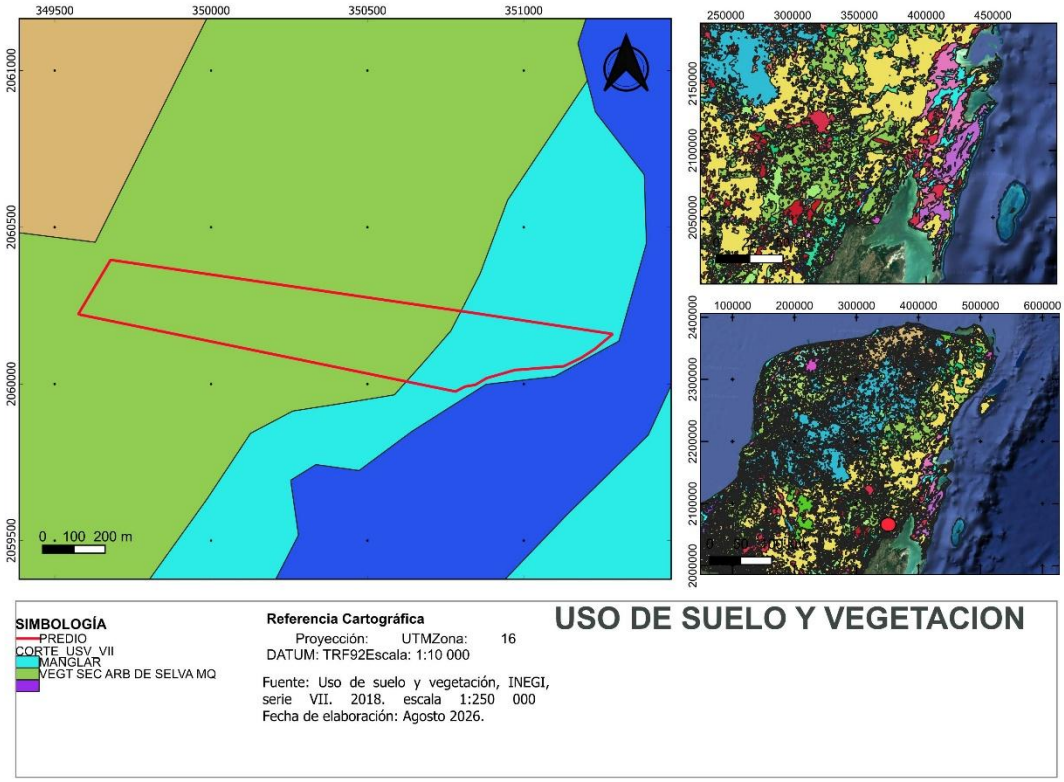


Figura IV.51. Uso de suelo y vegetación del predio, según INEGI Serie VII, conjunto Nacional 2018.

Sin embargo, por la escala de la producción del INEGI esta incidencia es relativa, dado que la Serie VII fue procesado a nivel regional con una unidad mínima cartografiable de 50 hectáreas para áreas o ecosistemas naturales y por lo tanto para el caso que nos ocupa resulta necesario un procesamiento *in situ* para determinar la presencia y/o ausencia de terrenos forestales y tipos de vegetación, conforme a imágenes de satélite y un exhaustivo trabajo de campo conforme a los datos del inventario florístico y de acuerdo con la clasificación de la 'Guía para la interpretación de cartografía Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000, Serie VII, en los que es posible observar cambios en la estructura y composición de especies de la cobertura vegetal observada.

En los trabajos de campo en el predio, se pudo observar que, aunque efectivamente la condición de arbolado es de una selva mediana subperennifolia en recuperación, existen áreas con actividades preexistentes, dado que el predio corresponde a una fracción de los que anteriormente fuera una parcela ejidal donde existe, una cabaña rural antigua, y un acceso o brecha antigua que comunica de este a oeste.

Para determinar el uso actual del suelo y tipos de vegetación in situ, presentes en el predio; el cual fue digitalizado sobre imagen de satélite mediante la que se clasificó con base a la Guía para la Interpretación de Cartografía Uso del Suelo y Tipos de Vegetación. Escala 1:250,000 Serie VII del INEGI, 2017 y cotejada en campo a través del inventario florístico.

El mapa resultante de dicho procesamiento se presenta en la siguiente Imagen, con ello se ilustra la geometría y distribución geográfica de 8 tipos de uso de suelo y 5 clases de vegetación, tal y como se muestra en la siguiente imagen.

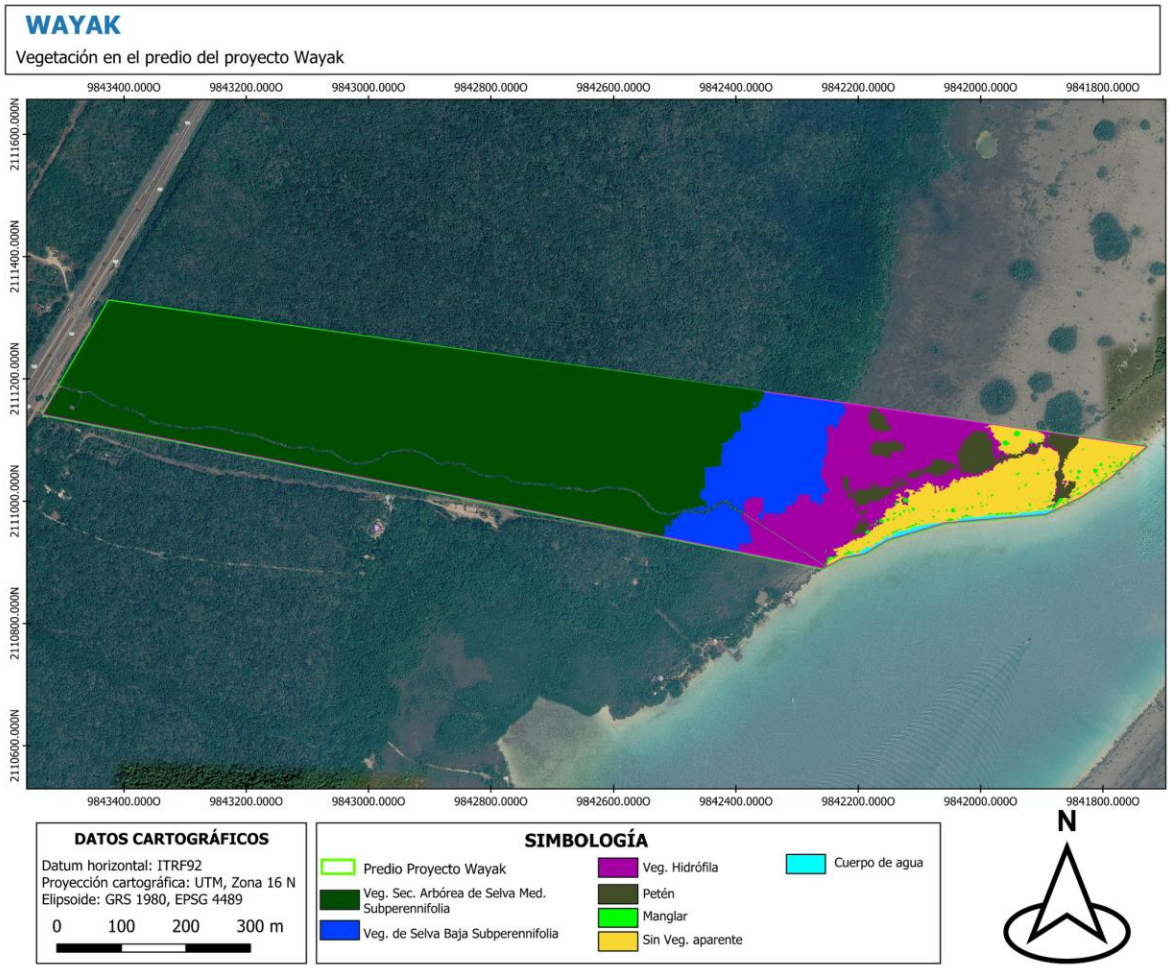


Figura IV.52. Uso de suelo y vegetación del predio, in situ (Google EART Pro, imagen satélite 2026).

La figura IV-52 distingue cinco clases de vegetación y tres coberturas complementarias. La vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia constituye la cobertura dominante; hacia el sector central se presenta la selva baja subperennifolia, mientras que el sector este reúne vegetación hidrófila, petén, manglar, superficies sin vegetación aparente y cuerpo de agua, la tabla siguiente presenta las coberturas por uso de suelo y tipo de vegetación, presentes en el predio.

Tabla IV-42 Uso del suelo y tipo de vegetación *"in situ"* en el AP

TIPO	Superficie		Proporcion
	(m²)	(ha)	(%)
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA-SMQ)	213360.80	21.336	63.966
Vegetación de selva baja subperennifolia (VSBQ)	33688.04	3.369	10.100
Vegetación hidrófila (VH)	39892.65	3.989	11.960
Vegetación de petén (VPT)	10596.40	1.060	3.177
Vegetación de manglar (VM)	1729.12	0.173	0.518
Sin vegetación aparente (SVA)	27937.93	2.794	8.376
Usos Preexistentes (UP)	4877.21	0.488	1.462
Cuerpo de agua (H2O)	1470.46	0.147	0.441
Total del predio	**333552.60**	**33.355**	**100.000**

A continuación, se describen cada unidad de paisaje registrada en el predio.

Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia: Esta cobertura comprende 21.336 ha, equivalentes al 63.96% del predio. Su extensión la convierte en el componente dominante de la vegetación cartografiada. Se distribuye principalmente desde el límite del predio que colindad con la carretera 307 y hacia el este hasta los 1,022.0 m de largo, y se prolonga hasta el contacto con la selva baja subperennifolia en el sector central y se encuentra dividida por el camino o brecha y palapa preexistentes.

Se presenta en altitudes variables; máxima 26 m, 23 m y 13 m como mínima, con inclinaciones promedio de 2.2% - 9.8% con drenaje rápido, frecuentes en ambientes cársticos como los de la península de Yucatán. Presenta una estratificación vertical bien definida, con tres niveles arbóreos que abarcan de 4–12 m, 12–22 m, y hasta 30 m en el dosel superior (INEGI, 2023 pp 38–39). Fisonómicamente se caracteriza por una pérdida estacional de follaje de entre el 25 y el 50 %, lo cual la distingue de las selvas perennifolias.

Su composición incluye una mezcla de especies perennifolias y caducifolias. Entre las especies dominantes destacan *Lysiloma latisiliquum*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba, Manilkara zapota, Vitex gaumeri* y *Terminalia buceras, Alseis yucatanensis, Psidium sartorianum.* Son frecuentes las palmas como *Thrinax radiata*, así como epífitas del grupo de las orquídeas, bromelias, aráceas y helechos. Es común la presencia de árboles con contrafuertes y abundancia de lianas y epífitas, favorecidas por la alta humedad relativa.

Vegetación de selva baja subperennifolia: La capa ocupa 3.369 ha, correspondientes al 10.10% del predio. Se localiza en el sector central y forma una unidad diferenciada entre la selva secundaria arbórea y la vegetación hidrófila. Su delimitación comprende una separación por el camino preexistente. Su formación secundaria de tipo arbóreo corresponde a procesos de regeneración sobre selva baja subperennifolia, caracterizada por especies de hoja caduca y subperenne, con estructura y composición simplificadas respecto a la vegetación primaria original los árboles que miden menos de 15 metros de altura, donde entre el 25% y el 50% de las especies pierden sus hojas durante la temporada seca. Se desarrolla en zonas cálidas, a menudo asociada a suelos con presencia de humedad o en depresiones donde se acumula agua de lluvia de forma temporal. Alberga gran variedad de plantas adaptadas a los cambios de humedad, con presencia frecuente de arbustos, lianas y especies adaptadas a encharcamientos temporales.

Se presenta en altitudes variables; máxima 13 m, 9 m y 5 m como mínima, con drenaje rápido, frecuentes en ambientes cársticos como los de la península de Yucatán. Presenta una estratificación vertical bien definida, con tres niveles arbóreos que abarcan de 4–12 m, 12–22 m, y hasta 30 m en el dosel superior (INEGI, 2023 pp 38–39). Fisonómicamente se caracteriza por una pérdida estacional de follaje de entre el 25 y el 50 %, lo cual la distingue de las selvas perennifolias.

Vegetación hidrófila: Comprende 3.989 ha, equivalentes al 11.959 % del predio. Es la segunda clase de vegetación de mayor superficie, después de la selva secundaria arbórea. Se ubica principalmente en el sector este y se prolonga, en contacto con el camino o brecha y la selva baja, en sus límites se intercalan recintos de petén, individuos de manglar y superficies sin vegetación aparente. Se presenta en altitudes de máxima 3 m, con drenaje rápido El nombre expresa afinidad de la vegetación con el agua, pero se caracteriza preferentemente por pastos inundables con presencia de *Cladium jamaicense* y *Cyperus sp*, y parches de palma *Acoelorrhaphe wrightii*.

Vegetación de Petén: Los recintos reúnen 1.060 ha; y representan el 3.177 % del total del predio, principalmente se distribuyen entre la vegetación hidrófila y el uso sin vegetación aparente.

Manglar (VM): El mangle disperso reúne 0.173 ha, correspondientes al 0.518 % del predio. Su representación se encuentra de manera intercalada al este del terreno principalmente en áreas sin vegetación aparente y, en menor medida, en bordes de la vegetación hidrófila y la laguna. Las especies representativas incluyen *Rhizophora mangle, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*.
El sustrato que sostiene al manglar se caracteriza por suelos hidromórficos saturados, con alto contenido de materia orgánica en descomposición y condiciones anaeróbicas. Estos ambientes son funcionalmente dependientes de la periodicidad de las mareas y el gradiente salino, que regulan la zonación interna de las especies. La vegetación de manglar, aunque estructuralmente simplificada, es especializada y cumple un rol fundamental en la estabilidad de las costas, la protección contra fenómenos hidrometeorológicos y el sostenimiento de cadenas tróficas estuarinas (INEGI, 2023: 57–48).

Sin vegetación aparente. Esta capa comprende 2.794 ha, equivalentes al 8.376 % del predio. Se distribuye próxima a los recintos de cuerpo de agua y entre la vegetación hidrófila, y contiene múltiples exclusiones. Se presenta en altitudes variables; máxima 3 m, 2 m y 1 m como mínima, con drenaje rápido.

Uso Preexistencias. La capa ocupa 0.488 ha, que representan el 1.46% del predio. Se localiza en el acceso una cabaña rústica y un camino que cruza de oeste a este lo largo de 1071.21m en el sector norte del predio y se observa desde el límite del predio en el acceso colindante a la carretera federal 307 hasta su colindancia con la vegetación de selva baja subperennifolia, seguido por una brecha o sendero que cruza en 150 m hasta la laguna.

De acuerdo con la Guía para la Clasificación de Tipos de Vegetación y Uso del Suelo del INEGI, los usos sin vegetación, se define como el conjunto de superficies ocupadas por construcciones o instalaciones de uso habitacional, mixto o de servicios, en contextos urbanos, suburbanos o rurales, consolidados o en expansión, donde se registra ausencia de vegetación forestal aparente.

En el contexto del predio, estas áreas se identifican por la presencia de estructuras rurales semipermanentes, y discontinuidad absoluta con respecto a unidades vegetales naturales o secundarias. Corresponden a superficies sin vegetación aparente, sin nivelación del suelo permanece natural por lo que

tiene la capacidad de mantener los escurrimientos y capacidad de infiltración, con atributos que indiquen que tienen la capacidad de recuperar la continuidad estructural o funcional con coberturas vegetales registradas en el predio.

Cuerpos de agua
La categoría corresponde a aquellas superficies ocupadas permanentemente por agua en estado líquido, ya sea de origen natural o artificial, y está incluida dentro del grupo de unidades sin vegetación forestal. Conforme a la Guía del INEGI, se consideran en esta clasificación los cuerpos que presentan lámina de agua visible de manera continua o intermitente, incluyendo lagunas costeras, cenotes, estanques, charcas, escurrimientos semipermanentes, saladares y depresiones con retención hídrica estacional, siempre que su cobertura no esté dominada por vegetación emergente.
En el predio de análisis, esta unidad incide 0.147 ha, equivalentes al 0.44% del predio. Se representa en dos recintos junto al borde lagunar inferior del sector derecho. Estos sectores que presentan acumulación superficial de agua, producto de la topografía local, la impermeabilidad del sustrato o procesos de retención por microdepresiones. Estos cuerpos, aunque de escala reducida, cumplen funciones de regulación hídrica, recarga limitada, moderación de escorrentía superficial y provisión de hábitat temporal para especies acuáticas o semiacuáticas. En contextos kársticos, su presencia se asocia frecuentemente a cavidades someras o disolución diferencial del lecho calcáreo, y su reconocimiento resulta esencial para efectos de diseño hidrológico, regulación ecológica y aplicación de medidas conforme a la normativa ambiental aplicable.

Descripción del trabajo de campo.

Para conocer la composición de los diferentes tipos de vegetación forestal presente en el área del proyecto y su área de influencia, Se realizaron 2 salidas de campo en el mes de marzo de 2024, y en julio de 2026 para la rectificación de la información y, sobre todo en épocas aún con lluvia y en secas. De tal manera que las labores de campo, aunque escalonadas, cumplen con la variación en cuanto a estacionalidad, quedando de la siguiente manera: 11 al 16 de marzo de 2024 y del 3 al 8 de Julio de 2026.

La vegetación se caracterizó aplicando el método de muestreo circular con un sistema aleatorio por estrato., en cada unidad de muestreo se realizó un levantamiento del estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo. Con la ayuda de un GPS, cada punto fue georreferenciado. Para los estratos arbóreo y arbustivo se registraron las variables de DAP, altura total y fuste limpio, y para el estrato herbáceo solo se tomó la abundancia.

El conteo y numeración de los árboles se inició del centro del sitio hacia fuera utilizando como referencia el Norte franco y con sentido de las manecillas del reloj. De esta manera, por árbol numerado se procedió a registrar los datos dasométricas solicitados. Todos y cada uno de los que se marcaron en el tallo con pintura en aerosol llamativa a la altura donde se midió el diámetro normal mediante una línea o un punto y sobre ella el número del árbol que le corresponde. Para la elaboración del inventario forestal se necesitó la participación de una brigada compuesta por un técnico de campo y dos auxiliares. Mediante la utilización de un GPS se marcó la ubicación del centro de la parcela de cada sitio, mediante la colocación de una estaca o baliza pintada de algún color llamativo.

El estrato arbóreo se muestreó en el círculo de 500.34 m^2; el estrato arbustivo en un círculo de 28.27 m^2 (3.0 m de radio), partiendo del centro hacia fuera. Y, para el estrato herbáceo se utilizó un círculo de 3.14 m2 (1.0 m de radio) (Figura IV-53).

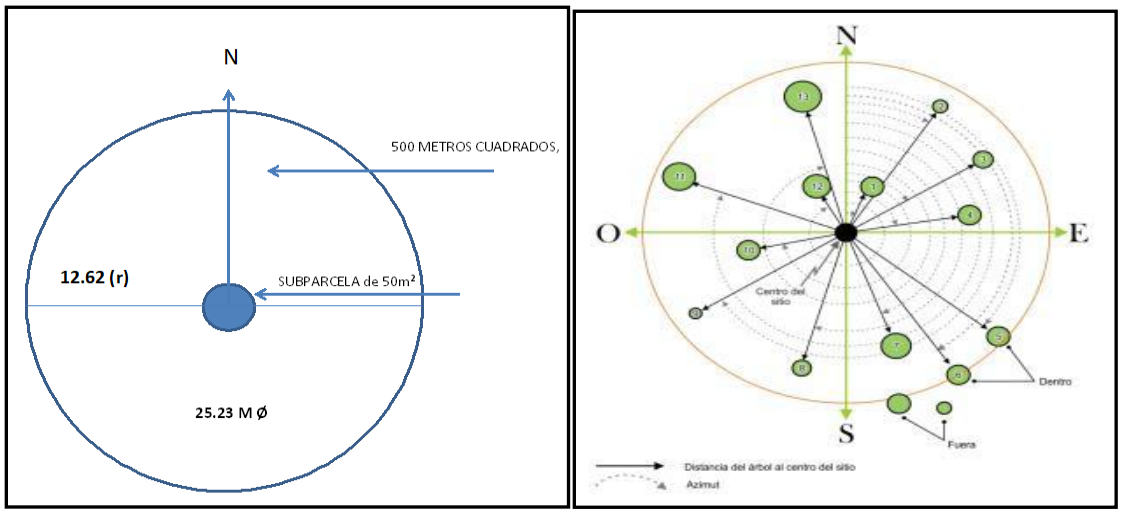


Figura IV-53 Tamaño y forma de los sitios de muestreo para cada uno de los estratos diferenciados en la cobertura vegetal forestal.

La información dasométrica para la caracterización del arbolado estuvo conformada por género, especie, diámetro a la altura del pecho, fuste limpio y altura total. Esta información fue recabada por una brigada forestal conformado por pobladores de la zona Para el levantamiento de la información de las parcelas se siguieron los siguientes pasos:

Mediante la utilización de un GPS se realizó la ubicación el marcado fisco del centro de la parcela, mediante la colocación de una estaca o baliza pintada de algún color llamativo.



Figura IV-54 Brigada de muestreo florístico en el predio.

Con el apoyo de una cinta o cuerda marcada se inició con el conteo de los individuos incluidos en el área de los 500m^2 con diámetro a la altura del pecho de igual o mayor a 10 cm. El conteo y numeración de los árboles se inició del centro del sitio hacia fuera utilizando como referencia el Norte franco y con sentido de las manecillas del reloj. De esta manera, por árbol numerado se procedió a registrar los datos dasométrica solicitados. Por cada individuo se determinó el género, especie, nombre común, diámetro normal fuste limpio y altura total. Todos y cada uno de los árboles incluidos en los sitios de 500m^2 se marcaron en el

tallo con pintura en aerosol llamativa a la altura donde se midió el diámetro normal mediante una línea o un punto y sobre ella el número del árbol que le corresponde.



Figura IV-55 Levantamiento de datos dasométricos

Para la toma de datos del estrato arbustivo y repoblados con esta condición, se tomó también como referencia el centro del sitio de 500 m^2 y se delimitó por un círculo de 3 metros de radio, el cual fue medido por una cinta o cuerda compensada. Aquí se incluyeron los individuos con diámetros mayores a 5 cm y menor a 10 cm, todos los individuos con esta condición fueron marcados a la altura del pecho con pintura llamativa y fueron registrados con las variables de nombre común, genero, especie, diámetro y altura total.

Para el estrato Herbáceo y el repoblado con esta condición, se aplicó para el estrato herbáceo se utilizó un círculo de 1m a partir del centro teniendo una superficie de muestreo de 3 m^2. En este apartado solo se tomaron datos de nombre común, género, especie y número de individuos.

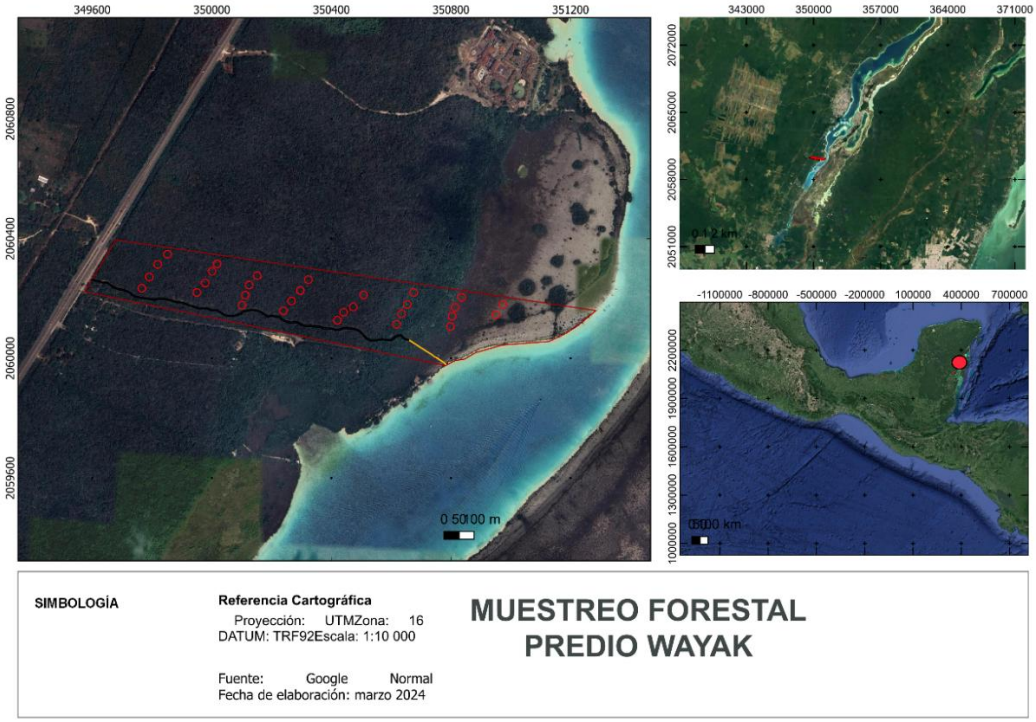


Figura IV-56 Ubicación de los sitios de muestreo del predio del proyecto.

Las coordenadas geográficas del muestreo son las siguientes (tabla IV-43):

Tabla IV-43 Coordenadas de muestreo de flora.

SITIO	X	Y	Tipo de vegetación discriminado	Observaciones
1	349766	2060234	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	En buen estado de conservación
2	349791	2060272		
3	349819	2060314		
4	349852	2060348		
5	350018	2060316		
6	350001	2060291		
7	349978	2060252		
8	349950	2060220		
9	350101	2060178		
10	350112	2060211		
11	350125	2060245		
12	350152	2060276		
13	350323	2060263		
14	350296	2060227		
15	350267	2060192		
16	350240	2060159		
17	350420	2060127		
18	350441	2060154		
19	350473	2060172		
20	350508	2060212		
21	350618	2060114	Selva baja subperennifolia	En buen estado de conservación
22	350635	2060149		Tuvo un uso agrícola
23	350654	2060180		
24	350675	2060220		
25	350836	2060204	Vegetación hidrófila	Humedal
26	350814	2060170		
27	350804	2060141		
28	350798	2060106		
29	350974	2060180		
30	350950	2060145		

Para el estrato arbóreo se contabilizaron todos aquellos ejemplares que su diámetro a la altura del pecho fuera igual o mayor a 10 cm. El registro de los árboles se inició del centro del sitio hacia norte franco y con dirección a las manecillas del reloj, se utilizaron líneas vectoriales dentro de los sitios de muestreo para realizar el registro los datos por especie. Por cada individuo se determinó el género, especie, frecuencia y nombre común.

La toma de datos en estrato arbustivo fueron individuos con diámetros igual o mayores a 5 cm y menores a 10 cm, todos los individuos con esta condición fueron registrados según su especie con las variables de nombre común, genero, especie y frecuencia.
En el estrato herbáceo, se tomaron en cuenta todos los individuos con diámetros menores a 5 cm hasta individuos con una altura mayor a 30 cm.

Referente al criterio empleado para clasificar las especies vegetales identificadas según estrato, fue el siguiente:

Tabla IV-44. Definición de estratos.

Estratos de vegetación				
Forma de crecimiento	Alturas	Diámetros	Tallo	Ramificación
Arbóreo	Mínimo 1.30 m	10 cm de diámetro a la altura del pecho	Leñoso	Presente
Arbustivo	Mínimo 50 cm	Desde 5 cm hasta menores a 10 cm.	Leñoso	Ramificado desde la base del tallo
Herbáceo	Mínimo 10 cm	Menores de 5 cm en la base del tallo	Poco resiste o muy flexible	Presente o ausente

Con base en los criterios anteriores las especies presentes en el predio podrían encontrarse en los tres estratos.

La información dasométricas para la caracterización del arbolado estuvo conformada por género, especie, diámetro a la altura del pecho, fuste limpio y altura total (Figura IV-57).



Figura IV-57 Toma de datos dasométricos, medición de DAP.

El conteo y numeración de los árboles se inició del centro del sitio hacia fuera utilizando como referencia el norte franco y con sentido de las manecillas del reloj. De esta manera, por árbol numerado se procedió a registrar los datos dasométricas solicitados. Todos y cada uno de los que se marcaron en el tallo con pintura en aerosol llamativa a la altura donde se midió el diámetro normal mediante una línea o un punto y sobre ella el número del árbol que le corresponde.



Figura IV-58 Marcado de árboles muestreados

Para la elaboración del inventario forestal se necesitó la participación de una brigada compuesta por un técnico de campo y dos auxiliares. Las labores de campo tuvieron una duración de 5 días.

Para el análisis de datos de vegetación se utilizaron los siguientes análisis:

Diversidad

La diversidad de un ecosistema depende de dos factores, el número de especies presente y el equilibrio demográfico entre ellas. Por ejemplo, entre dos ecosistemas hipotéticos formados por especies demográficamente idénticas (el mismo número de individuos de cada una, algo que nunca aparece en la realidad) se consideraría más diverso al que presentara un número de especies mayor. Por otra parte, entre dos ecosistemas que tienen el mismo número de especies, consideraremos más diverso al que presenta menos diferencias en el número de individuos de unas y otras especies.

El índice de Shannon-Winner (H) requiere que todos los individuos sean muestreados al azar y que estén representadas todas las especies de la comunidad en la muestra. Este índice proviene de la teoría de la información, donde se utiliza para estimar el máximo de información que puede llegar a contener un mensaje, es decir que las medidas parten del supuesto de que una comunidad (ensamblaje de organismos presentes en un hábitat) es análoga a un sistema termodinámico en la cual existe un número finito de individuos (análogo a cantidad de energía), los cuales pueden ocupar un número -también finito- de categorías (especies, análogo de estados). Se calcula como la suma de la producción de cada especie multiplicada por el logaritmo base dos de esa porción.

La fórmula del índice de Shannon-Wiener es:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} p_i log_2 p_i$$

Dónde:

S= número de especies (la riqueza de especies).

Pi= proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n i/ N
Ni= número de individuos de la especie i
N= Número de todos los individuos de todas las especies
Log2= la fórmula utiliza el logaritmo base 2

Este índice usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. La ventaja de un índice de este tipo es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total.

Los valores de este índice van de 1 a 5, siendo un valor pobre el 1 y máxima diversidad el 5. En general se considera un ecosistema pobre cuando los valores no alcanzan de 3 en adelante.

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*).

El concepto de uniformidad se deriva fácilmente de las consideraciones teóricas de las fórmulas descritas para H y $\hat{H}$.
Si $n1 = n2 = n3 = ni\ldots = n$, entonces:
$N = s\Sigma ni = sN$
$H\max = \ln s$

Esto permite cuantificar qué tanto la diversidad estimada ($\hat{H}$) para una situación dada se desvía del máximo teórico (H) -que ocurre cuando todas las especies son igualmente abundantes

Por otro lado, se analiza la equidad, la cual es un parámetro descriptivo de las relaciones de abundancia. La equidad es la medida de lo parecidas que son las proporciones de las diferentes especies de una comunidad. Existen varias formas de medir esta equitatividad, una de las más frecuentes es la razón que expresa la equitatividad como la diversidad H (encontrada) con relación al máximo valor que H' puede alcanzar cuando todas las especies de la comunidad muestran idénticas abundancias. Si esto se mide con el índice de Shannon-Wienner, el valor resultante es la J de Pielou:

La equitatividad se calculó con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H'}{H'max} = \frac{H'}{lnS}$$

donde s es la riqueza y log2S es la diversidad máxima que se puede obtener para una riqueza determinada

El valor de la equitatividad está considerado como una medida del grado de organización de la comunidad (Margalef, 1974). Un incremento en el número de especies puede aumentar los valores de riqueza y de

diversidad, pero si las nuevas especies tienen abundancias muy diferentes a las de las ya existentes, bajarían la equitatividad de la comunidad[21].

Para la correcta identificación de las especies de flora, se utilizaron los siguientes listados: http://www.tropicos.org/Home.aspx, http://www.theplantlist.org/, Herbario CICY (https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/).

Índice de Valor de Importancia

El índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor de las especies con base en tres parámetros principales: dominancia (área basal), densidad y frecuencia. El índice de valor de importancia (I.V.I.) es la suma de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. El I.V.I. es un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros utilizados individualmente. Para obtener el I.V.I., es necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100. Por lo tanto, la suma total de los valores del I.V.I. debe ser igual a 300[22].

Para determinar si el número de sitios fue el correcto (representativo) se analizó mediante un modelo matemático, para lo cual se realizó el mismo modelo matemático que se realizó en los muestreos de flora y fauna, para este análisis se hizo con los volúmenes de árbol de los estratos arbóreo y arbustivo de los registros de cada sitio de muestreo del predio.

Para que un muestreo sea lo suficientemente representativo y confiable, debe estar bien diseñado. Esto quiere decir que la muestra a tomarse debe considerar la mayor variabilidad existente en toda una población estadística. Y para que los datos tengan una distribución normal, lo ideal sería realizar el mayor número de muestreos, es decir, la representatividad está dada por el número de réplicas a tomarse en cuenta y por el conocimiento de los factores que pueden influir en una determinada variable. El muestreo sistemático puede realizarse a partir de un punto determinado al azar, del cual se establece una cierta medida para medir los subsiguientes puntos[23].

El modelo para determinar el número de muestras según el modelo matemático es el siguiente[24]:

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{E^2 + \frac{T^2 * CV^2}{N}} \qquad (1)$$

Donde:

n = número de unidades muestrales
E = error con el que se quiere obtener los valores de un determinado parámetro
t = valor que se obtiene de las tablas de "t" de Student, generalmente se usa t = 0.05
N = total de unidades muestrales en toda la población
CV = coeficiente de variación; para obtener este valor es necesario hacer un muestreo piloto.

[21] Samo L., Garmendia A., Delgado J. 2008. Introducción practica a la ecología. Pearson, Prentice Hall.
[22] Mostacedo y Fredericksen. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz de la Serra, Bolivia.
[23] Mostacedo B., Fredericksen T. 2000. Manual de Métodos Básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR (proyecto de Manejo Forestal Sostenible). Santa Cruz, Bolivia.
[24] Mostacedo B., Fredericksen T. 2000. Manual de Métodos Básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR (proyecto de Manejo Forestal Sostenible). Santa Cruz, Bolivia.

Tabla IV-45. Volúmenes de árbol de 10 sitios de muestreo del predio.

SITIO	Flora	
	Volúmenes (arbóreo arbustivo) MUESTREO (V)	V2
1	2.256	5.090
3	2.707	7.328
5	2.212	4.893
7	2.262	5.116
9	2.680	7.183
11	2.489	6.194
13	2.675	7.156
15	2.470	6.100
17	2.545	6.477
19	2.428	5.893

Para determinar el número de muestras necesarias se debe de calcular la desviación estándar (s) y el coeficiente de variación (CV), para lo cual se siguieron las siguientes formulas:

$$s = \frac{\sqrt{\sum V^2 - \frac{(\sum V)^2}{n}}}{n-1} \qquad (2)$$

Donde:

s= desviación estándar
V= volumen
V^2= volumen al cuadrado por muestra
n= número de unidades muestreadas

La desviación estándar de los sitos muestreados en el lote, se muestran en la siguiente tabla:

	FLORA
ΣV	24.72
V^2	61.43
n	1.86
s	**0.184**

Para determinar el coeficiente de variación es igual a:

$$CV = \frac{s * 100}{promedio\ V} \qquad (3)$$

	FLORA
s	0.184
Promedio V	2.47
CV	**7.45**

El valor de error con que se quiere obtener las muestras es de 10%. El valor de “t” en este caso, tendrá 9 grados de libertad y 95% de probabilidad.

Retomando la fórmula para el cálculo del número de muestras (1) sería:

	Flora
CV	7.45

t (9 grados de libertad)	1.89
E	10
N	30
n	1.86

IV.2.1.3 Análisis de diversidad de la vegetación

IV.2.1.3.1 Listado florístico general a nivel de predio

Para robustecer los resultados del muestreo, independientemente de la información recabada en campo, se consultaron bases de datos de dominio público con registros oficiales dentro del área de estudio, para reportar especies que no hayan sido identificados durante el esfuerzo de muestreo, sin embargo, no se pudo robustecer el marco biogeográfico, ecológico y florístico regional del predio, ya que la consulta realizada a partir de registros obtenidos de la plataforma Enciclovida y del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB-CONABIO)[25], y bases de datos del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad–GBIF[26], no arrojó registros dentro de la demarcación topográfica del predio, por lo que el inventario se enmarca únicamente sobre los registros en campo, quedando de la siguiente forma.

Del inventario realizado sobre el área forestal del predio, resultó un registro de flora de 75 especies y 69 Géneros, distribuidas en 39 familias, que se desarrollan en los tres estratos de vegetación arbóreo, arbustivo y herbáceo. Los registros correspondieron al inventario o directos (D) sin posibilidad de registrados a través de consulta de bases de datos (BD) de consulta pública. Se identificaron 3 especies bajo el estatus de protección Amenazada, *Thrinax radiata, Conocarpus erectus, y Rhizophora mangle*. A continuación, se presenta el listado florístico de todo el predio. (Tabla IV-46).

La Familia más abundante es la Fabaceae con 10 representaciones. 2 especies de epífitas dentro de las cuales se pueden mencionar de la Familia Orchidaceae y, Bromeliaceae. En cuanto a la distribución de las especies registradas, 2 especies son endémicas, 72 no endémicas o de distribución más amplia y 1 especie exótica. Cada una de las especies identificadas tienen diversos usos que van desde un uso madera, leña y construcción, hasta medicinal, comestible y melífera. Únicamente 3 especies se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo estatus de amenazada (A), estas son *Thrinax radiata, Conocarpus erectus y Rhizophora mangle. E*l resto no requieren de atención mayor de acuerdo con la lista roja de la IUCN.

Tabla IV-46. Listado de especies de vegetación de los tres estratos. A = amenazada (NOM-059-SEMARNAT-2010).

No.	N. COMÚN	N. CIENTÍFICO	FAMILIA	USO			DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059	REGISTRO
1	Sak pich	*Albizia tomentosa*	Fabaceae	Maderable	Medicinal	Melifera	N/E	---		D
2	Cordoncillo	*Allophylus cominia*	Sapindaceae	Insecticida	Medicinal	Melifera	N/E	---		D
3	Tabaquillo	*Alseis yucatanensis*	Rubiaceae	---	---	---	N/E	---		D
4	Bel sinik che	*Alvaradoa amorphoides*	Simaroubaceae	Maderable	---	---	N/E	---		D

[25] http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/snib/plantas
[26] https://www.gbif.org/es/

No.	N. COMÚN	N. CIENTÍFICO	FAMILIA	USO			DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059	REGISTRO
5	Bejuco rosa	*Arrabidaea floribunda*	Bignoniaceae	---	---	Artesanal	N/E	---		D
6	Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	Fabaceae	---	---	---	E	---		D
7	Naranjillo	*Bonellia macrocarpa*	Primulaceae	Ornamental	---	---	N/E	---		D
8	Sinche	*Bunchosia swartziana*	Malpighiaceae	Combustible	Medicinal	---	N/E	---		D
9	Chaca	*Bursera simaruba*	Burseraceae	Maderable	Medicinal	---	N/E	---		D
10	Akit	*Cascabela gaumeri*	Apocynaceae	Ornamental	---	---	N/E	---		D
11	Ix iim che´	*Casearia corymbosa*	Salicaceae	Ornamental			N/ E	---		D
12	Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	Rutaceae	---	---	---	N/E	---		D
13	Fideo	*Cassytha filiformis*	Lauraceae	---	---	---	N/E	---		D
14	Icaco	*Chrysobalanus icaco*	Chrysobalanaceae	Ornamental	---	Melifera	N/E	---		D
15	Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	Sapotaceae	Maderable	Comestible	---	N/E	---		D
16	Cortadera	*Cladium jamaicense*	Cyperaceae	---	Forraje	Artesanal	N/E	---		D
17	Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	Polygonaceae	Construcción		Melifera	N/E	---		D
18	Boob	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae	---	---	---	N/E	---		D
19	Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	Polygonaceae	---	Comestible	Melifera	N/E	---		D
20	Cocotero	*Cocos nucifera*	Arecaceae	Maderable	Comestible	Melifera	Exótica	---		D
21	Botoncillo	*Conocarpus erectus*	Combretaceae	Maderable	Construcción		N/E	---	A	D
22	Perezcut	*Croton arboreus*	Euphorbiaceae	---	---	---	E	---		D
23	Palo de escoba	*Cryosophila stauracantha*	Aracaceae	Ornamental	---	Artesanal	N/E	---		D
24	B12 pasto	*Carex polystachya*	Cyperaceae	---	---	---	N/E	---		D
25	Muuk	*Dalbergia glabra*	Fabaceae	Maderable	---	Melifera	N/E	---		D
26	Sak chaca	*Dendropanax arboreus*	Araliaceae	---	---	---	N/E	---		D
27	Uchulche	*Diospyros salicifolia*	Ebenaceae	---	---	Melifera	N/E	---		D
28	Orquidea6	*Encyclia guatemalensis*	Orchidaceae	Ornamental	---	---	N/E	---		D
29	Saclophe (Hoja pequeña)	*Eugenia foetida*	Myrtaceae	---	---	---	N/E	---		D
30	Box chaca	*Euphorbia schlechtendalii*	Euphorbiaceae	---	---	---	N/E	---		D
31	Amatillo	*Ficus pertusa*	Moraceae	---	---	---	N/E	---		D
32	Tres marias	*Forchhammeria trifoliata*	Resedaceae	---	---	---	N/E	---		D
33	Guazuma	*Guazuma ulmifolia*	Malvaceae	---	Medicinal	Forraje	N/E	---		D
34	Tastab	*Guettarda combsii*	Rubiaceae	---	---	---	N/E	---		D
35	Mahahua	*Hampea trilobata*	Malvaceae	---	---	---	N/E	---		D

No.	N. COMÚN	N. CIENTÍFICO	FAMILIA	USO			DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059	REGISTRO
36	*Carricillo*	*Lasiacis divaricata*	Poaceae	Ornamental	---	Forraje	N/E	---		D
37	Kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	Fabaceae	Maderable y construcción	---	---	N/E	---		D
38	Xuul	*Lonchocarpus xuul*	Fabaceae	Maderable	---	---	N/E	---		D
39	Kaskat	*Luehea speciosa*	Malvaceae	Maderable y construcción	Medicinal	---	N/E	---		D
40	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	Fabaceae	Maderable y construcción	Medicinal	Forraje y melifera	N/E	---		D
41	Sipilche * Sip che	*Malpighia glabra*	Malpighiaceae	---	Medicinal	---	N/E	---		D
42	Tulipancillo	*Malvaviscus arboreus*	Malvaceae	---	---	---	N/E	---		D
43	Zapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae	Maderable	Comestible y medicinal	---	N/E	---		D
44	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae	---	Comestible	---	N/E	---		D
45	Chechem	*Metopium brownei*	Anacardiaceae	Maderable	---	---	N/E	---		D
46	Tatsi	*Neea psychotrioides*	Nyctaginaceae	---	---	---	N/E	---		D
47	Plomolche	*Parathesis cubana*	Primulaceae	---	---	---	N/E	---		D
48	Bejuco guaya	*Paullinia pinnata*	Araceae	---	---	---	N/E	---		D
49	Aguacate	*Persea americana*	Lauraceae	---	Comestible	Melifera	N/E	---		D
50	piper	*Piper neesianum*	Piperaceae	---	---	---	N/E	---		D
51	Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	Maderable	Comestible y medicinal	---	N/E	---		D
52	Granadillo	*Platymiscium yucatanun*	Fabaceae	Construcción	---	----	N/E	---		D
53	Flor de mayo	*Plumeria rubra*	Apocynaceae	Ornamental	---	----	N/E	---		D
54	Kaniste	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae	Construcción	Comestible	---	N/E	---		D
55	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	Sapotaceae	Construcción	Comestible	---	N/E	---		D
56	Mamey	*Pouteria sapota*	Sapotaceae	---	Comestible	---	N/E	---		D
57	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	Myrtaceae	Maderable	Medicinal	---	N/E	---		D
58	Café de monte	*Psychotria nervosa*	Rubiaceae	---	---	---	N/E	---		D
59	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	Rhizophoraceae	---	---	---	N/E	---	A	D
60	Guano	*Sabal yapa*	Arecaceae	Construcción	---	---	N/E	---		D
61	Nich max	*Sapranthus campechianus*	Annonaceae	---	---	---	N/E	---		D
62	Chuntok	*Semialarium mexicanum*	Celastraceae	---	---	---	N/E	---		D
63	Bejuco yax	*Serjania mexicana*	Euphorbiaceae	---	---	Melifera	N/E	---		D
64	Caracolillo (Zapote faisan)	*Sideroxylon foetidissimum*	Sapotaceae	---	---	---	N/ E	---		D
65	Mapche	*Sideroxylon obtusifolium*	Sapotaceae	---	---	---	N/E	---		D
66	Negrito	*Simarouba glauca*	Simaroubaceae	---	---	---	N/E	---		D

No.	N. COMÚN	N. CIENTÍFICO	FAMILIA	USO			DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059	REGISTRO
67	Jobo	*Spondias mombin*	Anacardiaceae	---	Comestible	---	N/E	---		D
68	Katalox	*Swartzia cubensis*	Fabaceae	Combustible	Medicinal	Melifera	N/E	---		D
69	Caoba	*Swietenia macrophylla*	Meliaceae	Maderable	---	---	N/E	---		D
70	Kanchunup	*Thouinia paucidentata*	Sapindaceae	---	---	---	N/E	---		D
71	Chit	*Thrinax radiata*	Areceae	Construcción	---	---	N/E	---	A	D
72	Bromelia	*Tilandsia fasciculata*	Bromeliaceae	---	Medicinal	---	N/E	---		D
73	Yaxnic	*Vitex gaumeri*	Lamiaceae	---	---	---	N/E	---		D
74	Tamay	*Zuelania guidonia*	Salicaceae	Maderable y construcción	---	---	N/E	---		D
75	Cacao che	*Zygia stevensonii*	Fabaceae	---	---	---	N/E	---		D

De igual forma, para demostrar la confiabilidad del muestreo realizado, se hizo un análisis no paramétrico de Chao1 (1984), para indicar que las especies muestreadas fueron representativas.

Fórmula:

$S_{est} = S_{obs} + F^2 / 2G$

S_{obs} = número de especies registradas mediante el muestreo.
Q_1 = Número de especies representadas por un individuo (singletons).
Q_2 = Número de especies representadas por dos individuos (doubletons).

El estadístico de Chao 1 nos indica que solo faltaron por registrar tres especies, lo cual concuerda con la estimación de acumulación de especies (figura anterior).

Para determinar si el muestreo fue optimo, se analizó con el método no paramétrico de Chao1, nos indica que no hicieron falta especies en el muestreo (tabla IV-47 y IV-48), por lo que se fortalece la hipótesis de un muestreo representativo en virtud que se muestreo toda el área con vegetación forestal.

Tabla IV-47. Análisis no paramétrico de CHAO1.

S obs	Singletons	Doubletons	Chao 1	Especies faltantes
75	6	18	75.1	0.1

El muestreo resultó ser representativo.

Tabla IV-48. Matriz de acumulación de especies.

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	S 11	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21	S 22	S 23	S 24	S 25	S 26	S 27	S 28	S 29	S 30	FRECUENCIA	Abundancia absoluta
Sak pich	*Albizia tomentosa*	Fabaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7
Cordoncillo	*Allophylus cominia*	Sapindaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Tabaquillo	*Alseis yucatanensis*	Rubiaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
Bel sinik che	*Alvaradoa amorphoides*	Simaroubaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	2
Bejuco rosa	*Arrabidaea floribunda*	Bignoniaceae	2	2	3	4	2	0	3	0	3	3	0	0	2	3	0	0	4	0	0	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14	37
Pata de vaca	*Bauhinia variegata*	Fabaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
Naranjillo	*Bonellia macrocarpa*	Primulaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5	8
Sinche	*Bunchosia swartziana*	Malpighiaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Chaca	*Bursera simaruba*	Burseraceae	8	3	2	2	0	3	0	2	6	5	8	5	2	11	6	4	3	5	3	0	3	7	7	7	0	0	0	0	0	0	21	102
Akit	*Cascabela gaumeri*	Apocynaceae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10
Ix iim che´	*Casearia corymbosa*	Salicaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2	3
Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	Rutaceae	1	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6
Fideo	*Cassytha filiformis*	Lauraceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	2	8
Icaco	*Chrysobalanus icaco*	Chrysobalanaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	1	7
Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	Sapotaceae	1	2	1	3	1	3	3	3	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	23
Cortadera	*Cladium jamaicense*	Cyperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	34	3	0	0	4	56
Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	Polygonaceae	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
Boob	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae	3	0	2	2	0	1	0	1	2	1	6	2	0	4	4	5	2	2	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	44
Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	Polygonaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
Cocotero	*Cocos nucifera*	Arecaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Botoncillo	*Conocarpus erectus*	Combretaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	1	3	7
Perezcut	*Croton arboreus*	Euphorbiaceae	1	3	1	2	2	0	1	0	0	2	4	2	0	3	1	3	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	32

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	S 11	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21	S 22	S 23	S 24	S 25	S 26	S 27	S 28	S 29	S 30	FRECUENCIA	Abundancia absoluta
Palo de escoba	*Cryosophila stauracantha*	Aracaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
B12 pasto	*Carex polystachya*	Cyperaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	15	12	0	74	79	5	232
Muuk	*Dalbergia glabra*	Fabaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	5
Sak chaca	*Dendropanax arboreus*	Araliaceae	0	14	1	0	1	1	0	1	6	2	0	12	0	0	2	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	44
Uchulche	*Diospyros salicifolia*	Ebenaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7
Orquidea6	*Encyclia guatemalensis*	Orchidaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2
Saclophe (Hoja pequeña)	*Eugenia foetida*	Myrtaceae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Box chaca	*Euphorbia schlechtendalii*	Euphorbiaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	1	9
Amatillo	*Ficus pertusa*	Moraceae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Tres marias	*Forchhammeria trifoliata*	Resedaceae	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
Guazuma	*Guazuma ulmifolia*	Malvaceae	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5
Tastab	*Guettarda combsii*	Rubiaceae	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5
Mahahua	*Hampea trilobata*	Malvaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Zacate (sit)	*Lasiacis divaricata*	Poaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	Fabaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	11
Xuul	*Lonchocarpus xuul*	Fabaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
Kaskat	*Luehea speciosa*	Malvaceae	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7
Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	Fabaceae	6	8	14	11	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	43
*Sipilche * Sip che*	*Malpighia glabra*	Malpighiaceae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Tulipancillo	*Malvaviscus arboreus*	Malvaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Zapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	2	4
Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	5	0	0	0	0	0	0	3	8
Chechem	*Metopium brownei*	Boraginaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	0	0	4	0	0	7	11

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	S 7	S 8	S 9	S 10	S 11	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20	S 21	S 22	S 23	S 24	S 25	S 26	S 27	S 28	S 29	S 30	FRECUENCIA	Abundancia absoluta
Tatsi	*Neea psychotrioides*	Nyctaginaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
Plomolche	*Parathesis cubana*	Primulaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Bejuco guaya	*Paullinia pinnata*	Araceae	0	0	2	3	3	0	0	2	0	2	0	0	0	2	4	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	22
Aguacate	*Persea americana*	Lauraceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2	3
piper	*Piper sempervirens*	Piperaceae	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	2	6	0	0	0	0	0	0	6	21
Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	17	12	2	2	17	9	0	0	16	3	14	13	18	21	22	8	12	13	9	17	13	3	2	1	0	0	0	0	0	0	22	244
Granadillo	*Platymiscium yucatanun*	Fabaceae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5
Flor de mayo	*Plumeria rubra*	Apocynaceae	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	2	9
Kaniste	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae	6	8	1	3	2	2	3	4	3	2	0	1	2	1	3	3	2	1	7	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	20	57
Zapotillo	*Pouteria reticulata*	Sapotaceae	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	1	3	1	0	1	2	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	11	17
Mamey	*Pouteria sapota*	Sapotaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Guayabillo	*Psidium sartorianum*	Myrtaceae	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	8
Café de monte	*Psychotria nervosa*	Rubiaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	Rhizophoraceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	3
Guano	*Sabal yapa*	Arecaceae	4	1	1	2	0	3	0	2	0	0	1	0	0	3	1	2	1	2	0	1	2	2	12	11	0	0	0	0	0	0	17	51
Nich max	*Sapranthus campechianus*	Annonaceae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Chuntok	*Semialarium mexicanum*	Celastraceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	6
Bejuco yax	*Serjania mexicana*	Euphorbiaceae	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	3	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	18
Caracolillo (Zapote faisan)	*Sideroxylon foetidissimum*	Sapotaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3
Mapche	*Sideroxylon obtusifolium*	Sapotaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Negrito	*Simarouba glauca*	Simaroubaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	6
Jobo	*Spondias mombin*	Anacardiaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Katalox	*Swartzia cubensis*	Fabaceae	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	4	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	15

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	FRECUENCIA	Abundancia absoluta
Caoba	*Swietenia macrophylla*	Meliaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Kanchunup	*Thouinia paucidentata*	Sapindaceae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
Chit	*Thrinax radiata*	Areceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	4
Bromelia	*Tilandsia fasciculata*	Bromeliaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2
Yaxnic	*Vitex gaumeri*	Lamiaceae	1	0	6	7	9	6	1	3	0	1	0	3	1	10	2	1	9	6	3	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	18	75
Tamay	*Zuelania guidonia*	Salicaceae	0	2	0	0	1	0	2	2	2	0	0	1	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	14
Cacao che	*Zygia stevensonii*	Fabaceae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	4
			12	16	15	14	10	13	13	13	11	19	11	17	14	15	21	20	15	14	11	11	13	17	19	11	5	5	3	8	1	3	75	1395
			52	63	42	45	39	38	30	26	45	33	41	56	41	71	63	48	44	47	32	40	38	38	49	38	61	41	55	24	74	81	1395	

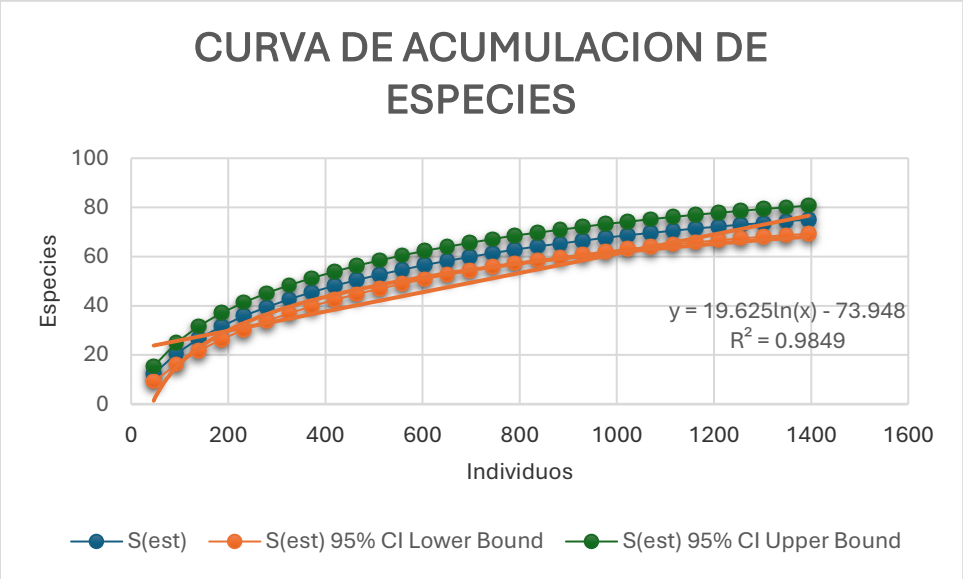


Figura IV-59 Curva de acumulación de especies.

La curva de acumulación de especies expresa un valor R superior a la media esperada. Se utilizó el programa EstimateSWin9.10

IV.2.1.3.2. Análisis estratificado por Individuos por hectárea por cada estrato

El primer análisis corresponde al tipo de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA_SMQ) (figura IV-60), con una superficie de 213,360.80 m^2 (21.34 has) y representa el 63.97% de la porción Oeste del predio, partiendo de la carretera federal hacia la laguna de Bacalar. En este tipo de vegetación se registraron 55 especies pertenecientes a 30 Familias. En el estrato arbóreo el inventario forestal arrojó la presencia de 32 especies con una densidad total de 621 individuos por hectárea. En el estrato arbustivo se registraron 20 especies con una densidad toral de 1163 individuos por hectárea y en el estrato herbáceo se registraron 34 especies con una densidad total de 35,000 individuos por hectárea. (ver siguiente tabla IV-49, 50 y 51).



figura IV-60. Estado de la vegetación

Tabla IV-49. Individuos por hectárea en el estrato arbóreo.

No.	NOMBRE COMUN	ESPECIE	Ind/ha	%
1	Sak pich	*Albizia tomentosa*	6	1.0
2	Tabaquillo	*Alseis yucatanensis*	1	0.2
3	Sinche	*Bunchosia swartziana*	1	0.2
4	Chaca	*Bursera simaruba*	76	12.2
5	Akit	*Cascabela gaumeri*	2	0.3
6	Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	5	0.8
7	Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	3	0.5
8	Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	1	0.2
9	Boob	*Coccoloba spicata*	27	4.3
10	Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	1	0.2
11	Perezcut	*Croton arboreus*	6	1.0
12	Sak chaca	*Dendropanax arboreus*	41	6.6
13	Uchulche	*Diospyros salicifolia*	6	1.0
14	Tastab	*Guettarda combsii*	4	0.6
15	Mahahua	*Hampea trilobata*	1	0.2
16	Kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	9	1.4
17	Kaskat	*Luehea speciosa*	6	1.0
18	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	43	6.9
19	Chechem	*Metopium brownei*	1	0.2
20	Tatsi	*Neea psychotrioides*	4	0.6
21	Jabin	*Piscidia piscipula*	213	34.3
22	Granadillo	*Platymiscium yucatanun*	5	0.8
23	Kaniste	*Pouteria campechiana*	37	6.0
24	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	14	2.3
25	Guano	*Sabal yapa*	5	0.8
26	Caracolillo (Zapote faisan)	*Sideroxylon foetidissimum*	1	0.2
27	Negrito	*Simarouba glauca*	1	0.2
28	Jobo	*Spondias mombin*	3	0.5
29	Katalox	*Swartzia cubensis*	10	1.6
30	Kanchunup	*Thouinia paucidentata*	4	0.6
31	Yaxnic	*Vitex gaumeri*	73	11.8
32	Tamay	*Zuelania guidonia*	11	1.8
		TOTAL	621	100

Los resultados de este inventario forestal demuestran en el estrato arbóreo se encuentra dominado por dos especies, *Piscidia piscipula* y Bursera simaruba que representan el 34.3 % y el 12.2% respectivamente de la población total por hectárea. Aquí no se registró ninguna especie enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Estrato arbustivo

En el estrato arbustivo se observaron 20 especies, de las cuales las más representativas son *Croton arboreus* y *Piscidia piscipula* con un 24.6% y 16.9% respectivamente. No se registraron especies con algún estatus de protección dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, (tabla IV-50).

Tabla IV-50. Individuos por hectarea en el estrato arbustivo.

No.	NOMBRE COMUN	ESPECIE	Ind/ha	%
1	Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	36	3.1
2	Chaca	*Bursera simaruba*	36	3.1
3	Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	18	1.5
4	Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	107	9.2
5	Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	18	1.5
6	Boob	*Coccoloba spicata*	125	10.7
7	Perezcut	*Croton arboreus*	286	24.6
8	Muuk	*Dalbergia glabra*	18	1.5
9	Amatillo	*Ficus pertusa*	18	1.5
10	Tastab	*Guettarda combsii*	18	1.5
11	Mahahua	*Hampea trilobata*	18	1.5
12	Kaskat	*Luehea speciosa*	18	1.5
13	Sipilche * Sip che	*Malpighia glabra*	18	1.5
14	Jabin	*Piscidia piscipula*	196	16.9
15	Kaniste	*Pouteria campechiana*	36	3.1
16	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	36	3.1
17	Nich max	*Sapranthus campechianus*	18	1.5
18	Mapche	*Sideroxylon obtusifolium*	18	1.5
19	Katalox	*Swartzia cubensis*	71	6.1
20	Tamay	*Zuelania guidonia*	54	4.6
		TOTAL	1163	100

Estrato herbáceo

En el estrato herbáceo se registraron 34 especies (tabla 10), de las cuales *Arrabidaea floribunda* y *Paullinia pinnata* son las más representativas con un 16.2% y 10.5%. ninguna especie registrada se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, (tabla IV-51).

Tabla IV-51. Individuos por hectárea en el estrato herbáceo.

No.	NOMBRE COMUN	ESPECIE	Ind/ha	%
1	Sak pich	*Albizia tomentosa*	167	0.5
2	Tabaquillo	*Alseis yucatanensis*	333	1.0
3	Bejuco rosa	*Arrabidaea floribunda*	5667	16.2
4	Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	167	0.5
5	Naranjillo	*Bonellia macrocarpa*	1000	2.9
6	Akit	*Cascabela gaumeri*	333	1.0
7	Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	2333	6.7

No.	NOMBRE COMUN	ESPECIE	Ind/ha	%
8	Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	333	1.0
9	Boob	*Coccoloba spicata*	1667	4.8
10	Perezcut	*Croton arboreus*	1667	4.8
11	Palo de escoba	*Cryosophila stauracantha*	333	1.0
12	Muuk	*Dalbergia glabra*	500	1.4
13	Saclophe (Hoja pequeña)	*Eugenia foetida*	167	0.5
14	Tres marias	*Forchhammeria trifoliata*	667	1.9
15	Guazuma	*Guazuma ulmifolia*	833	2.4
16	Kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	333	1.0
17	Xuul	*Lonchocarpus xuul*	833	2.4
18	Sipilche * Sip che	*Malpighia glabra*	167	0.5
19	Plomolche	*Parathesis cubana*	500	1.4
20	Bejuco guaya	*Paullinia pinnata*	3667	10.5
21	piper	*Piper sempervirens*	833	2.4
22	Jabin	*Piscidia piscipula*	167	0.5
23	Flor de mayo	*Plumeria rubra*	333	1.0
24	Kaniste	*Pouteria campechiana*	2833	8.1
25	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	667	1.9
26	Café de monte	*Psychotria nervosa*	333	1.0
27	Guano	*Sabal yapa*	3167	9.0
28	Chuntok	*Semialarium mexicanum*	667	1.9
29	Bejuco yax	*Serjania mexicana*	3000	8.6
30	Mapche	*Sideroxylon obtusifolium*	167	0.5
31	Negrito	*Simarouba glauca*	333	1.0
32	Katalox	*Swartzia cubensis*	167	0.5
33	Caoba	*Swietenia macrophylla*	333	1.0
34	Cacao che	*Zygia stevensonii*	333	1.0
		TOTAL	35000	100

IV.2.1.3.3 Diversidad de Shannon-Wiener por estratos

Estrato arbóreo

El índice de diversidad para el estrato arbóreo (tabla IV-52) de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue calculado medio con un valor de 2.41mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 3.47, lo cual nos da un índice de equidad de 0.67, esto indica que las 32 especies de flora arbórea reportadas, presenta cada una el 67 % de probabilidad de ser encontradas en el sitio.

Tabla IV-52. Diversidad de especies en el estrato arbóreo.

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
1	Sak pich	*Albizia tomentosa*	6	0.01	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
2	Tabaquillo	*Alseis yucatanensis*	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	**0.00**
3	Sinche	*Bunchosia swartziana*	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	**0.00**
4	Chaca	*Bursera simaruba*	76	0.122	-2.10	-0.26	0.26	**0.08**
5	Akit	*Cascabela gaumeri*	2	0.003	-5.81	-0.02	0.02	**0.01**
6	Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	5	0.008	-4.83	-0.04	0.04	**0.01**
7	Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	3	0.005	-5.30	-0.03	0.03	**0.01**
8	Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	**0.00**
9	Boob	*Coccoloba spicata*	27	0.043	-3.15	-0.14	0.14	**0.04**
10	Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	**0.00**
11	Perezcut	*Croton arboreus*	6	0.010	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
12	Sak chaca	*Dendropanax arboreus*	41	0.066	-2.72	-0.18	0.18	**0.05**
13	Uchulche	*Diospyros salicifolia*	6	0.010	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
14	Tastab	*Guettarda combsii*	4	0.006	-5.12	-0.03	0.03	**0.01**
15	Mahahua	*Hampea trilobata*	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	**0.00**
16	Kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	9	0.014	-4.27	-0.06	0.06	**0.02**
17	Kaskat	*Luehea speciosa*	6	0.010	-4.61	-0.05	0.05	**0.01**
18	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	43	0.069	-2.67	-0.18	0.18	**0.05**
19	Chechem	*Metopium brownei*	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	**0.00**
20	Tatsi	*Neea psychotrioides*	4	0.006	-5.12	-0.03	0.03	**0.01**
21	Jabin	*Piscidia piscipula*	213	0.343	-1.07	-0.37	0.37	**0.11**
22	Granadillo	*Platymiscium yucatanun*	5	0.008	-4.83	-0.04	0.04	**0.01**
23	Kaniste	*Pouteria campechiana*	37	0.060	-2.81	-0.17	0.17	**0.05**
24	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	14	0.023	-3.77	-0.09	0.09	**0.03**
25	Guano	*Sabal yapa*	5	0.008	-4.83	-0.04	0.04	**0.01**
26	Caracolillo (Zapote faisan)	*Sideroxylon foetidissimum*	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	**0.00**
27	Negrito	*Simarouba glauca*	1	0.002	-6.21	-0.01	0.01	**0.00**
28	Jobo	*Spondias mombin*	3	0.005	-5.30	-0.03	0.03	**0.01**
29	Katalox	*Swartzia cubensis*	10	0.016	-4.14	-0.07	0.07	**0.02**
30	Kanchunup	*Thouinia paucidentata*	4	0.006	-5.12	-0.03	0.03	**0.01**
31	Yaxnic	*Vitex gaumeri*	73	0.118	-2.14	-0.25	0.25	**0.07**
32	Tamay	*Zuelania guidonia*	11	0.018	-4.02	-0.07	0.07	**0.02**
		32	**621**	**1.00**	**-147.24**	**-2.41**	**2.41**	**0.67**

Resumen de diversidad para estrato arbóreo.

Riqueza (S) =	32
H´ Calculada =	2.41
H max =	3.47
Equidad (J) =	0.67
H max - H´ =	1.06

Estrato arbustivo

El índice de diversidad para el estrato arbustivo (tabla IV-53) de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue normal calculado en 2.62, mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 3.00, lo cual nos da un índice de equidad de 0.92 esto indica que las 20 especies de flora arbustiva presentan cada una el 92 % de probabilidad de ser encontradas en el sitio.

Tabla IV-53. Diversidad de especies en el estrato arbustivo.

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
1	Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	Fabaceae	2	0.031	-3.47	-0.11	0.11	**0.04**
2	Chaca	*Bursera simaruba*	Burseraceae	2	0.03	-3.51	-0.11	0.11	**0.04**
3	Yuuy	*Casimiroa tetrameria*	Rutaceae	1	0.015	-4.20	-0.06	0.06	**0.02**
4	Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	Sapotaceae	6	0.09	-2.41	-0.22	0.22	**0.07**
5	Tohyub	*Coccoloba acapulcensis*	Polygonaceae	1	0.02	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
6	Boob	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae	7	0.11	-2.21	-0.24	0.24	**0.08**
7	Perezcut	*Croton arboreus*	Euphorbiaceae	16	0.25	-1.39	-0.35	0.35	**0.12**
8	Muuk	*Dalbergia glabra*	Fabaceae	1	0.02	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
9	Amatillo	*Ficus pertusa*	Moraceae	1	0.02	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
10	Tastab	*Guettarda combsii*	Rubiaceae	1	0.02	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
11	Mahahua	*Hampea trilobata*	Malvaceae	1	0.02	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
12	Kaskat	*Luehea speciosa*	Malvaceae	1	0.02	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
13	Sipilche * Sip che	*Malpighia glabra*	Malpighiaceae	1	0.02	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
14	Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	11	0.17	-1.77	-0.30	0.30	**0.10**
15	Kaniste	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae	2	0.03	-3.51	-0.11	0.11	**0.04**
16	Guayabillo	*Psidium sartorianum*	Myrtaceae	2	0.03	-3.51	-0.11	0.11	**0.04**
17	Nich max	*Sapranthus campechianus*	Annonaceae	1	0.015	-4.20	-0.06	0.06	**0.02**
18	Mapche	*Sideroxylon obtusifolium*	Sapotaceae	1	0.02	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
19	Katalox	*Swartzia cubensis*	Fabaceae	4	0.06	-2.81	-0.17	0.17	**0.06**
20	Tamay	*Zuelania guidonia*	Salicaceae	3	0.046	-3.08	-0.14	0.14	**0.05**
		20		**65**	**1.04**	**-67.35**	**-2.62**	**2.62**	**0.92**

Resumen de diversidad para estrato arbustivo.

Riqueza (S) =	20
H´ Calculada =	2.62
H max =	3.00
Equidad (J) =	0.92
H max - H´ =	0.38

Estrato herbáceo

El índice de diversidad para el estrato herbáceo (tabla IV-54) fue ligeramente alto, con un valor de 2.96 mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 3.53, lo cual nos da un índice de equidad de 0.85, esto indica que las 9 especies de flora herbáceas reportadas, presentan cada una el 85 % de probabilidad de ser encontradas en el sitio.

Tabla IV-54. Diversidad de especies en el estrato herbáceo.

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
1	Sak pich	Albizia tomentosa	Fabaceae	1	0.0048	-5.34	-0.03	0.03	0.01
2	Tabaquillo	Alseis yucatanensis	Rubiaceae	2	0.0095	-4.66	-0.04	0.04	0.01
3	Bejuco rosa	Arrabidaea floribunda	Bignoniaceae	34	0.1619	-1.82	-0.29	0.29	0.08
4	Pata de vaca	Bauhinia erythrocalyx	Fabaceae	1	0.0048	-5.34	-0.03	0.03	0.01
5	Naranjillo	Bonellia macrocarpa	Primulaceae	6	0.0286	-3.55	-0.10	0.10	0.03
6	Akit	Cascabela gaumeri	Apocynaceae	2	0.0095	-4.66	-0.04	0.04	0.01
7	Caimito	Chrysophyllum mexicanum	Sapotaceae	14	0.0667	-2.71	-0.18	0.18	0.05
8	Tohyub	Coccoloba acapulcensis	Polygonaceae	2	0.0095	-4.66	-0.04	0.04	0.01
9	Boob	Coccoloba spicata	Polygonaceae	10	0.0476	-3.04	-0.14	0.14	0.04
10	Perezcut	Croton arboreus	Euphorbiaceae	10	0.0476	-3.04	-0.14	0.14	0.04
11	Palo de escoba	Cryosophila stauracantha	Aracaceae	2	0.0095	-4.66	-0.04	0.04	0.01
12	Muuk	Dalbergia glabra	Fabaceae	3	0.0143	-4.25	-0.06	0.06	0.02
13	Saclophe (Hoja pequeña)	Eugenia foetida	Myrtaceae	1	0.0048	-5.34	-0.03	0.03	0.01
14	Tres marias	Forchhammeria trifoliata	Resedaceae	4	0.0190	-3.96	-0.08	0.08	0.02
15	Guazuma	Guazuma ulmifolia	Malvaceae	5	0.0238	-3.74	-0.09	0.09	0.03
16	Kanasin	Lonchocarpus rugosus	Fabaceae	2	0.0095	-4.66	-0.04	0.04	0.01
17	Xuul	Lonchocarpus xuul	Fabaceae	5	0.0238	-3.74	-0.09	0.09	0.03
18	Sipilche * Sip che	Malpighia glabra	Malpighiaceae	1	0.0048	-5.34	-0.03	0.03	0.01
19	Plomolche	Parathesis cubana	Primulaceae	3	0.0143	-4.25	-0.06	0.06	0.02
20	Bejuco guaya	Paullinia pinnata	Araceae	22	0.1048	-2.26	-0.24	0.24	0.07
21	piper	Piper sempervirens	Piperaceae	5	0.0238	-3.74	-0.09	0.09	0.03
22	Jabin	Piscidia piscipula	Fabaceae	1	0.0048	-5.34	-0.03	0.03	0.01
23	Flor de mayo	Plumeria rubra	Apocynaceae	2	0.0095	-4.66	-0.04	0.04	0.01
24	Kaniste	Pouteria campechiana	Sapotaceae	17	0.0810	-2.51	-0.20	0.20	0.06
25	Guayabillo	Psidium sartorianum	Myrtaceae	4	0.0190	-3.96	-0.08	0.08	0.02
26	Café de monte	Psychotria nervosa	Rubiaceae	2	0.0095	-4.66	-0.04	0.04	0.01
27	Guano	Sabal yapa	Arecaceae	19	0.0905	-2.40	-0.22	0.22	0.06
28	Chuntok	Semialarium mexicanum	Celastraceae	4	0.0190	-3.96	-0.08	0.08	0.02
29	Bejuco yax	Serjania mexicana	Euphorbiaceae	18	0.0857	-2.46	-0.21	0.21	0.06
30	Mapche	Sideroxylon obtusifolium	Sapotaceae	1	0.0048	-5.34	-0.03	0.03	0.01
31	Negrito	Simarouba glauca	Simaroubaceae	2	0.0095	-4.66	-0.04	0.04	0.01
32	Katalox	Swartzia cubensis	Fabaceae	1	0.0048	-5.34	-0.03	0.03	0.01
33	Caoba	Swietenia macrophylla	Meliaceae	2	0.0095	-4.66	-0.04	0.04	0.01
34	Cacao che	Zygia stevensonii	Fabaceae	2	0.0095	-4.66	-0.04	0.04	0.01
		34		210	1	-139.37	-2.96	2.96	0.85

Resumen de Diversidad en el estrato herbáceo.

Riqueza (S) =	34
H´ Calculada =	2.96
H max =	3.53
Equidad (J) =	0.85
H max - H´ =	0.57

El segundo análisis corresponde al tipo de vegetación de selva baja subperennifolia (VSBQ) con una superficie de 33,688.04 m^2 (3.36 has) y representa el 10.10% de la porción central del predio. En este tipo de vegetación se registraron 32 especies pertenecientes a 20 Familias. En el estrato arbóreo el inventario forestal arrojó la presencia de 18 especies con una densidad total de 425 individuos por hectárea. En el estrato arbustivo se registraron 8 especies con una densidad toral de 1001 individuos por hectárea y en el estrato herbáceo se registraron 13 especies con una densidad total de 44,167 individuos por hectárea. (ver tablas IV 55, 56 y 57).

Cabe mencionar que existe evidencia de que se desarrollaron actividades agrícolas en esta porción del predio, ya que se registraron especies frutales como el cocotero, aguacate y mamey entre otros (figura IV-61). Esto obedece a los usos y costumbres de los pobladores locales que mantenían ranchitos colindantes a la laguna de Bacalar, como un sitio de esparcimiento de fin de semana.



Figura IV-61. Individuo de palmera de coco.

Tabla IV-55. Individuos por hectárea en el estrato arbóreo.

No.	NOMBRE COMUN	ESPECIE	Ind/ha	%
1	Bel sinik che	*Alvaradoa amorphoides*	10	2.0
2	Chaca	*Bursera simaruba*	120	24.2
3	Akit	*Cascabela gaumeri*	25	5.1
4	Anona	*Casearia corymbosa*	10	2.0
5	Cocotero	*Cocos nucifera*	10	2.0
6	Sak chaca	*Dendropanax arboreus*	15	3.0
7	Uchulche	*Diospyros salicifolia*	5	1.0
8	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	35	7.1
9	Chechem	*Metopium brownei*	25	5.1
10	Aguacate	*Persea americana*	15	3.0
11	Jabin	*Piscidia piscipula*	80	16.2

No.	NOMBRE COMUN	ESPECIE	Ind/ha	%
12	Kaniste	*Pouteria campechiana*	5	1.0
13	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	15	3.0
14	Mamey	*Pouteria sapota*	5	1.0
15	Guano	*Sabal yapa*	95	19.2
16	Chuntok	*Semialarium mexicanum*	5	1.0
17	Caracolillo (Zapote faisan)	*Sideroxylon foetidissimum*	10	2.0
18	Yaxnic	*Vitex gaumeri*	10	2.0
		TOTAL	495	100

Los resultados de este inventario forestal demuestran en el estrato arbóreo se encuentra dominado por dos especies, Bursera *simaruba y Sabal yapa* que representan el 24.2 % y el 19.2% respectivamente de la población total por hectárea. Aquí no se registró ninguna especie enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Estrato arbustivo

En el estrato arbustivo se observaron 8 especies, de las cuales las más representativas son *Piscidia piscipula* y *Allophylus cominia* con un 24.6% y 16.9% respectivamente. No se registraron especies con algún estatus de protección dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, (tabla IV-56).

Tabla IV-56. Individuos por hectárea en el estrato arbustivo.

No.	NOMBRE COMUN	ESPECIE	Ind/ha	%
1	Cordoncillo	*Allophylus cominia*	182	18.2
2	Akit	*Cascabela gaumeri*	91	9.1
3	Anona	*Casearia corymbosa*	91	9.1
4	Muuk	*Dalbergia glabra*	91	9.1
5	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	91	9.1
6	Jabin	*Piscidia piscipula*	273	27.3
7	Chuntok	*Semialarium mexicanum*	91	9.1
8	Negrito	*Simarouba glauca*	91	9.1
		TOTAL	1001	100

Estrato herbáceo

En el estrato herbáceo se registraron 13 especies (tabla IV-59), de las cuales *Piper sempervirens* y *Sabal yapa* son las más representativas con un 30.2% y 15.1%. únicamente la especie registrada se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 es *Thrinax radiata* con un estatus de amenazada (A), (tabla IV-55).

Tabla IV-57. Individuos por hectárea en el estrato herbáceo.

No.	NOMBRE COMUN	ESPECIE	Ind/ha	%
1	Bejuco rosa	Arrabidaea floribunda	2500	5.7
2	Sak boob	Coccoloba reflexiflora	1667	3.8

No.	NOMBRE COMUN	ESPECIE	Ind/ha	%
3	Palo de escoba	Cryosophila stauracantha	2500	5.7
4	Zacate (sit)	Lasiacis divaricata	833	1.9
5	Tulipancillo	Malvaviscus arboreus	1667	3.8
6	Zapote	Manilkara zapota	833	1.9
7	piper	Piper sempervirens	13333	30.2
8	Flor de mayo	Plumeria rubra	5833	13.2
9	Guayabillo	Psidium sartorianum	1667	3.8
10	Guano	Sabal yapa	6667	15.1
11	Negrito	Simarouba glauca	1667	3.8
12	Chit	Thrinax radiata	3333	7.5
13	Cacao che	Zygia stevensonii	1667	3.8
		TOTAL	44167	100

IV.2.1.3.4 Diversidad de Shannon-Wiener por estratos

Estrato arbóreo

El índice de diversidad para el estrato arbóreo (tabla IV-58) de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue calculado normal con un valor de 2.37, mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 2.89, lo cual nos da un índice de equidad de 0.85, esto indica que las 18 especies de flora arbórea reportadas, presenta cada una el 85 % de probabilidad de ser encontradas en el sitio.

Tabla IV-58 Diversidad de especies en el estrato arbóreo.

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
1	Bel sinik che	*Alvaradoa amorphoides*	2	0.02	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
2	Chaca	*Bursera simaruba*	24	0.242	-1.42	-0.34	0.34	**0.12**
3	Akit	*Cascabela gaumeri*	5	0.051	-2.98	-0.15	0.15	**0.05**
4	Ix iim che´	*Casearia corymbosa*	2	0.020	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
5	Cocotero	*Cocos nucifera*	2	0.020	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
6	Sak chaca	*Dendropanax arboreus*	3	0.030	-3.51	-0.11	0.11	**0.04**
7	Uchulche	*Diospyros salicifolia*	1	0.010	-4.61	-0.05	0.05	**0.02**
8	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	7	0.071	-2.65	-0.19	0.19	**0.07**
9	Chechem	*Metopium brownei*	5	0.051	-2.98	-0.15	0.15	**0.05**
10	Aguacate	*Persea americana*	3	0.030	-3.51	-0.11	0.11	**0.04**
11	Jabin	*Piscidia piscipula*	16	0.162	-1.82	-0.29	0.29	**0.10**
12	Kaniste	*Pouteria campechiana*	1	0.010	-4.61	-0.05	0.05	**0.02**
13	Zapotillo	*Pouteria reticulata*	3	0.030	-3.51	-0.11	0.11	**0.04**
14	Mamey	*Pouteria sapota*	1	0.010	-4.61	-0.05	0.05	**0.02**
15	Guano	*Sabal yapa*	19	0.192	-1.65	-0.32	0.32	**0.11**
16	Chuntok	*Semialarium mexicanum*	1	0.010	-4.61	-0.05	0.05	**0.02**
17	Caracolillo (Zapote faisan)	*Sideroxylon foetidissimum*	2	0.020	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
18	Yaxnic	*Vitex gaumeri*	2	0.020	-3.91	-0.08	0.08	**0.03**
		18	**99**	**1.00**	**-62.02**	**-2.37**	**2.37**	**0.85**

Resumen de diversidad para estrato arbóreo.

Riqueza (S) =	18
H´ Calculada =	2.37
H max =	2.89
Equidad (J) =	0.85
H max - H´ =	0.52

Estrato arbustivo

El índice de diversidad para el estrato arbustivo (tabla IV-59) de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue ligeramente normal calculado en 1.98, mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 2.08, lo cual nos da un índice de equidad de 0.98 esto indica que las 8 especies de flora arbustiva presentan cada una el 98 % de probabilidad de ser encontradas en el sitio y mejor distribuidas.

Tabla IV-59. Diversidad de especies en el estrato arbustivo.

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
1	Cordoncillo	*Allophylus cominia*	Sapindaceae	2	0.182	-1.70	-0.31	0.31	**0.15**
2	Akit	*Cascabela gaumeri*	Apocynaceae	1	0.09	-2.41	-0.22	0.22	**0.11**
3	Ix iim che´	*Casearia corymbosa*	Salicaceae	1	0.091	-2.40	-0.22	0.22	**0.11**
4	Muuk	*Dalbergia glabra*	Fabaceae	1	0.09	-2.41	-0.22	0.22	**0.11**
5	Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae	1	0.09	-2.41	-0.22	0.22	**0.11**
6	Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	3	0.27	-1.31	-0.35	0.35	**0.17**
7	Chuntok	*Semialarium mexicanum*	Celastraceae	1	0.09	-2.41	-0.22	0.22	**0.11**
8	Negrito	*Simarouba glauca*	Simaroubaceae	1	0.09	-2.41	-0.22	0.22	**0.11**
		8		**11**	**0.99**	**-17.46**	**-1.98**	**1.98**	**0.98**

Resumen de diversidad para estrato arbustivo.

Riqueza (S) =	8
H´ Calculada =	1.98
H max =	2.08
Equidad (J) =	0.98
H max - H´ =	0.10

Estrato herbáceo

El índice de diversidad para el estrato herbáceo (tabla IV- 60) fue normal, con un valor de 2.19 mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 2.56, lo cual nos da un índice de equidad de 0.86, esto indica que las 13 especies de flora herbáceas reportadas, presentan cada una el 86 % de probabilidad de ser encontradas en el sitio y mejor distribuidas.

Tabla IV-60. Diversidad de especies en el estrato herbáceo.

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
1	Bejuco rosa	Arrabidaea floribunda	Bignoniaceae	3	0.0566	-2.87	-0.16	0.16	**0.06**
2	Sak boob	Coccoloba reflexiflora	Polygonaceae	2	0.0377	-3.28	-0.12	0.12	**0.05**
3	Palo de escoba	Cryosophila stauracantha	Aracaceae	3	0.0566	-2.87	-0.16	0.16	**0.06**
4	Zacate (sit)	Lasiacis divaricata	Poaceae	1	0.0189	-3.97	-0.08	0.08	**0.03**
5	Tulipancillo	Malvaviscus arboreus	Malvaceae	2	0.0377	-3.28	-0.12	0.12	**0.05**
6	Zapote	Manilkara zapota	Sapotaceae	1	0.0189	-3.97	-0.08	0.08	**0.03**
7	piper	Piper sempervirens	Piperaceae	16	0.3019	-1.20	-0.36	0.36	**0.14**
8	Flor de mayo	Plumeria rubra	Apocynaceae	7	0.1321	-2.02	-0.27	0.27	**0.11**
9	Guayabillo	Psidium sartorianum	Myrtaceae	2	0.0377	-3.28	-0.12	0.12	**0.05**
10	Guano	Sabal yapa	Arecaceae	8	0.1509	-1.89	-0.29	0.29	**0.11**
11	Negrito	Simarouba glauca	Simaroubaceae	2	0.0377	-3.28	-0.12	0.12	**0.05**
12	Chit	Thrinax radiata	Areceae	4	0.0755	-2.58	-0.19	0.19	**0.07**
13	Cacao che	Zygia stevensonii	Fabaceae	2	0.0377	-3.28	-0.12	0.12	**0.05**
		13		**53**	**0.9999**	**-37.77**	**-2.19**	**2.19**	**0.86**

Resumen de Diversidad en el estrato herbáceo.

Riqueza (S) =	13
H´ Calculada =	2.19
H max =	2.56
Equidad (J) =	0.86
H max - H´ =	0.37

El tercer análisis corresponde al tipo de vegetación hidrófila (VH) con una superficie de 39,892.65 m^2 (3.98 has) y representa el 11.96% de la porción más al Este del predio. En este tipo de vegetación se registraron 12 especies pertenecientes a 11 Familias. El estrato arbóreo está ausente; en el estrato arbustivo se registraron 4 especies con una densidad total de 572 individuos por hectárea y en el estrato herbáceo se registraron 11 especies con una densidad total de 215,999 individuos por hectárea. (tablas IV-61, 62).
Conforme a la definición de vegetación hidrófila, son las comunidades arbóreas, arbustivas o herbáceas que habitan en terrenos pantanosos o inundables de aguas salobres o dulces poco profundas, estas comunidades son parte de los humedales (INEGI, 2017)[27] . cabe resaltar que está dominado por especies de la Familia Cyperacea que ocupan más de 80% de esta superficie, con presencia de otras especies de forma dispersa (figura IV-62).

[27] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación. Aguascalientes, México.



Figura IV-62. Vegetación hidrófila.

Estrato arbustivo

Tabla IV-61. Individuos por hectárea en el estrato arbustivo.

No.	NOMBRE COMUN	ESPECIE	Ind/ha	%
1	Icaco	*Chrysobalanus icaco*	143	25.0
2	Zapote	*Manilkara zapota*	143	25.0
3	Chechem	*Metopium brownei*	143	25.0
4	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	143	25.0
		TOTAL	572	100

Los resultados de este inventario forestal demuestran en el estrato arbustivo es pobre en especies, ya que la consicion de humedad del suelo, no favorece el desarrollo de más especies, sin embargo, es el estrato herbáceo el dominante sobre todo por la presencia de especies de la Familia Cyperaceae, la especie de *Rhizophora mangle* se encuentra presente, pero de manera esparcida. Solamente *Rhizophora mangle* es la especie enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en categoría de amenazada (A).

Estrato herbáceo

En el estrato herbáceo se registraron 11 especies (tabla IV-60), de las cuales *Carex polystachya* y *Cladium jamaicense* son las más representativas, ocupando la mayor superficie del suelo con un 71.6% y 17.3%. únicamente la especie registrada se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 es *Conocarpus erectus y Rhizophora mangle con* un estatus de amenazada (A).

Tabla IV-62. Individuos por hectárea en el estrato herbáceo.

No.	NOMBRE COMUN	ESPECIE	Ind/ha	%
1	Naranjillo	Bonellia macrocarpa	1333	0.6
2	Fideo	Cassytha filiformis	5333	2.5
3	Icaco	Chrysobalanus icaco	2667	1.2

No.	NOMBRE COMUN	ESPECIE	Ind/ha	%
4	Cortadera	Cladium jamaicense	37333	17.3
5	Botoncillo	Conocarpus erectus	4000	1.9
6	B12 pasto	Carex polystachya	154667	71.6
7	Orquidea6	Encyclia guatemalensis	1333	0.6
8	Box chaca	Euphorbia schlechtendalii	6000	2.8
9	Chechem	Metopium brownei	1333	0.6
10	Mangle rojo	Rhizophora mangle	667	0.3
11	Bromelia	Tilandsia fasciculata	1333	0.6
		TOTAL	215999	100

IV.2. 1.3.3 Diversidad de Shannon-Wiener por estratos

Estrato arbóreo

Este se encuentra ausente en el área de muestreo, no se registraron individuos con DAP igual o mayor a 10 cm.

Estrato arbustivo

El índice de diversidad para el estrato arbustivo (tabla IV-63) de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue bajo calculado en 1.40, mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 1.39, lo cual nos da un índice de equidad de 1.00 esto indica que las 4 especies se encuentran mejor distribuidas.

Tabla IV-63. Diversidad de especies en el estrato arbustivo.

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
1	Icaco	*Chrysobalanus icaco*	Chrysobalanaceae	2	0.250	-1.39	-0.35	0.35	**0.25**
2	Zapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae	2	0.25	-1.39	-0.35	0.35	**0.25**
3	Chechem	*Metopium brownei*	Boraginaceae	2	0.250	-1.39	-0.35	0.35	**0.25**
4	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	Rhizophoraceae	2	0.25	-1.39	-0.35	0.35	**0.25**
				8	**1.00**	**-5.56**	**-1.40**	**1.40**	**1.00**

Resumen de diversidad para estrato arbustivo.

Riqueza (S) =	4
H´ Calculada =	1.40
H max =	1.39
Equidad (J) =	1.00
H max - H´ =	-0.01

Estrato herbáceo

El índice de diversidad para el estrato herbáceo (tabla IV-64) fue bajo, con un valor de 0.99 mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 2.40, lo cual nos da un índice de equidad de 0.41, esto indica que las 11 especies de flora herbáceas reportadas, no se distribuyen de manera uniforme, comprobando la aseverado que este tipo de vegetación está dominado por especies de la familia Cyperaceae.

Tabla IV-64. Diversidad de especies en el estrato herbáceo.

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
1	Naranjillo	Bonellia macrocarpa	Primulaceae	2	0.0062	-5.08	-0.03	0.03	0.01
2	Fideo	Cassytha filiformis	Lauraceae	8	0.0247	-3.70	-0.09	0.09	0.04
3	Icaco	Chrysobalanus icaco	Chrysobalanaceae	4	0.0123	-4.40	-0.05	0.05	0.02
4	Cortadera	Cladium jamaicense	Cyperaceae	56	0.1728	-1.76	-0.30	0.30	0.13
5	Botoncillo	Conocarpus erectus	Combretaceae	6	0.0185	-3.99	-0.07	0.07	0.03
6	B12 pasto	Carex polystachya	Cyperaceae	232	0.7160	-0.33	-0.24	0.24	0.10
7	Orquidea6	Encyclia guatemalensis	Orchidaceae	2	0.0062	-5.08	-0.03	0.03	0.01
8	Box chaca	Euphorbia schlechtendalii	Euphorbiaceae	9	0.0278	-3.58	-0.10	0.10	0.04
9	Chechem	Metopium brownei	Boraginaceae	2	0.0062	-5.08	-0.03	0.03	0.01
10	Mangle rojo	Rhizophora mangle	Rhizophoraceae	1	0.0031	-5.78	-0.02	0.02	0.01
11	Bromelia	Tilandsia fasciculata	Bromeliaceae	2	0.0062	-5.08	-0.03	0.03	0.01
		13		324	1	-43.86	-0.99	0.99	0.41

Resumen de Diversidad en el estrato herbáceo.

Riqueza (S) =	11
H´ Calculada =	0.99
H max =	2.40
Equidad (J) =	0.41
H max - H´ =	1.41

La franja de vegetación de Petén (VP) que ocupa una superficie de 10,596.39 m^2 (1.05 has) representa el 3.17% del AP (figura IV-63).



Figura IV-63. Distribución de la vegetación de peten en el humedal.

Son islas de vegetación, con asociaciones de especies distribuidas en círculos concéntricos en zonas de manglar bajo, vegetación halófila o en zonas de pantanos en la Península de Yucatán, en sitios con climas cálidos húmedos y subhúmedos, con temperaturas medias anuales superiores a los 22°C y con precipitación media anual superior a los 500mm. La vegetación de petén se desarrolla en sitios que presentan agua superficial todo el año, aun en los periodos de sequía.

En ocasiones este tipo de vegetación está relacionado con la presencia de agua dulce o de cenotes y prospera sobre suelos profundos, con poca pedregosidad y ligeramente salinos, con fuerte acumulación de materia orgánica y mucha hojarasca (INEGI, 2017).[28].

Estos islotes presentan asociaciones entre vegetación hidrófila y vegetación de selva baja o mediana, como son *Cladium jamaicense, Metopium brownei, Manilkara zapota, Chrysobalanus icaco* entre otras.

Durán (1987) describió estas comunidades en términos de su estructura y composición vegetal, observando que los petenes pueden presentar una gran variedad de formas, tamaños, topografía, elevación del sustrato, estructura del suelo y vegetación. Es posible encontrar petenes circulares, ovoides, en forma de gota y amorfos. Su tamaño varía y puede ser menor de una hectárea o mayor de 30 ha. Con relación a su hidrología, Trejo – Torres (1993) señala que la surgencia del manto freático a manera de manantial dentro de un medio palustre ocasiona la formación de comunidades a semejanza de islas, las cuales poseen características hidrológicas, edáficas y de vegetación que son muy particulares y en conjunto se reconocen como Petén.

Vegetación de manglar (VM), el cual no forma un macizo uniforme, si no que se encuentra disperso en las áreas identificadas a manera de individuos aislados, sumando una superficie aproximada de ocupación de 1,729.12 m^2 (0.17 has) que representa el 0.52% de la superficie del predio (figura IV-64).



Figura IV-64. Vegetación de manglar.

Esta vegetación está conformada únicamente por 2 especies *Conocarpus erectus* y *Rhizophora mangle.*

[28] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación. Aguascalientes, México.

Se presenta de igual forma una superficie amplia que aparentemente no cuenta con vegetación (SVA), ocupa una superficie de 27,937.93 m^2 (2.79 has), el 8.38% de la superficie del predio y corresponde únicamente a una explanada o planada de suelo tipo Gleysol, que como ya habíamos dicho antes, son suelos saturados con influencia de agua freática generalmente a 40 cm de profundidad que provoca condiciones anaeróbicas prolongadas (figura IV-65).



Figura IV-65. Areas sin vegetación aparente.

La aireación es muy pobre y mala penetracion para las raíces de las plantas, pueden ser ricos en nutrientes por el aporte de las zonas más altas, pero también acidez severa o toxicidad en caso de contener materiales sulfurosos. Quizá es la razón de la escasa presencia de individuos vegetales.

Se tiene la colindancia del predio con las zonas más bajas que acumulan más agua de origen de la Laguna de Bacalar (H2O). Esta suma una superficie de 1,470.46 m^2 (0.14 has), representa el 0.44% del predio.



Figura IV-66. Cuerpo de agua colindante.

Y las obras pre existentes al interior del predio, son obras que tienen origen del uso y costumbres de la población local que durante el proceso de colonización del estado, se hicieron reparto de tierras con la condición de que estas sean trabajadas, de ahí que los poseedores de estas tierras tuvieran que aperturar

caminos de acceso (figura 66) y en estos casos hasta el cuerpo lagunar para actividades de recreación familiar (figura 67). Por otro lado se cuenta con evidencia en el sitio de áreas de cultivo de frutales, asi como de estructuras correspondientes a viviendas de tipo rural (figura IV-68).



Figura IV-67. Camino de acceso preexistente.



Figura IV-68. Senda hacia el cuerpo lagunar.



Figura IV-69 Vivienda rural.

Estas superficies se distribuyen de la siguiente forma: acceso hacia la cabaña no cuenta con ningun tipo de recubrimiento impermeable y corresponde unicamente a la limpieza del suelo mineral. Un camino de acceso principla la predio y la senda que va hacia el cuerpo lagunar.

IV.2.1.3.5 Especies vegetales en la NOM 059-SEMARNAT-2010.

Se registraron 3 especies a nivel de todo el predio, estas son: *Thrinax radiata (Palma Chit), Conocarpus erectus (mangle botoncillo) y Rhizophora manglen (mangle rojo),* especies enlistadas en la norma con categoría de amenazada (A).

IV.2.1.4 Índice de Valor de Importancia (VSA_SMQ)

Este índice indica la relevancia y nivel de ocupación del sitio de una especie con respecto a los demás, en función de su cuantía, frecuencia, distribución y dimensión de los individuos de dicha especie (Krebs, 1985).

De los datos obtenidos directamente en el campo para el área del predio, se tiene el análisis de los valores de Densidad relativa, Dominancia relativa, Frecuencia relativa y cuya combinación permite obtener el Indicé de Valor de Importancia (IVI) para cada estrato que cubre el predio.

Estrato arbóreo

La estructura horizontal para el predio en el paisaje de vegetación secunadaria arbórea de selva mediana subperennofia en el estrato arbóreo está compuesta por 32 especies (tabla IV-65) que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, *Piscidia piscipula* resulta ser la de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con un IVI de 73.73, seguida de *Bursera simaruba* con un IVI de, 35.69 y *Vitex gaumeri* con un IVI de 33.00. Estas especies son las más importantes debido a que son las más abundantes en el área (figura IV-70).

Tabla IV-65. Índice de Valor de Importancia del estrato arbóreo.

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Piscidia piscipula*	34.30	9.78	29.65	73.73
2	*Bursera simaruba*	12.24	9.24	14.21	35.69
3	*Vitex gaumeri*	11.76	9.24	12.00	33.00
4	*Lysiloma latisiliquum*	6.92	3.80	15.34	26.07
5	*Dendropanax arboreus*	6.60	5.43	6.85	18.89
6	*Pouteria campechiana*	5.96	8.15	4.48	18.59
7	*Coccoloba spicata*	4.35	8.70	3.76	16.80
8	*Pouteria reticulata*	2.25	4.89	2.19	9.34
9	*Zuelania guidonia*	1.77	4.35	1.42	7.54
10	*Swartzia cubensis*	1.61	4.35	1.49	7.45
11	*Lonchocarpus rugosus*	1.45	3.26	1.08	5.79
12	*Croton arboreus*	0.97	3.26	0.47	4.70
13	*Albizia tomentosa*	0.97	2.72	0.72	4.40
14	*Sabal yapa*	0.81	2.72	0.87	4.39
15	*Diospyros salicifolia*	0.97	2.72	0.68	4.37
16	*Platymiscium yucatanun*	0.81	2.17	0.66	3.64
17	*Luehea speciosa*	0.97	1.63	0.90	3.49
18	*Casimiroa tetrameria*	0.81	1.63	0.62	3.06
19	*Thouinia paucidentata*	0.64	1.63	0.36	2.64

No.	*Nombre científico*	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
20	*Neea psychotrioides*	0.64	1.63	0.35	2.62
21	*Guettarda combsii*	0.64	1.63	0.30	2.58
22	*Chrysophyllum mexicanum*	0.48	1.63	0.29	2.40
23	*Spondias mombin*	0.48	0.54	0.26	1.29
24	*Cascabela gaumeri*	0.32	0.54	0.15	1.02
25	*Sideroxylon foetidissimum*	0.16	0.54	0.20	0.91
26	*Metopium brownei*	0.16	0.54	0.16	0.86
27	*Simarouba glauca*	0.16	0.54	0.14	0.84
28	*Alseis yucatanensis*	0.16	0.54	0.11	0.81
29	*Coccoloba reflexiflora*	0.16	0.54	0.08	0.78
30	*Hampea trilobata*	0.16	0.54	0.08	0.78
31	*Bunchosia swartziana*	0.16	0.54	0.06	0.77
32	*Coccoloba acapulcensis*	0.16	0.54	0.06	0.77
		100.00	100.00	100.00	300.00

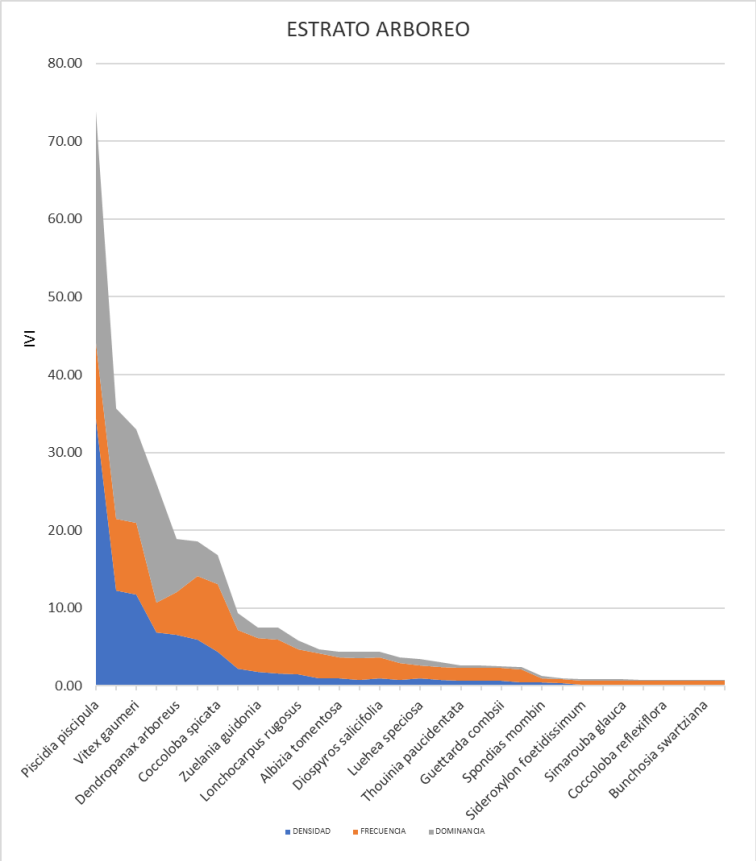


Figura IV-70. IVI del estrato arbóreo.

Estrato arbustivo

La estructura horizontal del estrato arbustivo está compuesta por 20 especies (tabla IV-66), que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, *Croton arboreus, Piscidia piscipula y Coccoloba spicata* resultaron ser las de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con valores de 66.87, 54.25 y 31.88 respectivamente (figura IV-71).

Tabla IV-66 Índice de Valor de Importancia del estrato arbustivo.

No.	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	Bauhinia erythrocalyx	3.077	2.000	2.19	7.27
2	Bursera simaruba	3.077	2.000	5.22	10.29
3	Casimiroa tetrameria	1.538	2.000	2.30	5.84
4	Chrysophyllum mexicanum	9.231	10.000	7.66	26.89
5	Coccoloba acapulcensis	1.538	2.000	0.90	4.44
6	Coccoloba spicata	10.769	10.000	11.12	31.88
7	Croton arboreus	24.615	22.000	20.25	66.87
8	Dalbergia glabra	1.538	2.000	1.29	4.83
9	Ficus pertusa	1.538	2.000	2.91	6.45
10	Guettarda combsii	1.538	2.000	1.76	5.30
11	Hampea trilobata	1.538	2.000	0.90	4.44
12	Luehea speciosa	1.538	2.000	2.91	6.45
13	Malpighia glabra	1.538	2.000	2.30	5.84
14	Piscidia piscipula	16.923	16.000	21.33	54.25
15	Pouteria campechiana	3.077	4.000	3.60	10.67
16	Psidium sartorianum	3.077	4.000	2.66	9.74
17	Sapranthus campechianus	1.538	2.000	0.90	4.44
18	Sideroxylon obtusifolium	1.538	2.000	0.90	4.44
19	Swartzia cubensis	6.154	4.000	5.32	15.48
20	Zuelania guidonia	4.615	6.000	3.56	14.18
		100	100	100	300

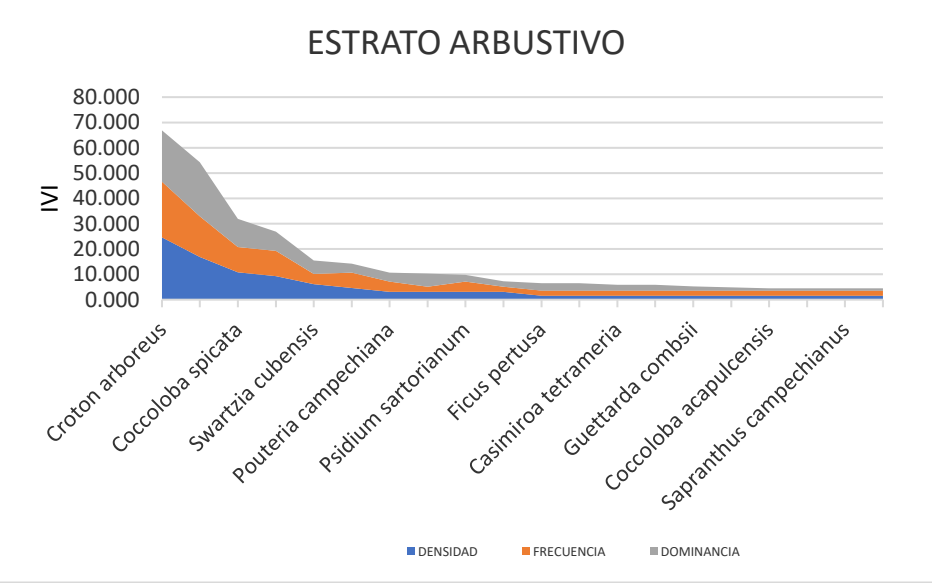


Figura IV-71 IVI del estrato arbustivo

Estrato herbaceo

Para el estrato herbáceo, la estructura horizontal de la vegetación está compuesto por 34 especies (tabla 67) que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, *Arrabidaea floribunda, Paullinia pinnata y Sabal yapa*

resultaron ser las de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con un valor de 44.38, 29.95 y 28.10 respectivamente (figura 72).

Tabla IV-67. Índice de Valor de Importancia del estrato herbáceo.

No.	N. Común	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	Sak pich	0.476	1.00	0.48	1.95
2	Tabaquillo	0.952	1.00	0.95	2.90
3	Bejuco rosa	16.190	12.00	16.19	44.38
4	Pata de vaca	0.476	1.00	0.48	1.95
5	Naranjillo	2.857	3.00	2.86	8.71
6	Akit	0.952	2.00	0.95	3.90
7	Caimito	6.667	8.00	6.67	21.33
8	Tohyub	0.952	1.00	0.95	2.90
9	Boob	4.762	6.00	4.76	15.52
10	Perezcut	4.762	6.00	4.76	15.52
11	Palo de escoba	0.952	1.00	0.95	2.90
12	Muuk	1.429	1.00	1.43	3.86
13	Saclophe (Hoja pequeña)	0.476	1.00	0.48	1.95
14	Tres marias	1.905	2.00	1.90	5.81
15	Guazuma	2.381	1.00	2.38	5.76
16	Kanasin	0.952	1.00	0.95	2.90
17	Xuul	2.381	2.00	2.38	6.76
18	Sipilche * Sip che	0.476	1.00	0.48	1.95
19	Plomolche	1.429	1.00	1.43	3.86
20	Bejuco guaya	10.476	9.00	10.48	29.95
21	piper	2.381	2.00	2.38	6.76
22	Jabin	0.476	1.00	0.48	1.95
23	Flor de mayo	0.952	1.00	0.95	2.90
24	Kaniste	8.095	8.00	8.10	24.19
25	Guayabillo	1.905	2.00	1.90	5.81
26	Café de monte	0.952	1.00	0.95	2.90
27	Guano	9.048	10.00	9.05	28.10
28	Chuntok	1.905	2.00	1.90	5.81
29	Bejuco yax	8.571	6.00	8.57	23.14
30	Mapche	0.476	1.00	0.48	1.95
31	Negrito	0.952	2.00	0.95	3.90
32	Katalox	0.476	1.00	0.48	1.95
33	Caoba	0.952	1.00	0.95	2.90
34	Cacao che	0.952	1.00	0.95	2.90
		100	100	100	300

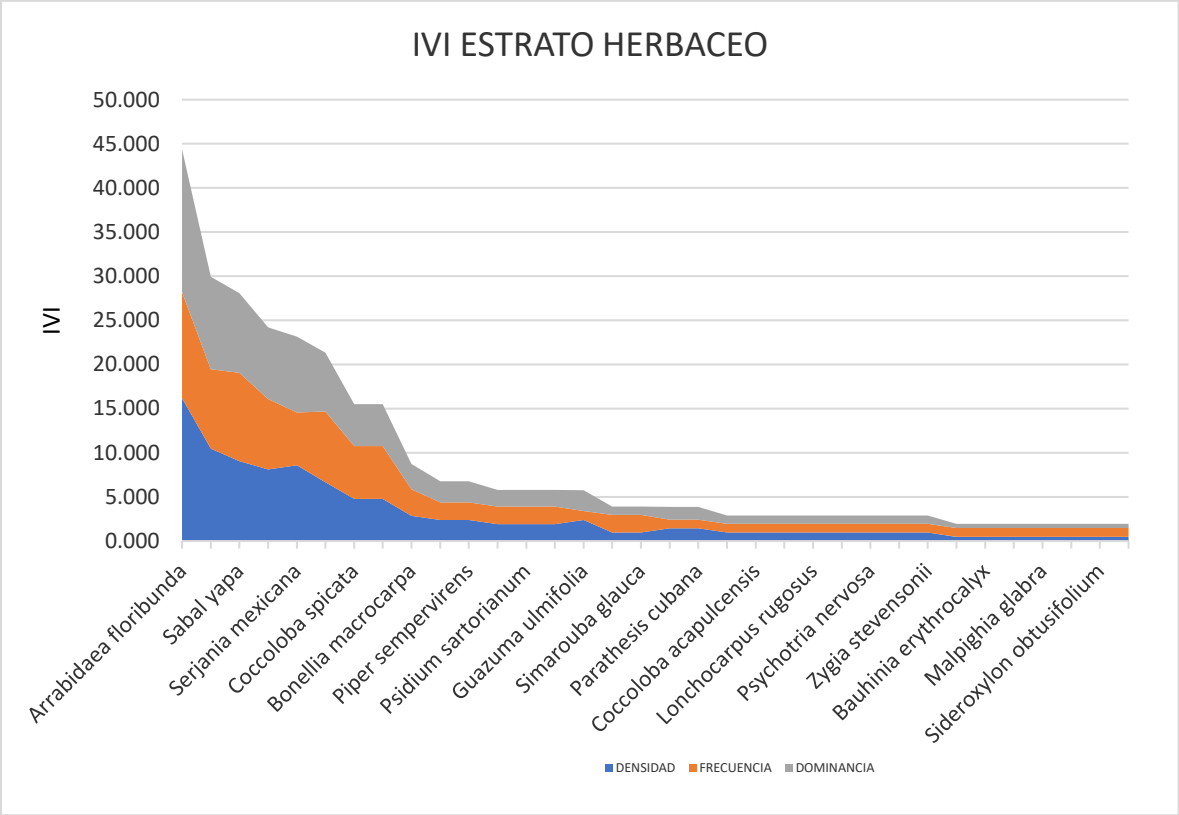


Figura IV-72. IVI del estrato herbáceo

IV.2.1.5 Índice de Valor de Importancia (VSBQ)

Estrato arbóreo

La estructura horizontal para el predio en el paisaje de vegetación de selva baja subperennofia en el estrato arbóreo está compuesta por 18 especies (tabla IV-68) que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, *Bursera simaruba* resulta ser la de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con un IVI de 57.12, seguida de *Sabal yapa* con un IVI de 45.75 y *Piscidia piscipula* con un IVI de 39.93. Estas especies son las más importantes debido a que son las más abundantes en el área (figura 73).

Tabla IV-68. Índice de Valor de Importancia del estrato arbóreo.

No.	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	Bursera simaruba	24.24	11.76	21.11	57.12
2	Sabal yapa	19.19	5.88	20.67	45.75
3	Piscidia piscipula	16.16	8.82	14.94	39.93
4	Melicoccus oliviformis	7.07	5.88	9.08	22.03
5	Metopium brownei	5.05	11.76	3.33	20.14
6	Persea americana	3.03	5.88	5.23	14.14
7	Cascabela gaumeri	5.05	5.88	3.13	14.07
8	Sideroxylon foetidissimum	2.02	5.88	6.02	13.92

No.	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
9	Pouteria reticulata	3.03	5.88	2.23	11.14
10	Dendropanax arboreus	3.03	5.88	2.14	11.06
11	Casearia corymbosa	2.02	5.88	1.13	9.03
12	Vitex gaumeri	2.02	2.94	2.80	7.76
13	Cocos nucifera	2.02	2.94	2.78	7.74
14	Alvaradoa amorphoides	2.02	2.94	2.04	7.00
15	Pouteria sapota	1.01	2.94	2.19	6.14
16	Pouteria campechiana	1.01	2.94	0.43	4.38
17	Semialarium mexicanum	1.01	2.94	0.43	4.38
18	Diospyros salicifolia	1.01	2.94	0.30	4.25
		100.00	100.00	100.00	300.00

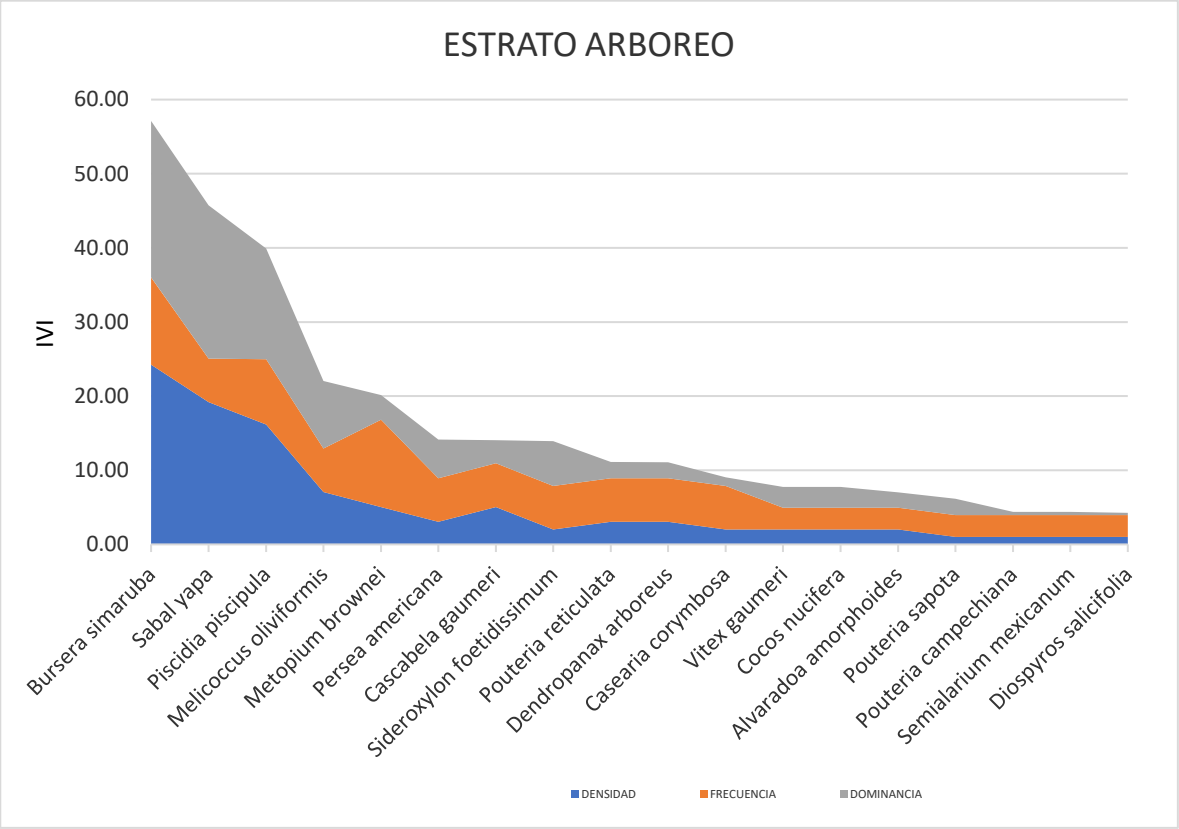


Figura IV-73. IVI del estrato arbóreo.

Estrato arbustivo

La estructura horizontal del estrato arbustivo está compuesta por 8 especies (tabla IV-69), que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, *Piscidia piscipula, Allophylus cominia y Simarouba glauca* resultaron ser las de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con valores de 89.97, 53.78 y 34.03 respectivamente (figura IV-74).

Tabla IV-69. Índice de Valor de Importancia del estrato arbustivo.

No.	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	Piscidia piscipula	27.273	27.273	35.42	89.97
2	Allophylus cominia	18.182	18.182	17.42	53.78
3	Simarouba glauca	9.091	9.091	15.85	34.03
4	Casearia corymbosa	9.091	9.091	9.59	27.77
5	Cascabela gaumeri	9.091	9.091	7.05	25.23
6	Dalbergia glabra	9.091	9.091	4.89	23.07
7	Melicoccus oliviformis	9.091	9.091	4.89	23.07
8	Semialarium mexicanum	9.091	9.091	4.89	23.07
		100	100	100	300

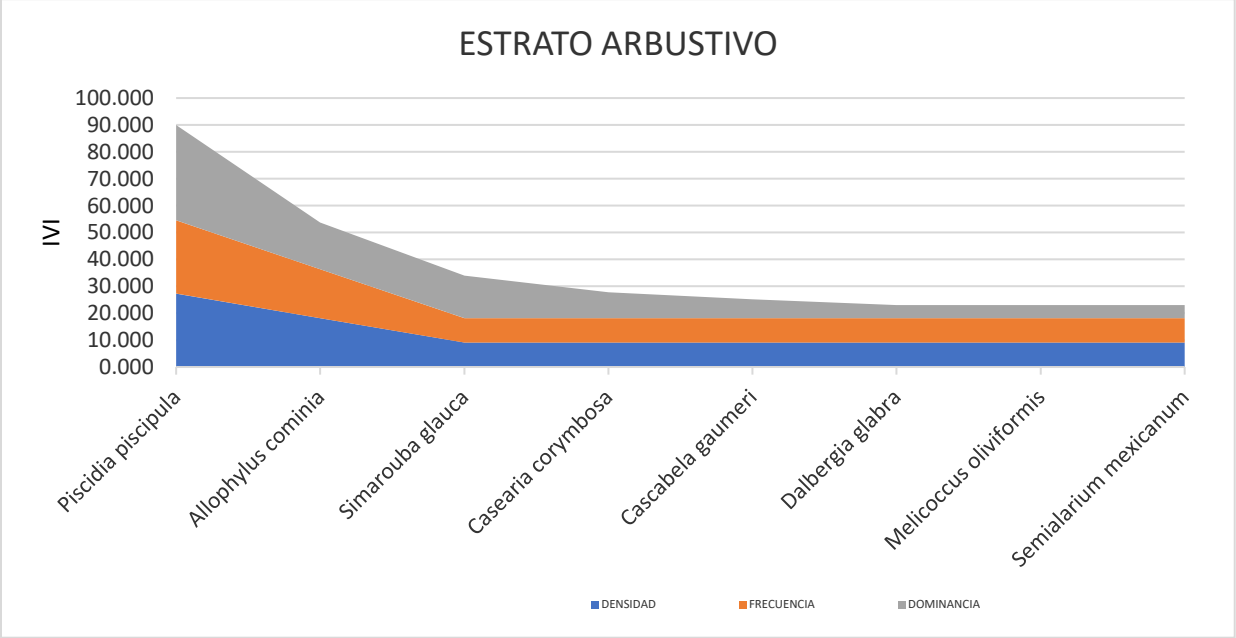


Figura IV-74. IVI del estrato arbustivo.

Estrato herbáceo

Para el estrato herbáceo, la estructura horizontal de la vegetación está compuesto por 13 especies (tabla 70) que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, *Piper sempervirens, Sabal yapa y Plumeria rubra* resultaron ser las de mayor importancia en cuanto a su ocupación espacial con un valor de 78.56, 48.37 y 30.96 respectivamente (figura IV-75).

Tabla IV-70. Índice de Valor de Importancia del estrato herbáceo.

No.	N. Científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Piper sempervirens*	30.189	18.18	30.19	78.56
2	*Sabal yapa*	15.094	18.18	15.09	48.37
3	*Plumeria rubra*	13.208	4.55	13.21	30.96
4	*Thrinax radiata*	7.547	9.09	7.55	24.19

No.	N. Científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
5	*Arrabidaea floribunda*	5.660	9.09	5.66	20.41
6	*Simarouba glauca*	3.774	9.09	3.77	16.64
7	*Cryosophila stauracantha*	5.660	4.55	5.66	15.87
8	*Coccoloba reflexiflora*	3.774	4.55	3.77	12.09
9	*Malvaviscus arboreus*	3.774	4.55	3.77	12.09
10	*Psidium sartorianum*	3.774	4.55	3.77	12.09
11	*Zygia stevensonii*	3.774	4.55	3.77	12.09
12	*Lasiacis divaricata*	1.887	4.55	1.89	8.32
13	*Manilkara zapota*	1.887	4.55	1.89	8.32
		100	100	100	300

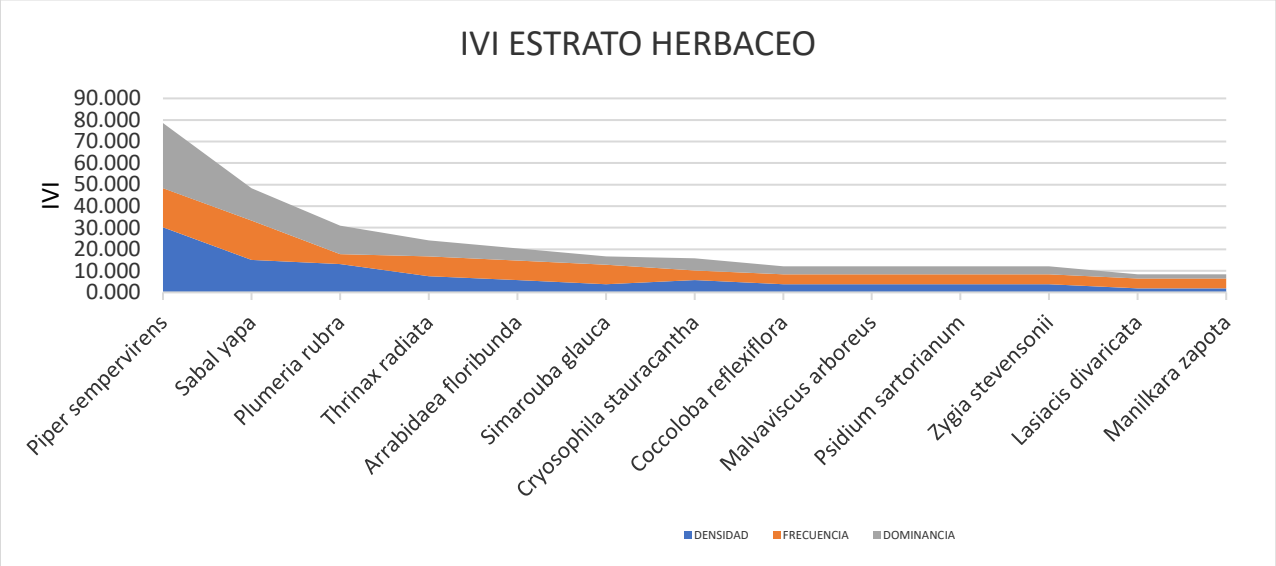


Figura IV-75. IVI del estrato herbáceo.

IV.2.1.6 Índice de Valor de Importancia (VH)

Estrato arbóreo

Este se encuentra ausente en este tipo de paisaje de vegetación.

Estrato arbustivo

La estructura horizontal del estrato arbustivo está compuesta por 4 especies (tabla IV-71), que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, *Metopium brownei es la especie más abundante con un IVI de 106.41,* mientras que las 3 especies restantes tienen un IVI igual a 64.53 (figura IV-76).

Tabla IV-71. Índice de Valor de Importancia del estrato arbustivo.

No.	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	Metopium brownei	25.000	40.000	41.41	106.41
2	Chrysobalanus icaco	25.000	20.000	19.53	64.53
3	Manilkara zapota	25.000	20.000	19.53	64.53
4	Rhizophora mangle	25.000	20.000	19.53	64.53
		100	100	100	300

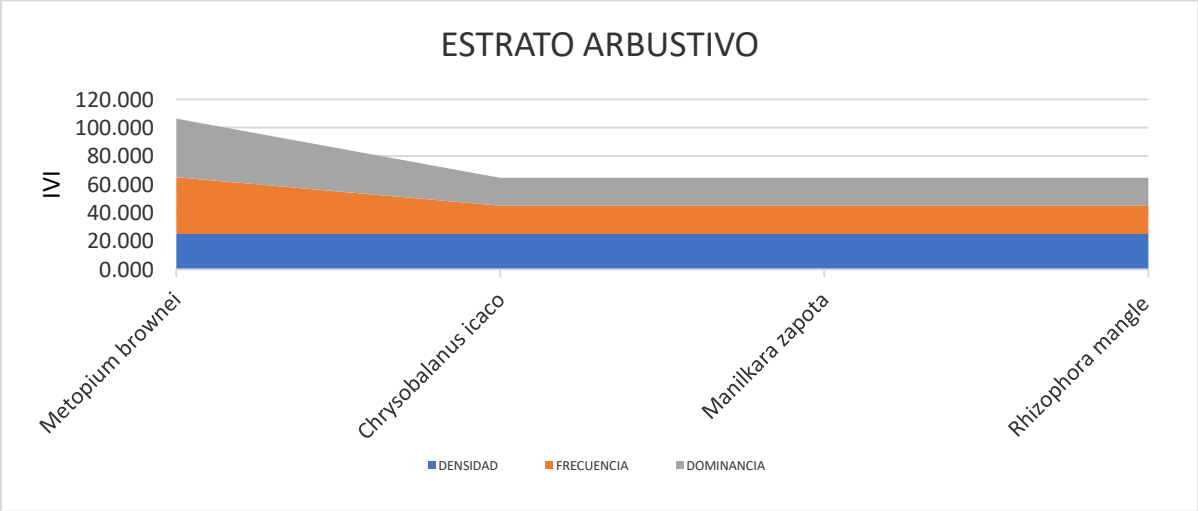


Figura IV-76. IVI del estrato arbustivo.

Estrato herbáceo

Para el estrato herbáceo, la estructura horizontal de la vegetación está compuesto por 11 especies (tabla IV-72) que, de acuerdo al Índice de Valor de Importancia, 2 especies de cyperaceae son dominantes en este paisaje, estas son *Carex polystachya* y *Cladium jamaicense,* con un valor de IVI de 167.02 y 53.62 respectivamente, otra es *Cassytha filiformis* con un IVI de 14.46 (figura 77). Aquí también se distribuyen algunos ejemplares de mangle rojo pero de manera aislada, de manera que ocupan un IVI de 5.38, el menor representado en este paisaje.

Tabla IV-72. Índice de Valor de Importancia del estrato herbáceo.

No.	N. Científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Carex polystachya*	71.605	23.81	71.60	167.02
2	*Cladium jamaicense*	17.284	19.05	17.28	53.62
3	*Cassytha filiformis*	2.469	9.52	2.47	14.46
4	*Conocarpus erectus*	1.852	9.52	1.85	13.23
5	*Bonellia macrocarpa*	0.617	9.52	0.62	10.76
6	*Euphorbia schlechtendalii*	2.778	4.76	2.78	10.32
7	*Chrysobalanus icaco*	1.235	4.76	1.23	7.23

No.	N. Científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
8	*Encyclia guatemalensis*	0.617	4.76	0.62	6.00
9	*Metopium brownei*	0.617	4.76	0.62	6.00
10	*Tilandsia fasciculata*	0.617	4.76	0.62	6.00
11	*Rhizophora mangle*	0.309	4.76	0.31	5.38
		100	100	100	300

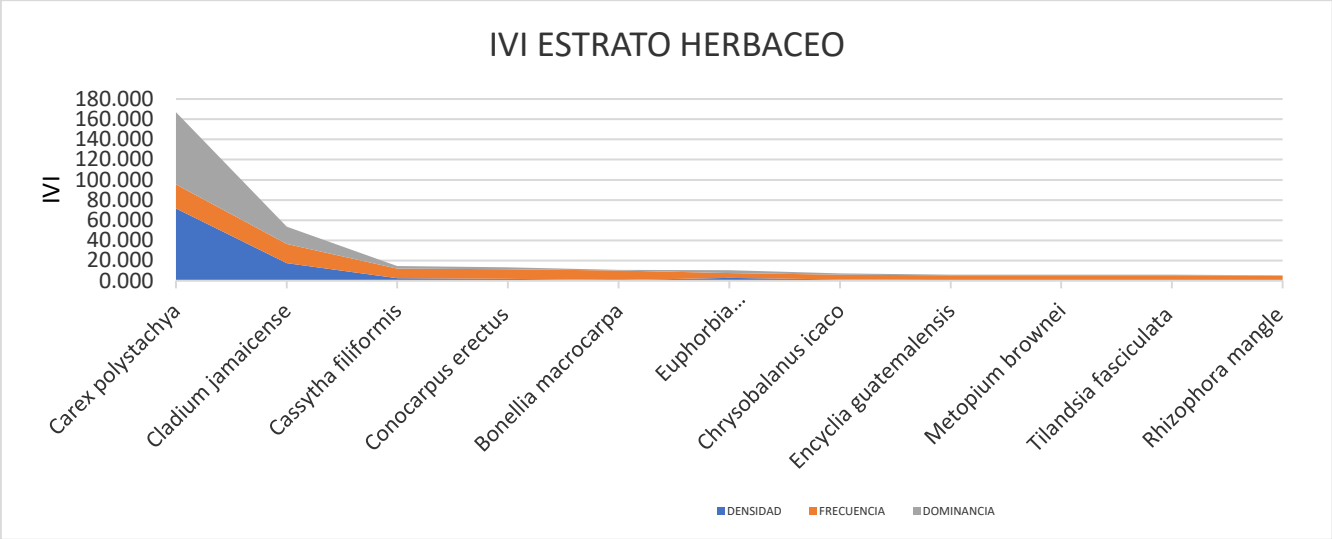


Figura IV-77. IVI del estrato herbáceo.

IV.2.2.2 Fauna

A continuación, se muestra el análisis realizado en cuanto a la fauna que se encuentra en el sistema ambiental, del cual se obtuvo la diversidad (riqueza, abundancia), mediante diversos índices, clasificándola en los diferentes grupos de vertebrados e invertebrados encontrados.

Descripción del método de muestreo

Consistió en la aplicación del mismo formato forestal, en las mismas fechas de aplicación, con intervalos de horario y tiempo dispersos y prolongados en donde en las parcelas se registraron las observaciones directas, rastros, huellas, excretas y cualquier indicio de presencia de alguna especie. Se aplicaron métodos diferentes para el muestreo de fauna.

Para el registro de aves se utilizó el método de conteo por puntos, donde se utilizó cada uno de los 30 sitios como punto de observación, aquí se anotaron todos los individuos que se percharon a los alrededores, se incluyeron los cantos identificables, así como los observados en vuelo, así mismo se registraron las especies observadas durante el desarrollo de otras actividades. Las especies más observadas fueron aves urbanas y de tipo costero, esta actividad solo se realizó en los horarios de 6:00 a 8:00 horas.

Aunado a estos muestreos directos realizados de aves, de acuerdo a Jones29 (1986) y Cherkiss30 et al (2005), fueron complementados para el registro de los otros grupos taxonómicos de fauna, con recorridos diurnos mediante el uso senderos para el registro de huellas, heces, rastros y restos (plumas, pelaje, huesos etc.) y cualquier otro signo que evidencie la presencia de fauna vertebrada, de tal manera que fue determinado cualquier taxón observado.

La herpetofauna se determinó mediante la recopilación de claves dicotómicas de Flores-Villela31 et. al (1995), los cambios taxonómicos fueron siguiendo a Flores-Villela y Canseco-Márquez32 (2004), Frost33 et. al (2006), Wüster34 et. al (2005) y Smith35 (2005). La mastofauna fue determinada según Medellín36 et. al (1997), Wilson y Reeder37 (1993), Arita y Ceballos38 (1997) y Reid (1997), mientras que los cambios taxonómicos fueron siguiendo a Ceballos39 et. al (2005) y Ramírez-Pulido[40] et. al (2005). Las aves fueron identificadas mediante las guías de Howell y Webb41 (1995) y Edwards42 (2003), la taxonomía y nombres actuales se realizaron según la American Ornithologist' Union43 (AOU) 1998. Ceballos, et. al (2005) para los mamíferos, la NOM-059-SEMARNAT-2010 para todas las clases y Howell, et. al (1995) para las aves.

El criterio empleado para el establecimiento de las líneas de muestreo fue el de aprovechar los caminos de acceso existentes, las brechas entre parcelas, así como las mismas parcelas de manera que variables como materiales, traslado, régimen de propiedad de la tierra, son "variables importantes que aun cuando el tamaño de muestra óptima fuera estadísticamente representativo, tal vez el costo de su aplicación sería demasiado oneroso, por lo que no sería posible su aplicación" (Franco, 2011)44. Respecto al tamaño de la muestra, se registró la fauna encontrada en el sistema ambiental.

En el siguiente mapa (figura IV-78), se observa el transecto continuo de muestreo de fauna del sistema ambiental.

[29] Jones, K. B. 1986. Chapter 14. Amphibians and Reptiles. Pp 267-290. In: Cooperrider, A. Y., R. J. Boyd, and H. Stuart, eds. Inventory and monitoring of wildlife habitat. U.S. Dept. Inter., Bur. Land Manage. Service Center. Denver, Co. XVIII, 858 pp.
[30] Cherkiss, M. S., H. E. Fling, F. J. Mazzotti, K. G. Rice, y M. D. Conill. 2005. Wildlife.
[31] Flores-Villela, O., F. Mendoza, y G. González. 1995. Recopilación de Claves para la Determinación de Anfibios y Reptiles de México. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología Número 10. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
[32] Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas Especies y Cambios Taxonómicos para la Herpetofauna de México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.) 20(2): 115-144.
[33] Frost, Darrel R. 2006. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 4 (17 August 2006). Electronic Database accessible at http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php. American Museum of Natural History, New York, USA.
[34] Wüster, W., J. E. Ferguson, J. A. Quijada-Mascareñas, C. E. Pool, M. G. Salomao, y R. S. Thorpe. 2005. Tracing and Invasion: Landbridges, Refugia, and the Phylogeography of the Neotropical Rattlesnake (Serpentes: Viperidae: Crotalus durissus).
[35] Smith, H. M. 2005. Plestiodon: A Replacement Name for Most Members of the Genus Eumeces in North America. Journal of Kansas Herpetology No 14. 15 pp.
[36] Medellín, R., H. T. Arita y O. Sánchez. 1997. Identificación de los Murciélagos de México: Clave de campo. Publicaciones especiales Núm. 2. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. México.
[37] Wilson, D. E. y D. M. Reeder. 1993. Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. Smithsonian Institution Press. U. S. A.
[38] Arita, H. T. y G. Ceballos. 1997. Los Mamíferos de México: Distribución y Estado de Conservación. Revista Mexicana de Mastozoología 2:33-71.
[39] Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los Mamíferos Silvestres de México. CONABIO, FCE. México. 986 pp.
[40] Ramírez-Pulido, J., J. Arroyo-Cabrales, y A. Castro-Campillo. 2005. **Estado Actual y Relación Nomenclatural de los Mamíferos Terrestres de México**. Acta Zoológica Mexicana. (n. s.) 21(1):21-82.
[41] Howell, S. N. G., y S. Webb.1995. A Guide to the Birds of México and Nothern Central America. Oxford University Press, New York. 851 pp.
[42] Edwards, E. P. 2003. A Field Guide to the Birds of México and Adjacent Areas: Belize, Guatemala, and El Salvador. University of Texas Press, U. S. A. 209 pp.
[43] American Ornithologists Union. 1982. Thirty-fourth supplement to the American Ornithologist' Union check-list of North American birds. Supplement to the Auk. 99 (3): 15 pp.
[44] Franco Lopez Jonathan. 2011. Ecología y conservación. Editorial Trillas, SA de CV. México, D.F.

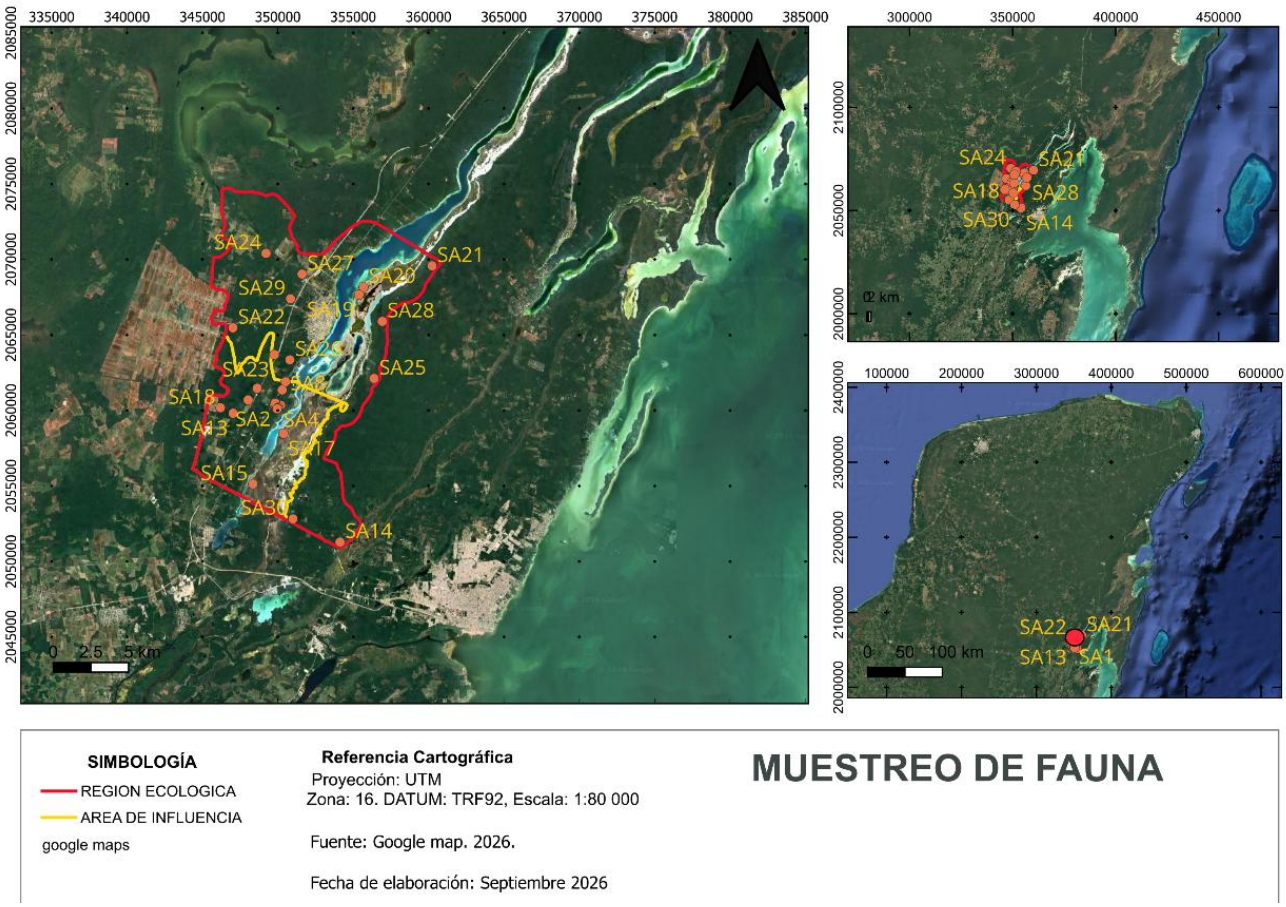


Figura IV-78. Muestreo de fauna en el AI y SA.

Para fortalecer el monitoreo, se instalaron cámaras trampa en virtud de que en ocasiones es difícil de observar debido a sus patrones de conducta, de igual forma por sus bajas densidades y carácter elusivo.

Las cámaras-trampas son una herramienta muy útil para el muestreo y monitoreo de poblaciones de especies de carácter críptico o raras, debido a que permiten ampliar las observaciones de las especies en el tiempo y espacio sin interferir con la conducta (Chavez *et al*, 2013).

Respecto a determinar si al muestreo fue o no representativo en el sistema ambiental, hay que tomar en cuenta que resulta imposible registrar la totalidad de las especies presentes en un área determinada (Jiménez, 2003)45, este es un grave problema dado que la riqueza especifica (S) es la principal variable descriptiva de la biodiversidad. Por lo que la riqueza específica (S) para cada sitio estudiado, es confiable para ser analizado. Hay que tomar en cuenta que una especie puede variar su distribución en función de cambios en el ambiente, de manera que esta se pueda ver ampliada o disminuida. Se soportó este análisis con bases de registros de la comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO)46 y el sistema global de información sobre biodiversidad (GBIF)47; ambos son sistemas de

[45] Jiménez-Valverde Alberto, Hortal Joaquin. 2003. **Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos**. Revista ibérica de Aracnología. Madrid, España.
[46] http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/snib/
[47] GBIF.org (9 July 2026) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.ss4s2a

información geográfico enfocados en la biodiversidad. Se utilizó esta información únicamente con fines de registrar la fauna potencial en el área analizada

La Riqueza especifica (S) de fauna es de 328 especies pertenecientes a 4 grupos, 17 especies de anfibios distribuidos en 7 Familias, todas de distribución no endémica, conforme a la lista roja de la UICN todos son de preocupación menor (LC), únicamente 3 especies se encuentran enlistadas con estatus de protección especial. 264 especies de aves, resultando el grupo más numeroso, pertenecientes a 59 familias, en donde *Tyrannidae* es la más conspicua con 27, solo 2 especies son distribución endémica, 52 especies son migratorias, 7 especies transitorias y 205 son residentes o no migran. Respecto al grupo de los mamíferos se tiene el registro de 24 especies, distribuidas en 17 Familias, únicamente *Conepatus semistriatus* es reportada como de distribución endémica, todas las demás especies son de distribución en otros países; 6 son las especies que se encuentran con algún estatus de protección. Se reportan 24 especies de reptiles distribuidas en 17 Familias, todas las especies son de distribución amplia y 9 especies se encuentran enlistadas en la norma bajo algún estatus de protección 22 especies no requieren de atención especial (LC) y 2 especies casi amenazadas (NT) (tabla IV-73).

A continuación, se presenta el listado faunístico determinado a nivel del sistema ambiental (SA) y área de influencia (AI), ambas comparten las mismas especies (tabla IV-73) en donde se conjugaron los registros en campo de manera directa (D), indirecta (ID) y los consultados en las bases de dominio público (BD) para el área de estudio desde el año 2020 al 2026.

Tabla IV-73. Listado faunístico en el SA y AI

No.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	ESTATUS (IUCN/NOM-059)	HABITOS	REGISTRO
1	ANFIBIOS	rana de ojos rojos	Agalychnis taylori	Hylidae	NE	LC	---	N	D
2	ANFIBIOS	Sapo	Bufo marinus	Bufonidae	NE	LC	---	N	D
3	ANFIBIOS	Ranita	Dendropsophus ebraccatus	Hylidae	NE	LC	---	N	D
4	ANFIBIOS	Rana ladrona de invernadero	Eleutherodactylus planirostris	Eleutherodactylidae	NE	LC	---	N	D
5	ANFIBIOS	---	Gastrophryne elegans	Microhylidae	NE	LC	Pr	N	BD
6	ANFIBIOS	Chacmuch	Hypopachus variolosus	Microhylidae	NE	LC	---	N	BD
7	ANFIBIOS	Sapo	Incilius valliceps	Bufonidae	NE	LC	---	N	D
8	ANFIBIOS	Rana de bigotes	Leptodactylus fragilis	Leptodactylidae	NE	LC	---	N	D
9	ANFIBIOS	Sapito	Leptodactylus labialis	Leptodactylidae	NE	LC	---	N	D
10	ANFIBIOS	Rana del sabinal	Leptodactylus melanonotus	Leptodactylidae	NE	LC	---	N	BD
11	ANFIBIOS	Rana leopardo de Brown	Lithobates brownorum	Ranidae	NE	LC	---	N	D
12	ANFIBIOS	rana de Brown, rana leopardo de Brown, x-túuts´ (Maya)	Lithobates macroglossa	Ranidae	NE	LC	Pr	N	BD
13	ANFIBIOS	---	Rhinella horribilis	Bufonidae	NE	LC	---	N	BD
14	ANFIBIOS	Pochi	Rhinophrynus dorsalis	Rhinophrynidae	NE	LC	Pr	N	D
15	ANFIBIOS	rana arborícola trompuda	Scinax staufferi	Hylidae	NE	LC	---	N	BD

No.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	ESTATUS (IUCN/NOM-059)	HABITOS	REGISTRO
16	ANFIBIOS	Rana	Smilisca baudinii	Hylidae	NE	LC	---	N	BD
17	ANFIBIOS	Ranita grillo	Tlalocohyla picta	Hylidae	NE	LC	---	N	D
18	AVES	Guajolote ocelado	Agriocharis ocellata	Phasianidae	NE	NT	A	R	D
19	AVES	Colibrí canela	Amazilia rutila	Trochilidae	---	LC	---	R	BD
20	AVES	---	Amazilia tzacatl	Trochilidae	---	---	---	R	BD
21	AVES	Colibri	Amazilia yucatanensis	Trochilidae	NE	LC	---	R	D
22	AVES	Perico frente blanco	Amazona albifrons	Psittacidae	NE	LC	Pr	R	D
23	AVES	Perico cachete amarillo	Amazona autumnalis	Psittacidae	NE	LC	---	R	D
24	AVES	Cacique	Amblycercus holosericeus	Icteridae	NE	LC	---	R	BD
25	AVES	---	Anhinga anhinga	Anhingidae	---	---	---	R	BD
26	AVES	Mango pechiverde	Anthracothorax prevostii	Trochilidae	NE	LC	---	R	BD
27	AVES	---	Aramides albiventris	Rallidae	---	---	---	R	BD
28	AVES	---	Aramus guarauna	Aramidae	---	---	---	R	BD
29	AVES	Colibrí gorgirrubí	Archilochus colubris	Trochilidae	NE	LC	---	M	BD
30	AVES	---	Ardea alba	Ardeidae	---	---	---	R	BD
31	AVES	---	Ardea herodias	Ardeidae	---	---	---	R	BD
32	AVES	Garza ganadera	Ardea ibis	Ardeidae	NE	LC	---	R	D
33	AVES	---	Arremonops chloronotus	Passerellidae	---	---	---	R	BD
34	AVES	---	Arremonops rufivirgatus	Passerellidae	---	---	---	R	BD
35	AVES	Atila	Attila spadiceus	Tyrannidae	NE	LC	---	R	BD
36	AVES	---	Aythya affinis	Anatidae	---	---	---	M	BD
37	AVES	---	Aythya collaris	Anatidae	---	---	---	M	BD
38	AVES	Búho	Bubo virginianus	Strigidae	NE	LC	---	R	BD
39	AVES	Aguilucho negro	Buteo albonotatus	Accipitridae	NE	LC	---	R	BD
40	AVES	Gavilán rabicorto	Buteo brachyurus	Accipitridae	NE	LC	---	R	BD
41	AVES	Busardo colirrojo	Buteo jamaicensis	Accipitridae	NE	LC	---	R	BD
42	AVES	Gavilán gris	Buteo plagiatus	Accipitridae	NE	LC	---	R	BD
43	AVES	Busardo negro	Buteogallus anthracinus	Accipitridae	NE	LC	---	R	BD
44	AVES	---	Buteogallus urubitinga	Accipitridae	---	---	---	R	BD
45	AVES	Garceta verde	Butorides virescens	Ardeidae	NE	LC	---	M	D
46	AVES	---	Cairina moschata	Anatidae	---	---	---	R	BD
47	AVES	---	Calidris alba	Scolopacidae	---	---	---	Marino	BD
48	AVES	---	Calidris fuscicollis	Scolopacidae	---	---	---	Marino	BD
49	AVES	---	Calidris minutilla	Scolopacidae	---	---	---	Marino	BD

No.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	ESTATUS (IUCN/NOM-059)	HABITOS	REGISTRO
50	AVES	---	Calidris pusilla	Scolopacidae	---	---	---	Marino	BD
51	AVES	Carpintero pico plateado	Campephilus guatemalensis	Picidae	NE	LC	---	R	D
52	AVES	---	Camptostoma imberbe	Tyrannidae	---	---	---	R	BD
53	AVES	Cardenal rojo	Cardinalis cardinalis	Cardinalidae	NE	LC	---	R	D
54	AVES	Zopilote aura	Cathartes aura	Cathartidae	NE	LC	---	R	D
55	AVES	Aura sabanera	Cathartes burrovianus	Cathartidae	NE	LC	Pr	R	BD
56	AVES	Zorzalito	Catharus ustulatus	Turdidae	NE	LC	---	M	BD
57	AVES	---	Ceratopipra mentalis	Pipridae	---	---	---	R	BD
58	AVES	---	Chaetura pelagica	Apodidae	---	---	---	Transitoria	BD
59	AVES	---	Chaetura vauxi	Apodidae	---	---	---	R	BD
60	AVES	---	Charadrius semipalmatus	Charadriidae	---	---	---	Marino	BD
61	AVES	---	Charadrius vociferus	Charadriidae	---	---	---	Marino	BD
62	AVES	Martín pescador verde	Chloroceryle americana	Cerylidae	NE	LC	---	R	D
63	AVES	---	Chondrohierax uncinatus	Accipitridae	---	---	---	R	BD
64	AVES	---	Chordeiles acutipennis	Caprimulgidae	---	---	---	R	BD
65	AVES	---	Chordeiles minor	Caprimulgidae	---	---	---	M	BD
66	AVES	---	Claravis pretiosa	Columbidae	---	---	---	R	BD
67	AVES	---	Coccyzus minor	Cuculidae	---	---	---	R	BD
68	AVES	---	Colaptes rubiginosus	Picidae	---	---	---	R	BD
69	AVES	---	Colinus nigrogularis	Odontophoridae	---	---	---	R	BD
70	AVES	Paloma común	Columba livia	Columbidae	NE	LC	---	R	BD
71	AVES	Tortolita pico corto	Columbina passerina	Columbidae	NE	LC	---	R	D
72	AVES	Tortolita	Columbina talpacoti	Columbidae	NE	LC	---	R	D
73	AVES	---	Contopus cinereus	Tyrannidae	---	---	---	R	BD
74	AVES	Papamoscas del este	Contopus virens	Tyrannidae	NE	LC	---	M	D
75	AVES	Zopilote común	Coragyps atratus	Cathartidae	NE	LC	---	R	D
76	AVES	Garrapatero pijuy	Crotophaga sulcirostris	Cuculidae	NE	LC	---	R	D
77	AVES	---	Crypturellus cinnamomeus	Tinamidae	---	---	---	R	BD
78	AVES	---	Cyanerpes cyaneus	Thraupidae	---	---	---	R	BD
79	AVES	---	Cyanocompsa parellina	Cardinalidae	---	---	---	R	BD
80	AVES	---	Cyanocorax morio	Corvidae	---	---	---	R	BD
81	AVES	Chara verde	Cyanocorax yncas	Corvidae	NE	LC	---	R	D
82	AVES	Chara yucateca	Cyanocorax yucatanicus	Corvidae	NE	LC	---	R	D

No.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	ESTATUS (IUCN/NOM-059)	HABITOS	REGISTRO
83	AVES	---	Cyanoloxia cyanoides	Cardinalidae	---	---	---	R	BD
84	AVES	Vireón cejirrufo	Cyclarhis gujanensis	Vireonidae	NE	LC	---	R	BD
85	AVES	Esmeralda de Canivet	Cynanthus canivetii	Trochilidae	NE	LC	---	R	BD
86	AVES	---	Dendrocincla anabatina	Furnariidae	---	---	---	R	BD
87	AVES	---	Dendrocincla homochroa	Furnariidae	---	---	---	R	BD
88	AVES	---	Dendrocolaptes sanctithomae	Furnariidae	---	---	---	R	BD
89	AVES	Pijije alas blancas	Dendrocygna autumnalis	Anatidae	NE	LC	---	M	D
90	AVES	Tordo cantor	Dives dives	Icteridae	NE	LC	---	R	D
91	AVES	---	Driophlox fuscicauda	Cardinalidae	---	---	---	R	BD
92	AVES	---	Dryobates scalaris	Picidae	---	---	---	R	BD
93	AVES	Carpintero lineado	Dryocopus lineatus	Picidae	---	---	---	R	D
94	AVES	Pájaro gato	Dumetella carolinensis	Mimidae	NE	LC	---	M	BD
95	AVES	---	Egretta caerulea	Ardeidae	---	---	---	R	D
96	AVES	---	Egretta rufescens	Ardeidae	---	---	---	R	BD
97	AVES	Garza nivea	Egretta thula	Ardeidae	NE	LC	---	M	D
98	AVES	Garza tricolor	Egretta tricolor	Ardeidae	NE	LC	---	M	D
99	AVES	---	Elaenia flavogaster	Tyrannidae	---	---	---	R	BD
100	AVES	---	Elanoides forficatus	Accipitridae	---	---	---	M	BD
101	AVES	---	Empidonax flaviventris	Tyrannidae	---	---	---	R	BD
102	AVES	Papamoscas chico	Empidonax minimus	Tyrannidae	NE	LC	---	M	D
103	AVES	---	Eucometis penicillata	Thraupidae	---	---	---	R	BD
104	AVES	---	Eudocimus albus	Threskiornithidae	---	---	---	R	BD
105	AVES	Momoto cejas azules	Eumomota superciliosa	Momotidae	NE	LC	---	R	D
106	AVES	---	Euphonia affinis	Fringillidae	---	---	---	R	BD
107	AVES	Fruterito de garganta amarilla	Euphonia hirundinacea	Fringillidae	NE	LC	---	R	BD
108	AVES	Perico pechisucio	Eupsittula nana	Psittacidae	NE	NT	Pr	R	D
109	AVES	---	Falco columbarius	Falconidae	---	---	---	M	BD
110	AVES	---	Falco peregrinus	Falconidae	---	---	---	R	BD
111	AVES	---	Falco rufigularis	Falconidae	---	---	---	R	BD
112	AVES	---	Formicarius moniliger	Formicariidae	---	---	---	R	BD
113	AVES	---	Fregata magnificens	Fregatidae	---	---	---	R	BD
114	AVES	---	Geothlypis formosa	Parulidae	---	---	---	M	BD

No.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	ESTATUS (IUCN/NOM-059)	HABITOS	REGISTRO
115	AVES	---	Geothlypis poliocephala	Parulidae	---	---	---	R	BD
116	AVES	---	Geothlypis trichas	Parulidae	---	---	---	R	BD
117	AVES	---	Geranoaetus albicaudatus	Accipitridae	---	---	---	R	BD
118	AVES	---	Glaucidium brasilianum	Strigidae	---	---	---	R	BD
119	AVES	Habia coronirroja	Habia rubica	Cardinalidae	NE	LC	---	R	BD
120	AVES	---	Helmitheros vermivorum	Parulidae	---	---	---	M	BD
121	AVES	---	Henicorhina leucosticta	Troglodytidae	---	---	---	R	BD
122	AVES	---	Herpetotheres cachinnans	Falconidae	---	---	---	R	BD
123	AVES	---	Himantopus mexicanus	Recurvirostridae	---	---	---	R	BD
124	AVES	---	Hirundo rustica	Hirundinidae	---	---	---	Residente	BD
125	AVES	---	Hydroprogne caspia	Laridae	---	---	---	Marino	BD
126	AVES	---	Hylocichla mustelina	Turdidae	---	---	---	M	BD
127	AVES	---	Icteria virens	Icteriidae	---	---	---	M	BD
128	AVES	Bolsero yucateco	Icterus auratus	Icteridae	E	LC	---	R	D
129	AVES	---	Icterus chrysater	Icteridae	---	---	---	R	BD
130	AVES	Bolsero encapuchado	Icterus cucullatus	Icteridae	E	LC	---	R	D
131	AVES	---	Icterus galbula	Icteridae	---	---	---	M	BD
132	AVES	Bolsero altamira	Icterus gularis	Icteridae	NE	LC	---	R	BD
133	AVES	---	Icterus mesomelas	Icteridae	---	---	---	R	BD
134	AVES	---	Icterus prosthemelas	Icteridae	---	---	---	R	BD
135	AVES	---	Icterus spurius	Icteridae	---	---	---	M	BD
136	AVES	---	Ictinia mississippiensis	Accipitridae	---	---	---	Transitoria	BD
137	AVES	---	Jacana spinosa	Jacanidae	---	---	---	R	D
138	AVES	---	Legatus leucophaius	Tyrannidae	---	---	---	M	BD
139	AVES	Reinita de Tennessee	Leiothlypis peregrina	Parulidae	NE	LC	---	M	BD
140	AVES	---	Leptodon cayanensis	Accipitridae	---	---	---	R	BD
141	AVES	Paloma arroyera	Leptotila verreauxi	Columbidae	NE	LC	---	R	D
142	AVES	---	Leucophaeus atricilla	Laridae	---	---	---	Marino	BD
143	AVES	---	Limnothlypis swainsonii	Parulidae	---	---	---	R	BD
144	AVES	---	Megaceryle alcyon	Alcedinidae	---	---	---	M	BD

No.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	ESTATUS (IUCN/NOM-059)	HABITOS	REGISTRO
145	AVES	---	Megaceryle torquata	Alcedinidae	---	---	---	R	BD
146	AVES	---	Megarynchus pitangua	Tyrannidae	---	---	---	R	BD
147	AVES	---	Megascops guatemalae	Strigidae	---	---	---	R	BD
148	AVES	---	Melanerpes aurifrons	Picidae	---	---	---	R	BD
149	AVES	Carpintero yucateco	Melanerpes pygmaeus	Ramphastidae	NE	LC	---	R	D
150	AVES	Maullador negro	Melanoptila glabrirostris	Mimidae	NE	NT	Pr	R	D
151	AVES	---	Micrastur ruficollis	Falconidae	---	---	---	R	BD
152	AVES	---	Micrastur semitorquatus	Falconidae	---	---	---	R	BD
153	AVES	Cenzontle	Mimus gilvus	Mimidae	NE	LC	---	R	D
154	AVES	Vaquero ojirrojo	Molothrus aeneus	Icteridae	NE	LC	---	R	BD
155	AVES	---	Molothrus oryzivorus	Icteridae	---	---	---	R	BD
156	AVES	---	Momotus lessonii	Momotidae	---	---	---	R	BD
157	AVES	---	Myiarchus crinitus	Tyrannidae	---	---	---	M	BD
158	AVES	---	Myiarchus tyrannulus	Tyrannidae	---	---	---	R	BD
159	AVES	---	Myiarchus yucatanensis	Tyrannidae	---	---	---	R	BD
160	AVES	---	Myiobius sulphureipygius	Onychorhynchidae	---	---	---	R	BD
161	AVES	Bienteveo ventriazufrado	Myiodynastes luteiventris	Tyrannidae	NE	LC	---	M	D
162	AVES	---	Myiopagis viridicata	Tyrannidae	---	---	---	R	BD
163	AVES	---	Myiozetetes similis	Tyrannidae	---	---	---	R	BD
164	AVES	---	Nannopterum auritum	Phalacrocoracidae	---	---	---	Marino	BD
165	AVES	---	Nannopterum brasilianum	Phalacrocoracidae	---	---	---	Marino	BD
166	AVES	---	Notharchus hyperrhynchus	Bucconidae	---	---	---	R	BD
167	AVES	---	Numenius phaeopus	Scolopacidae	---	---	---	Marino	BD
168	AVES	---	Nyctanassa violacea	Ardeidae	---	---	---	R	BD
169	AVES	---	Nyctibius jamaicensis	Nyctibiidae	---	---	---	R	BD
170	AVES	---	Nycticorax nycticorax	Ardeidae	---	---	---	R	BD
171	AVES	---	Nyctidromus albicollis	Caprimulgidae	---	---	---	R	BD
172	AVES	---	Nyctiphrynus yucatanicus	Caprimulgidae	---	---	---	R	BD
173	AVES	---	Oncostoma cinereigulare	Tyrannidae	---	---	---	R	BD
174	AVES	---	Onychorhynchus coronatus	Onychorhynchidae	---	---	---	R	BD

No.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	ESTATUS (IUCN/NOM-059)	HABITOS	REGISTRO
175	AVES	Chachalaca	Ortalis vetula	Cracidae	NE	LC	---	R	D
176	AVES	Cabezón degollado	Pachyramphus aglaiae	Tyrannidae	NE	LC	---	R	D
177	AVES	---	Pachyramphus major	Tityridae	---	---	---	R	BD
178	AVES	Verdillo menor	Pachysylvia decurtata	Vireonidae	NE	LC	---	R	D
179	AVES	---	Pampa curvipennis	Trochilidae	---	---	---	R	BD
180	AVES	---	Pandion haliaetus	Pandionidae	---	---	---	R	BD
181	AVES	---	Panyptila cayennensis	Apodidae	---	---	---	R	BD
182	AVES	---	Parkesia motacilla	Parulidae	---	---	---	R	BD
183	AVES	Reinita charquera norteña	Parkesia noveboracensis	Parulidae	NE	LC	---	M	BD
184	AVES	---	Passerina caerulea	Cardinalidae	---	---	---	R	BD
185	AVES	Azulillo sietecolores	Passerina ciris	Cardinalidae	NE	LC	Pr	R	D
186	AVES	---	Passerina cyanea	Cardinalidae	NE	LC	---	R	BD
187	AVES	---	Patagioenas cayennensis	Columbidae	---	---	---	R	BD
188	AVES	Paloma morada	Patagioenas flavirostris	Columbidae	NE	LC	---	R	D
189	AVES	---	Patagioenas leucocephala	Columbidae	---	---	---	R	BD
190	AVES	---	Pelecanus erythrorhynchos	Pelecanidae	---	---	---	R	BD
191	AVES	---	Pelecanus occidentalis	Pelecanidae	---	---	---	Marino	BD
192	AVES	---	Pelecanus Pelecanus	Pelecaniformes	---	---	---	Dulceacuícola	BD
193	AVES	---	Petrochelidon fulva	Hirundinidae	---	---	---	R	BD
194	AVES	---	Petrochelidon pyrrhonota	Hirundinidae	---	---	---	M	BD
195	AVES	---	Phaethornis striigularis	Trochilidae	---	---	---	R	BD
196	AVES	---	Pheucticus ludovicianus	Cardinalidae	---	---	---	M	BD
197	AVES	---	Pheugopedius maculipectus	Troglodytidae	---	---	---	R	BD
198	AVES	Cuclillo canelo	Piaya cayana	Cuculidae	NE	LC	---	R	D
199	AVES	---	Pionus senilis	Psittacidae	---	---	---	R	BD
200	AVES	---	Piranga olivacea	Cardinalidae	---	---	---	Transitoria	BD
201	AVES	---	Piranga roseogularis	Cardinalidae	---	---	---	Residente	BD
202	AVES	Tangara roja	Piranga rubra	Cardinalidae	NE	LC	---	M	D
203	AVES	Luis bienteveo	Pitangus sulphuratus	Tyrannidae	NE	LC	---	R	D
204	AVES	---	Platalea ajaja	Threskiornithidae	---	---	---	R	BD

No.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	ESTATUS (IUCN/NOM-059)	HABITOS	REGISTRO
205	AVES	---	Plegadis falcinellus	Threskiornithidae	---	---	---	R	BD
206	AVES	---	Podilymbus podiceps	Podicipedidae	---	---	---	R	BD
207	AVES	---	Polioptila bilineata	Polioptilidae	---	---	---	R	BD
208	AVES	Perlita azulgris	Polioptila caerulea	Polioptilidae	NE	LC	---	R	D
209	AVES	---	Porzana carolina	Rallidae	---	---	---	R	BD
210	AVES	---	Progne chalybea	Hirundinidae	---	---	---	R	BD
211	AVES	---	Progne subis	Hirundinidae	---	---	---	M	BD
212	AVES	---	Protonotaria citrea	Parulidae	---	---	---	M	BD
213	AVES	Pea	Psilorhinus morio	Corvidae	NE	LC	---	R	D
214	AVES	---	Pteroglossus torquatus	Ramphastidae	---	---	---	R	BD
215	AVES	Mosquero cardenal	Pyrocephalus rubinus	Tyrannidae	NE	LC	---	M	D
216	AVES	Zanate	Quiscalus mexicanus	Icteridae	NE	LC	---	R	D
217	AVES	Tucán	Ramphastos sulfuratus	Ramphastidae	NE	NT	A	R	D
218	AVES	Soterillo picudo	Ramphocaenus melanurus	Polioptilidae	NE	LC	---	R	BD
219	AVES	Picoplano de anteojos	Rhynchocyclus brevirostris	Tyrannidae	NE	LC	---	R	BD
220	AVES	---	Rupornis magnirostris	Accipitridae	---	---	---	R	BD
221	AVES	---	Saltator atriceps	Thraupidae	---	---	---	R	BD
222	AVES	---	Saltator grandis	Thraupidae	---	---	---	R	BD
223	AVES	---	Saltator maximus	Thraupidae	---	---	---	R	BD
224	AVES	Chipe suelero	Seiurus aurocapilla	Parulidae	NE	LC	---	M	D
225	AVES	---	Setophaga castanea	Parulidae	---	---	---	Transitoria	BD
226	AVES	Chipe encapuchado	Setophaga citrina	Parulidae	NE	LC	---	M	BD
227	AVES	---	Setophaga coronata	Parulidae	---	---	---	R	BD
228	AVES	---	Setophaga dominica	Parulidae	---	---	---	M	BD
229	AVES	Reinita de magnolia	Setophaga magnolia	Parulidae	NE	LC	---	M	BD
230	AVES	---	Setophaga petechia	Parulidae	---	---	---	R	BD
231	AVES	Candelita norteña	Setophaga ruticilla	Parulidae	NE	LC	---	M	BD
232	AVES	Reinita dorsiverde	Setophaga virens	Parulidae	NE	LC	---	M	BD
233	AVES	---	Sittasomus griseicapillus	Furnariidae	---	---	---	R	BD
234	AVES	---	Spatula discors	Anatidae	---	---	---	M	BD

No.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	ESTATUS (IUCN/NOM-059)	HABITOS	REGISTRO
235	AVES	Águila azor galana	Spizaetus ornatus	Accipitridae	NE	NT	P	R	D
236	AVES	---	Spizaetus tyrannus	Accipitridae	---	---	---	R	BD
237	AVES	Semillero de Morelet	Sporophila morelleti	Thraupidae	NE	LC	---	R	BD
238	AVES	Golondrina aliserrada yucateca	Stelgidopteryx serripennis	Hirundinidae	NE	LC	---	R	BD
239	AVES	---	Sterna hirundo	Laridae	---	---	---	Marino	BD
240	AVES	Paloma de collar	Streptopelia decaocto	Columbidae	NE	LC	---	R	D
241	AVES	Cárabo café	Strix virgata	Strigidae	N/E	LC	---	R	BD
242	AVES	---	Tachybaptus dominicus	Podicipedidae	---	---	---	R	BD
243	AVES	---	Tachycineta albilinea	Hirundinidae	---	---	---	R	BD
244	AVES	Golondrina bicolor	Tachycineta bicolor	Hirundinidae	N/E	LC	---	M	D
245	AVES	---	Thalasseus maximus	Laridae	---	---	---	R	BD
246	AVES	---	Thalasseus sandvicensis	Laridae	---	---	---	R	BD
247	AVES	---	Thamnophilus doliatus	Thamnophilidae	---	---	---	R	BD
248	AVES	---	Thraupis abbas	Thraupidae	---	---	---	R	BD
249	AVES	Tangara azul	Thraupis episcopus	Thraupidae	N/E	LC	---	R	D
250	AVES	Cucarachero de Carolina	Thryothorus ludovicianus	Troglodytidae	N/E	LC	---	M	BD
251	AVES	---	Tiaris olivaceus	Thraupidae	---	---	---	R	BD
252	AVES	---	Tigrisoma mexicanum	Ardeidae	---	---	---	R	BD
253	AVES	---	Tityra inquisitor	Tityridae	---	---	---	R	BD
254	AVES	Titira enmascarado	Tityra semifasciata	Tityridae	N/E	LC	---	R	BD
255	AVES	---	Todirostrum cinereum	Tyrannidae	---	---	---	R	BD
256	AVES	Picoplano sulfuroso	Tolmomyias sulphurescens	Tyrannidae	N/E	LC	---	R	BD
257	AVES	---	Tringa melanoleuca	Scolopacidae	---	---	---	Marino	BD
258	AVES	---	Tringa semipalmata	Scolopacidae	---	---	---	Marino	BD
259	AVES	Playero solitario	Tringa solitaria	Scolopacidae	NE	LC	---	M	D
260	AVES	Chochín ratón	Troglodytes musculus	Troglodytidae	N/E	---	---	R	BD
261	AVES	Coa violácea norteña	Trogon caligatus	Trogonidae	NE	LC	---	R	D
262	AVES	Trogon pechiamarillo cabecinegro	Trogon melanocephalus	Trogonidae	NE	LC	---	R	BD
263	AVES	---	Turdus grayi	Turdidae	---	---	---	R	BD
264	AVES	---	Tyrannus couchii	Tyrannidae	---	---	---	R	BD

No.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	ESTATUS (IUCN/NOM-059)	HABITOS	REGISTRO
265	AVES	---	Tyrannus dominicensis	Tyrannidae	---	---	---	Transitoria	BD
266	AVES	Tirano	Tyrannus melancholicus	Tyrannidae	NE	LC	---	R	D
267	AVES	---	Tyrannus savana	Tyrannidae	---	---	---	R	BD
268	AVES	---	Tyrannus tyrannus	Tyrannidae	---	---	---	Transitoria	BD
269	AVES	---	Tyto furcata	Tytonidae	---	---	---	R	BD
270	AVES	---	Uropsila leucogastra	Troglodytidae	---	---	---	R	BD
271	AVES	---	Vermivora cyanoptera	Parulidae	---	---	---	M	BD
272	AVES	---	Vireo flavifrons	Vireonidae	---	---	---	M	BD
273	AVES	Vireo verdeamarillo	Vireo flavoviridis	Vireonidae	NE	LC	---	M	BD
274	AVES	Vireo ojiblanco	Vireo griseus	Vireonidae	NE	LC	---	R	BD
275	AVES	Vireo yucateco	Vireo magister	Vireonidae	NE	LC	---	R	BD
276	AVES	---	Vireo olivaceus	Vireonidae	---	---	---	Transitoria	BD
277	AVES	---	Vireo pallens	Vireonidae	---	---	---	R	BD
278	AVES	Semillero brincador	Volatinia jacarina	Thraupidae	NE	LC	---	R	D
279	AVES	Trepatroncos	Xiphorhynchus flavigaster	Furnariidae	NE	LC	---	R	BD
280	AVES	Paloma alas blancas	Zenaida asiatica	Columbidae	NE	LC	---	R	D
281	MAMIFEROS	Murciélago	Artibeus intermedius	Phyllostomidae	---	LC	---	---	D
282	MAMIFEROS	Murciélago frutero	Artibeus jamaicensis	Phyllostomidae	NE	LC	---	---	D
283	MAMIFEROS	Mono araña	Ateles geoffroyi	Atelidae	NE	EN	P	DI	D
284	MAMIFEROS	---	Centurio senex	Phyllostomidae	---	LC	---	---	BD
285	MAMIFEROS	Zorrillo de espalda blanca sureño	Conepatus semistriatus	Mephitidae	E	LC	Pr	---	D
286	MAMIFEROS	Tepezcuintle	Cunuculus paca	Cuniculidae	NE	LC	---	---	D
287	MAMIFEROS	Sereque	Dasyprocta punctata	Dasyproctidae	NE	LC	---	---	D
288	MAMIFEROS	Tlacuache común	Didelphis virginiana	Didelphidae	NE	LC	---	---	D
289	MAMIFEROS	Tlacoache	Didelphys marsupialis	Didelphidae	NE	LC	---	---	D
290	MAMIFEROS	---	Heteromys gaumeri	Heteromyidae	---	LC	---	---	D
291	MAMIFEROS	---	Lontra annectens	Mustelidae	---	LC	---	---	BD
292	MAMIFEROS	Coati	Nasua narica	Procyonidae	NE	LC	---	---	D
293	MAMIFEROS	Venado de cola blanca	Odocoileus virginianus	Cervidae	NE	LC	---	---	D
294	MAMIFEROS	Rata de oreja grande	Otonyctomys hatti	Cricetidae	---	LC	A	---	BD

No.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	ESTATUS (IUCN/NOM-059)	HABITOS	REGISTRO
295	MAMIFEROS	Tlacuache cuatrojos gris	Philander opossum	Didelphidae	NE	LC	---	---	D
296	MAMIFEROS	Mapache	Procyon lotor	Procyonidae	NE	LC	---	---	D
297	MAMIFEROS	Murciélago	Rhogeessa aenea	Vespertilionidae	---	LC	---	---	BD
298	MAMIFEROS	Murciélago	Rhynchonycteris	Emballonuridae	---	LC	Pr	---	BD
299	MAMIFEROS	Murciélago narigón	Rhynchonycteris naso	Emballonuridae	---	LC	---	---	BD
300	MAMIFEROS	Ardilla	Sciuris yucatanensis	Sciuridae	NE	LC	---	---	D
301	MAMIFEROS	Rata algodonera	Sigmodon toltecus	Cricetidae	---	LC	---	---	BD
302	MAMIFEROS	Puercoespín	Sphiggurus mexicanus	Erethizontidae	---	LC	A	---	D
303	MAMIFEROS	Tapir	Tapirus bairdii	Tapiridae	---	EN	P	---	BD
304	MAMIFEROS	Zorra gris	Urocyon cinereoargenteus	Canidae	NE	LC	---	---	D
305	REPTILES	Toloque	Alonis lemurinus	Dactyloidae	NE	LC	---	---	D
306	REPTILES	Abaniquillo pardo del Caribe	Anolis sagrei	Polychrotidae	NE	LC	---	---	D
307	REPTILES	Toloque	Basiliscus vittatus	Corytophanidae	NE	LC	---	---	D
308	REPTILES	Boa	Boa constrictor	Boidae	NE	LC	A	---	D
309	REPTILES	Boa	Boa imperator	Boidae	NE	LC	A	N	BD
310	REPTILES	Bothrops	Bothrops asper	Viperidae	NE	LC	---	N	D
311	REPTILES	Crocodylus	Crocodylus moreletii	Crocodylidae	---	LC	Pr	---	D
312	REPTILES	Drymarchon	Drymarchon melanurus	Colubridae	---	LC	---	---	BD
313	REPTILES	Culebra corredora de Petalillos	Drymobius margaritiferus	Colubridae	NE	LC	---	---	D
314	REPTILES	Hemidactylus	Hemidactylus frenatus	Gekkonidae	NE	LC	---	N	BD
315	REPTILES	Lagartija arcoiris	Holcosus undulatus	Teiidae	NE	LC	---	---	D
316	REPTILES	Iguana verde	Iguana iguana	Iguanidae	NE	LC	Pr	---	D
317	REPTILES	Indotyphlops	Indotyphlops braminus	Typhlopidae	NE	LC	---	---	BD
318	REPTILES	Falsa coralillo real centroamericana	Lampropeltis abnorma	Colubridae	NE	LC	---	---	D
319	REPTILES	Culebra ojo de gato bandada	Leptodeira annulata	Colubridae	NE	LC	Pr	---	D
320	REPTILES	Leptophis	Leptophis mexicanus	Colubridae	NE	LC	A	DI	D
321	REPTILES	Micrurus	Micrurus apiatus	Elapidae	NE	LC	---	N	BD
322	REPTILES	Coralillo	Micrurus diastema	Elapidae	NE	LC	Pr	---	D
323	REPTILES	Ninia	Ninia sebae	Dipsadidae	---	LC	---	---	BD
324	REPTILES	Oxybelis	Oxybelis fulgidus	Colubridae	NE	LC	---	DI	D

No.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	ESTATUS (IUCN/NOM-059)	HABITOS	REGISTRO
325	REPTILES	Tortuga mojina	Rhinoclemmys areolata	Geoemydidae	NE	NT	A	---	D
326	REPTILES	Lagartija espinosa de puntos amarillos	Sceloporus chrysostictus	Phrynosomatidae	NE	LC	---	DI	D
327	REPTILES	Staurotypus	Staurotypus triporcatus	Kinosternidae	---	NT	A	---	BD
328	REPTILES	Trachemys	Trachemys venusta iversoni	Emydidae	NE	LC	---	DI	BD

Diversidad de Shannon-Wiener

El índice de diversidad observado de acuerdo con el método de Shannon Wiener para aves, fue alta para ambos escenarios calculado en 3.87 y 3.83 mientras que la diversidad máxima esperada que pudiera presentarse en la comunidad es de 4.04, lo cual nos da un índice de equidad de 0.96 y 0.95, esto indica que cada una de las especies registradas, tienen una probabilidad del 96% y 95% respectivamente de ser encontradas (tabla IV-74 y IV-75).

Tabla IV-74. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon- Wiener en aves (SA).

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Agriocharis ocellata	Phasianidae	7	0.012	-4.401	-0.054	0.054	0.013
Amazilia yucatanensis	Trochilidae	6	0.011	-4.556	-0.048	0.048	0.012
Amazona albifrons	Psittacidae	7	0.012	-4.401	-0.054	0.054	0.013
Amazona autumnalis	Psittacidae	8	0.014	-4.268	-0.06	0.06	0.015
Ardea ibis	Ardeidae	6	0.011	-4.556	-0.048	0.048	0.012
Butorides virescens	Ardeidae	4	0.007	-4.961	-0.035	0.035	0.009
Campephilus guatemalensis	Picidae	12	0.021	-3.862	-0.081	0.081	0.02
Cardinalis cardinalis	Cardinalidae	8	0.014	-4.268	-0.06	0.06	0.015
Cathartes aura	Cathartidae	14	0.025	-3.708	-0.091	0.091	0.022
Chloroceryle americana	Cerylidae	5	0.009	-4.738	-0.041	0.041	0.01
Columbina passerina	Columbidae	15	0.026	-3.639	-0.096	0.096	0.024
Columbina talpacoti	Columbidae	11	0.019	-3.949	-0.076	0.076	0.019
Contopus virens	Tyrannidae	9	0.016	-4.15	-0.065	0.065	0.016
Coragyps atratus	Cathartidae	22	0.039	-3.256	-0.125	0.125	0.031
Crotophaga sulcirostris	Cuculidae	12	0.021	-3.862	-0.081	0.081	0.02
Cyanocorax yncas	Corvidae	6	0.011	-4.556	-0.048	0.048	0.012
Cyanocorax yucatanicus	Corvidae	13	0.023	-3.782	-0.086	0.086	0.021
Dendrocygna autumnalis	Anatidae	7	0.012	-4.401	-0.054	0.054	0.013
Dives dives	Icteridae	8	0.014	-4.268	-0.06	0.06	0.015
Dryocopus lineatus	Picidae	4	0.007	-4.961	-0.035	0.035	0.009
Egretta caerulea	Ardeidae	4	0.007	-4.961	-0.035	0.035	0.009

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Egretta thula	Ardeidae	5	0.009	-4.738	-0.041	0.041	0.01
Egretta tricolor	Ardeidae	4	0.007	-4.961	-0.035	0.035	0.009
Empidonax minimus	Tyrannidae	9	0.016	-4.15	-0.065	0.065	0.016
Eumomota superciliosa	Momotidae	13	0.023	-3.782	-0.086	0.086	0.021
Eupsittula nana	Psittacidae	25	0.044	-3.129	-0.137	0.137	0.034
Icterus auratus	Icteridae	9	0.016	-4.15	-0.065	0.065	0.016
Icterus cucullatus	Icteridae	10	0.018	-4.045	-0.071	0.071	0.018
Jacana spinosa	Jacanidae	3	0.005	-5.249	-0.028	0.028	0.007
Leptotila verreauxi	Columbidae	12	0.021	-3.862	-0.081	0.081	0.02
Melanerpes pygmaeus	Ramphastidae	14	0.025	-3.708	-0.091	0.091	0.022
Melanoptila glabrirostris	Mimidae	6	0.011	-4.556	-0.048	0.048	0.012
Mimus gilvus	Mimidae	21	0.037	-3.303	-0.121	0.121	0.03
Myiodynastes luteiventris	Tyrannidae	8	0.014	-4.268	-0.06	0.06	0.015
Ortalis vetula	Cracidae	27	0.047	-3.052	-0.144	0.144	0.036
Pachyramphus aglaiae	Tyrannidae	11	0.019	-3.949	-0.076	0.076	0.019
Pachysylvia decurtata	Vireonidae	7	0.012	-4.401	-0.054	0.054	0.013
Passerina ciris	Cardinalidae	5	0.009	-4.738	-0.041	0.041	0.01
Patagioenas flavirostris	Columbidae	6	0.011	-4.556	-0.048	0.048	0.012
Piaya cayana	Cuculidae	5	0.009	-4.738	-0.041	0.041	0.01
Piranga rubra	Cardinalidae	4	0.007	-4.961	-0.035	0.035	0.009
Pitangus sulphuratus	Tyrannidae	12	0.021	-3.862	-0.081	0.081	0.02
Polioptila caerulea	Polioptilidae	4	0.007	-4.961	-0.035	0.035	0.009
Psilorhinus morio	Corvidae	14	0.025	-3.708	-0.091	0.091	0.022
Pyrocephalus rubinus	Tyrannidae	7	0.012	-4.401	-0.054	0.054	0.013
Quiscalus mexicanus	Icteridae	30	0.053	-2.946	-0.155	0.155	0.038
Ramphastos sulfuratus	Ramphastidae	6	0.011	-4.556	-0.048	0.048	0.012
Seiurus aurocapilla	Parulidae	5	0.009	-4.738	-0.041	0.041	0.01
Spizaetus ornatus	Accipitridae	3	0.005	-5.249	-0.028	0.028	0.007
Streptopelia decaocto	Columbidae	13	0.023	-3.782	-0.086	0.086	0.021
Tachycineta bicolor	Hirundinidae	19	0.033	-3.403	-0.113	0.113	0.028
Thraupis episcopus	Thraupidae	8	0.014	-4.268	-0.06	0.06	0.015
Tringa solitaria	Scolopacidae	4	0.007	-4.961	-0.035	0.035	0.009
Trogon caligatus	Trogonidae	8	0.014	-4.268	-0.06	0.06	0.015
Tyrannus melancholicus	Tyrannidae	17	0.03	-3.514	-0.105	0.105	0.026
Volatinia jacarina	Thraupidae	6	0.011	-4.556	-0.048	0.048	0.012
Zenaida asiatica	Columbidae	23	0.04	-3.212	-0.129	0.129	0.032
57		571	1	-240.19	-3.87	3.87	0.957

Riqueza (S) =	57
H´ Calculada =	3.87
H max =	4.04
Equidad (J) =	0.96
H max - H´ =	0.17

Tabla IV-75 Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon- Wiener en aves (AI).

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Agriocharis ocellata	Phasianidae	6	0.018	-4.001	-0.073	0.073	0.018
Amazilia yucatanensis	Trochilidae	4	0.012	-4.407	-0.054	0.054	0.013
Amazona albifrons	Psittacidae	6	0.018	-4.001	-0.073	0.073	0.018
Amazona autumnalis	Psittacidae	2	0.006	-5.100	-0.031	0.031	0.008
Ardea ibis	Ardeidae	3	0.009	-4.694	-0.043	0.043	0.011
Butorides virescens	Ardeidae	2	0.006	-5.100	-0.031	0.031	0.008
Campephilus guatemalensis	Picidae	5	0.015	-4.184	-0.064	0.064	0.016
Cardinalis cardinalis	Cardinalidae	5	0.015	-4.184	-0.064	0.064	0.016
Cathartes aura	Cathartidae	7	0.021	-3.847	-0.082	0.082	0.020
Chloroceryle americana	Cerylidae	3	0.009	-4.694	-0.043	0.043	0.011
Columbina passerina	Columbidae	9	0.027	-3.596	-0.099	0.099	0.024
Columbina talpacoti	Columbidae	9	0.027	-3.596	-0.099	0.099	0.024
Contopus virens	Tyrannidae	3	0.009	-4.694	-0.043	0.043	0.011
Coragyps atratus	Cathartidae	9	0.027	-3.596	-0.099	0.099	0.024
Crotophaga sulcirostris	Cuculidae	10	0.030	-3.490	-0.106	0.106	0.026
Cyanocorax yncas	Corvidae	3	0.009	-4.694	-0.043	0.043	0.011
Cyanocorax yucatanicus	Corvidae	5	0.015	-4.184	-0.064	0.064	0.016
Dendrocygna autumnalis	Anatidae	3	0.009	-4.694	-0.043	0.043	0.011
Dives dives	Icteridae	6	0.018	-4.001	-0.073	0.073	0.018
Dryocopus lineatus	Picidae	2	0.006	-5.100	-0.031	0.031	0.008
Egretta caerulea	Ardeidae	2	0.006	-5.100	-0.031	0.031	0.008
Egretta thula	Ardeidae	3	0.009	-4.694	-0.043	0.043	0.011
Egretta tricolor	Ardeidae	2	0.006	-5.100	-0.031	0.031	0.008
Empidonax minimus	Tyrannidae	5	0.015	-4.184	-0.064	0.064	0.016
Eumomota superciliosa	Momotidae	6	0.018	-4.001	-0.073	0.073	0.018
Eupsittula nana	Psittacidae	15	0.046	-3.085	-0.141	0.141	0.035
Icterus auratus	Icteridae	5	0.015	-4.184	-0.064	0.064	0.016
Icterus cucullatus	Icteridae	7	0.021	-3.847	-0.082	0.082	0.020
Jacana spinosa	Jacanidae	1	0.003	-5.793	-0.018	0.018	0.004
Leptotila verreauxi	Columbidae	7	0.021	-3.847	-0.082	0.082	0.020
Melanerpes pygmaeus	Ramphastidae	4	0.012	-4.407	-0.054	0.054	0.013
Melanoptila glabrirostris	Mimidae	6	0.018	-4.001	-0.073	0.073	0.018
Mimus gilvus	Mimidae	14	0.043	-3.154	-0.135	0.135	0.033
Myiodynastes luteiventris	Tyrannidae	4	0.012	-4.407	-0.054	0.054	0.013
Ortalis vetula	Cracidae	14	0.043	-3.154	-0.135	0.135	0.033

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Pachyramphus aglaiae	Tyrannidae	9	0.027	-3.596	-0.099	0.099	0.024
Pachysylvia decurtata	Vireonidae	4	0.012	-4.407	-0.054	0.054	0.013
Passerina ciris	Cardinalidae	4	0.012	-4.407	-0.054	0.054	0.013
Patagioenas flavirostris	Columbidae	4	0.012	-4.407	-0.054	0.054	0.013
Piaya cayana	Cuculidae	2	0.006	-5.100	-0.031	0.031	0.008
Piranga rubra	Cardinalidae	2	0.006	-5.100	-0.031	0.031	0.008
Pitangus sulphuratus	Tyrannidae	6	0.018	-4.001	-0.073	0.073	0.018
Polioptila caerulea	Polioptilidae	2	0.006	-5.100	-0.031	0.031	0.008
Psilorhinus morio	Corvidae	7	0.021	-3.847	-0.082	0.082	0.020
Pyrocephalus rubinus	Tyrannidae	5	0.015	-4.184	-0.064	0.064	0.016
Quiscalus mexicanus	Icteridae	21	0.064	-2.748	-0.176	0.176	0.044
Ramphastos sulfuratus	Ramphastidae	4	0.012	-4.407	-0.054	0.054	0.013
Seiurus aurocapilla	Parulidae	4	0.012	-4.407	-0.054	0.054	0.013
Spizaetus ornatus	Accipitridae	1	0.003	-5.793	-0.018	0.018	0.004
Streptopelia decaocto	Columbidae	8	0.024	-3.714	-0.091	0.091	0.022
Tachycineta bicolor	Hirundinidae	10	0.030	-3.490	-0.106	0.106	0.026
Thraupis episcopus	Thraupidae	3	0.009	-4.694	-0.043	0.043	0.011
Tringa solitaria	Scolopacidae	2	0.006	-5.100	-0.031	0.031	0.008
Trogon caligatus	Trogonidae	5	0.015	-4.184	-0.064	0.064	0.016
Tyrannus melancholicus	Tyrannidae	10	0.030	-3.490	-0.106	0.106	0.026
Volatinia jacarina	Thraupidae	3	0.009	-4.694	-0.043	0.043	0.011
Zenaida asiatica	Columbidae	15	0.046	-3.085	-0.141	0.141	0.035
57		328	1	-242.769	-3.834	3.834	0.948

Riqueza (S) =	57
H´ Calculada =	3.83
H max =	4.04
Equidad (J) =	0.95
H max - H´ =	0.21

En cuanto al grupo de mamíferos, el índice de diversidad observada de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue normal calculado en 2.66 y 2.67 mientras que la diversidad máxima esperada que pudiera observarse en una comunidad es de 2.77, lo cual nos da un índice de equidad de 0.96, esto quiere que decir que todas las especies se encuentran distribuidas de manera equitativa en ambos escenarios (tablas IV- 76 y IV-77).

Tablas IV- 76. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon-Wiener en mamíferos (SA).

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J	Estatus	ind/ha	%
Artibeus intermedius	Phyllostomidae	5	0.038	-3.266	-0.125	0.125	0.045	---	3.33	3.82
Artibeus jamaicensis	Phyllostomidae	7	0.053	-2.929	-0.157	0.157	0.056	---	4.67	5.34
Ateles geoffroyi	Atelidae	8	0.061	-2.796	-0.171	0.171	0.062	P	5.33	6.11
Conepatus semistriatus	Mephitidae	4	0.031	-3.489	-0.107	0.107	0.038	Pr	2.67	3.05

Cunuculus paca	Cuniculidae	5	0.038	-3.266	-0.125	0.125	0.045	---	3.33	3.82
Dasyprocta punctata	Dasyproctidae	9	0.069	-2.678	-0.184	0.184	0.066	---	6.00	6.87
Didelphis virginiana	Didelphidae	8	0.061	-2.796	-0.171	0.171	0.062	---	5.33	6.11
Didelphys marsupialis	Didelphidae	10	0.076	-2.573	-0.196	0.196	0.071	---	6.67	7.63
Heteromys gaumeri	Heteromyidae	12	0.092	-2.390	-0.219	0.219	0.079	---	8.00	9.16
Nasua narica	Procyonidae	21	0.160	-1.831	-0.293	0.293	0.106	---	14.00	16.03
Odocoileus virginianus	Cervidae	7	0.053	-2.929	-0.157	0.157	0.056	---	4.67	5.34
Philander opossum	Didelphidae	4	0.031	-3.489	-0.107	0.107	0.038	---	2.67	3.05
Procyon lotor	Procyonidae	9	0.069	-2.678	-0.184	0.184	0.066	---	6.00	6.87
Sciuris yucatanensis	Sciuridae	12	0.092	-2.390	-0.219	0.219	0.079	---	8.00	9.16
Sphiggurus mexicanus	Erethizontidae	3	0.023	-3.777	-0.086	0.086	0.031	A	2.00	2.29
Urocyon cinereoargenteus	Canidae	7	0.053	-2.929	-0.157	0.157	0.056	---	4.67	5.34
16		131	1.000	-46.205	-2.656	2.656	0.958		87.33	100.00

Riqueza (S) =	16
H´ Calculada =	2.66
H max =	2.77
Equidad (J) =	0.96
H max - H´ =	0.12

Tablas IV- 77. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon-Wiener en mamíferos (AI).

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Artibeus intermedius	Phyllostomidae	3	0.045	-3.091	-0.141	0.141	0.051
Artibeus jamaicensis	Phyllostomidae	4	0.061	-2.803	-0.170	0.170	0.061
Ateles geoffroyi	Atelidae	3	0.045	-3.091	-0.141	0.141	0.051
Conepatus semistriatus	Mephitidae	2	0.030	-3.497	-0.106	0.106	0.038
Cunuculus paca	Cuniculidae	3	0.045	-3.091	-0.141	0.141	0.051
Dasyprocta punctata	Dasyproctidae	4	0.061	-2.803	-0.170	0.170	0.061
Didelphis virginiana	Didelphidae	4	0.061	-2.803	-0.170	0.170	0.061
Didelphys marsupialis	Didelphidae	5	0.076	-2.580	-0.195	0.195	0.071
Heteromys gaumeri	Heteromyidae	6	0.091	-2.398	-0.218	0.218	0.079
Nasua narica	Procyonidae	10	0.152	-1.887	-0.286	0.286	0.103
Odocoileus virginianus	Cervidae	4	0.061	-2.803	-0.170	0.170	0.061
Philander opossum	Didelphidae	2	0.030	-3.497	-0.106	0.106	0.038
Procyon lotor	Procyonidae	5	0.076	-2.580	-0.195	0.195	0.071
Sciuris yucatanensis	Sciuridae	6	0.091	-2.398	-0.218	0.218	0.079
Sphiggurus mexicanus	Erethizontidae	2	0.030	-3.497	-0.106	0.106	0.038
Urocyon cinereoargenteus	Canidae	3	0.045	-3.091	-0.141	0.141	0.051
16		66	1.000	-45.910	-2.672	2.672	0.964

Riqueza (S) =	16
H´ Calculada =	2.67
H max =	2.77
Equidad (J) =	0.96
H max - H´ =	0.10

Para el grupo de los **reptiles**, el índice de diversidad observada de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue **normal** calculado en 2.64 y 2.57, mientras que la diversidad máxima que puede ser observada en la comunidad es de 2.77 lo cual nos da un índice de equidad de 0.95 y 0.93, esto indica que las 16 especies de reptiles reportadas, presenta cada una el 95 % y 93% de probabilidad de ser encontradas en el sitio (tabla IV-78 y IV-79).

Tabla IV-78. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon-Wiener en reptiles (SA).

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Alonis lemurinus	Dactyloidae	15	0.125	-2.079	-0.260	0.260	0.094
Anolis sagrei	Polychrotidae	17	0.142	-1.954	-0.277	0.277	0.100
Basiliscus vittatus	Corytophanidae	10	0.083	-2.485	-0.207	0.207	0.075
Boa constrictor	Boidae	2	0.017	-4.094	-0.068	0.068	0.025
Bothrops asper	Viperidae	3	0.025	-3.689	-0.092	0.092	0.033
Crocodylus moreletii	Crocodylidae	8	0.067	-2.708	-0.181	0.181	0.065
Drymobius margaritiferus	Colubridae	6	0.050	-2.996	-0.150	0.150	0.054
Holcosus undulatus	Teiidae	11	0.092	-2.390	-0.219	0.219	0.079
Iguana iguana	Iguanidae	7	0.058	-2.842	-0.166	0.166	0.060
Lampropeltis abnorma	Colubridae	4	0.033	-3.401	-0.113	0.113	0.041
Leptodeira annulata	Colubridae	4	0.033	-3.401	-0.113	0.113	0.041
Leptophis mexicanus	Colubridae	6	0.050	-2.996	-0.150	0.150	0.054
Micrurus diastema	Elapidae	9	0.075	-2.590	-0.194	0.194	0.070
Oxybelis fulgidus	Colubridae	5	0.042	-3.178	-0.132	0.132	0.048
Rhinoclemmys areolata	Geoemydidae	6	0.050	-2.996	-0.150	0.150	0.054
Sceloporus chrysostictus	Phrynosomatidae	7	0.058	-2.842	-0.166	0.166	0.060
16		120	1	-46.641	-2.638	2.638	0.952

Riqueza (S) =	16
H´ Calculada =	2.64
H max =	2.77
Equidad (J) =	0.95
H max - H´ =	0.13

Tabla IV-79 Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon-Wiener en reptiles (AI).

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Alonis lemurinus	Dactyloidae	9	0.143	-1.946	-0.278	0.278	0.100
Anolis sagrei	Polychrotidae	7	0.111	-2.197	-0.244	0.244	0.088
Basiliscus vittatus	Corytophanidae	9	0.143	-1.946	-0.278	0.278	0.100
Boa constrictor	Boidae	1	0.016	-4.143	-0.066	0.066	0.024
Bothrops asper	Viperidae	1	0.016	-4.143	-0.066	0.066	0.024
Crocodylus moreletii	Crocodylidae	5	0.079	-2.534	-0.201	0.201	0.073
Drymobius margaritiferus	Colubridae	2	0.032	-3.450	-0.110	0.110	0.040
Holcosus undulatus	Teiidae	6	0.095	-2.351	-0.224	0.224	0.081
Iguana iguana	Iguanidae	2	0.032	-3.450	-0.110	0.110	0.040
Lampropeltis abnorma	Colubridae	3	0.048	-3.045	-0.145	0.145	0.052
Leptodeira annulata	Colubridae	1	0.016	-4.143	-0.066	0.066	0.024
Leptophis mexicanus	Colubridae	4	0.063	-2.757	-0.175	0.175	0.063
Micrurus diastema	Elapidae	4	0.063	-2.757	-0.175	0.175	0.063
Oxybelis fulgidus	Colubridae	3	0.048	-3.045	-0.145	0.145	0.052
Rhinoclemmys areolata	Geoemydidae	3	0.048	-3.045	-0.145	0.145	0.052
Sceloporus chrysostictus	Phrynosomatidae	3	0.048	-3.045	-0.145	0.145	0.052
16		63	1	-47.995	-2.571	2.571	0.927

Riqueza (S) =	16
H´ Calculada =	2.57
H max =	2.77
Equidad (J) =	0.93
H max - H´ =	0.20

Finalmente, para el grupo de los **anfibios**, el índice de diversidad observada de acuerdo con el método de Shannon Wiener fue **normal** calculado en 2.24 y 2.25, mientras que la diversidad máxima que puede ser observada en la comunidad es de 2.30, lo cual da un índice de equidad de 0.97 y 0.98, esto indica que las 10 especies de reptiles reportadas, presenta cada una el 97 % y 98% de probabilidad de ser encontradas en el sitio (tabla IV-80 y IV-81).

Tabla IV-80. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon-Wiener en anfibios (SA).

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Agalychnis taylori	Hylidae	5	0.068	-2.681	-0.184	0.184	0.080
Bufo marinus	Bufonidae	8	0.110	-2.211	-0.242	0.242	0.105
Dendropsophus ebraccatus	Hylidae	9	0.123	-2.093	-0.258	0.258	0.112
Eleutherodactylus planirostris	Eleutherodactylidae	6	0.082	-2.499	-0.205	0.205	0.089
Incilius valliceps	Bufonidae	12	0.164	-1.806	-0.297	0.297	0.129
Leptodactylus fragilis	Leptodactylidae	10	0.137	-1.988	-0.272	0.272	0.118
Leptodactylus labialis	Leptodactylidae	8	0.110	-2.211	-0.242	0.242	0.105
Lithobates brownorum	Ranidae	4	0.055	-2.904	-0.159	0.159	0.069
Rhinophrynus dorsalis	Rhinophrynidae	4	0.055	-2.904	-0.159	0.159	0.069

Tlalocohyla picta	Hylidae	7	0.096	-2.345	-0.225	0.225	0.098
10		73	1.000	-23.641	-2.244	2.244	0.975

Riqueza (S) =	10
H´ Calculada =	2.24
H max =	2.30
Equidad (J) =	0.97
H max - H´ =	0.06

Tabla IV-81. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon-Wiener en anfibios (AI).

NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	Abundancia absoluta	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Agalychnis taylori	Hylidae	2	0.051	-2.970	-0.152	0.152	0.066
Bufo marinus	Bufonidae	4	0.103	-2.277	-0.234	0.234	0.101
Dendropsophus ebraccatus	Hylidae	4	0.103	-2.277	-0.234	0.234	0.101
Eleutherodactylus planirostris	Eleutherodactylidae	4	0.103	-2.277	-0.234	0.234	0.101
Incilius valliceps	Bufonidae	6	0.154	-1.872	-0.288	0.288	0.125
Leptodactylus fragilis	Leptodactylidae	5	0.128	-2.054	-0.263	0.263	0.114
Leptodactylus labialis	Leptodactylidae	5	0.128	-2.054	-0.263	0.263	0.114
Lithobates brownorum	Ranidae	3	0.077	-2.565	-0.197	0.197	0.086
Rhinophrynus dorsalis	Rhinophrynidae	2	0.051	-2.970	-0.152	0.152	0.066
Tlalocohyla picta	Hylidae	4	0.103	-2.277	-0.234	0.234	0.101
10		39	1.000	-23.595	-2.251	2.251	0.978

Para corroborar la confiabilidad del tamaño de la muestra, se hizo el análisis no paramétrico de Chao1, dando como resultado que todas las especies fueron correctamente representadas (tabla IV-82).

Tabla IV-82. Índice de Chao 1 en fauna en el SA.

Sobs	Síngleles	Dobletes	Chao 2	Especies faltantes
99	0	1	99.00	0.00

Hay que tomar en cuenta la similitud de los índices por grupo de la SA y AI, ya que se comparten las mismas especies.

Análisis de la fauna del predio (AP).

Descripción del método de muestreo

Se realizaron 2 salidas de campo en el mes de marzo de 2024, y en julio de 2026 para la rectificación de la información y, sobre todo en épocas aún con lluvia y en secas. De tal manera que las labores de campo, aunque escalonadas, cumplen con la variación en cuanto a estacionalidad, quedando de la siguiente manera: 11 al 16 de marzo de 2024 y del 3 al 8 de Julio de 2026

Consistió en la aplicación del mismo formato forestal (figura IV-79), en donde en cada parcela se registraron las observaciones directas, rastros, huellas, excretas y cualquier indicio de presencia de alguna especie, más las observaciones realizadas en el trayecto entre parcelas (figura IV-780). Se aplicaron tres métodos diferentes para el muestreo de fauna; se dispusieron de una red de 10 trampas Sherman (figura IV-81), 4 cámaras trampa (figura IV-81) Marca Moultrie modelo Game Spy por 15 días, acumulando un esfuerzo de trampeo de 1,440 h; las cámaras se colocaron a una altura promedio de 35 cm y fueron programadas para hacer dos disparos al momento de detectar el movimiento de cualquier tipo de organismo. Estos se restablecían a los 60 s. después del último disparo. Estas fueron cebadas con frutas como atrayente para especies frugívoras y herbívoras; y otras dos fueron cebadas con sardina en lata como atrayente para especies carnívoras. Para caracterizar la avifauna se utilizó el método de conteo por puntos, para ello se ocuparon los mismos sitios, en cada punto se realizaron observaciones con duración de 30 minutos cada una, durante tres días de igual forma, se observaron y anotaron todos los individuos que se percharon a los alrededores y los que pasaron volando. Las observaciones se realizaron entre las 06:00 a 08:00 h, estos muestreos directos realizados para cada grupo taxonómico de acuerdo a Jones[48] (1986) y Cherkiss[49] et al (2005), fueron complementados con recorridos diurnos mediante el uso de los transectos lineales de parcela a parcela, para el registro de huellas y cualquier otro signo que evidencie la presencia de fauna vertebrada, de tal manera que fue determinado cualquier taxón avistado.



Figura IV-79. Registro de rastros y excretas.



Figura IV-80. Cuadricula de trampas tipo Sherman.

[48] Jones, K. B. 1986. Chapter 14. Amphibians and Reptiles. Pp 267-290. In: Cooperrider, A. Y., R. J. Boyd, and H. Stuart, eds. Inventory and monitoring of wildlife habitat. U.S. Dept. Inter., Bur. Land Manage. Service Center. Denver, Co. XVIII, 858 pp.
[49] Cherkiss, M. S., H. E. Fling, F. J. Mazzotti, K. G. Rice, y M. D. Conill. 2005. Wildlife.



Figura IV-81. Colocación de cámaras trampa y estaciones de olor.

Importante fue el criterio empleado para aprovechar los caminos de acceso existentes, las brechas entre parcelas, de manera que variables como materiales, traslado, régimen de propiedad de la tierra, son "variables importantes que aun cuando el tamaño de muestra óptima fuera estadísticamente representativo, tal vez el costo de su aplicación sería demasiado oneroso, por lo que no sería posible su aplicación" (Franco, 2011) 50. De ahí que hayan sido 30 sitios la matriz utilizada.

Para el orden Chiroptera, se utilizó un método de muestreo directo en donde se seleccionó el sitio idóneo para la captura de individuos, que en este caso fue sobre el camino de acceso, en donde se colocó una red tipo niebla de 6m de longitud (figura IV-82).



Figura IV-82 Utilización de red de niebla.

[50] Franco Lopez Jonathan. 2011. Ecología y conservación. Editorial Trillas, SA de CV. México, D.F.

La herpetofauna se determinó mediante la recopilación de claves dicotómicas de Flores-Villela[51] et. al (1995), los cambios taxonómicos fueron siguiendo a Flores-Villela y Canseco-Márquez[52] (2004), Frost[53] et. al (2006), Wüster[54] et. al (2005) y Smith[55] (2005). La mastofauna fue determinada según Medellín[56] et. al (1997), Wilson y Reeder[57] (1993), Arita y Ceballos[58] (1997) y Reid (1997), mientras que los cambios taxonómicos fueron siguiendo a Ceballos[59] et. al (2005) y Ramírez-Pulido[60] et. al (2005). Las aves fueron identificadas mediante las guías de Howell y Webb[61] (1995) y Edwards[62] (2003), la taxonomía y nombres actuales se realizaron según la American Ornithologist' Union[63] (AOU) 1998. Las especies endémicas se registraron según Flores-Villela, 1993 para el caso de la herpetofauna. Ceballos, et. al (2005) para los mamíferos, la NOM-059-SEMARNAT-2010 para todas las clases y Howell, et. al (1995) para las aves.

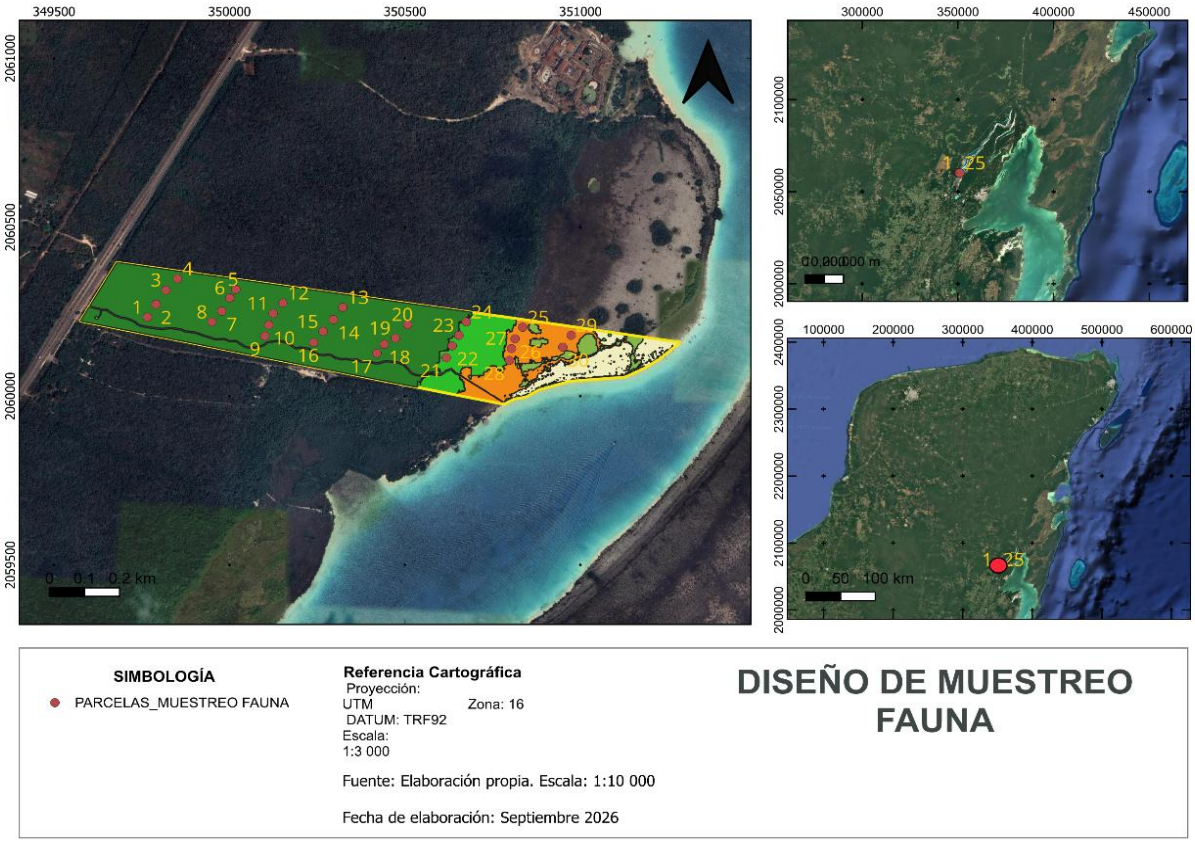


Figura IV-83. Muestreo de Fauna a nivel de predio. (Imagen satellite, Google Earth Pro, 2026).

[51] Flores-Villela, O., F. Mendoza, y G. González. 1995. **Recopilación de Claves para la Determinación de Anfibios y Reptiles de México**. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología Número 10. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
[52] Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. **Nuevas Especies y Cambios Taxonómicos para la Herpetofauna de México**. Acta Zoológica Mexicana (n. s.) 20(2): 115-144.
[53] Frost, Darrel R. 2006. **Amphibian Species of the World**: an Online Reference. Version 4 (17 August 2006). Electronic Database accessible at http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php. American Museum of Natural History, New York, USA.
[54] Wüster, W., J. E. Ferguson, J. A. Quijada-Mascareñas, C. E. Pool, M. G. Salomao, y R. S. Thorpe. 2005. **Tracing and Invasion: Landbridges, Refugia, and the Phylogeography of the Neotropical Rattlesnake (Serpentes: Viperidae: *Crotalus durissus*).**
[55] Smith, H. M. 2005. **Plestiodon: A Replacement Name for Most Members of the Genus Eumeces in North America**. Journal of Kansas Herpetology No 14. 15 pp.
[56] Medellín, R., H. T. Arita y O. Sánchez. 1997. **Identificación de los Murciélagos de México: Clave de campo**. Publicaciones especiales Núm. 2. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. México.
[57] Wilson, D. E. y D. M. Reeder. 1993. **Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference.** Smithsonian Institution Press. U. S. A.
[58] Arita, H. T. y G. Ceballos. 1997. **Los Mamíferos de México: Distribución y Estado de Conservación**. Revista Mexicana de Mastozoología 2:33-71.
[59] Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. **Los Mamíferos Silvestres de México**. CONABIO, FCE. México. 986 pp.
[60] Ramírez-Pulido, J., J. Arroyo-Cabrales, y A. Castro-Campillo. 2005. **Estado Actual y Relación Nomenclatural de los Mamíferos Terrestres de México**. Acta Zoológica Mexicana. (n. s.) 21(1):21-82.
[61] Howell, S. N. G., y S. Webb.1995. **A Guide to the Birds of México and Nothern Central America**. Oxford University Press, New York. 851 pp.
[62] Edwards, E. P. 2003. **A Field Guide to the Birds of México and Adjacent Areas: Belize, Guatemala, and El Salvado**r. University of Texas Press, U. S. A. 209 pp.
[63] American Ornithologists Union. 1982. **Thirty-fourth supplement to the American Ornithologist' Union check-list of North American birds**. Supplement to the Auk. 99 (3): 15 pp.

Tabla IV-83. Coordenadas de sitios de muestreo fauna

SITIO	X	Y	SITIO	X	Y
1	349766	2060234	16	350240	2060159
2	349791	2060272	17	350420	2060127
3	349819	2060314	18	350441	2060154
4	349852	2060348	19	350473	2060172
5	350018	2060316	20	350508	2060212
6	350001	2060291	21	350618	2060114
7	349978	2060252	22	350635	2060149
8	349950	2060220	23	350654	2060180
9	350101	2060178	24	350675	2060220
10	350112	2060211	25	350836	2060204
11	350125	2060245	26	350814	2060170
12	350152	2060276	27	350804	2060141
13	350323	2060263	28	350798	2060106
14	350296	2060227	29	350974	2060180
15	350267	2060192	30	350950	2060145

Para fortalecer el monitoreo, se instalaron cámaras trampa en virtud de que en ocasiones es difícil de observar debido a sus patrones de conducta, de igual forma por sus bajas densidades y carácter elusivo.

Las cámaras-trampas son una herramienta muy útil para el muestreo y monitoreo de poblaciones de especies de carácter críptico o raras, debido a que permiten ampliar las observaciones de las especies en el tiempo y espacio sin interferir con la conducta (Chávez et al, 2013).

Respecto a determinar si al muestreo fue o no representativo en el predio, hay que tomar en cuenta que resulta imposible registrar la totalidad de las especies presentes en un área determinada (Jiménez, 2003)[64], este es un grave problema dado que la riqueza especifica (S) es la principal variable descriptiva de la biodiversidad; razón por la cual se utilizaron cámaras espías que son muy útiles para el registro de fauna en movimiento, escurridizas que difícilmente se logran observar en una caminata normal de muestro. Por lo que la riqueza específica (S) para cada sitio estudiado, es confiable para ser analizado. Hay que tomar en cuenta que una especie puede variar su distribución en función de cambios en el ambiente, de manera que esta se pueda ver ampliada o disminuida.

Análisis de diversidad de Fauna

Lista de especies de fauna del muestreo realizado

La Riqueza especifica (S) en el área del predio fue de 79 especies, distribuidas en 4 Grupos, pertenecientes a 49 Familias. Se registraron 45 especies de aves de 23 familias y 41 géneros, de todas estas especies 1 es endémica Icterus cucullatus, y 10 especies son migratorias. Re identificaron 3 especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Respecto a los mamíferos se registraron 12 especies de 9 Familias, solo 1 especie endémica y que se encuentra enlistada en la NOm-059-SEMARNAT-2010, bajo estatus de protección especial (Pr) *Conepatus semistriatus.*

[64] Jiménez-Valverde Alberto, Hortal Joaquin. 2003. **Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos**. Revista ibérica de Aracnología. Madrid, España.

Reptiles se registraron de igual forma 12 especies de 10 familias, ninguna es endémica y son 5 las especies que se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Así como 10 anfibios, que abarcan 7 Familias, 9 géneros, ninguna especie endémica, ninguna amerita atención especial.

A continuación, se presenta el listado faunístico en el predio (tabla IV-84).

Tabla IV-84 Listado faunístico del predio.

NO.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	NOM-059	HABITOS	REGISTRO
1	ANFIBIOS	Sapo	*Incilius valliceps*	Bufonidae	NE	LC	---	N	D
2		Sapo	*Bufo marinus*	Bufonidae	NE	LC	---	N	D
3		Sapito	*Leptodactylus labialis*	Leptodactylidae	NE	LC	---	N	D
4		Ranita	*Dendropsophus ebraccatus*	Hylidae	NE	LC	---	N	D
5		*Rana de ojos rojos*	Agalychnis taylori	Phyllomedusidae	NE	LC	---	N	D
6		*Rana ladrona de invernadero*	Eleutherodactylus planirostris	Eleutherodactylidae	NE	LC	---	N	D
7		*Rana manglera*	Hypopachus variolosus	Microhylidae	NE	LC	---	N	D
8		Rana de bigotes	*Leptodactylus fragilis*	Leptodactylidae	NE	LC	---	N	D
9		Rana leopardo de Brown	*Lithobates brownorum*	Ranidae	NE	LC	---	N	D
10		Ranita grillo	*Tlalocohyla picta*	Hylidae	NE	LC	---	N	D
11	AVES	Colibri	*Amazilia yucatanensis*	Trochilidae	NE	LC	---	NM	D
12		Garza nivea	*Egretta thula*	Ardeidae	NE	LC	---	M	D
13		Cenzontle	*Mimus gilvus*	Mimidae	NE	LC	---	NM	D
14		Luis bienteveo	*Pitangus sulphuratus*	Tyrannidae	NE	LC	---	NM	D
15		Zanate	*Quiscalus mexicanus*	Icteridae	NE	LC	---	NM	D
16		Chara yucateca	*Cyanocorax yucatanicus*	Corvidae	NE	LC	---	NM	D
17		Pea	*Psilorhinus morio*	Corvidae	NE	LC	---	NM	D
18		Chachalaca	*Ortalis vetula*	Cracidae	NE	LC	---	NM	D
19		Paloma de collar	*Streptopelia decaocto*	Columbidae	NE	LC	---	NM	D
20		Tortolita	*Columbina talpacoti*	Columbidae	NE	LC	---	NM	D
21		Carpintero yucateco	*Melanerpes pygmaeus*	Ramphastidae	NE	LC	---	NM	D
22		Perico pechisucio	*Eupsittula nana*	Psittacidae	NE	NT	Pr	NM	D
23		Zopilote común	*Coragyps atratus*	Cathartidae	NE	LC	---	NM	D
24		Paloma alas blancas	*Zenaida asiatica*	Columbidae	NE	LC	---	NM	D

NO.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	NOM-059	HABITOS	REGISTRO
25		Tirano	*Tyrannus melancholicus*	Tyrannidae	NE	LC	---	NM	D
26		Colibrí canelo	Amazilia rutila	Trochilidae	NE	LC	---	NM	D
27		Garza ganadera	Ardea ibis	Ardeidae	NE	LC	---	NM	D
28		Garceta verde	Butorides virescens	Ardeidae	NE	LC	---	M	D
29		Carpintero pico plateado	Campephilus guatemalensis	Picidae	NE	LC	---	NM	D
30		Cardenal rojo	Cardinalis cardinalis	Cardinalidae	NE	LC	---	NM	D
31		Zopilote aura	Cathartes aura	Cathartidae	NE	LC	---	NM	D
32		Martín pescador verde	Chloroceryle americana	Cerylidae	NE	LC	---	NM	D
33		Tortolita pico corto	Columbina passerina	Columbidae	NE	LC	---	NM	D
34		Papamoscas del este	Contopus virens	Tyrannidae	NE	LC	---	M	D
35		Garrapatero pijuy	Crotophaga sulcirostris	Cuculidae	NE	LC	---	NM	D
36		Chara verde	Cyanocorax yncas	Corvidae	NE	LC	---	NM	D
37		Pijije alas blancas	Dendrocygna autumnalis	Anatidae	NE	LC	---	M	D
38		Tordo cantor	Dives dives	Icteridae	NE	LC	---	NM	D
39		Garza tricolor	Egretta tricolor	Ardeidae	NE	LC	---	M	D
40		Papamoscas chico	Empidonax minimus	Tyrannidae	NE	LC	---	M	D
41		Momoto cejas azules	Eumomota superciliosa	Momotidae	NE	LC	---	NM	D
42		Bolsero encapuchado	Icterus cucullatus	Icteridae	E	LC	---	NM	D
43		Paloma arroyera	Leptotila verreauxi	Columbidae	NE	LC	---	NM	D
44		Maullador negro	Melanoptila glabrirostris	Mimidae	NE	NT	Pr	NM	D
45		Guajolote ocelado	Agriocharis ocellata	Phasianidae	NE	NT	A	NM	D
46		Cabezón degollado	Pachyramphus aglaiae	Tyrannidae	NE	LC	---	NM	D
47		Paloma morada	Patagioenas flavirostris	Columbidae	NE	LC	---	NM	D
48		Cuclillo canelo	Piaya cayana	Cuculidae	NE	LC	---	NM	D
49		Tangara roja	Piranga rubra	Cardinalidae	NE	LC	---	M	D
50		Perlita azulgris	Polioptila caerulea	Polioptilidae	NE	LC	---	NM	D
51		Mosquero cardenal	Pyrocephalus rubinus	Tyrannidae	NE	LC	---	M	D
52		Chipe suelero	Seiurus aurocapilla	Parulidae	NE	LC	---	M	D
53		Playero solitario	Tringa solitaria	Scolopacidae	NE	LC	---	M	D

NO.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	NOM-059	HABITOS	REGISTRO
54		Coa violácea norteña	Trogon caligatus	Trogonidae	NE	LC	---	NM	D
55		Semillero brincador	Volatinia jacarina	Thraupidae	NE	LC	---	NM	D
56	MAMIFEROS	Coati	Nasua narica	Procyonidae	NE	LC	---	---	D
57		Mapache	*Procyon lotor*	Procyonidae	NE	LC	---	---	D
58		Venado de cola blanca	*Odocoileus virginianus*	Cervidae	NE	LC	---	---	D
59		Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	Canidae	NE	LC	---	---	D
60		Ardilla	*Sciuris yucatanensis*	Sciuridae	NE	LC	---	---	D
61		Tlacoache	*Didelphys marsupialis*	Didelphidae	NE	LC	---	---	D
62		Tepezcuintle	*Cunuculus paca*	Cuniculidae	NE	LC	---	---	D
63		Sereque	*Dasyprocta punctata*	Dasyproctidae	NE	LC	---	---	D
64		Murciélago frutero	*Artibeus jamaicensis*	Phyllostomidae	NE	LC	---	---	D
65		*Zorrillo de espalda blanca sureño*	Conepatus semistriatus	Mephitidae	E	LC	Pr	---	D
66		*Tlacuache común*	Didelphis virginiana	Didelphidae	NE	LC	---	---	D
67		*Tlacuache cuatrojos gris*	Philander opossum	Didelphidae	NE	LC	---	---	D
68	REPTILES	*Toloque*	Alonis lemurinus	Dactyloidae	NE	LC	---	---	D
69		Tortuga mojina	Rhinoclemmys areolata	Geoemydidae	NE	NT	A	---	D
70		Boa	*Boa constrictor*	Boidae	NE	LC	A	---	D
71		Coralillo	*Micrurus diastema*	Elapidae	NE	LC	Pr	---	D
72		Toloque	*Basiliscus vittatus*	Corytophanidae	NE	LC	---	---	D
73		Abaniquillo pardo del Caribe	*Anolis sagrei*	Polychrotidae	NE	LC	---	---	D
74		Culebra corredora de Petalillos	*Drymobius margaritiferus*	Colubridae	NE	LC	---	---	D
75		Lagartija arcoiris	Holcosus undulatus	Teiidae	NE	LC	---	---	D
76		Iguana verde	Iguana iguana	Iguanidae	NE	LC	Pr	---	D
77		Falsa coralillo real centroamericana	Lampropeltis abnorma	Colubridae	NE	LC	---	---	D
78		Culebra ojo de gato bandada	Leptodeira annulata	Colubridae	NE	LC	Pr	---	D

NO.	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	NOM-059	HABITOS	REGISTRO
79		Lagartija espinosa de puntos amarillos	Sceloporus chrysostictus	Phrynosomatidae	NE	LC	---	---	D

De igual forma, para demostrar la confiabilidad del muestreo realizado, se hizo un análisis no paramétrico de Chao1 (1984), que nos indique que todas las especies muestreadas fueron representativas.

Fórmula:

$S_{est} = S_{obs} + F^2 / 2G$

S_{obs} = numero de especies registradas mediante el muestreo.
Q_1 = Número de especies representadas por un individuo (singletons).
Q_2 = Número de especies representadas por dos individuos (doubletons).

El estadístico de Chao 1 nos indica que NO faltaron espeies por registrar.

De acuerdo al método no paramétrico de Chao1, el muestreo es representativo ya que no hubo especies faltantes (tabla IV-85).

Tabla IV-85 de acumulación de especies

Nombre comun	Nombre cientifico	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
Sapo	*Incilius valliceps*	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapo	*Bufo marinus*	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapito	*Leptodactylus labialis*	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ranita	*Dendropsophus ebraccatus*	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rana de ojos rojos	*Agalychnis taylori*	0	0	2	1	0	0	0	1	2	0	1	0	0	3	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rana ladrona de invernadero	*Eleutherodactylus planirostris*	0	0	2	1	0	1	0	2	1	0	2	0	0	2	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rana manglera	*Hypopachus variolosus*	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rana de bigotes	*Leptodactylus fragilis*	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	2	0	1	1	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rana leopardo de Brown	*Lithobates brownorum*	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ranita grillo	*Tlalocohyla picta*	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Colibri	*Amazilia yucatanensis*	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Garza nivea	*Egretta thula*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Cenzontle	*Mimus gilvus*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0

Nombre comun	Nombre cientifico	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
Luis bienteveo	*Pitangus sulphuratus*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0
Zanate	*Quiscalus mexicanus*	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chara yucateca	*Cyanocorax yucatanicus*	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pea	*Psilorhinus morio*	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chachalaca	*Ortalis vetula*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Paloma de collar	*Streptopelia decaocto*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Tortolita	*Columbina talpacoti*	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
Carpintero yucateco	*Melanerpes pygmaeus*	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perico pechisucio	*Eupsittula nana*	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zopilote común	*Coragyps atratus*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Paloma alas blancas	*Zenaida asiatica*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Tirano	*Tyrannus melancholicus*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	1
Colibrí canelo	*Amazilia rutila*	1	0	1	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Garza ganadera	*Ardea ibis*	0	3	0	4	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0
Garceta verde	*Butorides virescens*	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Carpintero pico plateado	*Campephilus guatemalensis*	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cardenal rojo	*Cardinalis cardinalis*	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zopilote aura	*Cathartes aura*	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Martín pescador verde	*Chloroceryle americana*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Tortolita pico corto	*Columbina passerina*	0	0	3	0	2	0	0	1	1	0	3	1	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papamoscas del este	*Contopus virens*	0	0	4	2	0	0	0	0	2	1	1	0	3	0	2	1	3	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Garrapatero pijuy	*Crotophaga sulcirostris*	1	0	4	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	1	0	3	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Chara verde	*Cyanocorax yncas*	0	3	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pijije alas blancas	*Dendrocygna autumnalis*	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	3	2	3	0	2	1	0	0
Tordo cantor	*Dives dives*	2	2	0	6	0	2	0	0	4	3	0	4	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Garza tricolor	*Egretta tricolor*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	3	0	4	0	2	0	0	0	0
Papamoscas chico	*Empidonax minimus*	0	0	2	1	0	2	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nombre comun	Nombre cientifico	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
Momoto cejas azules	*Eumomota superciliosa*	0	0	2	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bolsero encapuchado	*Icterus cucullatus*	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paloma arroyera	*Leptotila verreauxi*	1	0	5	0	2	1	0	4	0	2	2	5	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maullador negro	*Melanoptila glabrirostris*	1	0	3	0	1	0	1	0	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guajolote ocelado	*Meleagris ocellata*	0	2	0	3	0	1	0	2	0	0	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cabezón degollado	*Pachyramphus aglaiae*	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paloma morada	*Patagioenas flavirostris*	0	0	0	3	0	0	4	0	0	1	0	0	4	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuclillo canelo	*Piaya cayana*	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tangara roja	*Piranga rubra*	0	2	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perlita azulgris	*Polioptila caerulea*	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mosquero cardenal	*Pyrocephalus rubinus*	3	0	0	0	0	0	1	2	2	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chipe suelero	*Seiurus aurocapilla*	4	2	0	0	0	0	0	0	3	5	1	2	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Playero solitario	*Tringa solitaria*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	3	4	0	0
Coa violácea norteña	*Trogon caligatus*	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semillero brincador	*Volatinia jacarina*	1	0	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coati	*Nasua narica*	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mapache	*Procyon lotor*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0
Venado cola blanca	*Odocoileus virginianus*	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ardilla	*Sciuris yucatanensis*	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tlacoache	*Didelphys marsupialis*	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tepezcuintle	*Cunuculus paca*	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sereque	*Dasyprocta punctata*	1	0	0	1	0	0	1		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Murciélago frutero	*Artibeus jamaicensis*	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zorrillo de espalda blanca sureño	*Conepatus semistriatus*	2	0	0	1	0	0	0	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tlacuache común	*Didelphis virginiana*	0	1	0	2	3	1	0	1	0	3	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tlacuache cuatrojos gris	*Philander opossum*	0	0	2	0	2	1	0	1	0	0	4	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nombre comun	Nombre cientifico	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
Toloque	*Alonis lemurinus*	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tortuga mojina	*Rhinoclemmys areolata*	0	0	1	0	0	0	0		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boa	*Boa constrictor*	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coralillo	*Micrurus diastema*	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toloque	*Basiliscus vittatus*	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Abaniquillo pardo del Caribe	*Anolis sagrei*	3	1	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Culebra corredora de Petalillos	*Drymobius margaritiferus*	0	0	0	0	1	1	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lagartija arcoiris	*Holcosus undulatus*	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iguana verde	*Iguana iguana*	0	2	0	2	0	1	2	0	1	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falsa coralillo real centroamericana	*Lampropeltis abnorma*	0	0	2	0	2	0	0	1	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Culebra ojo de gato bandada	*Leptodeira annulata*	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lagartija espinosa de puntos amarillos	*Sceloporus chrysostictus*	2	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		22	13	23	19	14	18	9	24	20	14	22	19	16	17	16	26	13	12	5	11	7	7	4	7	5	5	5	5	1	2
		30	24	45	40	23	26	13	40	35	24	40	39	28	32	27	44	28	20	7	17	15	11	6	13	12	15	10	12	1	2

Tabla IV-86. Método paramétrico de Chao 1

S obs	Singletons	Doubletons	Chao 1	Especies faltantes
79	0	12	79.0	0.0

El análisis de acumulación de especies muestra que aumenta el número de especies conforme el número de sitios de muestreo, pero entre más muestreos se realicen, menor será el incremento de nuevas especies. Por lo que la curva tiende a estabilizarse y generar una asíntota como se muestra en la figura IV-84.

La curva de acumulación de especies indica que las especies son representativas en el muestreo ya que se obtuvo una R de superior a 0.95 con base logarítmica. A continuación, se muestra en la gráfica una comparativa de la riqueza acumulada.

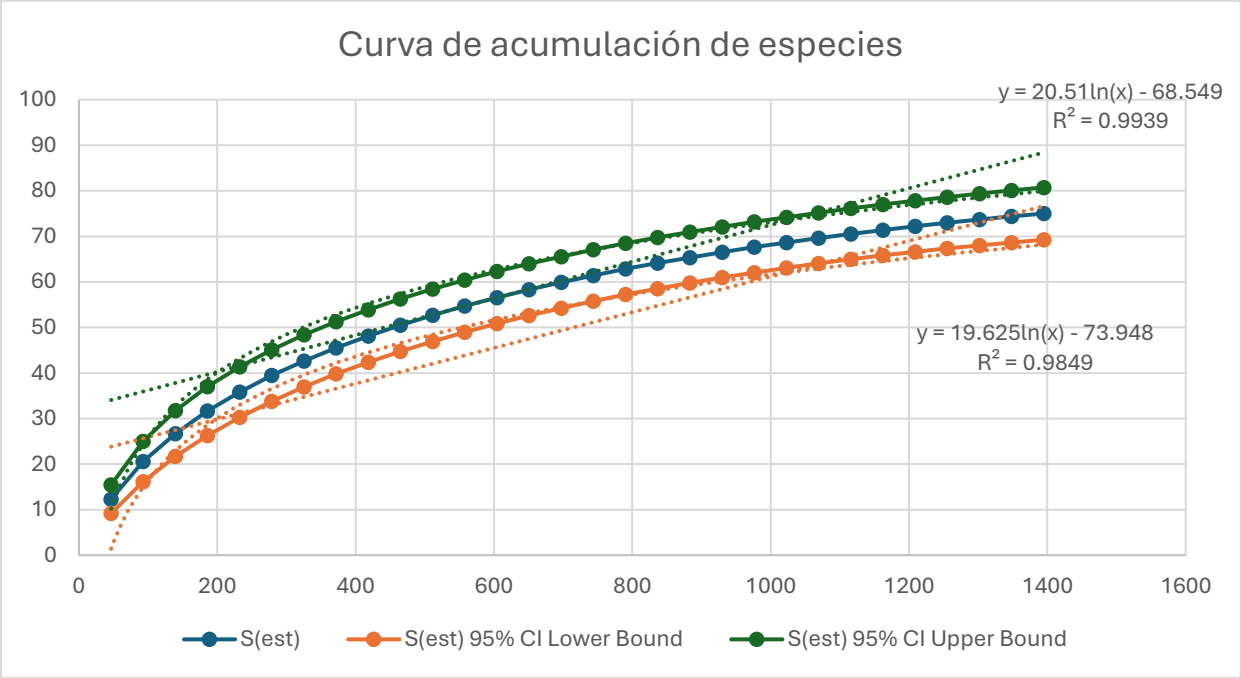


Figura IV-84 Curva de acumulación de especies

Diversidad de Shannon-Wiener para fauna

La metodología empleada para la estimación de la abundancia relativa se refirió a la diversidad de las comunidades, habitualmente se analiza a través del patrón o patrones de distribución de la abundancia entre especies, siendo que ésta es la fracción con la que contribuye dicha especie a la abundancia total (Franco, 2011).

La diversidad de un ecosistema depende de dos factores, el número de especies presente y el equilibrio demográfico entre ellas. Por ejemplo, entre dos ecosistemas hipotéticos formados por especies demográficamente idénticas (el mismo número de individuos de cada una, algo que nunca aparece en la realidad) se consideraría más diverso al que presentara un número de especies mayor. Por otra parte, entre dos ecosistemas que tienen el mismo número de especies, consideraremos más diverso al que presenta menos diferencias en el número de individuos de unas y otras especies.

El índice de Shannon-Winner (H) requiere que todos los individuos sean muestreados al azar y que estén representadas todas las especies de la comunidad en la muestra. Este índice proviene de la teoría de la información, donde se utiliza para estimar el máximo de información que puede llegar a contener un mensaje, es decir que las medidas parten del supuesto de que una comunidad (ensamblaje de organismos presentes en un hábitat) es análoga a un sistema termodinámico en la cual existe un número finito de individuos (análogo a cantidad de energía), los cuales pueden ocupar un número -también finito- de categorías (especies, análogo de estados). Se calcula como la suma de la producción de cada especie multiplicada por el logaritmo base dos de esa porción.

La fórmula del índice de Shannon-Wiener es:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} p_i log_2 p_i$$

Dónde:

S= número de especies (la riqueza de especies).
Pi= proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n i/ N
Ni= número de individuos de la especie i
N= Número de todos los individuos de todas las especies
Log2= la fórmula utiliza el logaritmo base 2

Este índice usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. La ventaja de un índice de este tipo es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total.

Los valores de este índice van de 1 a 5, siendo un valor pobre el 1 y máxima diversidad el 5. En general se considera un ecosistema pobre cuando los valores no alcanzan de 3 en adelante.

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*).

El concepto de uniformidad se deriva fácilmente de las consideraciones teóricas de las fórmulas descritas para H y $\hat{H}$.
Si $n1 = n2 = n3 = ni\ldots = n$, entonces:
$N = s\Sigma ni = sN$
$H\max = ln s$

Esto permite cuantificar qué tanto la diversidad estimada ($\hat{H}$) para una situación dada se desvía del máximo teórico (H) -que ocurre cuando todas las especies son igualmente abundantes

Por otro lado, se analiza la equidad, la cual es un parámetro descriptivo de las relaciones de abundancia. La equidad es la medida de lo parecidas que son las proporciones de las diferentes especies de una comunidad. Existen varias formas de medir esta equitatividad, una de las más frecuentes es la razón que expresa la equitatividad como la diversidad H (encontrada) con relación al máximo valor que H' puede alcanzar cuando todas las especies de la comunidad muestran idénticas abundancias. Si esto se mide con el índice de Shannon-Wienner, el valor resultante es la J de Pielou:

La equitatividad se calculó con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H'}{H'max} = \frac{H'}{lnS}$$

donde s es la riqueza y log2S es la diversidad máxima que se puede obtener para una riqueza determinada

El valor de la equitatividad está considerado como una medida del grado de organización de la comunidad (Margalef, 1974). Un incremento en el número de especies puede aumentar los valores de riqueza y de

diversidad, pero si las nuevas especies tienen abundancias muy diferentes a las de las ya existentes, bajarían la equitatividad de la comunidad[65].

El índice de Shannon-Wiener se calculó con los datos directos recabados por cada grupo faunístico, los resultados obtenidos se pueden apreciar a continuación:

Para el grupo de **aves**, el índice de diversidad fue alto calculado en 3.57, mientras que la diversidad máxima que puede presentarse es de 3.81, lo cual nos da un índice de equidad de 0.94, esto indica que las 45 especies de aves reportadas, presenta cada una el 94 % de probabilidad de ser encontradas en el área del predio (tabla IV-87).

Este grupo de aves tiene una gran distribución a lo largo de Norteamérica, Centroamérica y Sudamérica. En el territorio de México tienen una amplia distribución desde el norte del país hasta el sur. En general, su alimentación se basa en semillas, frutas, insectos, granos. Las aves en general tienen rasgos distintivos como el volar, el cual hace que se desplacen de un ecosistema a otro e incluso proliferar en territorios aislados sin mayor competencia animal, lo cual ha permitido su enorme diversificación. La mayoría de las aves pequeñas se organizan en bandadas pequeñas o grandes que pueden alcanzar proporciones importantes.

Tabla IV-87. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon- Wiener de aves en el área del predio

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Colibri	*Amazilia yucatanensis*	0.02	-4.19	-0.06	0.06	**0.02**
Garza nivea	*Egretta thula*	0.01	-5.04	-0.03	0.03	**0.01**
Cenzontle	*Mimus gilvus*	0.01	-4.34	-0.06	0.06	**0.01**
Luis bienteveo	*Pitangus sulphuratus*	0.01	-5.04	-0.03	0.03	**0.01**
Zanate	*Quiscalus mexicanus*	0.01	-4.75	-0.04	0.04	**0.01**
Chara yucateca	*Cyanocorax yucatanicus*	0.01	-4.53	-0.05	0.05	**0.01**
Pea	*Psilorhinus morio*	0.01	-4.34	-0.06	0.06	**0.01**
Chachalaca	*Ortalis vetula*	0.01	-4.75	-0.04	0.04	**0.01**
Paloma de collar	*Streptopelia decaocto*	0.01	-5.04	-0.03	0.03	**0.01**
Tortolita	*Columbina talpacoti*	0.01	-4.75	-0.04	0.04	**0.01**
Carpintero yucateco	*Melanerpes pygmaeus*	0.01	-4.53	-0.05	0.05	**0.01**
Perico pechisucio	*Eupsittula nana*	0.02	-3.94	-0.08	0.08	**0.02**
Zopilote común	*Coragyps atratus*	0.00	-5.44	-0.02	0.02	**0.01**
Paloma alas blancas	*Zenaida asiatica*	0.01	-5.04	-0.03	0.03	**0.01**
Tirano	*Tyrannus melancholicus*	0.01	-4.34	-0.06	0.06	**0.01**
Colibrí canelo	*Amazilia rutila*	0.02	-4.19	-0.06	0.06	**0.02**
Garza ganadera	*Ardea ibis*	0.05	-3.04	-0.14	0.14	**0.04**
Garceta verde	*Butorides virescens*	0.01	-4.34	-0.06	0.06	**0.01**
Carpintero pico plateado	*Campephilus guatemalensis*	0.01	-5.04	-0.03	0.03	**0.01**
Cardenal rojo	*Cardinalis cardinalis*	0.01	-4.53	-0.05	0.05	**0.01**
Zopilote aura	*Cathartes aura*	0.02	-3.83	-0.08	0.08	**0.02**
Martín pescador verde	*Chloroceryle americana*	0.01	-4.53	-0.05	0.05	**0.01**

[65] Samo L., Garmendia A., Delgado J. 2008. Introducción practica a la ecología. Pearson, Prentice Hall.

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Tortolita pico corto	*Columbina passerina*	0.03	-3.36	-0.12	0.12	**0.03**
Papamoscas del este	*Contopus virens*	0.05	-3.00	-0.15	0.15	**0.04**
Garrapatero pijuy	*Crotophaga sulcirostris*	0.04	-3.14	-0.14	0.14	**0.04**
Chara verde	*Cyanocorax yncas*	0.03	-3.65	-0.09	0.09	**0.02**
Pijije alas blancas	*Dendrocygna autumnalis*	0.05	-2.92	-0.16	0.16	**0.04**
Tordo cantor	*Dives dives*	0.06	-2.77	-0.17	0.17	**0.05**
Garza tricolor	*Egretta tricolor*	0.03	-3.57	-0.10	0.10	**0.03**
Papamoscas chico	*Empidonax minimus*	0.02	-3.94	-0.08	0.08	**0.02**
Momoto cejas azules	*Eumomota superciliosa*	0.02	-4.19	-0.06	0.06	**0.02**
Bolsero encapuchado	*Icterus cucullatus*	0.01	-4.75	-0.04	0.04	**0.01**
Paloma arroyera	*Leptotila verreauxi*	0.06	-2.80	-0.17	0.17	**0.04**
Maullador negro	*Melanoptila glabrirostris*	0.03	-3.65	-0.09	0.09	**0.02**
Guajolote ocelado	*Agriocharis ocellata*	0.03	-3.36	-0.12	0.12	**0.03**
Cabezón degollado	*Pachyramphus aglaiae*	0.01	-4.34	-0.06	0.06	**0.01**
Paloma morada	*Patagioenas flavirostris*	0.04	-3.25	-0.13	0.13	**0.03**
Cuclillo canelo	*Piaya cayana*	0.01	-4.75	-0.04	0.04	**0.01**
Tangara roja	*Piranga rubra*	0.02	-3.74	-0.09	0.09	**0.02**
Perlita azulgris	*Polioptila caerulea*	0.02	-4.19	-0.06	0.06	**0.02**
Mosquero cardenal	*Pyrocephalus rubinus*	0.03	-3.50	-0.11	0.11	**0.03**
Chipe suelero	*Seiurus aurocapilla*	0.05	-2.92	-0.16	0.16	**0.04**
Playero solitario	*Tringa solitaria*	0.03	-3.57	-0.10	0.10	**0.03**
Coa violácea norteña	*Trogon caligatus*	0.03	-3.57	-0.10	0.10	**0.03**
Semillero brincador	*Volatinia jacarina*	0.02	-3.94	-0.08	0.08	**0.02**
	45	**1.00**	**-182.41**	**-3.57**	**3.57**	**0.94**

Resumen de diversidad para aves.

Riqueza (S) =	45
H´ Calculada =	3.57
H max =	3.81
Equidad (J) =	0.94
H max - H´ =	0.23

El grupo de **mamíferos** tuvo un índice de diversidad normal calculado de 2.33, mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 2.48, lo cual nos da un índice de equidad de 0.94, esto indica que las 8 especies reportadas, presenta cada una el 94 % de probabilidad de ser encontradas en el áre del predio (tabla IV-88).

Tabla IV-88 Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon- Wiener de mamíferos en el área del predio.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Coati	Nasua narica	0.07	-2.61	-0.19	0.19	0.08
Mapache	Procyon lotor	0.04	-3.31	-0.12	0.12	0.05
Venado de cola blanca	Odocoileus virginianus	0.06	-2.80	-0.17	0.17	0.07
Zorra gris	Urocyon cinereoargenteus	0.04	-3.31	-0.12	0.12	0.05
Ardilla	Sciuris yucatanensis	0.05	-3.02	-0.15	0.15	0.06
Tlacoache	Didelphys marsupialis	0.05	-3.02	-0.15	0.15	0.06
Tepezcuintle	Cunuculus paca	0.06	-2.80	-0.17	0.17	0.07
Sereque	Dasyprocta punctata	0.05	-3.02	-0.15	0.15	0.06
Murciélago frutero	Artibeus jamaicensis	0.12	-2.10	-0.26	0.26	0.10
Zorrillo de espalda blanca sureño	Conepatus semistriatus	0.11	-2.21	-0.24	0.24	0.10
Tlacuache común	Didelphis virginiana	0.20	-1.63	-0.32	0.32	0.13
Tlacuache cuatrojos gris	Philander opossum	0.16	-1.84	-0.29	0.29	0.12
	12	1.00	-31.68	-2.33	2.33	0.94

Resumen de diversidad para mamíferos.

Riqueza (S) =	12
H´ Calculada =	2.33
H max =	2.48
Equidad (J) =	0.94
H max - H´ =	0.16

La distribución de estas especies es muy amplia, el tlacuache (*Didelphis marsupialis*), se encuentran en Norteamérica (sureste de México), en toda América Central y norte de Sudamérica. La ardilla (*Sciurus yucatanensis*), en México se localiza en los estados de Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, También se encuentran en Belice y Guatemala [24] [25] [26].

La alimentación de estos 12 mamíferos es omnívora, por lo que su alimentación es amplia la cual va desde comer semillas, frutos, insectos entre otros. Solo la ardilla (*Sciurus yucatanensis)* es diurna, las otras cuatro especies son nocturnas [66] [67]. Únicamente *Conepatus semistriatus* es considerado endémico.

Respecto al grupo de **reptiles**, el índice de diversidad fue calculado nomal en 2.31, mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 2.48, lo cual nos da un índice de equidad de 0.93, esto indica que las 124 especies de reptiles reportados, presenta cada una el 932 de probabilidad de ser encontradas en el área del predio (tabla IV-89).

El toloque y lagartijas tienen una amplia distribución, se pueden encontrar desde América central, Panamá, Colombia y México. En México el toloque (*Basiliscus vittatus*) se distribuye desde Nayarit hasta Chiapas, del lado del Golfo de México, desde Veracruz hasta la península de Yucatán. estas especies son omnívoras, su alimentación se basa en flores, frutos, tallos, insectos, pescados, artrópodos, pequeñas

[66] Rueda M. C., Ramírez G. y Osorio J.H. 2013. **Aproximación a la Biología de la Zarigüeya común (*Didelphis marsupialis*)**. Boletin Científico Museo de Historia Natural.
[67] Enciclovida. **Biodiversidad Mexicana.** CONABIO. https://enciclovida.mx/

lagartijas, huevos de ave entre otros[68]. En si todas las especies son de amplia distribución. Desde luego se pondrá especial atención en las especies con estatus de protección.

Tabla IV-89. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon- Wiener de reptiles en el área del predio.

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Toloque	*Alonis lemurinus*	0.06	-2.83	-0.17	0.17	**0.07**
Tortuga mojina	*Rhinoclemmys areolata*	0.02	-3.75	-0.09	0.09	**0.04**
Boa	*Boa constrictor*	0.02	-3.75	-0.09	0.09	**0.04**
Coralillo	*Micrurus diastema*	0.02	-3.75	-0.09	0.09	**0.04**
Toloque	*Basiliscus vittatus*	0.07	-2.65	-0.19	0.19	**0.08**
Abaniquillo pardo del Caribe	*Anolis sagrei*	0.14	-1.96	-0.28	0.28	**0.11**
Culebra corredora de Petalillos	*Drymobius margaritiferus*	0.07	-2.65	-0.19	0.19	**0.08**
Lagartija arcoiris	*Holcosus undulatus*	0.09	-2.36	-0.22	0.22	**0.09**
Iguana verde	*Iguana iguana*	0.14	-1.96	-0.28	0.28	**0.11**
Falsa coralillo real centroamericana	*Lampropeltis abnorma*	0.11	-2.25	-0.24	0.24	**0.10**
Culebra ojo de gato bandada	*Leptodeira annulata*	0.07	-2.65	-0.19	0.19	**0.08**
Lagartija espinosa de puntos amarillos	*Sceloporus chrysostictus*	0.18	-1.73	-0.31	0.31	**0.12**
	12	1.00	-32.29	-2.31	2.31	0.93

Resumen de diversidad para reptiles.

Riqueza (S) =	12
H´ Calculada =	2.31
H max =	2.48
Equidad (J) =	0.93
H max - H´ =	0.17

El grupo de **anfibios** presentó un índice de diversidad normal calculado de 2.14, mientras que la diversidad máxima que puede presentar es de 2.30, lo cual nos da un índice de equidad de 0.93, esto indica que las 10 especies de anfibios reportadas, presenta cada una el 93% de probabilidad de ser encontradas en el área del predio (tabla IV-90).

Tabla IV-90. Abundancia relativa e Índice de diversidad Shannon- Wiener de anfibios en el área del predio.

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	pi=ni/N	ln(pi)	pi*ln(pi)	x-1 (H')	E=J
Sapo	*Incilius valliceps*	0.03	-3.39	-0.11	0.11	**0.05**
Sapo	*Bufo marinus*	0.04	-3.10	-0.14	0.14	**0.06**
Sapito	*Leptodactylus labialis*	0.06	-2.88	-0.16	0.16	**0.07**
Ranita	*Dendropsophus ebraccatus*	0.02	-3.80	-0.09	0.09	**0.04**
Rana de ojos rojos	*Agalychnis taylori*	0.17	-1.78	-0.30	0.30	**0.13**
Rana ladrona de invernadero	*Eleutherodactylus planirostris*	0.18	-1.72	-0.31	0.31	**0.13**
Rana manglera	*Hypopachus variolosus*	0.11	-2.19	-0.25	0.25	**0.11**
Rana de bigotes	*Leptodactylus fragilis*	0.16	-1.85	-0.29	0.29	**0.13**

[68] Enciclovida. **Toloque rayado.** CONABIO. https://enciclovida.mx/especies/26666-basiliscus-vittatus

Rana leopardo de Brown	*Lithobates brownorum*	0.10	-2.29	-0.23	0.23	**0.10**
Ranita grillo	*Tlalocohyla picta*	0.12	-2.09	-0.26	0.26	**0.11**
	10	**1**	**-25.08**	**-2.14**	**2.14**	**0.93**

Resumen de diversidad para anfibios.

Riqueza (S) =	10
H´ Calculada =	2.14
H max =	2.30
Equidad (J) =	0.93
H max - H´ =	0.17

Estas especies se distribuyen desde América central hasta Costa Rica y México. El sapo (*Bufo marinus*) en México se encuentra en 19 estados, en costas del Pacifico (Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas), en el Golfo de México desde Tamaulipas hasta Yucatán y Quintana Roo. Normalmente estas especies habitan en praderas abiertas, semi áridas, bosques, selvas, en campos de áreas suburbanas, se encuentran no muy lejos de fuentes de agua permanentes.

IV.2.2.2.3 Especies de fauna en la NOM 059-SEMARNAT-2010

Se registraron 9 especies que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010; destacan en orden de importancia de acuerdo al estatus de protección que guardan: Agriocharis ocellata, Rhinoclemmys areolata, Boa constrictor, bajo la categoría de Amenazada (A), y *Eupsittula nana, Melanoptila glabrirostris, Conepatus semistriatus, Micrurus diastema, Iguana iguana y Leptodeira annulata* bajo categoría de protección especial (Pr).

Tabla IV-91 Especies enlistadas en la NOM.

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	ESTATUS
Perico pechisucio	*Eupsittula nana*	Psittacidae	Pr
Maullador negro	*Melanoptila glabrirostris*	Mimidae	Pr
Guajolote ocelado	*Agriocharis ocellata*	Phasianidae	A
Zorrillo de espalda blanca sureño	*Conepatus semistriatus*	Mephitidae	Pr
Tortuga mojina	*Rhinoclemmys areolata*	Geoemydidae	A
Boa	*Boa constrictor*	Boidae	A
Coralillo	*Micrurus diastema*	Elapidae	Pr
Iguana verde	*Iguana iguana*	Iguanidae	Pr
Culebra ojo de gato bandada	*Leptodeira annulata*	Colubridae	Pr

Interacciones ecológicas y redes tróficas, que permita identificar las relaciones funcionales en los ecosistemas dentro del área del proyecto.

Para el análisis de la interacción ecológica en el área del proyecto, se construyó una red trófica no ponderada que partió del conocimiento de los hábitos alimenticios de las especies registradas y agrupadas según su especialización (tabla IV-92).

Las redes no ponderadas han sido utilizadas como un modelo para el estudio de varios procesos ecológicos de comunidades y ecosistemas a través de una matriz adyacente en donde 0 indica que no existe depredación de la presa y 1, en el caso de que un depredador se alimenta de determinada presa

(Abarca et al, 2022)[69]. Este método permite comprender la relación entre los componentes biológicos del ecosistema y reconocer los elementos que las distintas especies utilizan para obtener su energía necesaria para subsistir, sin necesidad de la utilización métodos invasivos.

Tabla IV-92. Red trófica no ponderada.

	Plantas	Insectos	Roedores	Mamíferos herbívoros	Reptiles	Aves canoras	Aves rapaces	Mamíferos carnívoros
Plantas	0	1	0	1	1	1	0	0
Insectos	0	0	0	0	1	1	0	1
Roedores	0	0	0	0	0	0	0	0
Mamíferos herbívoros	0	0	0	0	0	0	0	0
Reptiles	0	0	0	0	1	0	0	1
Aves canoras	0	0	0	0	1	0	0	1
Aves rapaces	0	0	0	0	0	0	0	0
Mamíferos carnívoros	0	0	0	0	0	0	0	0

Mediante este ejercicio se obtuvo la siguiente simulación de la cadena trófica que se desarrolla en el sitio (figura IV-85).

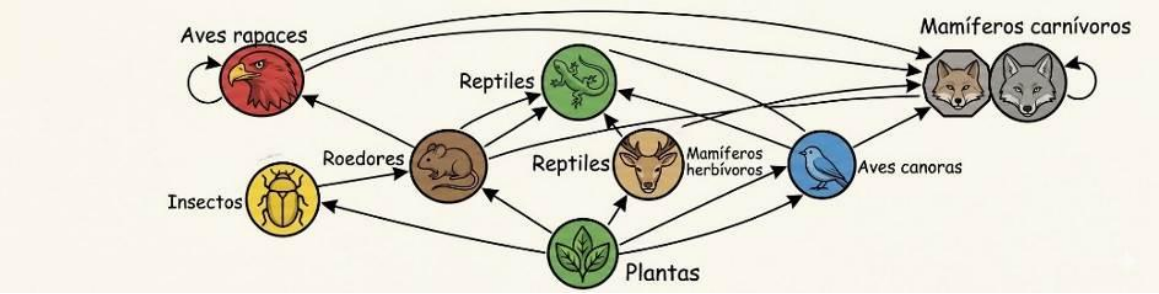


Figura IV-85.. Simulación de la cadena trófica en el predio.Cadena trófica generada mediante ChatGPT, 2026, “simulacion de la cadena trófica”, por OpenAI, 2026.

El flujo sigue el camino natural de la energía (Productores > Herbívoros > Carnívoros) con ausencia aparente de Superdepredadores en el hábitat 1 (AP). Esta red trófica se encuentra equilibrada pues el ecosistema es capaz de albergar al menos 79 especies registradas y distribuidas en 4 grupos. En la siguiente (tabla IV-93) se enlistas las adyacencias de la cadena trófica general.

Tabla IV-93. Tabla de conexiones directas.

Especie origen (presa)	Especie destino (depredador)	Tipo de interacción
Plantas	Insectos	Consumo directo
Plantas	Roedores	Consumo directo
Plantas	Mamíferos h	Consumo directo
Plantas	Aves canoras	Consumo directo
Insectos	Roedores	Ausente
Insectos	Aves canoras	Depredación
Roedores	Reptiles	Ausente
Roedores	Aves rapaces	Ausente
Roedores	Mamíferos c	Ausente

[69] Abarca Arenas Luis Gerardo, Valero Pacheco Elizabeth, Delfín Alfonso Christian A, Mortero Ortiz Eduardo, Franco López Jonathan. 2022. Redes tróficas como herramienta para el estudio de la diversidad y complejidad de ecosistemas. Revista Mexicana de Biodiversidad. Instituto de Biología UNAM. Revista Mexicana de Biodiversidad 93 (2022): e934126

Especie origen (presa)	Especie destino (depredador)	Tipo de interacción
Mamíferos h	Reptiles	Depredación
Mamíferos h	Aves rapaces	Ausente
Mamíferos h	Mamíferos c	Depredación
Reptiles	Aves rapaces	Ausente
Reptiles	Mamíferos c	Depredación
Aves canoras	Aves rapaces	Ausente
Aves canoras	Mamíferos c	Depredación

Es importante señalar la ausencia de roedores y por ende la ausencia aparente de otros depredadores como aves rapaces y mamíferos superdepredadores como se había dicho antes.

Especies potenciales que podrían depender directa o indirectamente de las especies registradas.

De la (tabla IV-93) de conexiones directas se desprende que el hábitat 1 (AP) se encuentra compuesto por especies generalistas que por lo general son omnívoros y herbívoros, tomando en cuenta la amplía riqueza de especies vegetales que se distribuyen en el ecosistema, ya que no se identificó especie alguna monófaga que dependa de una sola especie para su alimentación, y algunas especies oportunistas como ciertas aves carroñeras, con ausencia aparente de especies especialistas, esto significa que la mayor parte de las especies son capaces de prosperar en condiciones variables de ambiente, aprovechando diversos recursos disponibles tanto en el AP. Contrario a las especies registradas en el hábitat 2 y 3 (AI) y (SA) que cuenta con especies generalistas indicadoras de la calidad del hábitat como lo son el tapir, el mono araña entre otros que tienen necesidades de hábitats muy específicas, de extensión territorial, con una dieta específica, por otro lado han sido especies altamente adaptadas a su entorno, y a la vez vulnerables a los cambios dentro del mismo, por lo tanto son considerados como especies sombrilla y clave.

A continuación, se representa gráficamente una matriz adyacente de la interacción entre las especies de fauna registrados a nivel del AP (figura IV-86) en donde se tienen 79 nodos, observando que el grupo de las plantas y los artrópodos forman parte crucial de esta trama trófica como productores para las especies generalistas, que a la vez alimentan a las especies oportunistas.

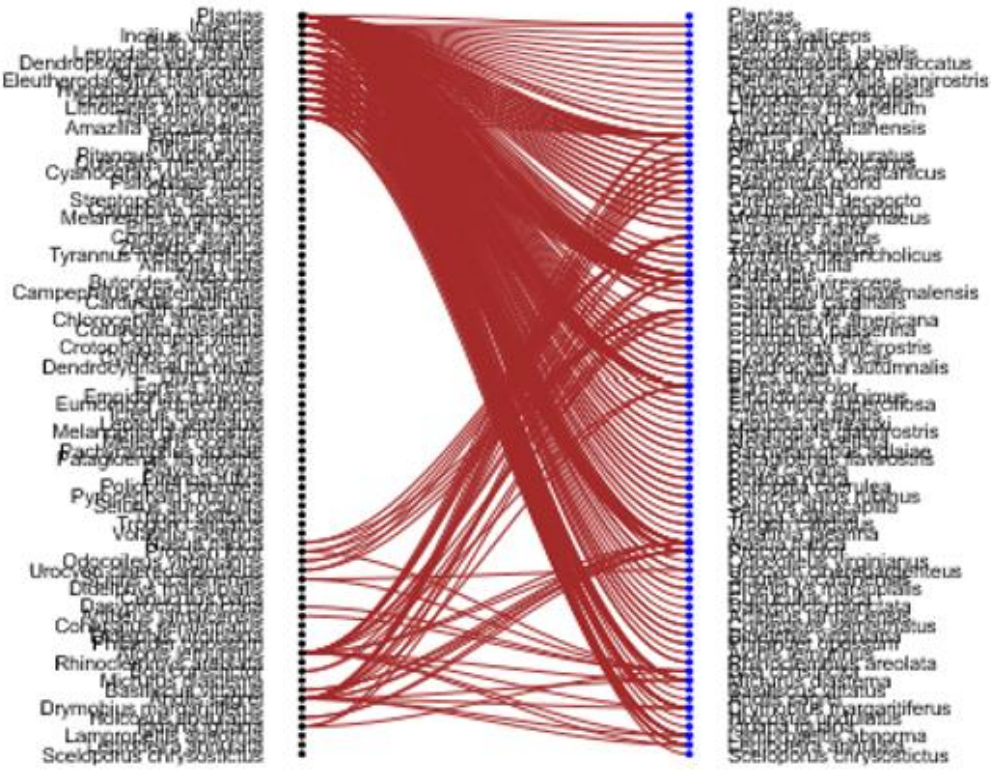


Figura IV-86. Matriz de adyacencia a nivel de AP.

En cuanto a la importancia de las especies de plantas registradas en el hábitat 1 (AP), de las 75 especies reportadas, comprendidas en 39 familias, ninguna sufre algún tipo de estrés estacional, todas se encuentran adaptadas ya que cuentan con sus propios mecanismos de captación y almacenamiento de reservas de agua y alimento como son algunas suculentas, otras epífitas que se adaptaron para almacenar agua y alimento en la estructura de sus raíces ya que estas suelen contar con una capa blanquecina y esponjosa para poder absorber. Otras especies tiran sus hojas en la época de secas para reducir la superficie de evapotranspiración y producen flores como mecanismo de supervivencia; estos son mecanismos característicos de la vegetación de las selvas medianas subperennifolias en sus diferentes etapas de desarrollo en las que se encuentre.

Análisis de las interacciones ecológicas y redes tróficas de los ecosistemas y que se encuentran dentro del área del proyecto y su área de influencia.
Se tiene una similitud entre el hábitat 1 (AP) y el hábitat 2 y 3 (AI) y (SA), ya que aunque el hábitat 1 registra una menor riqueza específica (S), su estructura y composición es similar en el sentido que está compuesto por especies generalistas omnívoros y herbívoros que comparten el mismo ecosistema con la misma riqueza de especies vegetales, no se identifica especie alguna monófaga que dependa de una sola especie para su alimentación, siguen compartiendo algunas especies oportunistas como ciertas aves que por el tipo de sistema locomotor, se desplazan con facilidad en el AP y el AI sin barrera física alguna, con ausencia aparente de especies superespecialistas, esto significa que la mayor parte de las especies son capaces de prosperar en condiciones variables del mismo ambiente, aprovechando diversos recursos disponibles en ambos hábitats analizados.
Identificación de especies clave o funcionalmente críticas, cuya afectación genere efectos en cascada sobre otras especies.

Identificación de especies clave o críticas (fauna).

A nivel de AP Se identificaron 4 especies endémicas que no requieren atención especial (LC) conforme a la lista roja de especies amenazadas de la IUCN, sólo 1 especies endémica como especie amenazada (VU). La distribución de estas especies corresponde a la Península de Yucatán (tabla IV-94).

Y se identificaron 9 especies críticas conforme a su clasificación y estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010; ninguna en categoría de peligro de extinción, 3 especies en categoría de amenazada (*Agriocharis ocellata, Rhinoclemmys areolata y Boa constrictor*) y 6 especies en la categoría de protección especial, (*Eupsittula nana, Melanoptila glabrirostris, Conepatus semistriatus, Micrurus diastema, Iguana iguana y Leptodeira annulata)* (tabla IV-94*).* Una de estas especies es endémica y una otra que no amerita atención especial pero que, por su condición de endemismo, debe ser de observación, *Leptodeira annulata.*

Tabla IV-94. Especies clave o críticas identificadas.

NOMBRE COMÚN	*NOMBRE CIENTÍFICO*	FAMILIA	DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059
Perico pechisucio	*Eupsittula nana*	Psittacidae	NE	NT	Pr
Maullador negro	*Melanoptila glabrirostris*	Mimidae	NE	NT	Pr
Guajolote ocelado	*Agriocharis ocellata*	Phasianidae	NE	NT	A
Zorrillo de espalda blanca sureño	*Conepatus semistriatus*	Mephitidae	E	LC	Pr
Tortuga mojina	*Rhinoclemmys areolata*	Geoemydidae	NE	NT	A
Boa	*Boa constrictor*	Boidae	NE	LC	A
Coralillo	*Micrurus diastema*	Elapidae	NE	LC	Pr
Iguana verde	*Iguana iguana*	Iguanidae	NE	LC	Pr
Culebra ojo de gato bandada	*Leptodeira annulata*	Colubridae	NE	LC	Pr
Bolsero encapuchado	*Leptodeira annulata*	Icteridae	E	LC	---

Se identificaron 10 especies de aves que, por sus hábitos migratorios, se consideran especies clave dentro del ecosistema que ocupan (tabla IV-95).

Tabla IV-95. Especies migratorias clave.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	UICN	NOM-059	HABITOS
Garza nivea	*Egretta thula*	Ardeidae	NE	LC	---	M
Garceta verde	Butorides virescens	Ardeidae	NE	LC	---	M
Papamoscas del este	Contopus virens	Tyrannidae	NE	LC	---	M
Pijije alas blancas	Dendrocygna autumnalis	Anatidae	NE	LC	---	M
Garza tricolor	Egretta tricolor	Ardeidae	NE	LC	---	M
Papamoscas chico	Empidonax minimus	Tyrannidae	NE	LC	---	M
Tangara roja	Piranga rubra	Cardinalidae	NE	LC	---	M
Mosquero cardenal	Pyrocephalus rubinus	Tyrannidae	NE	LC	---	M
Chipe suelero	Seiurus aurocapilla	Parulidae	NE	LC	---	M
Playero solitario	Tringa solitaria	Scolopacidae	NE	LC	---	M

En cuanto a la flora, se tienen 3 especies críticas por el estatus que guardan dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo estas *Thrinax radiata, Conocarpus erectus y Rhizophora mangle,* ambas en estatus de amenazada (A), aunque con atención menor en la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (tabla IV-96).

Se identificaron 2 especies que su distribución es endémica con atención menor, pero que las hace ser especies clave dentro del ecosistema (tabla IV-96).

Tabla IV-96. Especies endémicas (flora).

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	IUCN	NOM
Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	Fabaceae	E	A/M	
Perezcut	*Croton arboreus*	Euphorbiaceae	E	A/M	

Se identificaron 11 especies clave ya que son especies productoras de alimento y en su caso porque son igualmente melíferas (tabla IV-97).

Tabla IV-97. Especies relevantes por su importancia ecológica.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	USO		
Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	Sapotaceae	Maderable	Comestible	---
Boob	*Coccoloba spicata*	Polygonaceae	---	---	alimento
Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	Polygonaceae	---	Comestible	Melifera
Zapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae	Maderable	Comestible y medicinal	---
Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae	---	Comestible	---
Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	---	Comestible y medicinal	---
Zapote amarillo	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae	Construcción	Comestible	---
Zapotillo	*Pouteria reticulata*	Sapotaceae	Maderable	Comestible	---
Caracolillo	*Sideroxylon foetidissimum*	Sapotaceae	Maderable y construcción	Comestible	Melifera
Chit	*Thrinax radiata*	Areceae	Construcción		alimento
Yaxnic	*Vitex gaumeri*	Lamiaceae	---	---	Alimento

Estas plantas transfieren energía alimenticia a los niveles tróficos inferiores a los superiores en un ecosistema. De igual forma, aunque no analizados, los insectos y otros tipos de artrópodos, son muy importantes dentro de la cadena trófica, ya que de igual forma son productoras de alimento y son parte de la base de la cadena alimenticia como las plantas, pero también muchos de estos son polinizadores y descomponedores.

A nivel de sistema ambiental (SA) y área de influencia (AI)

Ambos hábitats son similares por lo que se analiza como un solo escenario.

A nivel de SA y AI se identificaron 99 especies (riqueza específica), endémicas de las cuales 93 no requieren atención especial (LC) conforme a la lista roja de especies amenazadas de la IUCN, sólo 1 especies en peligro (EN) y 6 especies no endémicas con categoría casi amenazada (NT). La distribución de estas especies corresponde a la Península de Yucatán (tabla IV-98).

Y se identificaron 18 especies críticas conforme a su clasificación y estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010; se identificaron 2 especie dentro de la categoría de peligro de extinción (*Ateles geoffroyi y Spizaetus ornatus*), 6 especies en categoría de amenazada (*Agriocharis ocellata, Ramphastos sulfuratus, Sphiggurus mexicanus, Boa constrictor, Leptophis mexicanus y Rhinoclemmys areolata*), y 10 especies en la categoría de protección especial, (Rhinophrynus dorsalis, *Amazona albifrons , Eupsittula nana,*

Melanoptila glabrirostris, Passerina ciris, Conepatus semistriatus, Crocodylus moreletii, Iguana iguana, Leptodeira annulata, y Micrurus diastema), y 3 especies endémicas en total (tabla IV-98).

Tabla IV-98. Especies clave o críticas identificadas.

GRUPO	NOMBRE COMUN	*NOMBRE CIENTIFICO*	FAMILIA	DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059
ANFIBIO	Pochi	*Rhinophrynus dorsalis*	Rhinophrynidae	NE	LC	Pr
AVES	Guajolote ocelado	*Agriocharis ocellata*	Phasianidae	NE	NT	A
AVES	Perico frente blanca	*Amazona albifrons*	Psittacidae	NE	LC	Pr
AVES	Perico pechisucio	*Eupsittula nana*	Psittacidae	NE	NT	Pr
AVES	Maullador negro	*Melanoptila glabrirostris*	Mimidae	NE	NT	Pr
AVES	Azulillo sietecolores	*Passerina ciris*	Cardinalidae	NE	LC	Pr
AVES	Tucán	*Ramphastos sulfuratus*	Ramphastidae	NE	NT	A
AVES	Águila azor galana	*Spizaetus ornatus*	Accipitridae	NE	NT	P
MAMIFEROS	Mono araña	*Ateles geoffroyi*	Atelidae	NE	EN	P
MAMIFEROS	Zorrillo de espalda blanca sureño	*Conepatus semistriatus*	Mephitidae	E	LC	Pr
MAMIFEROS	Puercoespín	*Sphiggurus mexicanus*	Erethizontidae	---	LC	A
REPTILES	Boa	*Boa constrictor*	Boidae	NE	LC	A
REPTILES	Crocodylus	*Crocodylus moreletii*	Crocodylidae	---	LC	Pr
REPTILES	Iguana verde	*Iguana iguana*	Iguanidae	NE	LC	Pr
REPTILES	Culebra ojo de gato bandada	*Leptodeira annulata*	Colubridae	NE	LC	Pr
REPTILES	Leptophis	*Leptophis mexicanus*	Colubridae	NE	LC	A
REPTILES	Coralillo	*Micrurus diastema*	Elapidae	NE	LC	Pr
REPTILES	Tortuga mojina	*Rhinoclemmys areolata*	Geoemydidae	NE	NT	A
AVES	Bolsero yucateco	*Icterus auratus*	Icteridae	E	LC	---
AVES	Bolsero encapuchado	*Icterus cucullatus*	Icteridae	E	LC	---

Se identificaron 12 especies de aves que, por sus hábitos migratorios, se consideran especies clave dentro del ecosistema que ocupan (tabla IV-99).

Tabla IV-99. Especies migratorias clave.

NOMBRE COMUN	*NOMBRE CIENTIFICO*	FAMILIA	HABITOS
Garceta verde	*Butorides virescens*	Ardeidae	M
Papamoscas del este	*Contopus virens*	Tyrannidae	M
Pijije alas blancas	*Dendrocygna autumnalis*	Anatidae	M
Garza nivea	*Egretta thula*	Ardeidae	M
Garza tricolor	*Egretta tricolor*	Ardeidae	M
Papamoscas chico	*Empidonax minimus*	Tyrannidae	M
Bienteveo ventriazufrado	*Myiodynastes luteiventris*	Tyrannidae	M
Tangara roja	*Piranga rubra*	Cardinalidae	M
Mosquero cardenal	*Pyrocephalus rubinus*	Tyrannidae	M
Chipe suelero	*Seiurus aurocapilla*	Parulidae	M
Golondrina bicolor	*Tachycineta bicolor*	Hirundinidae	M

Playero solitario	*Tringa solitaria*	Scolopacidae	M

Se identificaron 17 especies clave ya que son especies productoras de alimento y en su caso porque son igualmente melíferas (tabla IV-100).

Tabla IV-100. Especies relevantes por su importancia ecológica.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	USO		
Ramon	*Brosimum alicastrum*	Moraceae	Maderable	Comestible	Forraje
Sak pak	*Byrsonima bucidifolia*	Malpighiaceae	---	Comestible	---
Pochota	*Ceiba schottii*	Malvaceae	Ornamental	Comestible	---
Caimito	*Chrysophyllum mexicanum*	Sapotaceae	Maderable	Comestible	---
Sak boob	*Coccoloba reflexiflora*	Polygonaceae	---	Comestible	Melifera
Boob	Coccoloba spicata	Polygonaceae	---	---	---
Ciricote	*Cordia dodecandra*	Boraginaceae	Maderable	Comestible	---
Silil	*Diospyros cuneata*	Ebenaceae	Construcción	Comestible	---
Zapote	*Manilkara zapota*	Sapotaceae	Maderable	Comestible y medicinal	---
Guaya	*Melicoccus oliviformis*	Sapindaceae	---	Comestible	---
Jabin	*Piscidia piscipula*	Fabaceae	---	Comestible y medicinal	---
Zapote amarillo	*Pouteria campechiana*	Sapotaceae	Construcción	Comestible	---
Zapotillo	*Pouteria reticulata*	Sapotaceae	Maderable	Comestible	---
Zapote faisan	Sideroxylon salicifolium	Sapotaceae	Maderable y construcción	Comestible	Melifera
Katalox	Swartzia cubensis	Fabaceae	Combustible	Medicinal	Melifera
Chit	Thrinax radiata	Arecaceae	Construcción	---	---
Yaxnic	Vitex gaumeri	Lamiaceae	---	---	---

Se tienen 4 especies críticas por el estatus que guardan dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo estas *Coccothrinax readii, Thrinax radiata, Conocarpus erectus y Rhizophora mangle, todas* en estatus de amenazada (A), aunque con atención menor en la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (tabla IV-101).

Tabla IV-101. Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

N. CIENTIFICO	FAMILIA	USO	USO	USO	NOM-059
Coccothrinax readii	Arecaceae	Construcción	Medicinal		A
Conocarpus erectus	Combretaceae	Maderable	---	---	A
Rhizophora mangle	Rhizophoraceae	---	---	---	A
Thrinax radiata	Arecaceae	Construcción	---	---	A

Se identificaron 4 especies que su distribución es endémica con atención menor, pero que las hace ser especies clave dentro del ecosistema (tabla IV-102).

Tabla IV-102. Especies endémicas (flora).

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	IUCN
Pata de vaca	*Bauhinia erythrocalyx*	Fabaceae	E	A/M
Nacax	*Coccothrinax readii*	Arecaceae	E	A/M
Perezcut	*Croton arboreus*	Euphorbiaceae	E	A/M
crusche	*Randia truncata*	Rubiaceae	E	A/M

Se realizó el análisis de las especies presentes de registro directo (D) en los tres hábitats estudiados, concluyendo que todas las especies del AP, y del AI se encuentran en la RE, así como se muestra en la (tabla IV-103), por lo que la red trófica se encuentra efectivamente equilibrada, cada organismo se encuentra interactuando como productor, los generalistas y oportunistas tanto en el AP como en el AI y RE, y no se identificaron especies monófaga que se distribuya de manera natural en el área estudiado.

Tabla IV-103. Conglomerado de especies clave o críticas.

GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	DISTRIBUCION	IUCN	NOM-059	HABITAT 3 (RE)	HABITAT 2 (AI)	HABITAT 1 (AP)
AVES	Guajolote ocelado	Agriocharis ocellata	Phasianidae	NE	NT	A	X	X	X
AVES	Perico frente blanca	Amazona albifrons	Psittacidae	NE	LC	Pr	X	X	
MAMIFEROS	Mono araña	Ateles geoffroyi	Atelidae	NE	EN	P	X	X	
REPTILES	Boa	Boa constrictor	Boidae	NE	LC	A	X	X	X
MAMIFEROS	Zorrillo de espalda blanca sureño	Conepatus semistriatus	Mephitidae	E	LC	Pr	X	X	
REPTILES	Crocodylus	Crocodylus moreletii	Crocodylidae	---	LC	Pr	X	X	
AVES	Perico pechisucio	Eupsittula nana	Psittacidae	NE	NT	Pr	X	X	X
AVES	Bolsero yucateco	Icterus auratus	Icteridae	E	LC	---	X	X	
AVES	Bolsero encapuchado	Icterus cucullatus	Icteridae	E	LC	---	X	X	
REPTILES	Iguana verde	Iguana iguana	Iguanidae	NE	LC	Pr	X	X	X
REPTILES	Culebra ojo de gato bandada	Leptodeira annulata	Colubridae	NE	LC	Pr	X	X	X
REPTILES	Leptophis	Leptophis mexicanus	Colubridae	NE	LC	A	X	X	
AVES	Maullador negro	Melanoptila glabrirostris	Mimidae	NE	NT	Pr	X	X	X
REPTILES	Coralillo	Micrurus diastema	Elapidae	NE	LC	Pr	X	X	X
AVES	Azulillo sietecolores	Passerina ciris	Cardinalidae	NE	LC	Pr	X	X	
AVES	Tucán	Ramphastos sulfuratus	Ramphastidae	NE	NT	A	X	X	
REPTILES	Tortuga mojina	Rhinoclemmys areolata	Geoemydidae	NE	NT	A	X	X	X
ANFIBIO	Pochi	Rhinophrynus dorsalis	Rhinophrynidae	NE	LC	Pr	X	X	
MAMIFEROS	Puercoespín	Sphiggurus mexicanus	Erethizontidae	---	LC	A	X	X	
AVES	Águila azor galana	Spizaetus ornatus	Accipitridae	NE	NT	P	X	X	

Si simuláramos la extinción o remoción de ciertos grupos, se observarían escenarios críticos:

Remoción total de las Plantas (Colapso Total): Al ser el único productor primario (el único nodo con un grado de entrada de 0 y salidas hacia múltiples niveles), su desaparición provocaría un efecto de cascada de extinción instantáneo. Todos los consumidores primarios e intermediarios se quedan sin fuente energética basal.

Remoción de los Insectos (Especie Enlace): Los insectos actúan como un puente crítico entre las plantas y dos grupos clave: los roedores (no registrados al momento) y las aves canoras. Si se eliminarán los insectos, las aves canoras perderían su única fuente alternativa de alimento documentada en la matriz, lo que aumentaría drásticamente la presión de depredación sobre las plantas y desestabilizaría el crecimiento de los roedores.

Remoción de Mamíferos Herbívoros (Pérdida de Presas Principales): Este nodo sustenta directamente a los tres niveles superiores de la cadena (Reptiles, Aves Rapaces y Mamíferos Carnívoros). La pérdida de este forzaría a los grandes depredadores a competir agresivamente por el grupo restante, acelerando potencialmente la extinción secundaria de los carnívoros debido a la escasez de biomasa disponible (hipotéticamente).

En ese orden de ideas, en el área del proyecto se pretende remover la vegetación en una superficie de 6.20 hectáreas que representa el 18.59.75% del AP, de manera que el 81.41% de la superficie del predio queda disponible para la continuidad de la trama trófica, descartando un efecto de cascada sobre otras especies.

Análisis de fragmentación del hábitat y de corredores biológicos en el área del proyecto y su área de influencia, que pudiera ocasionar la realización del proyecto,

De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (escala 1:250000), Serie VII (2018), en el SA se ubica dentro de un mosaico con zonas con distribución de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, selva mediana subperennifolia, manglar, cuerpo de agua, actividades agrícolas y asentamiento humano en general (figura IV-87), lo cual concuerda con las evidencias encontradas en campo.

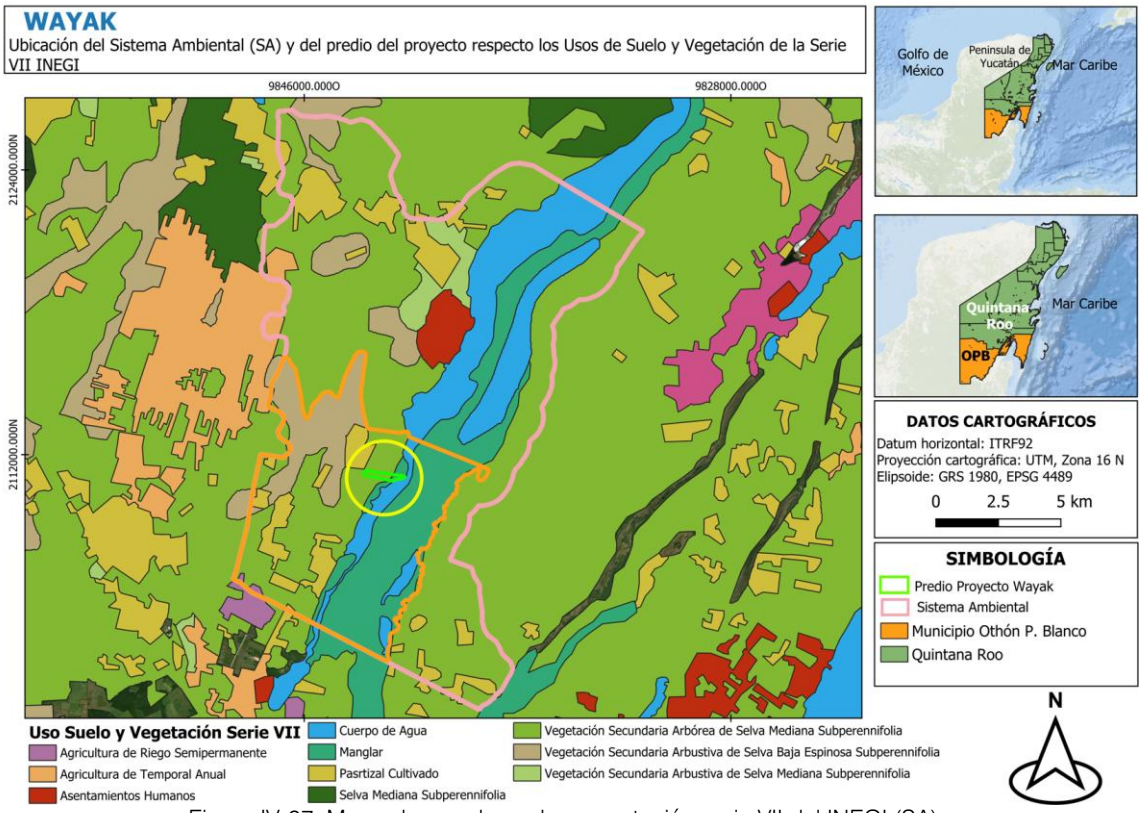


Figura IV-87. Mapa de uso de suelo y vegetación serie VII del INEGI (SA).

Tanto el SA como el AI está compuesta por 10 tipos de uso de suelo o vegetación, siendo estos los descritos en la siguiente tabla (tabla IV-104).

Tabla IV-104. Distribución de tipos de uso de suelo y vegetación en el SA.

CLAVE	Cobertura	AI · ha	AI · %	RE · ha	RE · %
VSA/SMQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBÓREA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	1913.09	30%	10129.75	47%
VM	MANGLAR	2036.48	32%	3177.46	15%
H2O	CUERPO DE AGUA	466.37	7%	3068.58	14%
VSa/SBQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA BAJA ESPINOSA SUBPERENNIFOLIA	1178.43	19%	1973.31	9%
PC	PASTIZAL CULTIVADO	660.47	11%	1817.17	9%
VSa/SMQ	VEGETACIÓN SECUNDARIA ARBUSTIVA DE SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	0.00	0%	515.64	2%
AH	ASENTAMIENTOS HUMANOS	0.00	0%	444.41	2%
TA	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	7.52	0%	193.50	1%
RS	AGRICULTURA DE RIEGO SEMIPERMANENTE	27.43	0%	27.43	0%
SMQ	SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	0.00	0%	12.96	0%
	TOTAL	6289.81	100%	21360.24	100%

Sin embargo, el análisis en las imágenes satelitales de acceso público como la herramienta del sistema de información geográfica (sig.) denominado Google.cn Satélites a través de la paquetería de uso gratuito QGis 3.44.14, se realizó la delimitación de las imágenes correspondientes a obras y áreas si vegetación

aparente con el fin de determinar si la zona ha sufrido algún cambio desde la capa de información oficial disponible a la fecha, obteniendo el siguiente resultado.

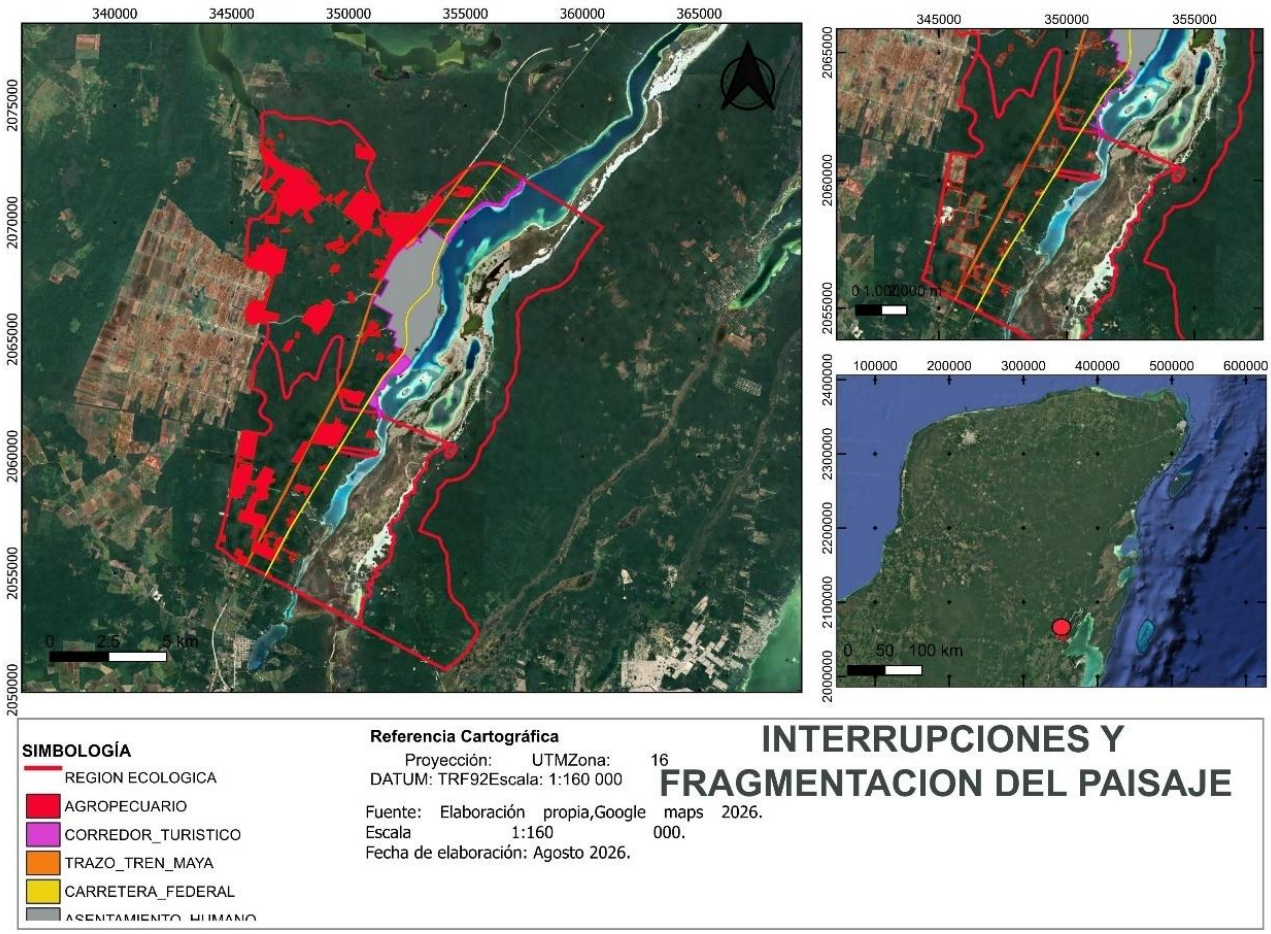


Figura IV.88. Paisaje actual y fragmentación en el SA.

El estado de Quintana Roo y de manera partículas los municipios con potencial turístico, continúan siendo territorios atractivos para el negocio inmobiliario derivado del bajo costo de tierras ya sea porque se traten de terrenos nacionales o ejidales, por lo que el fraccionamiento de estas tierras en pequeños lotes representa una fuente de ingresos a corto y mediano plazo para las personas de otros estados que siguen migrando al Sur del país en busca de mejores oportunidades de vida.

Por lo que, haciendo un análisis de las imágenes de dominio público de estos últimos cinco años (figura IV-89), se aprecia que, en sistema estudiado, se han llevado a cabo diversas trasformaciones del paisaje para realizar el cambio de una vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia por asentamientos humanos y otras actividades económicas como la agricultura y ganadería. Esto ha originado un incremento de más del 100% de la superficie que actualmente ocupan asentamientos humanos irregulares del centro de población que ha causado una fragmentación del hábitat de 444.41 has según el INEGI (2018) a 977.72 has con referencia a las imágenes de 2026. En cuanto al cambio de uso de suelo para actividades agrícolas y ganaderas, se cuantificó una superficie de 2,047 has.

En junio de 2020 inician los trabajos para la construcción del proyecto Tren Maya, el cual, es un proyecto estratégico para México que busca detonar el desarrollo de la Península de Yucatán a través de la

interconexión de las localidades y la potenciación de los atractivos turísticos, con una extensión de más de 1,500 km repartidos en 7 tramos[70], siendo el tramo 6 el que se encuentra dentro de la RE, representando la ocupación aproximada de 102.78 has o el 0.47% del SA.

Sin embargo, conllevó diversos impactos ambientales, por ejemplo, para el tramo V se identificó una cercanía a la Selva Maya, pero no una interacción directa, aunque todos los tramos del proyecto tienen una vinculación con el corredor del jaguar, presentándose variaciones en el grado de interacción que tienen con este; el tramo VI tiene una interacción intermitente en algunas zonas del corredor[3].

Por otro lado, para su construcción ocupó material pétreo en demasía lo que originó el desmonte y apertura de diversos bancos de materiales pétreos sin ningún tipo de regulación y posteriormente para ser abandonados sin ningún tipo de manejo de restauración. Actualmente el trazo del tren maya representa una barrera física para algunas especies (figura IV-89).

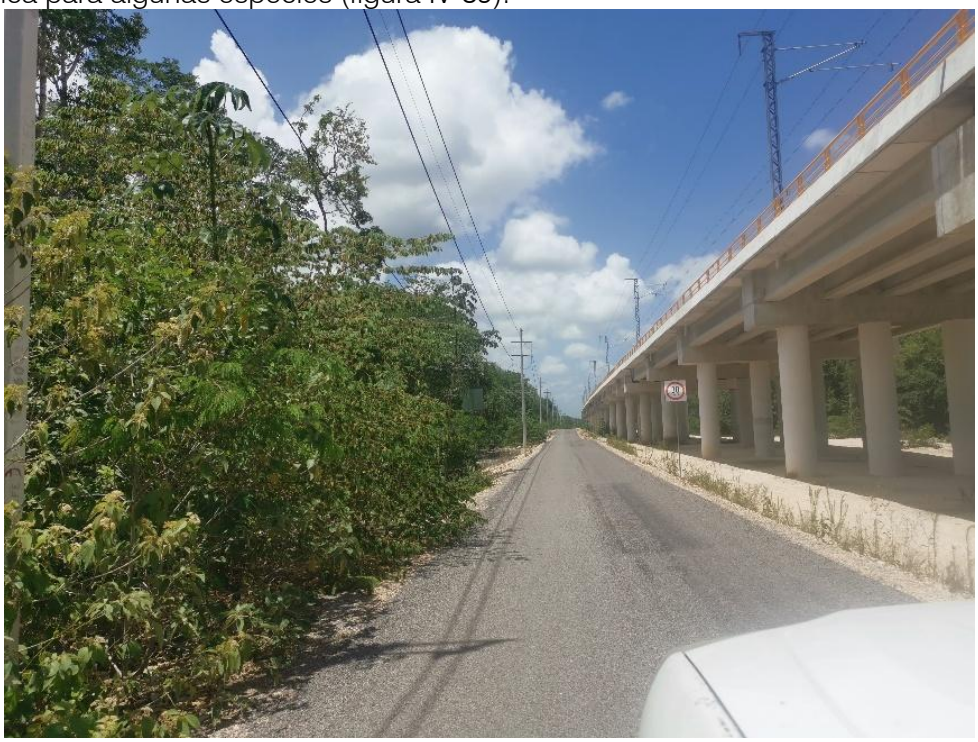


Figura IV-89. Interrupción de corredores biológicos.

Estas dos actividades descritas anteriormente diagnostican una tendencia hacia una transformación creciente y demandante hacia ambas actividades quizá dentro de un esquema no regulado, actividad normalizada en el estado sin ningún esquema de desarrollo urbano ordenado.

Dentro del SA se encuentra ubicado el centro de población como conocido como Bacalar, que se ubica a 38 km al Norte de la capital del estado Chetumal.

DISPERSION DE ESPECIES

De acuerdo con la información acumulada de registro de especies, densidad, distribución y hábitos, se tiene de manera general que las especies registradas en el muestreo directo (D), el 63.29% de las especies

70 https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/anexo_tramo_v___impactos_ambientales_y_sociales_tren_maya_wwf_gpppa_2021.pdf recuperado el 1 de agosto de 2026.

se encuentran dispersas de manera uniforme (figura IV-90), el 24.05% de las especies se encuentran dispersas de manera aleatoria y únicamente el 5% de las especies se encuentran dispersas de manera agrupada.

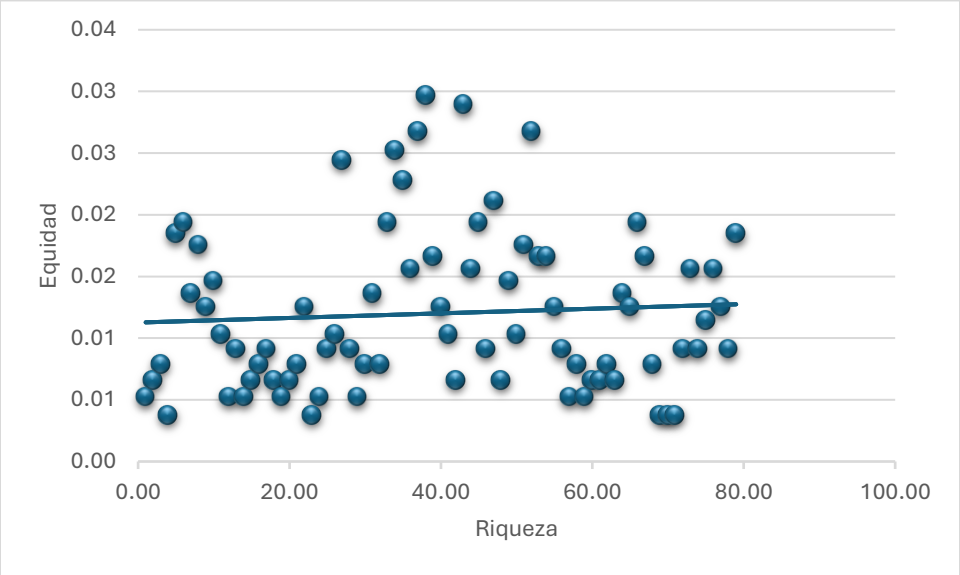


Figura IV-90. Dispersión uniforme de especies.

Dispersión uniforme. En la dispersión uniforme, los individuos de una población se encuentran espaciados entre sí de manera más o menos regular. Dispersión aleatoria. En la dispersión aleatoria, los individuos se distribuyen al azar, sin un patrón predecible. Dispersión agrupada. En la dispersión agrupada, los individuos forman grupos.

Este comportamiento ha sido fácilmente predecible ya que el ecosistema correspondiente a los tres hábitats es el mismo.

Por otor lado, el AP no se encuentra fragmentado, el tipo de vegetación y distribución es homogénea, cuenta únicamente con una vivienda rural, un camino de acceso principal y una senda de uso recreativo con una superficie de 1,483.25 m^2, el camino cuenta con una distancia de más de 1080 m, parte de la carretera federal Chetumal- Puerto Juárez, del municipio de Othón P. Blanco en dirección a la Laguna de Bacalar.

En el AP no se ubican áreas naturales protegidas de competencia federal[71] , estatal y mucho menos municipal[72] (figura IV-91).

[71] Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), 2018. Escala 1: 1 500 000.
[72] CONABIO. 2020. Áreas naturales protegidas estatales, municipales, ejidales, comunitarias y privadas de México.

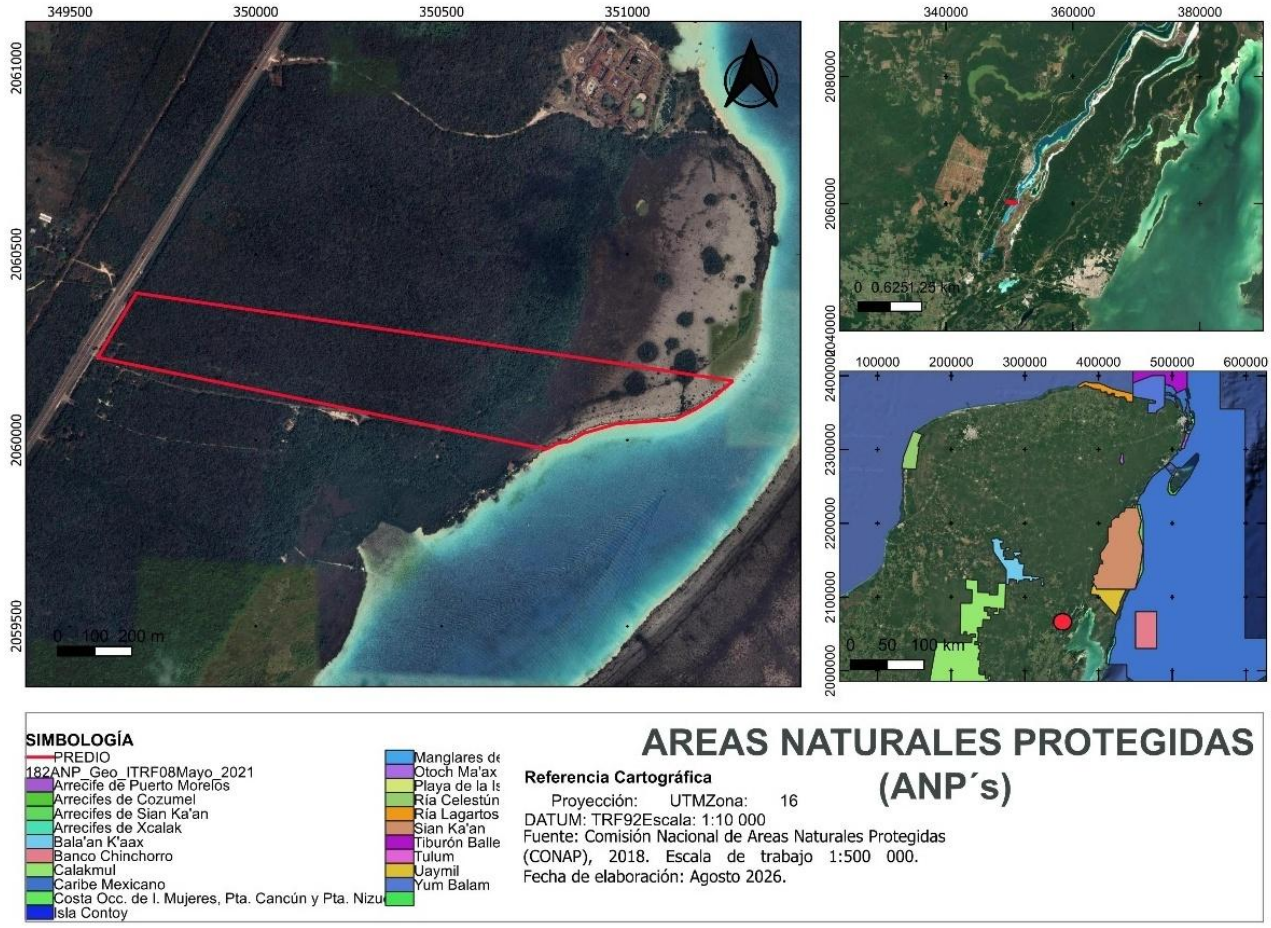


Figura IV-91. Ubicación del predio fuera de ANP de competencia federal.

No se encuentra dentro de los tres hábitats, áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS)[73]. Tampoco se encuentra dentro de las regiones marinas prioritarias de México (RMPM)[74]. No se ubica dentro de las regiones terrestres prioritarias (RTP)[75]. Únicamente comparte la demarcación de la región hidrológica prioritaria (RHP)[76], 109 y 110 denominadas “Humedales y lagunas de la Bahía de Chetumal” y “Río Hondo”.

Se realizó la revisión bibliográfica respecto a la distribución potencial de fauna, encontrando que además del registro mediante la consulta de bases de datos de dominio público, de *Tapirus bairdii*, se ponderó con el mapa potencial de distribución del jaguar (figura IV-92) *Panthera onca*[77], aunque prácticamente abarca todo el estado sin discriminación de un corredor en específico, pero si para tener una referencia por la importancia ecológica que tiene esta especie y por ser una especie sombrilla.

[73] CIPAMEX/ CONABIO, 2015. Áreas de importancia para la conservación de las aves. Escala 1:1 000 000.
[74] CONABIO, 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Escala 1: 1 000 000.
[75] CONABIO, 2004. Regiones terrestres prioritarias. Escala 1:1 000 000.
[76] Arriaga, L. V. Aguilar y J. Alcocer. 2002. Regionalización biótica, escala 1: 4 000 000. Regiones hidrológicas prioritarias.
[77] Ceballos, G., S. Blanco, C. González, E. Martínez. 2006. Panthera onca (Jaguar, tigre) delimitada, con base al Atlas Mastozoológico de México. Distribución potencial

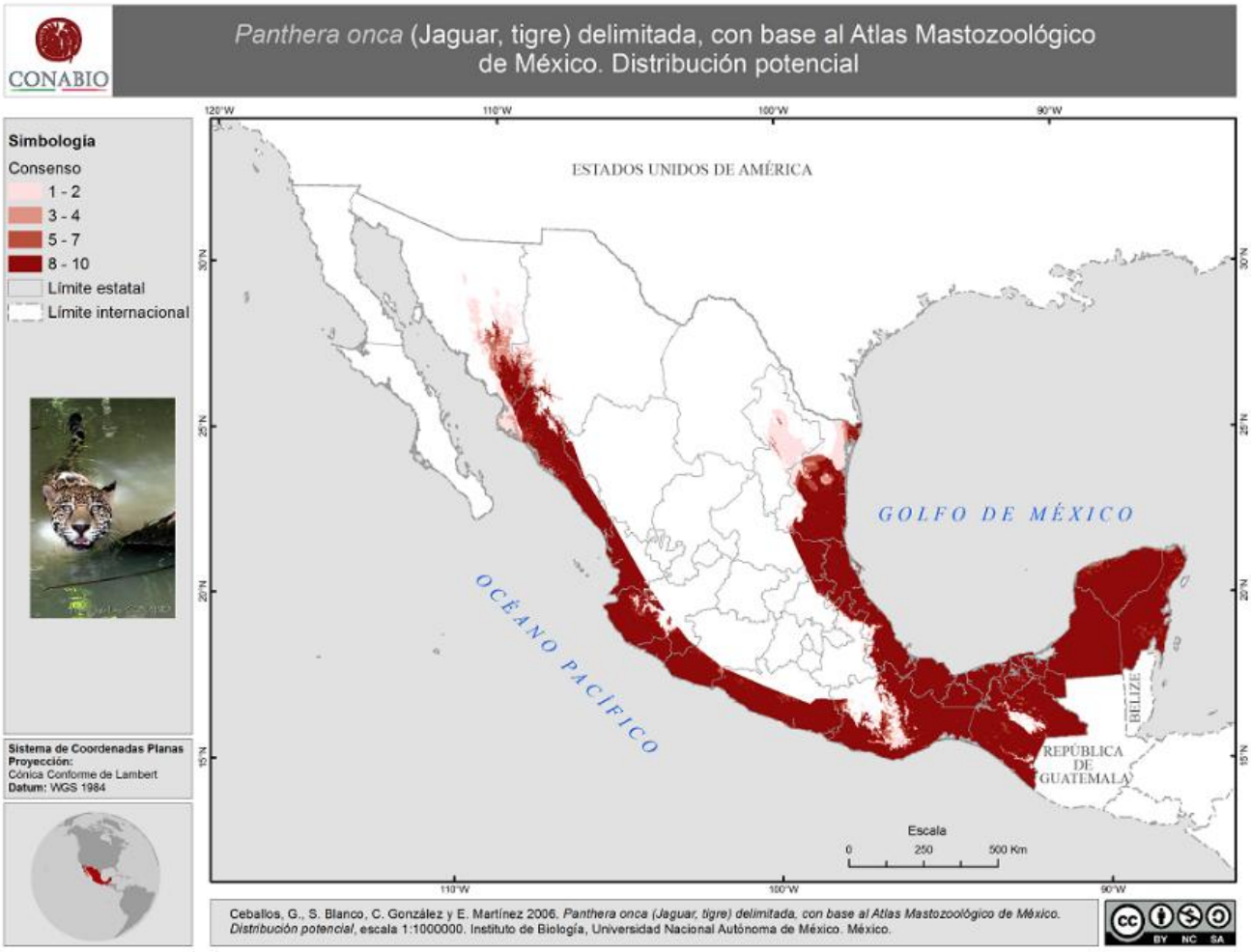


Figura IV-92. Corredor potencial de distribución del jaguar.

Por lo tanto, se realizó un ejercicio de conectividad a través de la distribución de las especies en el RE, AI y AP y las áreas que aún conservan vegetación, aunque existen dos barreras físicas inmediatas y evidentes consistentes en el trazo de la carretera federal y el trazo del tren maya, el cual posiblemente este causando ese efecto de barrera, aunque se hayan establecido las medidas de mitigación como el establecimiento de pasos de fauna específicamente para el tren maya (figura IV 93).

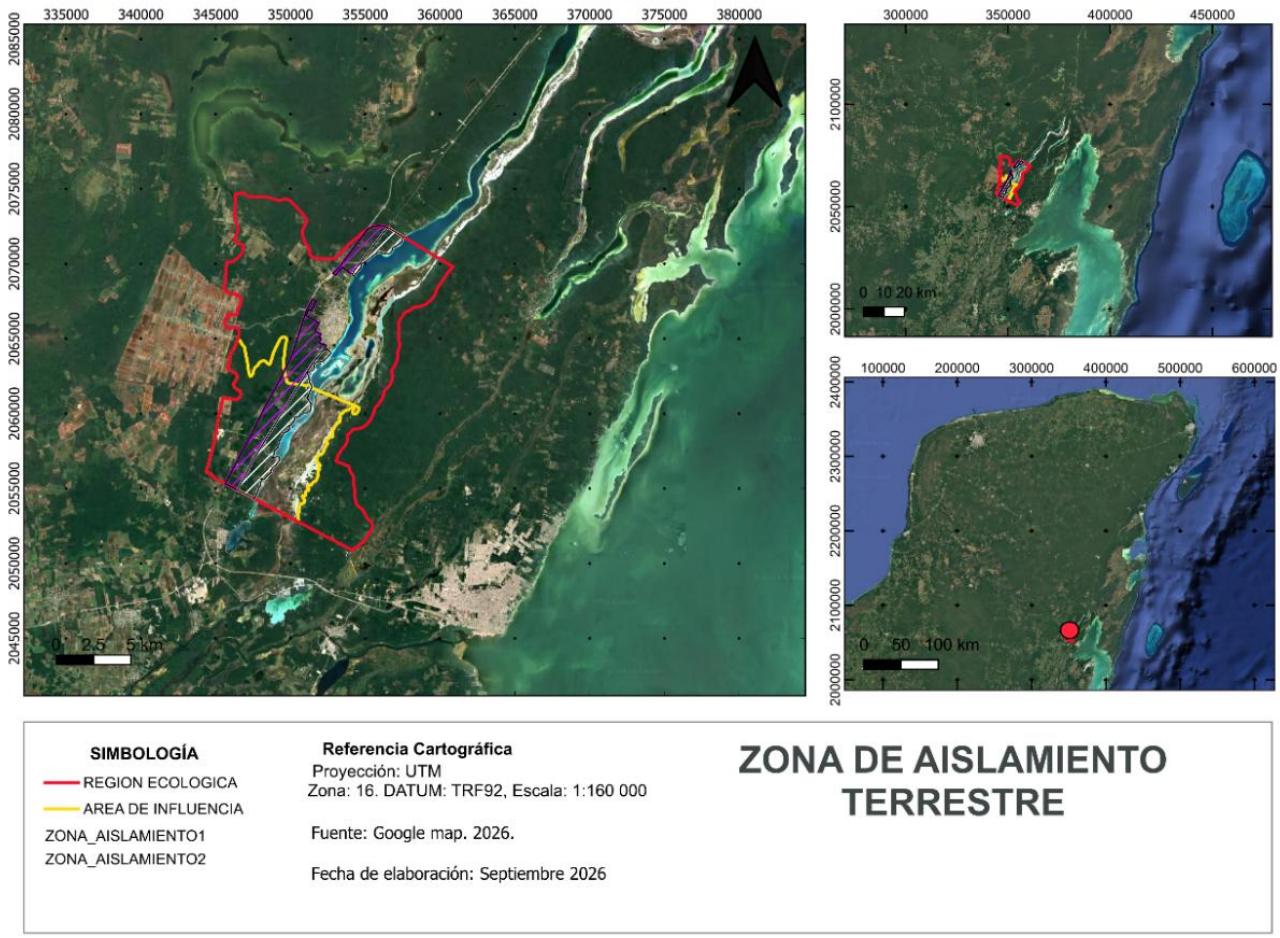


Figura IV-93. Zona de aislamiento del paisaje.

Para determinar los corredores biológicos en el SA, AI y AP, se realizó una ponderación de las especies de fauna en base a su importancia ecológica, estatus de protección, hábitos migratorios para el caso de las aves y dispersión agrupada, dando como resultado un corredor de conexión biológica (figura IV-94. Hay que consideras que la Península de Yucatán es una planicie.

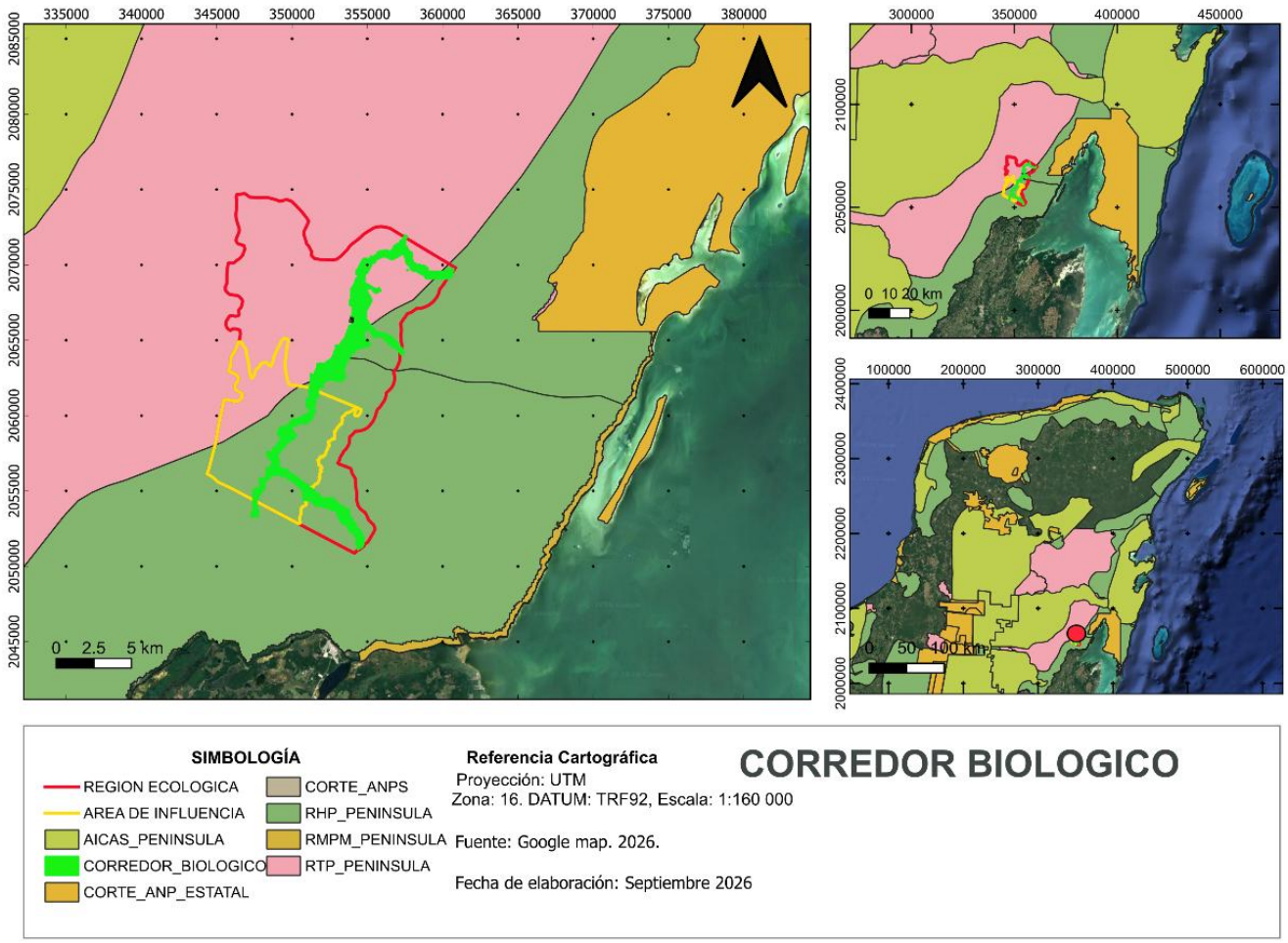


Figura IV-94. Mapa de corredores biológicos a nivel del SA.

Este corredor cuenta con una superficie aproximada de 2,554.71 has, con una longitud de 20.38 km, que corre a lo largo del área del caudal de la Laguna de Bacalar de Norte a Sur, con la selva maya en la porción Este con el límite del SA delimitado.

Aún no existen parches de vegetación, pero si el aislamiento del paisaje dentro del SA y que corresponde al existente entre la carretera federal Chetumal- Cancún y el trazo del tren maya, que ocupa una superficie de 3,147 has en la zona Oeste del sistema ambiental analizado.

IV.3 Aspectos socioeconómicos.

IV.3.1 Medio socioeconómico

El proyecto se ubica en la comunidad de Juan Sarabia en el municipio de Othón P. Blanco, estado de Quintana Roo. Este estado es el de más reciente fundación en México, declarándose como tal el 08 de octubre de 1974, constituyéndose por apenas siete municipios, entre ellos el del proyecto. Se ubica en el sureste de México, siendo uno de los tres estados de la Península de Yucatán; sus colindancias son: al norte con Yucatán y el Golfo de México (océano Atlántico); al este con el mar Caribe (océano Atlántico); al

sur con Belice y, al oeste con Campeche. En cuanto a extensión territorial, ocupa el lugar 19 a nivel nacional y representa el 2.56% de la superficie total del país.

Actualmente, el estado de Quintana Roo se encuentra conformado por 11 municipios. Los municipios de creación más reciente son Solidaridad, posteriormente denominado Playa del Carmen en marzo 2025, así como Tulum, Bacalar y, finalmente, Puerto Morelos, este último constituido como el municipio más reciente de la entidad (Tabla IV-105).

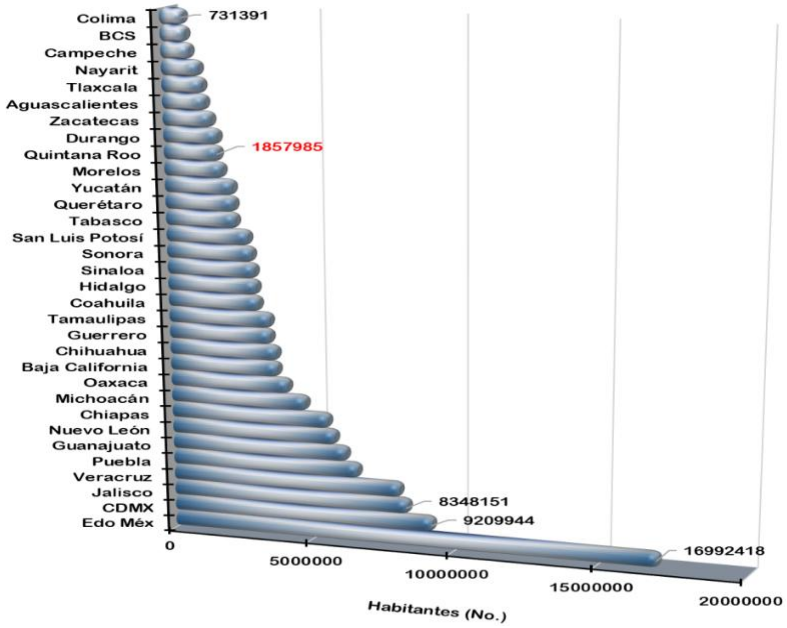
Tabla IV-105. Municipios que conforman el estado de Quintana Roo a la fecha.
Municipios que conforman el estado de Quintana Roo a la fecha.

Municipio	Cabecera	Fundación
Cozumel	Cozumel	12 de enero de 1975
Felipe Carrillo Puerto	Felipe Carrillo Puerto	12 de enero de 1975
Isla Mujeres	Isla Mujeres	12 de enero de 1975
Othón P. Blanco	Chetumal	12 de enero de 1975
Benito Juárez	Cancún	12 de enero de 1975
José Ma. Morelos	José Ma. Morelos	12 de enero de 1975
Lázaro Cárdenas	Kantunilkín	12 de enero de 1975
Solidaridad	Playa del Carmen	28 de julio de 1993
Tulum	Tulum	13 de marzo de 2008
Bacalar	Bacalar	02 de febrero de 2011
Puerto Morelos	Puerto Morelos	06 de noviembre de 2015

El municipio de Othón P. Blanco funciona como capital del estado, por ende, es donde se encuentran los poderes del estado. Hasta febrero de 2011, este municipio incluía la parte territorial de lo que es hoy el municipio de Bacalar, por lo que, el análisis socioeconómico que se hace en este apartado no diferencia el antes de la segregación de esta superficie del municipio de Othón P. Blanco.

IV.3.2 Población

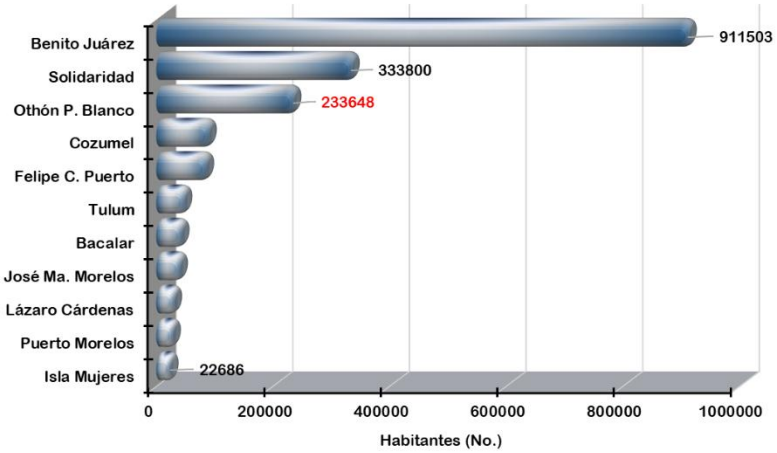
De acuerdo con el último conteo de población y vivienda presentado por el INEGI a nivel nacional en el 2020 (ver: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Tabulados)z, el estado de Quintana Roo se ubica entre los primeros 10 lugares a nivel nacional con menor población total, siendo esta de 1’857,985 habitantes (Figura IV-95). De los 126’014,024 habitantes a nivel nacional que resultaron del censo poblacional antes mencionado, en el Estado habitaban el 1.47% de la población total; mientras que, los estados de Colima y Baja California Sur fueron los que tuvieron menor número de habitantes, representado el 0.58 y 0.63% de la población total nacional, respectivamente, y el Estado y la Ciudad de México los que resultaron por mucho con la mayor población nacional, con el 13.48 y 7.31% del total nacional, en el orden antes citado.



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Tabulados

Figura IV-95 Población por entidad federativa de acuerdo con el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020.

En 2020, el municipio de Benito Juárez concentró el 49.06% de la población de Quintana Roo, seguido por Solidaridad (17.97%) y Othón P. Blanco (14.92%). Isla Mujeres registró la menor proporción poblacional estatal con 1.22% y 22,686 habitantes.



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Tabulados

Figura IV-96 Población municipal en el estado de Quintana Roo de acuerdo con el censo poblacional realizado por el INEGI en el año 2020.

Según el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, el municipio de Othón P. Blanco cuenta con 645 localidades y rancherías, de las cuales 373 tienen entre 1 y 3 habitantes. Chetumal concentra el 72.34% de los 233,648 habitantes municipales, seguido por Calderitas (2.38%) y Nicolás Bravo (1.58%). A nivel estatal, Quintana Roo presenta una densidad de población de 36.9 hab/km^2, ubicándose en el octavo lugar nacional entre las entidades con menor densidad. (Figura IV-96). En este rubro resulta que las entidades con la mayor densidad poblacional son la Ciudad México y el Estado de México con 6,144.1 y 791.8 Hab km$^{2-1}$, respectivamente.

IV.3.3 Dinámica poblacional

El crecimiento poblacional nacional ha mostrado un comportamiento similar al que se ha tenido a nivel mundial de acuerdo con la información proporcionada por el Banco Mundial (ver: https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.GROW). En el periodo de 1970 a 2019, México pasó de tener tasas de crecimiento poblacional anuales de 3.05% a 1.09%, siendo más fuerte la caída que la mostrada a nivel mundial que pasó de ser de 2.09 a 1.07% en el mismo periodo. En este mismo lapso, la tasa promedio de crecimiento poblacional anual de México es ligeramente superior a la mundial (1.88 vs 1.52%); cuando ha habido países que han tenido una tasa de crecimiento negativa (disminución de la población), tales como Letonia, Bulgaria, Serbia y Lituania (-0.41, -0.38, -0.29 y -0.22%, respectivamente), mientras que países de medio oriente todavía tienen tasas de crecimiento por arriba del 4% (Emiratos Árabes Unidos 7.75%, Qatar 6.67%, Kuwait 4.44 y Bahréin 4.15%).

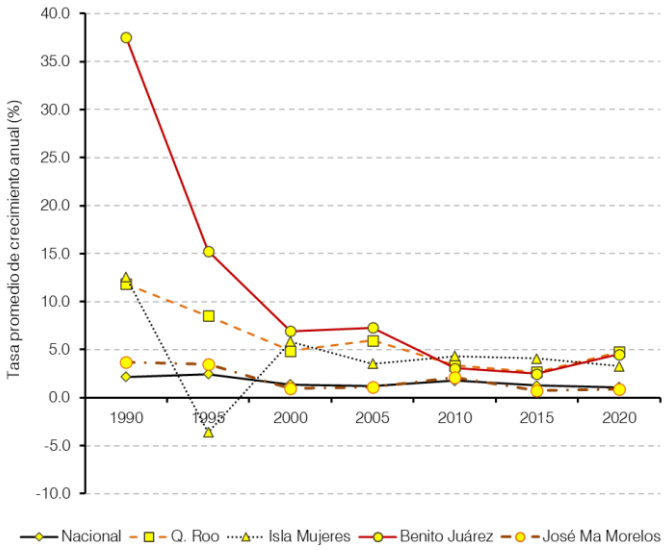
En el periodo de referencia, hasta finales de los 80's, a nivel nacional todavía se tenían tasas de crecimiento poblacional superiores al 2%, lo que se reflejó en un incremento poblacional del 89.0% (igual a 42.93 millones de habitantes). Sin embargo, a partir del 2000 éstas se han mantenido más o menos estables y por debajo del 1.5%, lo que ha implicado un incremento poblacional del 23.2% (22.52 millones de habitantes).

A nivel estatal, de 1990 al 2020 se ha tenido una tasa promedio de crecimiento demográfico del 6.0%, siendo mayor a la nacional (1.6%), periodo en el cual se ha triplicado la población del Estado (Tabla IV-106). Si bien su tasa promedio de crecimiento anual ha ido a la baja, su disminución ha tenido un comportamiento irregular con bajadas y subidas (Figura IV-97). La representación de la población estatal con respecto a la nacional ha ido incrementando paulatinamente, yendo de 0.61%, en 1990, a 1.47% en el 2020, representando en promedio en este periodo el 1.04% de la población nacional.

Tabla IV-106. Número de habitantes a nivel nacional, estatal y municipal de 1990 a 2020 de acuerdo con los censos y conteos poblacionales realizados por el INEGI[§].

Entidad	1990	1995	2000	2005	2010	2015[§§]	2020	TPCA (%)
Nacional	81'249,645	91'158,290	97'483,412	103'263,388	112'336,538	119'530,753	126'014,024	1.6
Q. Roo	493,277	70,3536	874,963	1'135,309	1'325,578	1'501,562	1'857,985	6.0
Benito Juárez	176,765	311,696	419,815	572,973	661,176	743,626	911,503	11.0
Isla Mujeres[§§§]	10,666	8,750	11,313	13,315	16,203	19,495	22,686	4.3
Solidaridad [§§§]	---	28,747	63,752	135,512	159,310	209,634	333,800	13.7
José Ma. Morelos[§§§]	25,179	29,604	31,052	32,746	36,179	37,502	39,165	1.9

[§] Datos de 1990 a 2020: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.
[§§] Datos de 2015: https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html#Tabulados.
[§§§] Se incluye los municipios de Isla Mujeres, Solidaridad y José Ma. Morelos solo como referencia de municipios estatales.



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Tabulados

Figura IV-97. Tasa promedio de crecimiento poblacional anual estimada con los censos y conteos poblacionales reportados por el INEGI para el periodo de 1970 a 2020 a nivel nacional, estatal y municipal.

Si la población estatal creció 3.8 veces de 1990 a 2020, la población municipal de Benito Juárez creció 5.2 veces en el mismo periodo, pero la población de Isla Mujeres solo creció 2.1 veces, pasando de 10,666 habitantes en 1990 a 22,686 en el 2020, lo que representó una tasa promedio de crecimiento anual de 4.3% en este periodo; muy por debajo de la tasa de Solidaridad con 13.7% y superior a José Ma. Morelos con el 1.9% TPCA, valores extremos en el estado.

La población de Solidaridad en los lustros de 1995 a 2005 fue de 28,747, 63,752 y 135,512 habitantes, lo que lo hizo tener tasas de crecimiento poblacional por arriba del 20%, muy superiores a las obtenidas a nivel nacional, estatal y de las de Benito Juárez (Figura IV-97). Sin embargo, de 2005 al 2015 estás han tenido una substancial caída, sin que se pueda ver que ya llegaron a estabilizarse como se puede decir que pareciera estar sucediendo con el municipio de Benito Juárez.

IV.3.4 Variables de la dinámica poblacional

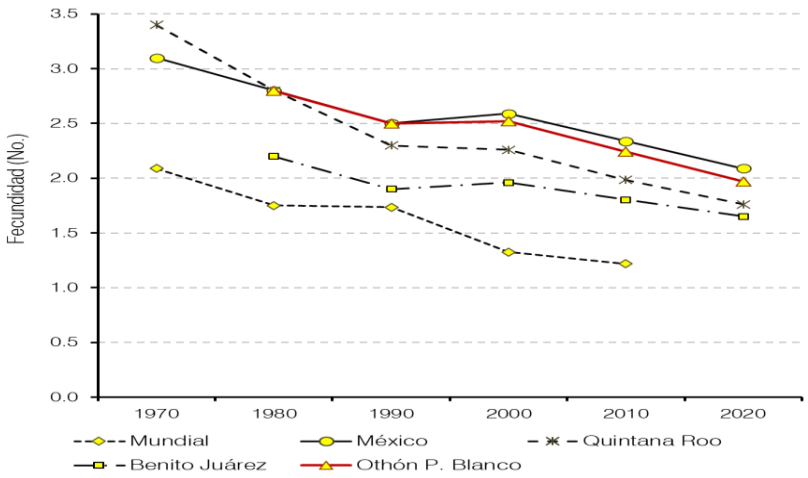
La dinámica poblacional está conformada por los nacimientos, defunciones y los movimientos poblacionales migratorios que se componen de la inmigración y emigración; al final de este balance, tomando como referencia la población en tiempos determinados, se tiene el número de habitantes en un lugar y momento dado. Y, al comparar estas variables entre años, periodos y/o censos, ayudan a explicar diferentes variables relacionadas con la población, principalmente en temas relacionados con salud, seguridad, economía, servicios, entre otros. A continuación, se analizarán variables relacionadas directamente con la densidad poblacional.

IV.3.5 Fecundidad

La fecundidad es una de las principales variables que determinan el crecimiento o disminución poblacional, así como del cambio estructural por grupo de edades. En nuestro caso, la fecundidad se expresada como el número de hijos vivos por el total de mujeres mayores de 12 años, conforme con los resultados presentados por el INEGI en sus censos poblacionales.

Analizando la información de los censos poblacionales de 1970 a 2020, se tiene que esta variable ha venido disminuyendo, de manera general, a través de las décadas, tal y como lo muestran los resultados censales. Como se puede ver en la Figura IV-98, el descenso más pronunciado en el número de hijos vivos se dio entre 1970 y 1980, donde a nivel nacional pasó de 53.1 a 2.8, siendo más fuerte y prolongada la caída en el estado de Quintana Roo, pasando de 3.4 en 1970, a 2.3 hijos vivos en 1990. En ambos casos, los resultados obtenidos han sido superiores a los obtenidos a nivel mundial, aunque con una caída menos pronunciada en el periodo referido, pasando de 2.1 a 1.8 hijos vivos.

A nivel municipal, en 1980 el municipio de Isla Mujeres tenía una fecundidad igual a las reportadas a nivel nacional y estatal con 2.8 hijos vivos. En las siguientes evaluaciones, la fecundidad del municipio de ha mantenido igual o ligeramente por debajo de la fecundad nacional, por arriba de la fecundidad estatal. Si bien, la fecundidad del municipio fue igual en 1990 y 2000, en las siguientes dos décadas ha mostrado una ligera tendencia a la baja, pasando de 2.5 en el 2000 a 2.0 en el 2020.



zFuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.

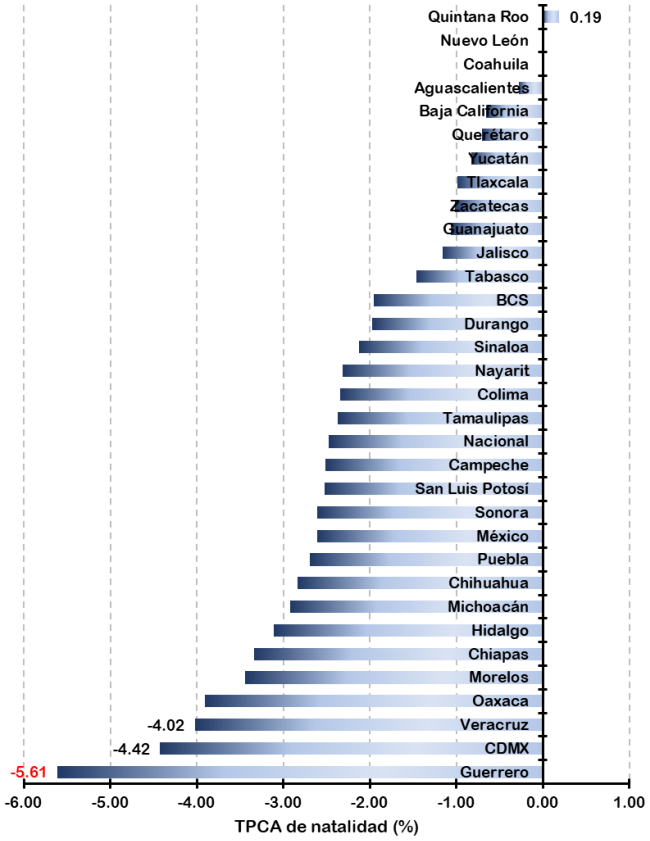
Figura IV-98 Fecundidad a nivel nacional, estatal y municipal de 1970 a 2020, expresada como el número de hijos vivos promedio por mujeres en edad reproductiva.

La información sobre la planificación familiar, más el acceso a las medidas establecidas para ello proporcionadas en los tres niveles de gobierno, han jugado un papel relevante para que esta variable poblacional presente el descenso hasta ahora tenido. Parece ser que los programas sobre planificación familiar implementados han ayudado a que las parejas piensen y definan el número de hijos que desean tener, mostrando su resultado en el descenso en el número de hijos por población femenina a nivel nacional, estatal y municipal.

En este mismo tenor, con base en el análisis de la base de datos de nacimientos entre el 2010 y 2018 del INEGI, de las 31 entidades federales, más la Ciudad de México, 27 de ellos han tenido un descenso en su tasa de natalidad, dos (Coahuila y Nuevo León) se han mantenido estable, y solo Quintana Roo ha manifestado una tasa creciente (Figura IV-99).

A nivel nacional resulta una disminución promedio de la tasa de natalidad del 2.47% en el periodo analizado, manteniéndose una tasa de natalidad mayor en el estado de Quintana Roo con 0.19% en promedio. Dos datos son de llamar la atención, el primero es la caída del 5.61% de la tasa de natalidad en el estado de Guerrero, 4.42% menor que la de la Ciudad de México, el segundo con mayor descenso. Y,

el estado de Quintana Roo es el único que tiene una TPCA positiva, sin embargo, esto es resultado del incremento en el registro de nacimientos de 28,103, 30,563 y 30,841 entre los años 2013 y 2015, ya que en los años restantes se tuvieron registros a la baja con respecto a los años precederos.



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.

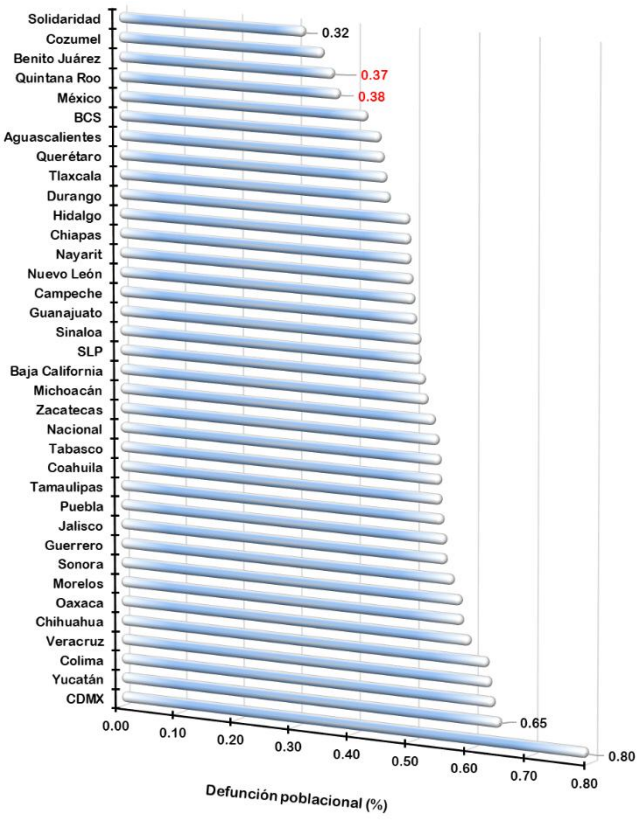
Figura IV-99 Tasa promedio de crecimiento anual de la natalidad entre 2010 y 2018 en la población a nivel nacional y estatal.

IV.3.6 Mortalidad

Las defunciones son una de las principales variables que hace que una población se vea reducida, siendo el contrapeso de la natalidad en la dinámica poblacional. En este caso existen diversas causas que pueden ocasionar las pérdidas de vidas humanas, entre las más comunes tenemos a las relacionadas con la salud (principalmente enfermedades del corazón, pulmonares y de vías respiratorias, diabetes y tumores malignos), accidentes de tránsito, desnutrición y defunciones por homicidios (agresiones).

De acuerdo con los resultados presentados por el INEGI (ver: http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/mortalidad), para el año 2015 se tuvo que la Ciudad de México fue la entidad que tuvo la mayor proporción de defunciones con respecto a la población total (0.80%), seguido de los estados de Yucatán y Colima con el 0.65 y 0.64% (Figura IV-100). En este caso, el estado de Quintana Roo resultó ser la entidad con la menor proporción donde las defunciones representaron ser solo el 0.38% de la población total estatal. Un valor similar se obtuvo a nivel municipal considerando los tres municipios del estado con mayor actividad turística, entre los que se

encuentra el de Benito Juárez, el cual obtuvo una proporción de defunciones del 0.37% con respecto de la población total.

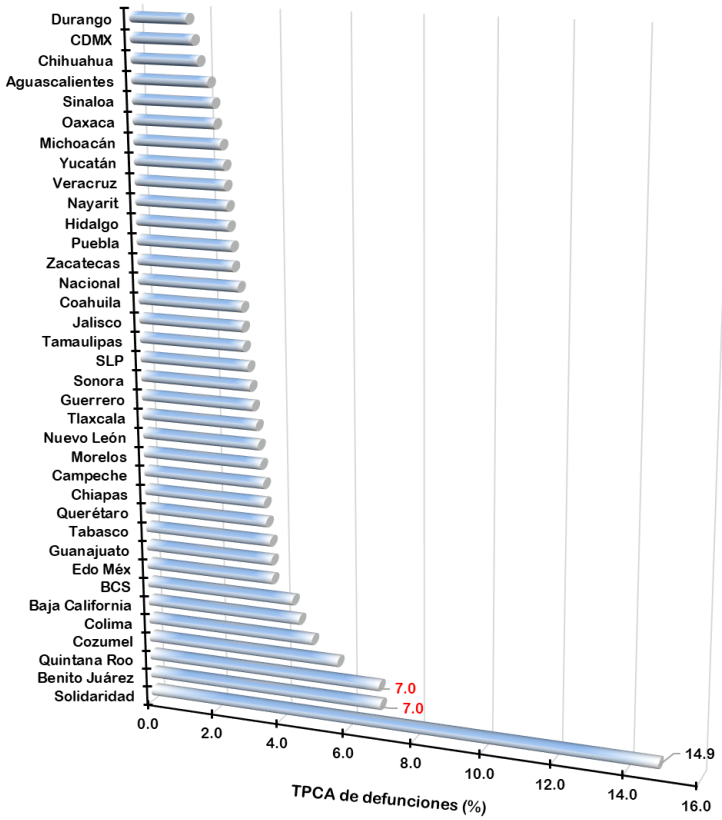


Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/mortalidad/DefuncionesHom.asp

Figura IV-100. Proporción de defunciones con respecto a la población total para el año 2015 a nivel nacional, estatal y en los tres municipios con mayor actividad turística en Quintana Roo.

Del análisis a la base de datos de las defunciones generales anuales entre el 2009 y 2019 a nivel nacional, estatal e incluyendo los municipios de Isla Mujeres, Benito Juárez y Solidaridad, resultó una tasa promedio anual de defunción en el municipio de Benito Juárez superior a la que se obtuvo a nivel nacional y similar a la estatal (Figura IV-101). En este caso resalta el municipio de Solidaridad que alcanzó una tasa promedio para el periodo antes mencionado de defunciones del 14.9%, mientras que el promedio a nivel nacional fue de 3.0%. Quintana Roo fue el estado que tuvo la mayor tasa promedio con el 7.0%, seguido de Colima con el 5.0%.

Por otro lado, los municipios de Quintana Roo incluidos en este análisis también tuvieron valores que fueron superiores a la de los estados y al promedio nacional, en este caso Benito Juárez tuvo una tasa promedio similar a la de Quintana Roo (Figura IV-101).

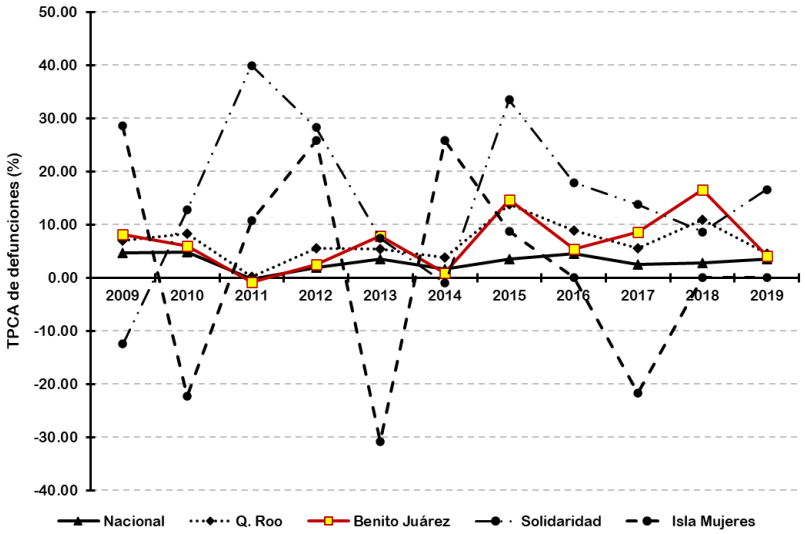


Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/mortalidad/DefuncionesHom.asp

Figura IV-101 Tasa de defunciones generales de 2009 a 2019 en la población a nivel nacional, estatal y en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.

Con base en el análisis de la base de datos de defunciones generales del INEGI (ver: https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/continuas/mortalidad/defuncioneshom.asp?s=est), la cual tiene información anualizada de esta variable de 1990 al 2019, analizando el periodo de 2009 al 2019, se tiene la TPCA de las defunciones a nivel nacional y del estado de Quintana Roo con un comportamiento irregular con incrementos y caídas entre años, no obstante que resulta ser positiva y mayor a nivel estatal que la nacional (Figura IV-102). En promedio, a nivel nacional en el periodo analizado se tiene una TPCA de defunciones del 3.02, cuando a nivel del estado de Quintana Roo llegó a ser del 6.75%.

En el municipio de Benito Juárez también se encontró que este municipio tiene la más alta TPCA con el 6.74%. No obstante, presenta menor variabilidad en defunciones entre años que los municipios de Solidaridad e Isla Mujeres, pero un comportamiento muy similar al obtenido a nivel estatal, hasta en el valor de la TPCA en la que a nivel esta fue de 6.75%.



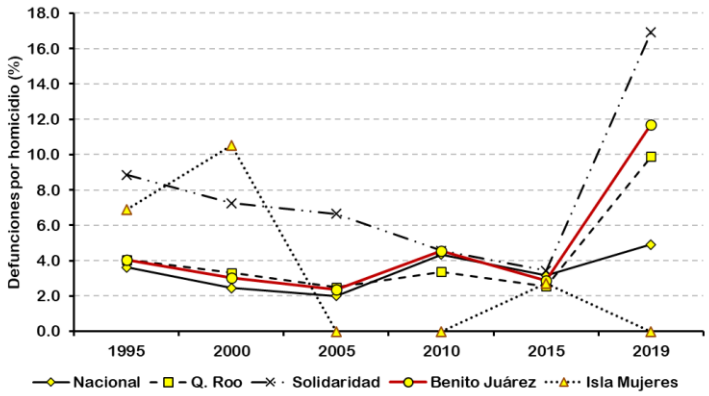
Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
hhttp://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/mortalidad/MortalidadGeneral.asp

Figura IV-102. Tasa promedio de crecimiento anual de defunciones a nivel nacional, estatal y municipal, para el periodo 2009 - 2019.

Es innegable la problemática por la que atraviesa el país en materia de delincuencia, la cual incluye cobro de piso, robos a casas habitación, secuestros y homicidios, por mencionar algunos de los que más preocupan a la población. Por lo que se decidió presentar un análisis del número de defunciones por homicidio a nivel de los tres órdenes de gobierno.

La participación de los homicidios como parte de las defunciones totales a nivel nacional, estatal y municipal, incluyendo, además, los municipios de Solidaridad e Isla Mujeres, mostraban una tendencia numérica a la baja de 1995 a 2005 (Figura IV-103). Sin embargo, en el 2010 éstas sufren un incremento significativo, excepto en Solidaridad, para después volver a caer, pero sin llegar a mostrar la tendencia que traían hasta el 2015. Aquí hay que resaltar que cuando a nivel nacional estas defunciones representaban el 3.6% en 1995, en el municipio de Solidaridad era del 8.9%, el valor más alto, y en Benito Juárez de 4.1%.

Para el 2010, a nivel nacional y municipal, las defunciones por homicidio representaban entre el 4.4% y el 4.5% del total de las defunciones, siendo el estado el que obtuvo el valor más bajo 3.4%. Ahora, para el 2019, los municipios de Benito Juárez y Solidaridad son los que han mostrado un mayor incremento, año en que en Benito Juárez se alcanzó un valor de 11.7% y en Solidaridad del 16.9%, valores muy por arriba del obtenido a nivel nacional (4.9%).



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/mortalidad/DefuncionesHom.asp?s=est&c=28820&proy=mortgral_dh

Figura IV-103. Participación de las defunciones por homicidio con respecto a las defunciones generales a nivel nacional, estatal y municipal para el periodo 1990 - 2019. Los resultados son valores promedio por quinquenio.

IV.3.7 Migración.

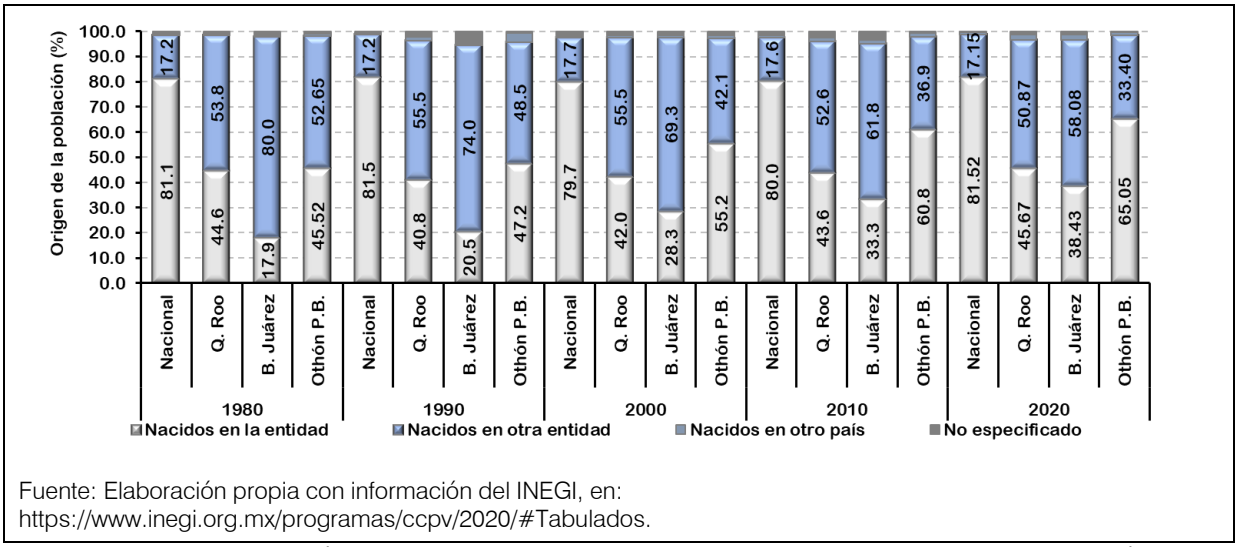
Los movimientos poblacionales internos e internacionales, considerando los que entran a un lugar como los que salen, tienen una influencia considerable en la variación poblacional de un lugar en tiempos determinados. Es un fenómeno social al que se ve forzada la población mundial principalmente por la pobreza, búsqueda de más y mejores alternativas de empleo, un empleo mejor remunerado, inseguridad alimentaria, para realizar o continuar con sus estudios, en búsqueda de un lugar más seguro para vivir, desastres naturales o simplemente para reunirse con su familia, opciones que no encuentran o no logran alcanzar en sus lugares de origen.

El análisis de esta variable en el estado de Quintana Roo resulta de gran relevancia por ser uno de los estados del país que tiene un gran flujo migratorio, siendo un fuerte atrayente de fuerza de trabajo para trabajar en los sectores de la construcción, hotelería, doméstico y Z. Comercial ambulante (Rosales, 2009). Quintana Roo fue decretado como entidad federativa apenas en 1975, siendo el último estado en ser reconocido como tal a nivel nacional, a partir de esa década empezó el desarrollo de la actividad turística en el estado, planeación que inició por iniciativa del expresidente Gustavo Díaz Ordaz y un grupo de empresarios del ramo turístico (Rosales, 2009).

La actividad turística inició pujantemente en el municipio de Benito Juárez, específicamente en la ciudad de Cancún y, posteriormente, a principios de los 90's inició su extensión hacia la zona de la Riviera Maya, particularmente en Puerto Morelos, Playa del Carmen y Tulum. Este florecimiento de la actividad turística tuvo un efecto directo en el crecimiento poblacional de las localidades costeras, influenciado fuertemente por el movimiento migratorio.

Como se puede observar en los censos de población y vivienda realizados por el INEGI (ver: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/), en los últimos cinco censos, la población nacional nacida en otra entidad diferente a la presente donde fue censada tuvo poca variación, fluctuando entre el 17.2 y el 17.7% de los habitantes censados (Figura IV-104). En los mismos censos, el estado de Quintana Roo tuvo una mayor proporción de población proveniente de otra entidad, incluso este valor fue superior al obtenido a nivel nacional, yendo de 50.9 a 55.5%, lo que significa que menos de la mitad de la población censada era nacida en el estado. Viéndose en los dos últimos censos una ligera disminución de la proporción de habitantes provenientes de otras entidades y un incremento en la proporción de población nacida en la entidad.

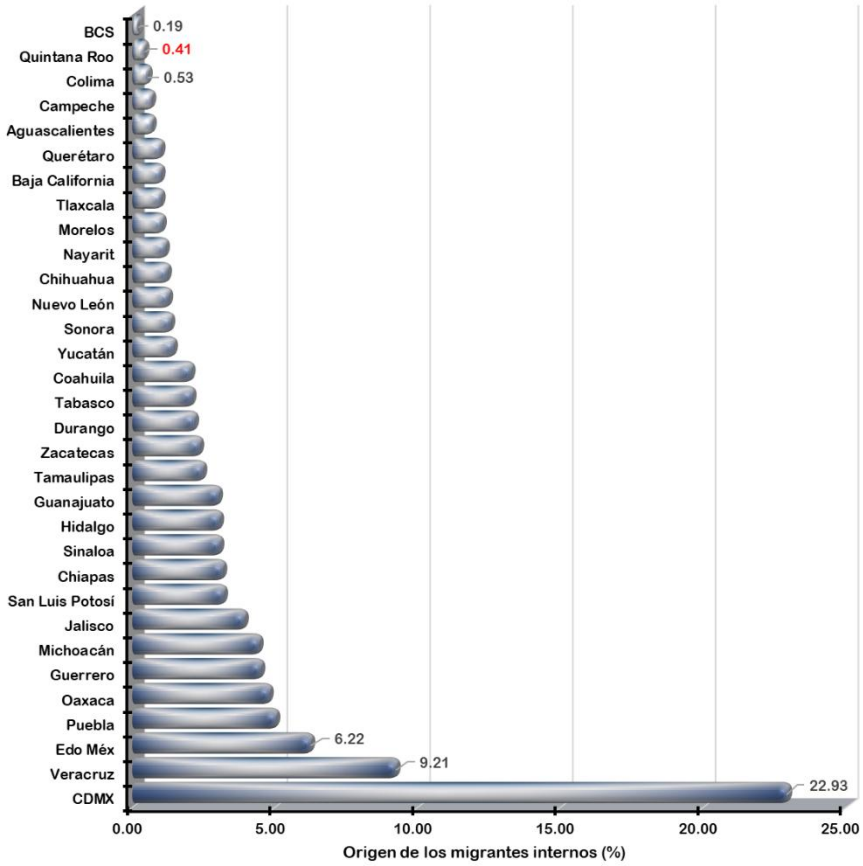
A nivel municipal, en este caso hablando específicamente de Othón P. Blanco, se tiene que se trata de un municipio que no es un fuerte atrayente de población migrante interna. Incluso, su población migrante ha venido disminuyendo rápidamente a través de las décadas. Según los resultados del censo de 1980 su población nacida en otra entidad era superior a la nacida en la entidad (52.6% vs 45.5%), hasta llegar al censo de 2020 cuando los nacidos en otra entidad solo representar ser el 33.4% de la población municipal y los nacidos en la entidad el 65.1%.
Comparando estos resultados con el municipio de Benito Juárez, cuando el desarrollo de Cancún como destino turístico estaba en sus inicios, hablando de las décadas de los 80's y 90's, se llegó a tener una población de entre el 80.0 y el 74.0% que procedía de otras entidades, ya sea estatales o municipales. En los últimos tres censos esta población cayó ligeramente, pero sin dejar de ser mayoría, aún superior a los valores obtenidos a nivel estatal. Este comportamiento indica que el municipio es un fuerte atrayente de población migrante interna a nivel nacional.



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.

Figura IV-104 Origen de la población a nivel nacional, en el estado de Quintana Roo y en sus municipios de Othón P. Blanco y Benito Juárez, de acuerdo con los resultados de los últimos cinco censos de población y vivienda realizados por el INEGI.

El CONAPO et al. (2012), mencionaron que la Organización Internacional para las Migraciones define a la migración interna como el movimiento de personas de una región a otra en un mismo país con el propósito de establecer una nueva residencia, misma que puede ser de carácter temporal o permanente. Para el censo de población y vivienda de 2010, el INEGI reportó que de la población nacional total 19'747,511 habitantes no residían en su entidad federativa natal, población que incrementó a 21'611,963 habitantes en para el censo de 2020. De esta población, el 22.93% correspondía a personas nacidas en la Ciudad de México, siendo la entidad federativa con mayor migración interna, seguida por Veracruz y el Estado de México con el 9.21 y 6.22%, respectivamente (Figura IV-105). Mientras que, el estado de Quintana Roo obtuvo el segundo lugar con menor población emigrante interna con solo el 0.41% de los emigrantes totales, solo superado por la población de Baja California Sur que representó el 0.19%.

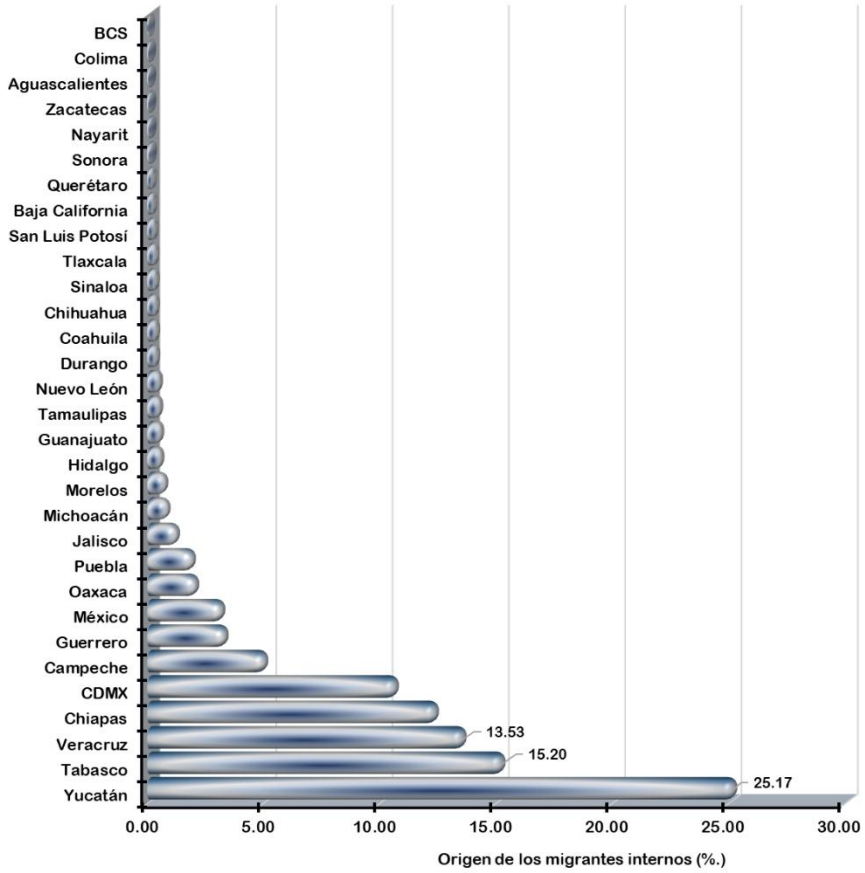


Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.

Figura IV-105 Distribución proporcional de la población nacional que no residía en su estado natal al momento de levantar el censo de población y vivienda por parte del INEGI en el 2020

El balance de la población que emigró del estado de Quintana Roo y de la población que inmigró al estado al 2020, arroja un balance positivo de 114,577 habitantes. Por lo que se puede decir que el estado de Quintana Roo es receptor de población nacional. De hecho, en este rubro pasó de ser el cuarto estado con mayor recepción de población nacional migrante en el 2010 al séptimo en el 2020, siendo los tres primeros el Estado de México con 433,992, la Ciudad de México y Nuevo León.

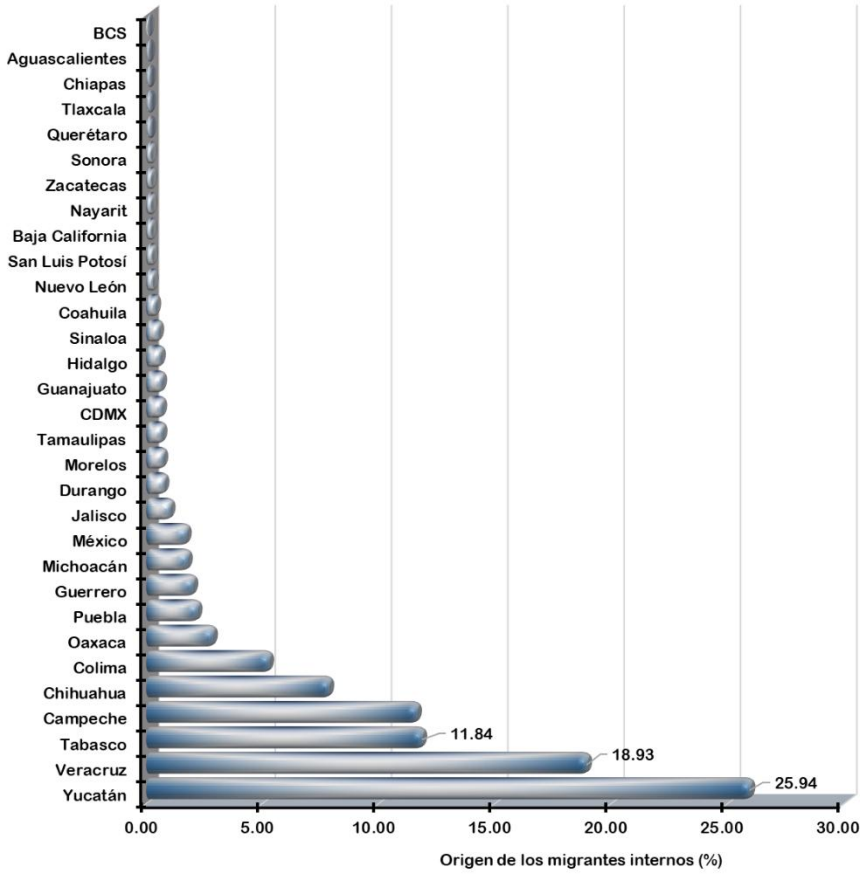
Analizando el origen de la población inmigrante del estado de Quintana Roo, considerando la información del censo de población y vivienda de 2020, se puede observar que se encontraban en el estado habitantes originarios de las otras 31 entidades del país (Figura IV-106). De los 945,101 inmigrantes censados en el estado, el 25.17% eran originarios del estado de Yucatán, siendo la población mayormente representada, seguida por los habitantes provenientes de Tabasco (15.20%) y Veracruz (13.53%). Por otro lado, los estados menormente representados fueron Baja California Sur, con el 0.05% del total, y Colima y Aguascalientes, con el 0.10 y 0.11%, respectivamente.



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.

Figura IV-106 Origen de la población censada en el 2020 por parte del INEGI en el estado de Quintana Roo, por entidad federal de origen.

A nivel municipal, de acuerdo con los resultados arrojados por el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020, se tiene que en Othón P. Blanco también se encuentran viviendo habitantes de las 31 entidades federales (Figura IV-107). Al igual que a nivel estatal, la población de otros estados viviendo en el municipio estuvo representada mayormente por gente del estado de Yucatán, implicando el 25.94% de los 78,047 pobladores de otra entidad encontrados. A Yucatán le siguió gente proveniente de los estados de Veracruz y Tabasco, las cuales resultaron ser el 18.93 y 11.84% de la población migrante. La gente que vivía en el municipio proveniente de los estados de Baja California Sur y Aguascalientes fue la menos representada, encontrándose solamente 56 y 90 pobladores de ambos estados.

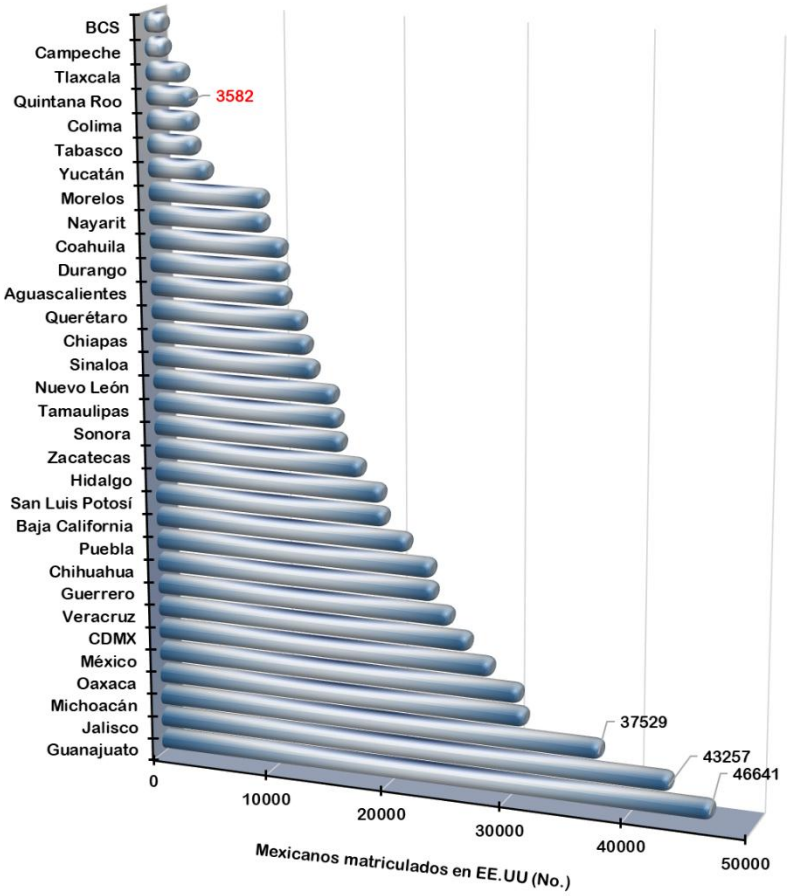


Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.

Figura IV-107 Origen de la población censada en el 2020 por parte del INEGI en el municipio de Othón P. Blanco, por entidad federal de origen.

En este mismo sentido, como es ampliamente conocido y documentado, México es un país expulsor de su población, de acuerdo con CONAPO (2023), al 2020 México ocupaba el segundo lugar con mayor población migrante a nivel mundial con 11'185,737 pobladores, solo por debajo de la India con 17'869,492 habitantes migrantes. En el periodo del 2000 al 2013, México tuvo una tasa migratoria anual promedio del 2.1% (Tépach, 2015); siendo los Estados Unidos el país preferido por los mexicanos para emigrar. Para el periodo 2015 – 2020, de la población migrante estimada de 802,807 en el mundo, el 77.2% se encontraba en los EE. UU, el 15.2% en otros países y el 7.6% no fue especificado (CONAPO et al., 2022).

En este rubro, considerando la población mexicana matriculada en los cónsules en EE. UU, por estado, resultó que el estado de Quintana Roo ocupó a nivel nacional el cuarto lugar más bajo con población emigrante en ese país con solo 3,582 migrantes matriculados, siendo los estados de Guanajuato, Jalisco y Michoacán los que mayor número de migrantes internacionales tuvieron con el 8.40, 7.79 y 6.76% de los 555,455 matriculados en promedio en el periodo (CONAPO, 2023) (Figura IV-108). Por lo contrario, los estados de Baja California Sur, Campeche y Tlaxcala fueron los que tuvieron menor población migrante matriculada en los Estados Unidos, representando entre las tres el 1.03% de los migrantes matriculados.



Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO et al. (2023).

Figura IV-108 Población migrante registrada en los cónsules mexicanos en los Estados Unidos en el quinquenio 2015 – 2020, por entidad federal.

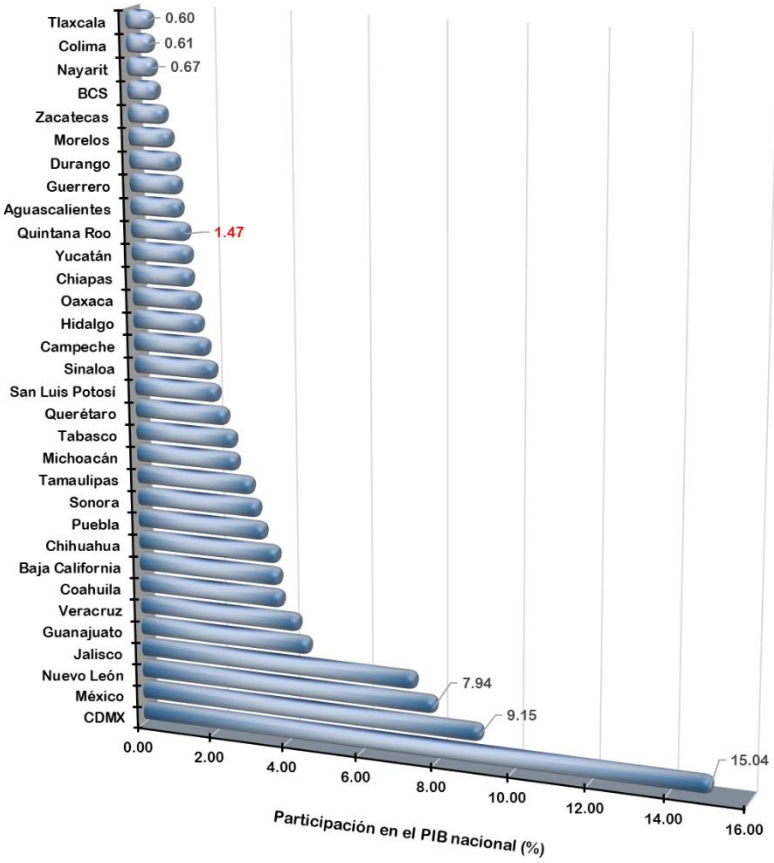
Con base en la información de las matrículas consulares de mexicanos en Estados Unidos, de los migrantes mexicanos originarios del estado de Quintana Roo en el quinquenio 2015 - 2020, los municipios con mayor representación numérica del total de emigrantes de esta entidad fueron: Benito Juárez (61.2%), Solidaridad (18.3%), Othón P. Blanco (9.4%), Cozumel (3.1%), Puerto Morelos (1.9%) (CONAPO et al., 2021). La mayoría de la población quintanarroense migrante en Estados Unidos se ubicó en los estados de California (25.7%), Texas (15.2%), Alabama (7.8%), Florida (5.8%) y Georgia (3.7%).

Es claro que el fenómeno migratorio tiene efectos positivos y negativos que impactan a nivel regional, estatal y nacional, en temas culturales, educativos, laborales, políticos y, sobre todo, económicos. Por un lado, a nivel poblacional provoca cambios en la estructura, dinámica y tamaño de los hogares, cambios en la forma de vida de la población, altera las estructuras demográficas, por sexo y edades de la población, modificando las tasas de natalidad y mortalidad entre regiones receptoras y expulsoras, y la fuerza laboral entre regiones. Por otro lado, es innegable el beneficio que representan las remesas como soporte económico, no solo de las familias receptoras sino también en la economía regional, estatal y nacional.

IV.3.5 Economía regional

Comportamiento del producto interno bruto

La gran actividad industrial y comercial de los estados del centro del país, principalmente de la Ciudad de México y del Estado de México, funcionan como un motor del desarrollo económico nacional desde hace décadas. Esto se ve reflejado en la participación que estas entidades federales tienen en la generación del Producto Interno Bruto (PIB) nacional. De acuerdo con información del INEGI (ver: https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2018/#tabulados. Consultado: Junio, 2024), entre la Ciudad de México, Estado de México y Nuevo León generaron en promedio el 32.13% del PIB según los datos preliminares del año 2022, donde el primero participó con el 15.04% de esta cifra (Figura IV-109). Mientras que, por otro lado, el estado de Quintana Roo se encuentra ocupando el lugar número 23 en cuanto a su participación nacional en la generación del PIB nacional, con una aportación del 1.47% a nivel nacional.



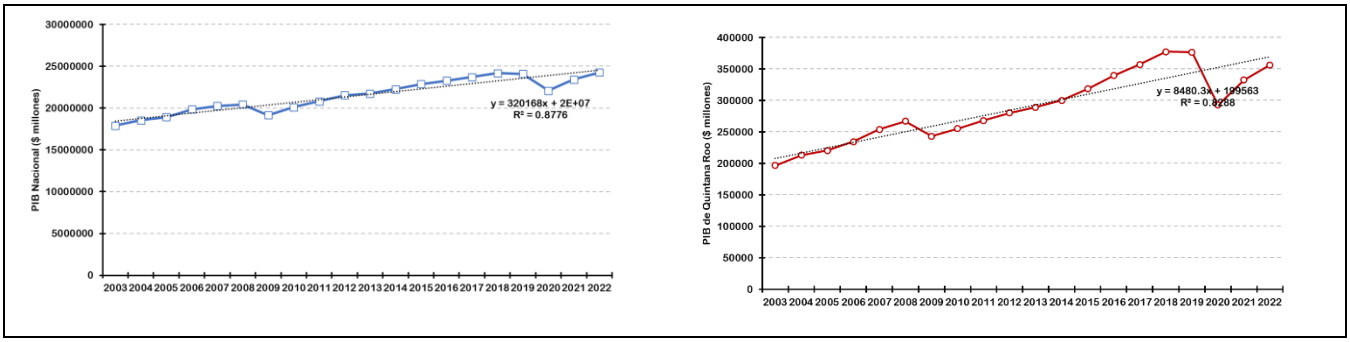
Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/default.html#Tabulados

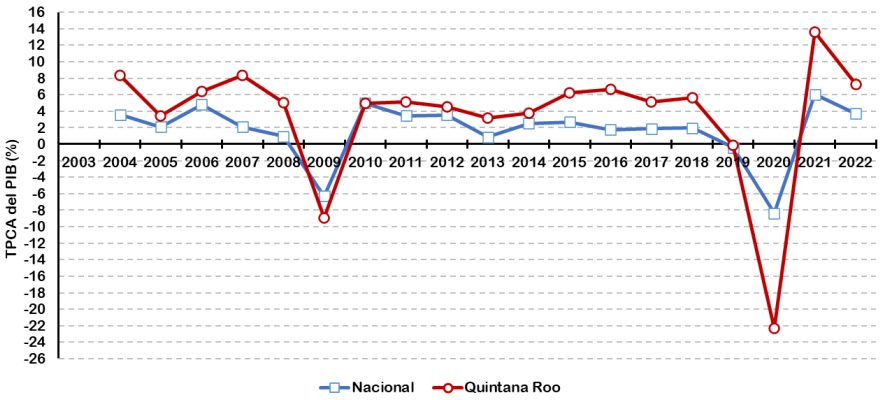
Figura IV-109 Participación por entidad federativa en la generación del PIB nacional, con valores constantes, 2018 como año base y cifras preliminares para el 2022.

Considerando valores constantes y registros del PIB un poco más atrás para poder apreciar algunos efectos anteriores, el crecimiento del PIB nacional del 2003 al 2022 tuvo un comportamiento lineal con un par de caídas, la primera de ella en el 2009 debido, muy probablemente, a el efecto de la crisis financiera internacional de 2008 originada por el problema de las hipotecas subprime; y, la segunda en el 2020, debido al efecto de la pandemia del coronavirus SARS-CoV-2.

Con el efecto de la primera caída del 2009, en el 2010 mostró una recuperación, la cual no fue suficiente para retomar el ritmo que traía previo a la crisis y, si bien en el 2012 y 2013 se logró su estabilización, con una caída en su TCPA en 2013, es entre el 2015 y 2016 que se empieza a querer alcanzar la tendencia que se traía previo a la crisis del 2008, lo cual se manifiesta con los datos de 2017 (Figura IV-110). Lo antes mencionado se refleja en la tasa de crecimiento anual a valores constantes y 2018 como año base, entre el 2010 y el 2017, en la que tuvo un crecimiento promedio del 2.7%, cuando entre el 2003 y el 2008 la TPCA se tuvo exactamente el mismo valor.

La Figura IV-110. deja ver que a partir del 2008 el PIB nacional sufrió un cambio en la tendencia de su crecimiento, cayendo en el 2009 a -6.3%, la cual daba signos más alentadores para los años sucesivos. Sin embargo, con el arribo de la pandemia del SARS-CoV-2, impactando entre 2019 y 2022, provocó un impacto en la economía mundial, complicándose más con el inicio del conflicto bélico Ucrania vs Rusia, lo cual también vino a impactar la economía nacional, generando una gran caída del PIB llegando a ser su TPCA de -8.4% para el año 2020 y mostrando un repunte para el 2021 con una TPCA positiva de 6.0%.
Un comportamiento muy similar al nacional es el que ha tenido el PIB del estado de Quintana Roo, pero con mejores valores a nivel estatal. Previo a la crisis del 2008, entre el 2004 y el 2007 el estado tenía una tasa anual promedio a valores corrientes de 6.6%, pero en el 2009 ésta cayó a -8.9% (Figura IV-107). Entre el 2010 y 2015 se tuvo un crecimiento constante y uniforme, pero sin recuperar la tendencia que se traía previo al 2008 y, fue hasta el 2016 se tuvo un mayor impulso que rompe con la tendencia que traía a tal grado que parecía se alcanzaría la tendencia de principios del siglo, lo que se demostró con las cifras de los dos últimos años. Sin embargo, la pandemia ocasionada por el COVID-19 tuvo un gran impacto en la economía del estado, provocando una mayor caída a la que se tuvo a nivel nacional, pero mostrando una mayor recuperación postpandemia.

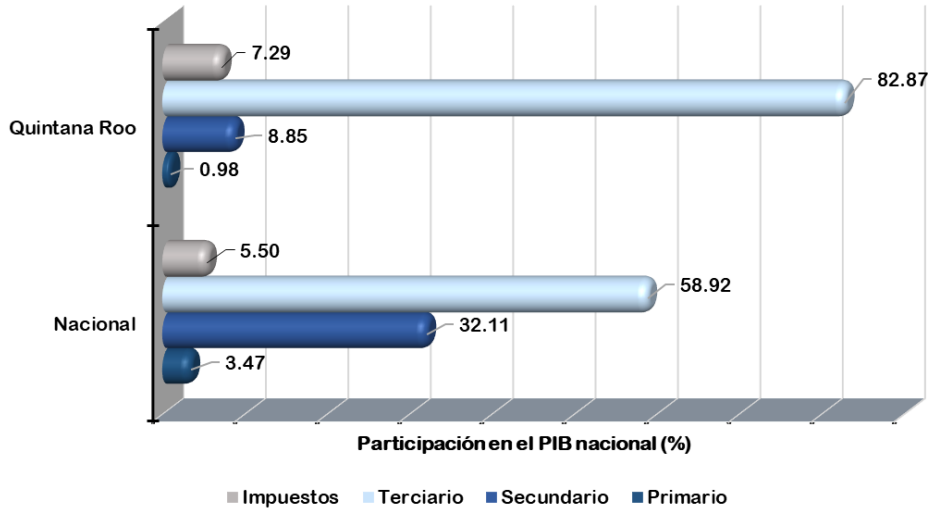




Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/default.html#Tabulados

Figura IV-110 Crecimiento del PIB a valores constantes a nivel nacional y del estado de Quintana Roo, y su tendencia de crecimiento, entre 2004 y 2021. Con cifras revisadas para 2020 y 2021 y preliminares para 2022.

Con base en la información preliminar del 2022, el sector terciario, relacionado con las actividades de Z. Comercial, comunicaciones, finanzas, salud, educación, investigación, turismo, hostelería, cultura, espectáculos y administración pública, es el que mayor aporta al PIB nacional y en el estado de Quintana Roo, representando el 58.92 y 82.87%, en el orden antes citado (Figura IV-111). En ambas entidades, el sector primario es el que menos aporta a su PIB, siendo mayor la contribución de este sector a nivel estatal que a nivel nacional (3.47 vs 0.98%, respectivamente, valores corrientes y 2018 como año base).

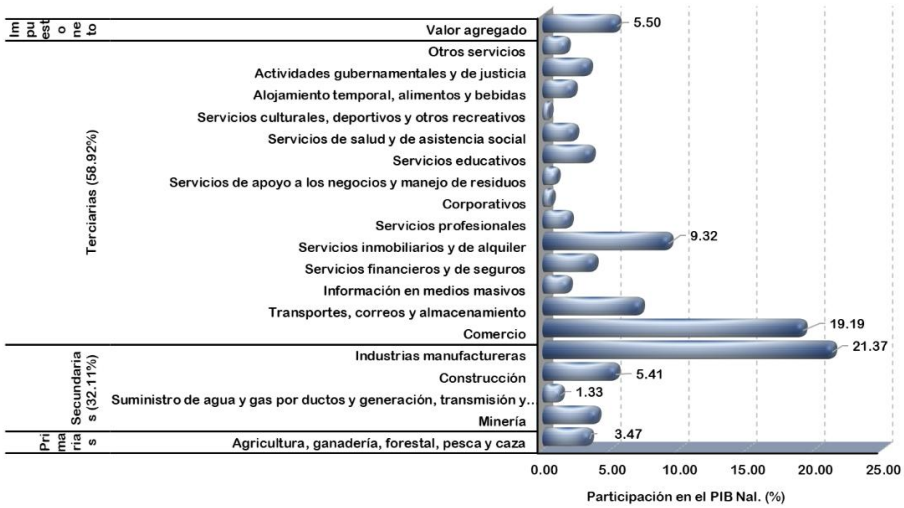


Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/PIBEF/PIBEF.pdf

Figura IV-111 Participación de los sectores productivos en el PIB nacional y del estado de Quintana Roo para el año 2022 (con información preliminar), para valores corrientes y 2018 como año base.

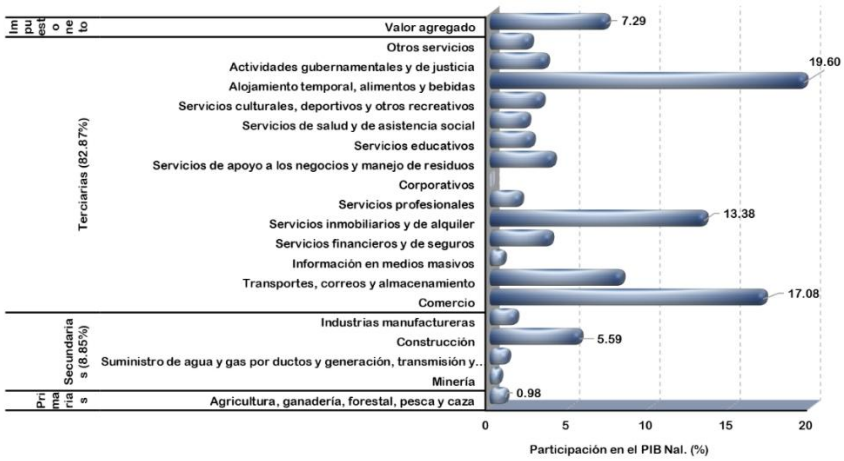
Aquí cabe hacer mención que los servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas tiene mayor participación en el PIB a nivel estatal que a nivel nacional. De acuerdo con información del INEGI (ver: https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2018/#tabulados), en el 2022 tuvo una participación a nivel nacional del 2.27% (Figura IV-112). mientras que en el estado de Quintana Roo su participación en el PIB fue del 19.60%, siendo el mayor generador de recursos (Figura IV-113), lo que en

números representó un ingreso promedio de $69,857 millones, en valores constantes. Y, por otro lado, la participación en el sector secundario del rubro de la construcción tuvo una ligera participación mayor a nivel estatal (5.59%) que a nivel nacional (5.41%), representando para el estado un ingreso de $19,930 millones del PIB estatal.



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/default.html#Tabulados

Figura IV-112 Participación de las actividades productivas, por sector, en la generación del PIB nacional para el año 2022 (con información preliminar), en valores constantes.



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en:
https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/default.html#Tabulados

Figura IV-113 Participación de las actividades productivas, por sector, en la generación del PIB en el estado de Quintana Roo para el año 2022 (con información preliminar), en valores constantes.

El servicio por alojamiento temporal, alimentos y bebidas, el Z. Comercial y los servicios inmobiliarios y de alquiler aportan entre los tres el 50.06% del PIB del estado Quintana Roo, siendo el sector de la construcción el cuarto que más aporta con un 5.59%, sin incluir los ingresos generados por impuestos netos, los cuales representan el 7.29%. Lo anterior es importante porque los cuatro están fuertemente relacionados con la principal actividad económica del estado que es la actividad turística, es, incluso, actualmente el estado que más aporta a nivel nacional por esta actividad. Siendo, por cierto, sectores en los que el municipio de

Othón P. Blanco destaca, sin llegar al nivel de los municipios de Benito Juárez, Playa del Carmen (antes Solidaridad) y Tulum, los más importantes en este rubro a nivel estatal.

IV.3.9 Educación

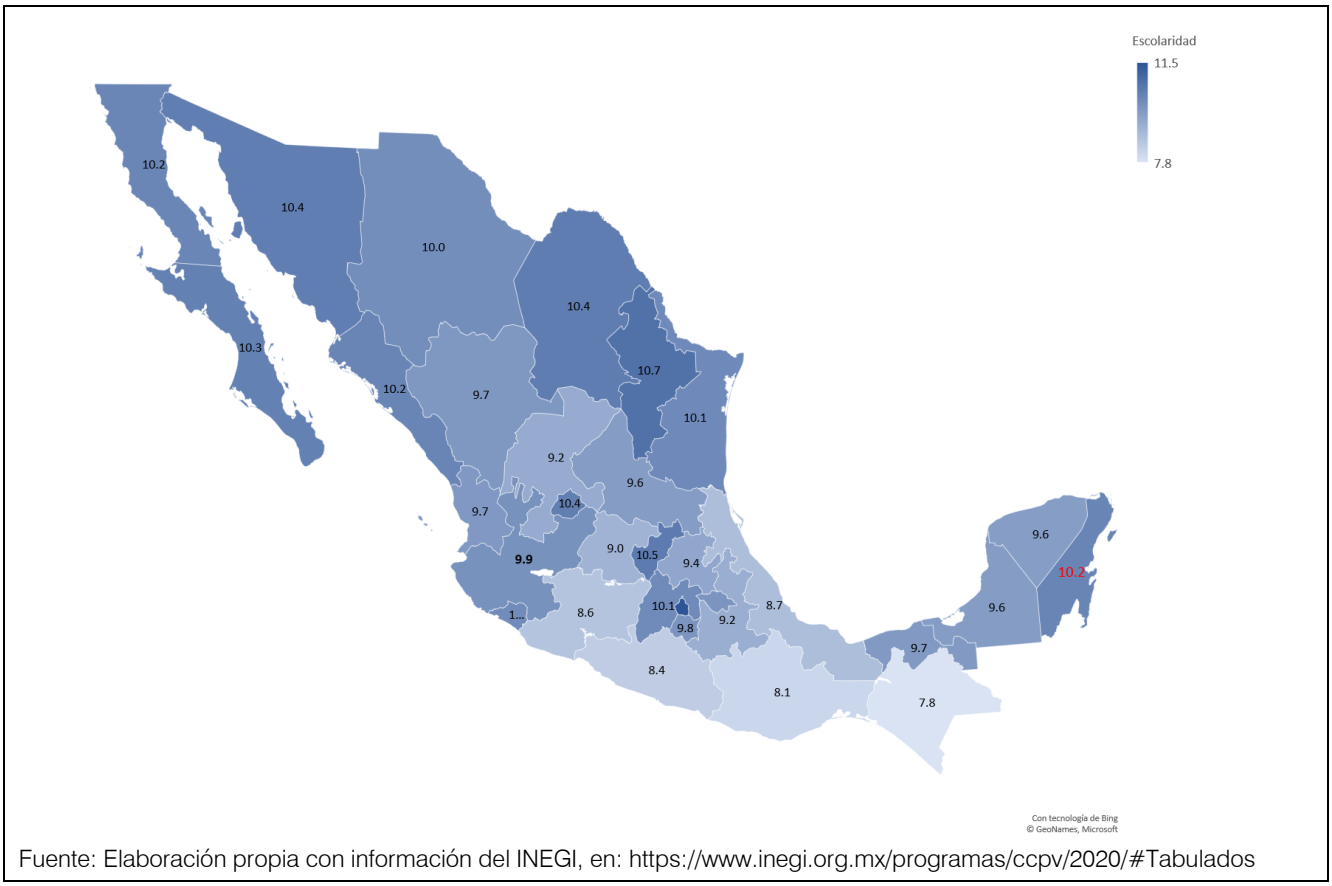
La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés) anualmente presenta los resultados de su evaluación del desempeño de los sistemas educativos de los países miembros y los asociados. México, como país miembro de la Organización, es monitoreado y evaluado en su desempeño considerando los grandes temas: logro educativo, competencias y participación en el mercado laboral; equidad en la educación y el mercado laboral; financiamiento de la educación; la profesión docente; educación superior y posgrado (terciaria), y la educación de preescolar a media superior.

Respecto a los temas relacionados con el logro educativo y de la educación preescolar a la educación media superior y educación terciaria, México ha mostrado un significativo avance, pero sin llegar al nivel promedio de los países miembros de la OECD ni de los países miembros de la Comunidad Económica Europea considerados (EU, por sus siglas en inglés). De 1997 al 2008, la población mexicana con estudios por debajo de la secundaria tuvo una tasa promedio anual de crecimiento de la población de -0.8%, con estudios superiores a los de secundaria (pero sin llegar a superior) del 1.9% y con educación superior del 1.8%; cuando el promedio de los países miembros de la OECD fue del -3.2, 0.8 y 3.4%, en el mismo orden (OECD, 2010).

Para el año 2021, la OECD (2022) reporta que de la población mexicana de adultos que habían ido a la escuela, 10% no terminaron la primaria, 15% tenían nada más la primaria, 27% habían completado hasta la secundaria, 22% habían logrado estudios superiores a la secundaria sin llegar a estudios superiores, 18% alcanzaron estudios superiores, solo 2% con estudios de maestría y ni 1% con estudios de doctorado, el porcentaje restante corresponde a otros niveles. Comparando con el promedio de los países de la OECD se tienen valores del 2, 5, 13, 36, 19, 14 y 1%, para los rubros antes citados, en el mismo orden. El porcentaje de las personas de 25 a 34 años con educación superior aumentó 8% entre 2010 y 2020 (de 17% a 25%), en tanto que el promedio en los países de la OECD aumentó en 7 puntos porcentuales (de 32% a 39%).

De lo anterior se puede ver que, si bien a nivel nacional se han tenido avances en temas educativos, aún se tienen rezagos, entre los que sobresale la alta proporción de la población que no tiene mínimamente estudios de primaria, así como la baja proporción de habitantes con nivel de maestría y doctorado.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el censo de población y vivienda realizado por el INEGI en el año 2020 (ver: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados), a nivel nacional se obtuvo un nivel de escolaridad de 9.7 años promedio, considerando la población total mayor de 15 años (Figura IV-114). En este análisis, el estado de Quintana Roo se encuentra por arriba del promedio nacional con 10.2 años lectivos, siendo el octavo estado con mayor nivel de escolaridad a nivel nacional, junto con los estados de Sinaloa y Baja California. El primer lugar lo ocupa la Ciudad de México con 11.5 años de escolaridad en su población, donde los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas son los que tiene el menor nivel de escolaridad con 8.4, 8.1 y 7.8 años lectivos entre su población mayor de 15 años, respectivamente.

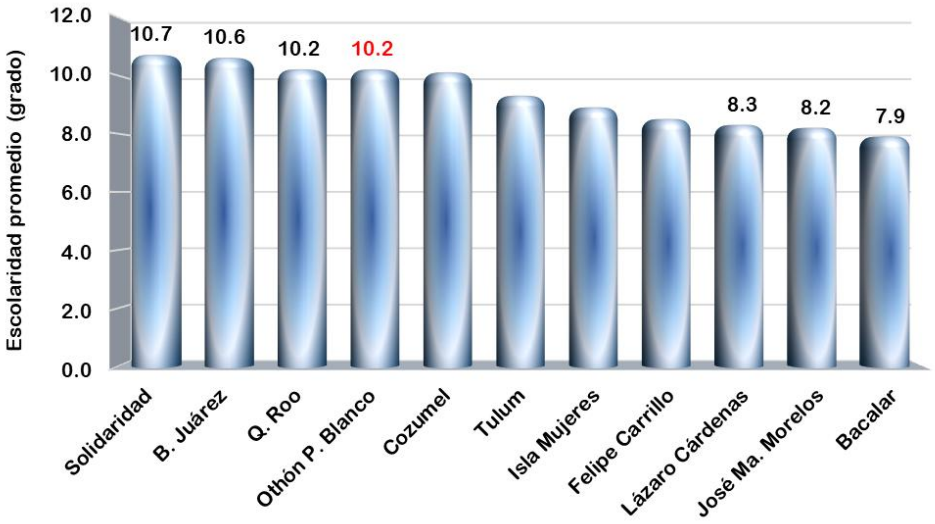


Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados

Figura IV-114 Grado promedio de escolaridad de la población estatal mayor a 15 años de acuerdo con la información del censo de población y vivienda del 2020 realizado por el INEGI.

El nivel de escolaridad del estado de Quintana Roo y sus municipios son reportados por el INEGI en su presentación de resultados del censo de población y vivienda 2020 (INEGI, 2020). A nivel municipal, el estado de Quintana Roo presenta una gran diferencia en cuanto al nivel de escolaridad entre sus habitantes mayores de 15 años. Por un lado, están los municipios de Solidaridad y Benito Juárez que tienen un promedio de escolaridad de 10.7 y 10.6 años lectivos, lo que los lleva a tener un mismo nivel de escolaridad entre el segundo y tercer nivel de escolaridad estatal, que en este caso son los estados de Nuevo León y Querétaro con 10.7 y 10.5 grados lectivos (Figura IV-115 y Figura IV-116). Sin embargo, se tienen municipios en el otro extremo, como Bacalar, José Ma. Morelos y Lázaro Cárdenas, con niveles de escolaridad que los ubica al nivel de los tres niveles más bajos a nivel estatal, con sus 7.9, 8.2 y 8.3 grados lectivos.
En este rubro, el municipio de Othón P. Blanco se encuentra en el lugar cuarto con mayor escolaridad estatal con 10.2 años lectivos. Comparando esta escolaridad con la de los estados del país, resulta una escolaridad igual a la del estado de Quintana Roo, Sinaloa y Baja California, en el octavo lugar con mayor nivel de escolaridad a nivel nacional.

escolaridad a nivel nacional.

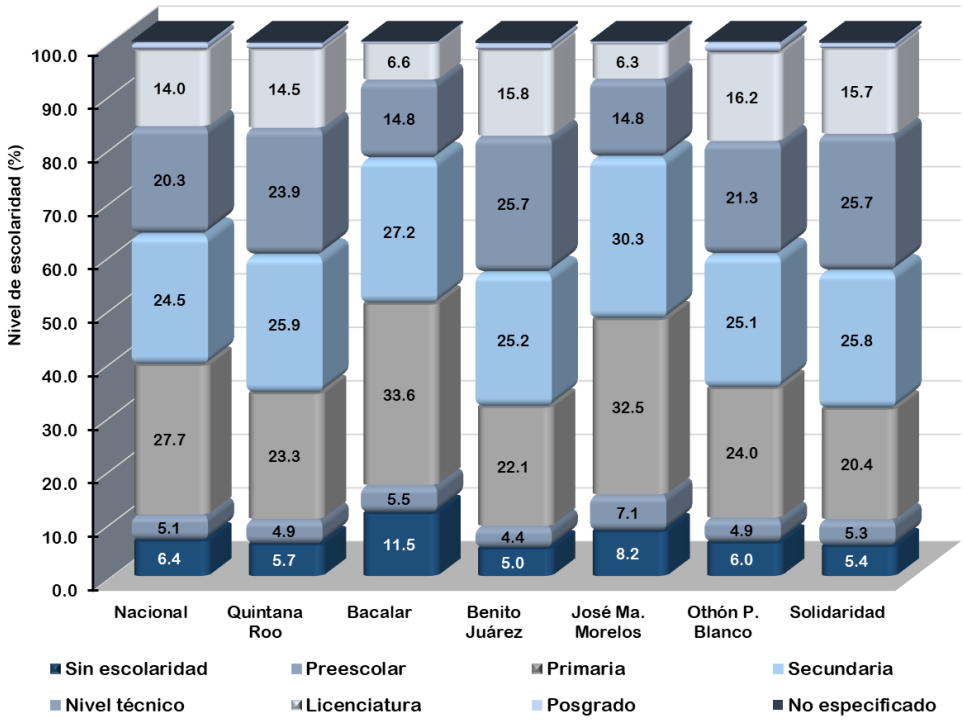


Fuente: Elaboración propia con información del INEGI (2020).

Figura IV-115 Grado promedio de escolaridad de la población estatal mayor a 15 años de acuerdo con la información del censo de población y vivienda del 2020

Los excelentes resultados de escolaridad en los municipios de Solidaridad y Benito Juárez están asociados a su alto porcentaje de población con estudios superiores y a nivel técnico, 17.0 y 25.7% para Solidaridad, y de 17.3 y 25.7% en Benito Juárez.; así como un bajo porcentaje de población sin escolaridad 5.4% y 5.0%, en el orden antes citado, resultados mejores que los obtenidos a nivel estatal y nacional. Caso contrario, los municipios de Bacalar y José Ma. Morelos que tuvieron los más pobres resultados debido a su baja proporción de población con estudios superiores y alto porcentaje sin escolaridad, valor donde resalta el municipio de Bacalar con 11.5% de su población sin escolaridad, y solo el 14.8% de su población mayor de 15 años con estudios técnicos y 7.1% con estudios a nivel superior.

El municipio de Othón P. Blanco resalta por estar entre los niveles más altos de escolaridad a nivel estatal, resultado de tener un bajo porcentaje de población sin escolaridad (6.0%), un 16.2% de su población con estudios a nivel técnico y 18.5% con estudios superiores.



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/

Figura IV-116 Nivel de escolaridad alcanzada por la población estatal mayor a 15 años de acuerdo con la información intercensal presentada por el INEGI para el 2020.

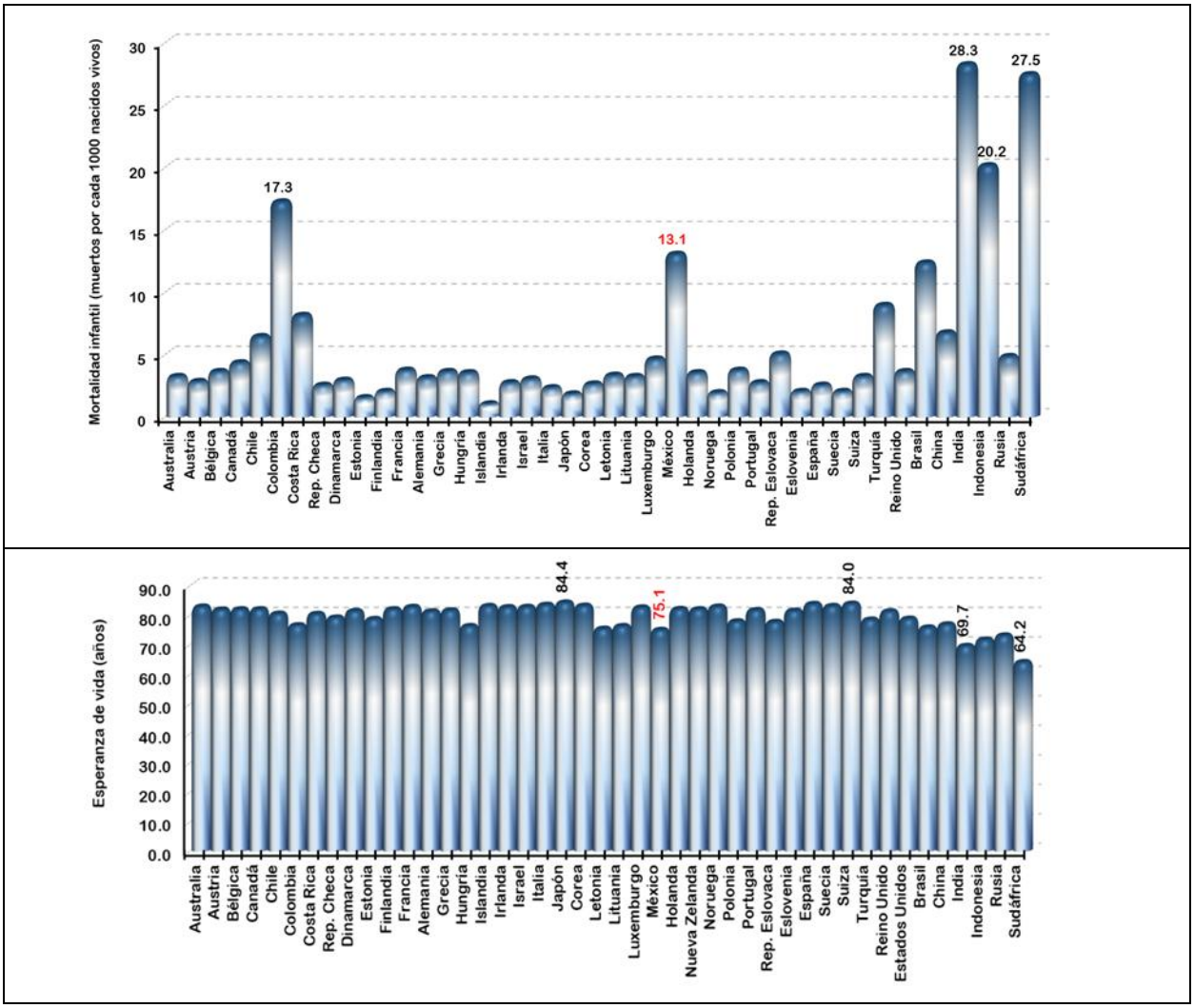
IV.3.10 Salud

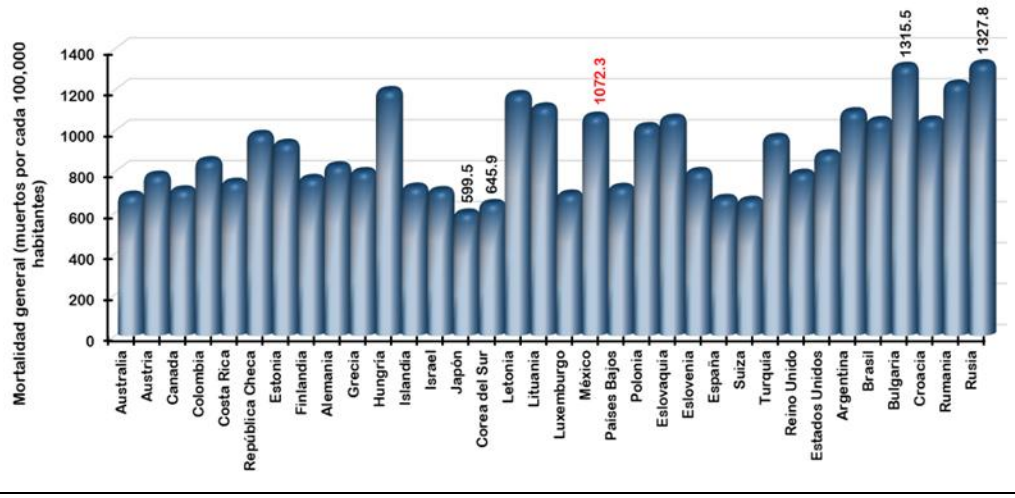
Todas las poblaciones de seres vivos tienen como característica que son dinámicas, cada una con sus limitaciones, patrones, problemáticas y objetivos específicos. Debido a esta característica, se espera que para el año 2030 el 60% de la población humana a nivel mundial viva en zonas urbanas, cuando en el 2000 ésta representaba el 47% (UN, 2006). En México este recambio poblacional ha sido más rápido ya que para el 2020 la población rural representaba solamente el 19.27%, cuando a nivel mundial esta era del 43.83% de la total, según cifras estimadas de la FAO (FAOSTAT, 2023). Sin embargo, hay que reconocer la diferencia entre la información de la FAO y del INEGI donde la de la FAO representa una población mayor de pobladores totales a los reportados por el INEGI en sus censos directos e intercensales.

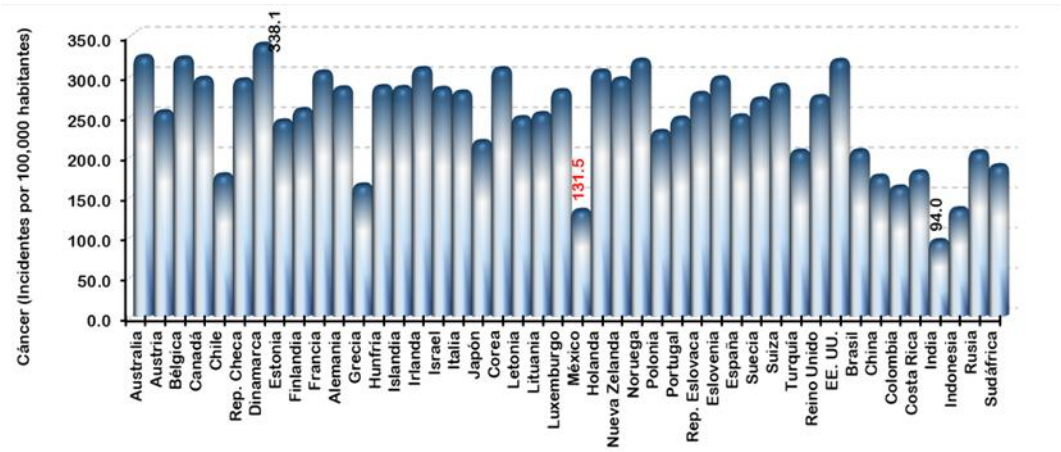
Este efecto se evidencia con la concentración y densidad poblacional en los municipios que tienen una mayor actividad turística como Benito Juárez, Solidaridad, Cozumel y en Othón P. Blanco, donde se ubica Chetumal, capital del estado de Quintana Roo, con respecto a municipios con menor desarrollo como José Ma. Morelos, Lázaro Cárdenas y Bacalar, acorde con lo analizado en los apartados IV.3.3.1. del presente documento. Este movimiento poblacional no planeado trae como consecuencia el crecimiento urbano desordenado y, muchas veces, con problemas de hacinamiento y falta de servicios públicos básicos impactando la salud de la población (Soto-Estrada et al., 2016).

Ante este tipo de fenómenos, es prioritario diseñar e implementar programas y medidas sanitarias que ayuden a mitigar la morbilidad y mortalidad en la población. En este rubro, México ha tenido un gran progreso, sin embargo, aún faltan cosas por hacer como se ve cuando se analizan y comparan indicadores como esperanza de vida al nacer, esperanza de vida a los 65 años, tasa de mortalidad infantil y muertes por cáncer con respecto a otros países.

De acuerdo con información de la OECD, disponible en su página de internet https://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=HEALTH_STAT, en el 2019 México ocupó el 5° lugar en lo que respecta a mayor mortalidad infantil entre los 40 de los 44 países miembros y en adhesión de la OECD que reportaron esta variable, con 13.1 muertos por cada 1,000 nacidos vivos, y ocupando el quinto lugar con la esperanza de vida más baja con 75.1 años contra 84.4 años de Japón y, en el 2019 tuvo el 8° con mayor mortalidad de 34 evaluados, último año en que se tiene un reporte más completo de esta variable (Figura IV-117). Pero, por otro lado, en el 2012 (último año de reporte) ocupó el segundo lugar en la menor incidencia de cáncer maligno entre su población, solo superado por la India, (131.5 vs 94.0 casos por cada 100,000 habitantes).





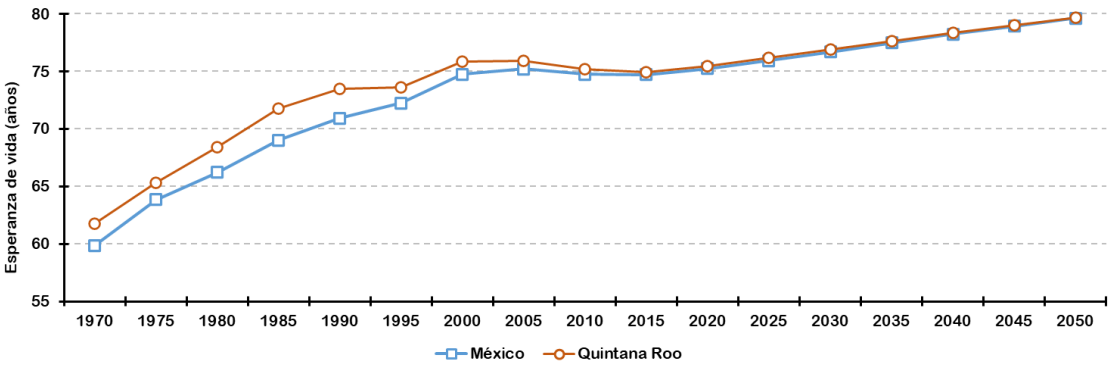


Fuente: Elaboración propia con información de la OECD, en:
https://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=HEALTH_STAT

Figura IV-117 Comparación de los indicadores tasa de mortalidad infantil (muertos por cada 1000 nacimientos vivos), esperanza de vida (años), para el 2016, y cáncer maligno (incidentes por cada 100,000 habitantes, para el 2012), en países miembros de la OECD y en adh.

La esperanza de vida es uno de los indicadores que ha tenido un cambio significativo con la posibilidad de vivir el doble de años las personas que nacen actualmente con respecto a las de 1930, cuando la esperanza de vida era de 36.9 años (Soto-Estrada et al., 2016). Esta mejora en el indicador ha sido mayor y más significativa en el incremento en el estado de Quintana Roo que a nivel nacional según lo muestran las proyecciones de la Secretaría de Salud en su liga en http://sinaiscap.salud.gob.mx:8080/DGIS/. Como se muestra en la Figura IV-118, la estimación de esta variable ha tenido un incremento constante anualmente de 1970 al 2020, con una pequeña caída entre el 2005 y 2010.

La mayor diferencia en esperanza de vida en el estado se tuvo en 1985 cuando fue de 71.77 años, 2.75 años más que a nivel nacional. A partir del 2010, esta diferencia se ha venido reduciendo a menos de un año de diferencia en la esperanza de vida, y se tiene proyectado que esta diferencia sea cada vez menor.



Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de salud, en: http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/sinais/indica_gral_gobmx.html.

Figura IV-118 Esperanza de vida al nacer en el estado de Quintana Roo y a nivel nacional de 1970 al 2050, con proyección del 2013.

Por otro lado, Soto-Estrada et al. (2016), refirieron que el incremento y dinámica poblacional, más los cambios en hábitos originados por drivers sociales y económicos, en los que se puede incluir mayor poder adquisitivo y cambio en los hábitos de consumo, las causas de muerte se han modificado y actualmente las enfermedades crónicas ocupan los primeros lugares. Por lo que, el gobierno ha tenido que implementar programas para mejorar las condiciones sanitarias de la población, así como en la aplicación de programas específicos de salud, entre los que se pueden mencionar el Programa Ampliado de Inmunizaciones (PAI), el Programa de Vacunación Universal (PVU) y los Programas Nacionales de Control de las Enfermedades Diarreicas y de las Infecciones Respiratorias Agudas.

De acuerdo con información de la Secretaría de Salud (ver: https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/principales_nacional.html), en 2022 las enfermedades infecciosas respiratorias, infecciones urinarias e intestinales fueron las principales causas de enfermedad a nivel nacional, con el 47.1, 9.4 y 9.4% de los casos, respectivamente, quedando en cuarto lugar el COVID-19, representando el 9.3% (Tabla IV-107). Mientras que, por otro lado, en el estado de Quintana Roo esas mismas enfermedades también fueron las de mayor incidencia, solo cambiando un poco el orden, con una proporción de 44.6%, 9.0%, 11.7% y 9.5%. Así se tiene que, en ambos casos, las infecciones respiratorias fueron, por mucho, las principales causantes de enfermedades tanto a nivel nacional como en el estado de Quintana Roo.

Quintana Roo comparte 14 de las 20 enfermedades con mayor incidencia a nivel nacional. Entre las enfermedades comunes en el país que no figuran entre las principales del estado están las picaduras de alacrán, influenza, depresión y faringitis. Por otro lado, el estado presenta padecimientos relevantes localmente que no destacan a nivel nacional, como amebiasis intestinal, escabiosis, infecciones asociadas a la atención médica y heridas por arma de fuego o punzocortantes.

Tabla IV-107 Veinte principales causas de enfermedades en el 2022, y número de casos, a nivel nacional y en el estado de Quintana Roo.

Padecimiento	Nacional		Quintana Roo	
	Casos (No.)	Proporción (%)	Casos (No.)	Proporción (%)
Infecciones respiratorias	16118536	47.1	256992	44.6
Infecciones vías urinarias	3231627	9.4	51908	9.0
Infecciones intestinales	3201789	9.4	67444	11.7
COVID-19	3195409	9.3	54709	9.5
Úlceras gástricas y duodenitis	919629	2.7	13583	2.4
Gingivitis y enfermedades periodontales	903703	2.6	22067	3.8
Obesidad	821255	2.4	20549	3.6
Hipertensión arterial	581045	1.7	8864	1.5
Conjuntivitis	563,994	1.6	9,978	1.7
Vulvovaginitis	510,602	1.5	7,644	1.3
Diabetes mellitus no insulinodependiente (Tipo II)	476,600	1.4	7,052	1.2
Otitis media aguda	472,538	1.4	9,586	1.7
Intoxicación por picadura de alacrán	274,727	0.8	---	---
Influenza	251,169	0.7	---	---
Faringitis y amigdalitis	227,111	0.7	---	---
Insuficiencia venosa periférica	185,118	0.5	---	---
Accidentes de transporte	173,689	0.5	4,717	0.8
Asma	137,042	0.4	2,740	0.5
Depresión	133,323	0.4	---	---
Hiperplasia de la próstata	118,636	0.3	---	---
Amebiasis intestinal	---	---	2,341	0.4
Escabiosis	---	---	2,615	0.5
Infección asociada a la atención de la salud	---	---	1,951	0.3
Insuficiencia venosa periférica	---	---	1,834	0.3
Herida por arma de fuego y punzocortantes	---	---	1,810	0.3
Otras helmintiasis	---	---	1,684	0.3
20 principales	32’497,542	---	550,068	---
Otras	1’703,346	5.0	26,749	4.6
Total, global	34’200,888	100.0	576,817	100.0

§ Elaboración propia con información de la Secretaría de Salud, en: https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/principales_nacional.html y https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/principales_estatal_grupo.html

A) Factores ambientales asociados a la salud poblacional

Prüss-Üstün y Corvalán (2006) encontraron que, en general y a nivel global, factores ambientales fueron causantes de 24% de la carga de morbilidad (expresada en años de vida sana perdidos) y del 23% de los fallecimientos; pero este valor baja a 17% cuando se trata solo de países en desarrollo. La Organización Mundial de la Salud estima que un 24% de la carga mundial de morbilidad y un 23% de la mortalidad son atribuibles a factores medioambientales; con base en información del 2012, estimó que a nivel mundial murieron 12.6 millones por vivir o trabajar en ambientes poco saludables (consultada en: http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/deaths-attributable-to-unhealthy-environments/es/).
Las 10 principales causas de muerte referidas por la OMS relacionadas con el medio ambiente son, en orden de importancia: a) accidentes cerebrovasculares (19.8%); b) cardiopatía isquémica (18.3%); c) lesiones no intencionales (13.5%); d) cáncer (13.5%); e) enfermedades respiratorias crónicas (11.1%); f) enfermedades diarreicas (6.7%); g) infecciones respiratorias (4.5%); h) afecciones neonatales (2.1%); i) paludismo (2.1%), y j) lesiones intencionales (2.0%).
De la lista anterior, la diarrea, el paludismo y las infecciones respiratorias son algunas de las más mortíferas entre los niños menores de cinco años. En los países en desarrollo, el porcentaje de estas tres enfermedades atribuible al medio ambiente representa como promedio el 26% de todas las defunciones de niños menores de cinco años (Prüss-Üstün y Corvalán, 2006).
Los autores antes referidos encontraron que la carga de morbilidad por diarrea está asociada en aproximadamente un 94% a factores de riesgo ambientales tales como el consumo de agua no potable y el saneamiento y la higiene insuficientes. Las infecciones de las vías respiratorias inferiores están asociadas a la contaminación del aire en locales cerrados debido al uso de combustible sólido en los hogares, la exposición pasiva al humo del tabaco y a la contaminación del aire exterior. Y, por otro lado, el 42% de los casos de neumopatía obstructiva crónica se atribuyó a factores de riesgo ambientales; principalmente por la exposición profesional al polvo y a sustancias químicas, así como la contaminación del aire en locales cerrados por utilización de combustibles sólidos y humo de cigarros en los hogares.
La misma Organización Mundial de la Salud identifica los factores de riesgo asociados al medio ambiente que pueden influir en la salud humana, siendo estos:

- La contaminación del aire en entornos cerrados y al aire libre.
- Agua, saneamiento e higiene deficientes.
- Agentes químicos y biológicos.
- Radiación ultravioleta e ionizante.
- Ruido ambiental.
- Riesgos laborales.
- Prácticas agrícolas, como uso de plaguicidas y reutilización de aguas residuales.
- Entornos urbanizados, viviendas y carreteras.
- Cambio climático.

B) Cobertura del servicio médico

Para garantizar el acceso a los servicios médicos hasta a finales del año pasado existían seis principales alternativas a nivel nacional: IMSS, creado en 1943; ISSSTE, fundado en 1959; ISSSTE estatal; el Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI), desde enero de 2020; PEMEX-DEFENSA-MARINA; IMSS Bienestar, además de los seguros privados. Entre éstos, más algunos otros no identificados, que en el año 2020 cubrían entre el 60.64 y 84.11% de la población de las entidades municipales del estado de Quintana Roo, el estado mismo y a nivel nacional, según los datos del Censo de Población y Vivienda del INEGI del 2020 (Tabla IV-108). Un patrón a resaltar con base al porcentaje de la población afiliada a los servicios de salud es que los tres municipios con mayor actividad turística, entre ellos Benito Juárez, Solidaridad y Tulum, son los que tienen las menores proporciones de población afiliada, mientras que, tres municipios con menos

actividad turística tienen mayores proporciones de gente afiliada (José Ma. Morelos 84.11%, Felipe Carrillo Puerto 83.60% y Othón P. Blanco 79.03%), con resultados, incluso, superiores que los obtenidos a nivel nacional y estatal.

Lo antes mencionado está relacionado con la entidad a la que están afiliados los pobladores. Los municipios que tienen la mayor proporción de población afiliada a los servicios de salud se encuentran asegurados al INSABI y muy baja proporción se encuentra dada de alta a servicios brindados por el IMSS, ISSSTE o cuentan con servicio privado, siendo más significativo en la población del municipio de Lázaro Cárdenas.

Por el contrario, los municipios que tienen las menores proporciones de población con servicios de salud, Benito Juárez y Solidaridad, resultaron con mayor proporción de su población dada de alta a los servicios de salud brindados por el IMSS, ISSSTE o con seguro privado.

Othón P. Blanco, al concentrar la mayoría de las dependencias gubernamentales, tanto federales como estatales, tiene las mayores poblaciones afiliadas a los servicios de salud brindados por el ISSSTE (18.88%) e ISSSTE Estatal (1.63%). Además, Othón P. Blanco tiene la segunda proporción más alta de afiliados a los servicios de salud de PEMEX (2.60%), solo por debajo de Isla Mujeres con el 3.82% de su población, aunque numéricamente es más alta la población de Othón P. Blanco afiliada a PEMEX (6,078 pobladores) que la de Isla Mujeres (867 pobladores).

Tabla IV-108 Población con afiliación (%) a los servicios de salud a nivel nacional y del estado de Quintana Roo y sus municipios al 2020[1, 2].

Entidad	Total afiliada[2]	IMSS	ISSSTE	ISSSTE estatal	PEMEX	INSABI[3]	IMSS Bienestar	Privada	Otras[4]	Sin afiliar	No especifica
Nacional	73.47	37.49	5.69	0.83	0.95	26.06	0.76	2.08	0.91	26.19	0.34
Quintana Roo	73.48	44.54	5.71	0.33	0.58	20.67	0.40	1.80	0.45	25.22	1.30
Bacalar	79.95	4.71	6.60	0.19	0.23	68.08	0.16	0.42	0.06	19.97	0.08
Benito Juárez	72.57	55.28	3.48	0.11	0.21	11.44	0.39	2.17	0.52	26.20	1.23
Cozumel	78.12	50.51	7.69	0.19	1.51	16.46	0.19	2.17	0.44	21.75	0.13
Felipe Carrillo P.	83.60	10.47	8.33	0.04	0.09	64.49	0.29	0.19	0.13	16.27	0.14
Isla Mujeres	73.96	24.59	5.97	0.27	3.82	35.79	0.29	2.05	1.98	25.76	0.28
José Ma. Morelos	84.11	3.94	6.92	0.95	0.15	72.19	0.44	0.11	0.02	15.79	0.10
Lázaro Cárdenas	70.51	5.75	4.88	0.12	0.05	57.83	1.33	0.14	0.65	29.44	0.05
Othón P. Blanco	79.03	29.88	18.88	1.63	2.60	26.24	0.20	0.79	0.43	20.77	0.20
Puerto Morelos	65.17	39.86	2.95	0.09	0.12	19.39	0.36	2.86	0.58	34.32	0.51
Solidaridad	68.95	50.61	1.97	0.13	0.09	14.05	0.51	2.15	0.29	27.53	3.51
Tulum	60.64	20.92	1.98	0.08	0.07	33.95	1.13	2.51	0.83	39.06	0.31

[1] Fuente: Censo de población y vivienda de 2020 del INEGI, en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#tabulados.
[2] La suma de los afiliados en las distintas instituciones de salud puede ser mayor al total por aquella población incorporada a este servicio en más de una institución de salud.
[3] En enero de 2020, entró en funciones el Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI); sin embargo la categoría incluye también a la población que declaró estar afiliada al Seguro Popular.
[4] Incluye instituciones de salud públicas o privadas.

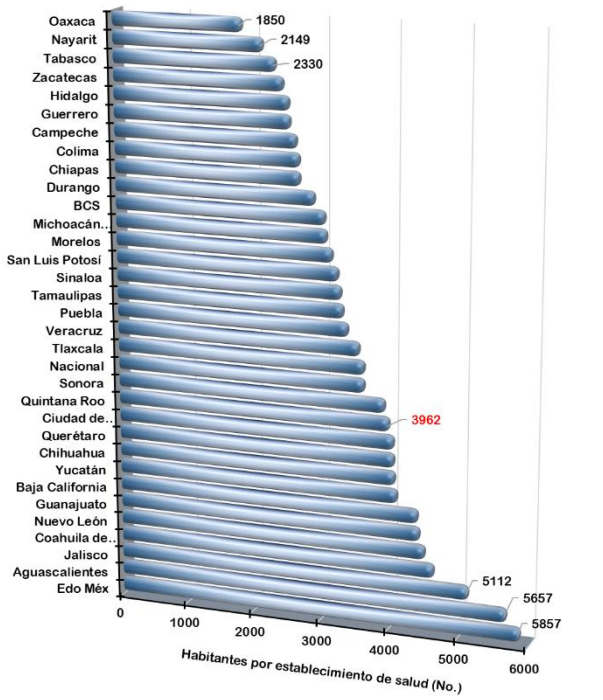
Si bien existe una alta proporción de la población del estado afiliada a los servicios de salud que se brindan por las diferentes instancias gubernamentales o privadas, pareciera que aún falta más por hacer para garantizar el servicio a la totalidad de la población, lo que puede ir acompañado con el desarrollo de más infraestructura para ello. Para el año de 2020, la Secretaría de Salud reportó en su página oficial (ver: http://sinaiscap.salud.gob.mx:8080/DGIS/), que el estado de Quintana Roo contaba únicamente con 469 establecimientos para la atención médica de los habitantes que lo requirieran, estos involucran los establecimientos para la asistencia social, consulta externa, hospitalización y apoyo.

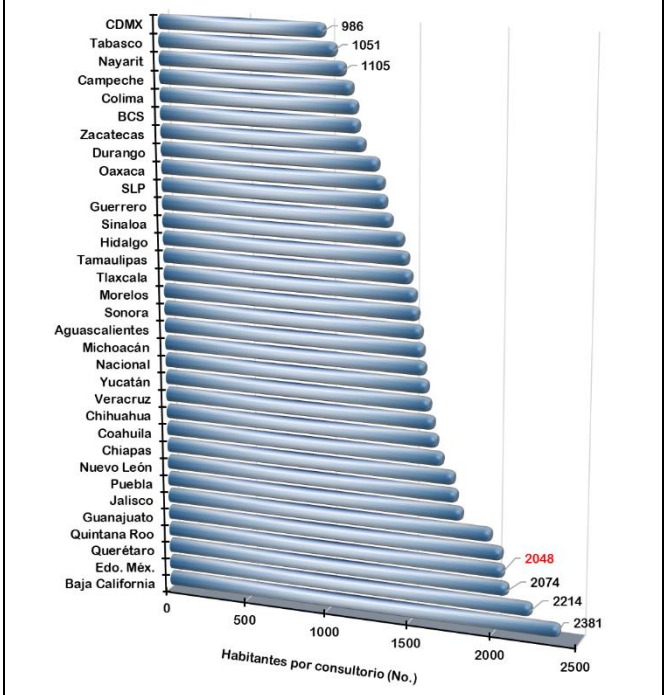
Los 469 establecimientos del sector salud para atender la población del estado representa ser el 1.34% de los establecimientos de servicios médicos del país, y su población implica el 1.47% de la población nacional. Donde, desglosando, el municipio de Othón P. Blanco cuenta con el 20.03% de los establecimientos de salud con los que cuenta el estado al 2022, usando como fuente de información la Secretaría de Salud y CONAPO (ver liga: https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/quintana-roo-qr?redirect=true&compare=mexico).

Considerando los resultados del censo de población y vivienda del 2020 realizado por el INEGI y el inventario de establecimientos de servicios médicos al mismo año reportado por la Secretaría de Salud, se relacionó el número de habitantes con los establecimientos que prestan servicio médico, como indicador de la factibilidad de recibir atención médica de los habitantes en caso de requerirla. En este caso se consideró el número de establecimientos para brindar el servicio médico y el número de consultorios médicos habilitados. De este modo resultó que a nivel nacional se tenían 3,559 Hab por establecimiento de servicio médico, cuando los estados de Oaxaca, Nayarit y Tabasco son que los que resultaron con menor relación, lo que se puede interpretar como de mayor beneficio para la población, siendo esta de 1,850, 2,149 y 2,330 habitantes por establecimiento de servicio médico, en el orden antes citado. En este rubro, el estado de Quintana Roo resultó tener un valor de 3,962 habitantes por establecimiento de servicio médico, siendo el estado con mayor relación a nivel nacional.

Otra de las variables importantes analizadas relacionadas con el sector salud, es la relación del número de consultorios disponibles para atender a la población. A nivel nacional resultó un valor de 1,594 habitantes por consultorio disponible, teniendo un mejor resultado la CDMX, Tabasco y Nayarit, con valores de 986, 1,051 y 1,106 habitantes por consultorio disponible. Los valores más altos fueron los obtenidos en los estados de Baja California, Estado de México y Querétaro con 2,381, 2,214 y 2,074 habitantes por consultorio disponible. En este rubro Quintana Roo resultó tener una relación de 2,048 habitantes por consultorio, ocupando el cuarto lugar con mayor relación a nivel nacional, resultado de contar con 907 consultorios al 2020.

Usando como fuente de información la Secretaría de Salud y CONAPO, en la página de la Secretaría de Economía (ver liga: https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/quintana-roo-qr?redirect=true&compare=mexico), se reporta que en el 2022 el estado de Quintana Roo contaba con 725 consultorios totales, de los cuales 194 se ubicaban en el municipio de Othón P. Blanco, siendo el municipio con mayor número. A este municipio le siguen los municipios de Benito Juárez y Felipe Carrillo Puerto con 151 y 114 consultorios. Los municipios de Puerto Morelos y Tulum resultaron ser los municipios que cuentan con menor número de consultorios con 11 y 12, respectivamente.





Fuente: Elaboración propia con información del INEGI y la Secretaría de Salud.

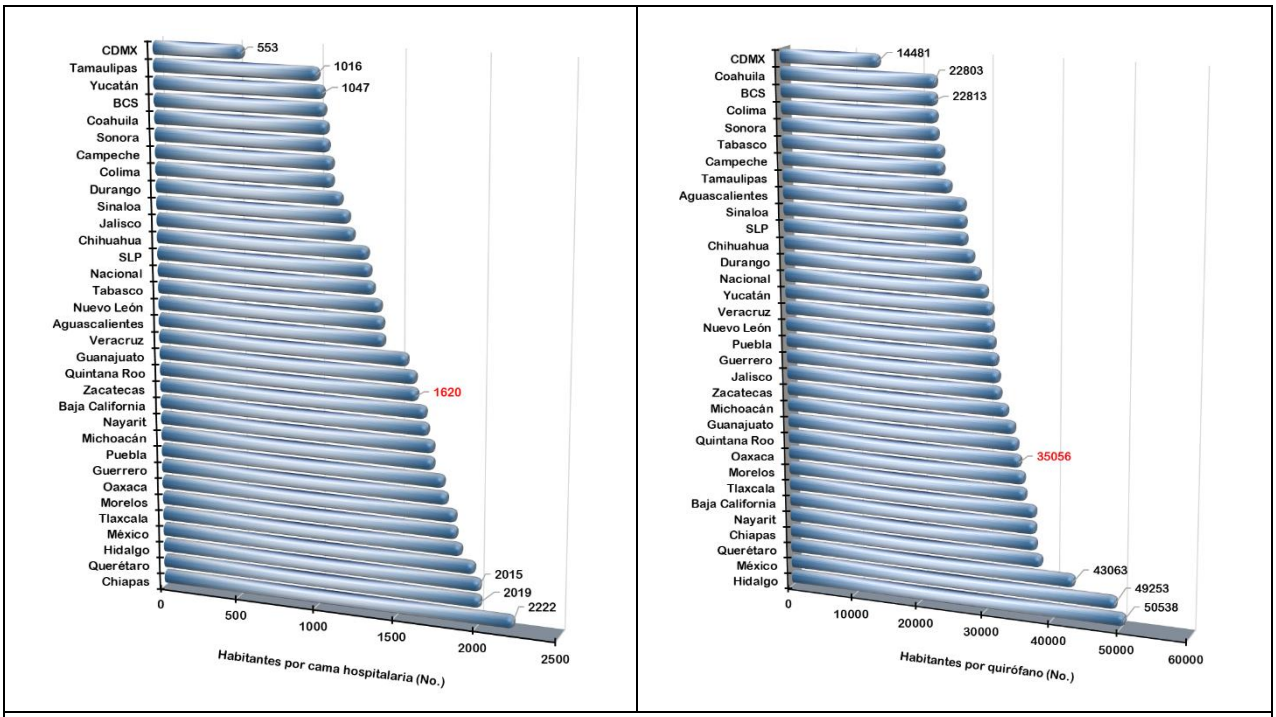
Figura IV-119 Relación de habitantes con establecimiento de servicio médico y consultorio, por entidad estatal y a nivel federal, con resultados para el año 2020.

Otro importante factor por tomar en cuenta en el servicio médico disponible para la población es la disponibilidad de equipo para proporcionar el servicio médico a la población, para ello, se analizó el número de camas y quirófanos disponibles para la atención de la población. En este caso se volvió a hacer el análisis de la información reportada por la Secretaría Salud para el año 2020 (ver: http://sinaiscap.salud.gob.mx:8080/DGIS/), y la del censo de población y vivienda del INEGI del mismo año. Primero, es importante mencionar que a nivel nacional se tenía una relación de 1,352 habitantes por cama y 30,140 habitantes por quirófano existente (Figura IV-120).

En estas variables, la Ciudad de México fue la entidad que tuvo una menor relación de habitantes por cama hospitalaria disponible con 553 habitantes por cama, seguido de Tamaulipas con 1,016 y Yucatán con 1,047 habitantes por cama. Y, en cuanto a quirófanos por habitante resultó ser la Ciudad de México nuevamente la entidad con la menor relación con 14,481 habitantes por quirófano, seguidos Coahuila y Baja California Sur con 22,803 y 22,813 habitantes por quirófano, respectivamente.

En estas variables, el estado de Quintana Roo resultó contar con 1,620 camas hospitalarias por habitante, la catorceava entidad con mayor número de habitante por cama. Al 2022 en la página de la Secretaría de Economía (ver liga: https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/quintana-roo-qr?redirect=true&compare=mexico), se reportaba la existencia de 1,976 camas a nivel estatal, de las cuales 315 se ubicaban en el municipio de Othón P. Blanco, 15.94% de las camas totales, donde el 48.08% del total se ubicaban en el municipio de Benito Juárez.

En cuanto a habitantes por quirófano disponible, el estado de Quintana Roo resultó tener 35,056 habitantes por quirófano disponible, la décima entidad con mayor número de habitantes por quirófano para atender su población.



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI y la Secretaría de Salud.

Figura IV-120 Relación de habitantes con cama hospitalaria y quirófano, por entidad estatal y a nivel federal, con resultados para el año 2020.

IV.3.11 Evaluación del bienestar

Con la finalidad de tener información sobre el rezago social de las entidades estatales y municipales, el CONEVAL construyó el "Índice de Rezago Social (IRS)", el cual incorpora indicadores de educación, de acceso a servicios de salud, de servicios básicos, de calidad y espacios en la vivienda, y activos en el hogar.

Según la información del CONEVAL (ver: http://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Que-es-el-indice-de-rezago-social.aspx), el Índice de Rezago Social es una medida ponderada que resume cuatro indicadores de carencias sociales (educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda) en un solo índice que tiene como finalidad ordenar a las unidades de observación según sus carencias sociales. No se trata de una medición de pobreza, ya que no incorpora los indicadores de ingreso, seguridad social y alimentación. Permite tener información de indicadores sociales desagregados hasta nivel municipal, con lo que CONEVAL contribuye con la generación de información para la toma de decisiones en materia de política social, especialmente para analizar la desigualdad de coberturas sociales que subsisten en el territorio nacional.

Las variables consideradas en la construcción del ISR son:

- Población total,
- Población de 15 años o más analfabeta,
- Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela,
- Población de 15 años y más con educación básica incompleta,

- Población sin derecho a servicios de salud,
- Viviendas con piso de tierra,
- Viviendas que no disponen de excusado o sanitario,
- Viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública,
- Viviendas que no disponen de drenaje,
- Viviendas que no disponen de energía eléctrica,
- Viviendas que no disponen de lavadora, y
- Viviendas que no disponen de refrigerador.

El CONEVAL presenta los resultados de la estimación del ISR en cinco estratos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Para ello, refiere que utiliza la estratificación con base en la metodología de Dalenius & Hodges, dado que permite que dentro de cada estrato las unidades sean lo más homogéneas posibles y entre los estratos lo más distintos posibles.
La Ciudad de México, junto con el estado de Nuevo León, Coahuila y Aguascalientes, son los que han sido más estables y los que han tenido el IRS más bajo, resultando que en los cinco quinquenios del 2000 al 2020 con grado de rezago social “muy bajo” Tabla IV-108. Por lo que se puede decir que, en estos estados existen menores carencias en la sociedad respecto a educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda. Mientras que, por otro lado, el estado de Quintana Roo se clasificó en el lugar número 19 con base el valor de

la última evaluación de su IRS. Su posición ha fluctuado del número 12, en el 2005 y clasificada con un grado de rezago social “medio”, a 20 en las evaluaciones del 2000 y 2010, alcanzando en este último año a clasificarse con un grado de rezago social “bajo”, al igual que en los años 2015 y 2020.

Tabla IV-109 Rezago social en las entidades estatales y en los municipios que forman parte de la conformación del AI del proyecto entre el 2000 y el 2020, por quinquenio, de acuerdo con lo estimado por el CONEVAL§.

Entidad federativa	Índice de rezago social					Grado de rezago social				
	2000	2005	2010	2015	2020	2000	2005	2010	2015	2020
Estatal										
Nuevo León	-1.54	-1.44	-1.37	-1.36	-1.25	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
Ciudad de México	-1.51	-1.40	-1.28	-1.31	-1.12	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
Coahuila	-1.27	-1.25	-1.16	-1.06	-1.15	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
Aguascalientes	-1.14	-1.14	-1.11	-1.04	-1.10	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
Baja California	-1.03	-0.66	-0.86	-0.82	-0.64	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Jalisco	-0.71	-0.60	-0.66	-0.69	-0.62	Bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Colima	-0.71	-0.76	-0.80	-0.66	-0.60	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Sonora	-0.81	-0.86	-0.69	-0.59	-0.65	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Chihuahua	-0.74	-0.61	-0.50	-0.59	-0.52	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Tamaulipas	-0.60	-0.70	-0.65	-0.53	-0.62	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
Estado de México	-0.54	-0.36	-0.37	-0.48	-0.30	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Sinaloa	-0.24	-0.45	-0.48	-0.46	-0.57	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Querétaro	0.00	-0.04	-0.25	-0.43	-0.52	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Quintana Roo	**-0.36**	**0.15**	**-0.40**	**-0.40**	**-0.32**	**Medio**	**Medio**	**Bajo**	**Bajo**	**Bajo**
Baja California Sur	-0.71	-0.48	-0.47	-0.40	-0.32	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Zacatecas	0.30	-0.09	-0.13	-0.33	-0.45	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Morelos	-0.21	-0.18	-0.13	-0.21	-0.13	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Tlaxcala	0.02	0.05	-0.05	-0.17	-0.04	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Tabasco	0.34	-0.03	-0.07	-0.15	0.08	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Guanajuato	0.21	0.16	0.00	-0.06	-0.21	Medio	Alto	Medio	Medio	Bajo
Durango	-0.14	-0.24	-0.01	-0.03	-0.05	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Nayarit	-0.18	-0.42	-0.25	0.01	0.04	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio

Entidad federativa	Índice de rezago social					Grado de rezago social				
	2000	2005	2010	2015	2020	2000	2005	2010	2015	2020
Yucatán	0.24	0.34	0.22	0.29	0.15	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio
Campeche	0.53	0.32	0.22	0.30	0.24	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio
Hidalgo	0.86	0.59	0.61	0.45	0.32	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
San Luis Potosí	0.63	0.31	0.49	0.61	0.32	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Michoacán	0.61	0.67	0.75	0.63	0.53	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Puebla	0.96	0.97	1.07	0.88	0.74	Alto	Muy alto	Alto	Alto	Alto
Veracruz	1.19	0.95	1.14	1.20	1.14	Muy alto	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto
Chiapas	2.27	2.55	2.27	2.39	2.64	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
Guerrero	2.12	2.44	2.52	2.45	2.45	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
Oaxaca	2.16	2.20	2.42	2.54	2.59	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
Municipal										
Othón P. Blanco	**-1.15**	**-0.96**	**-1.12**	**-1.10**	**-0.97**	**Muy bajo**	**Bajo**	**Muy bajo**	**Muy bajo**	**Muy bajo**
Benito Juárez	-1.67	-0.93	-1.28	-1.22	-1.14	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
Solidaridad	-0.57	-0.29	-1.19	-1.06	-0.99	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
Cozumel	-1.65	-1.17	-1.39	-1.21	-1.13	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo

[§] Adaptado del CONEVAL, en: https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_Rezago_Social_2020.aspx.

A nivel municipal resulta que, en el último quinquenio se tuvo que, de los 2,469 municipios totales evaluados, los índices de rezago social más altos fueron para los municipios Batopilas, Chihuahua, Mezquital, Durango, y Del Nayar, Nayarit, ocupando los lugares 1, 2 y 3, respectivamente. Por lo contrario, los municipios o alcaldías con los índices más bajos fueron para la alcaldía de Benito Juárez, el municipio de Apodaca, N.L., y Coacalco de Berriozábal, Estado de México, lo que implica que fueron los que presentaron el menor rezago social, es decir, menores carencias en la sociedad respecto a educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda.
Los municipios del estado de Quintana Roo han resultado con IRS clasificados entre medios y muy bajos. Los municipios con mayor actividad turística, Benito Juárez, Cozumel, Solidaridad, y así como el municipio de Othón P. Blanco son los que han resultado con mejor IRS, alcanzado para estar la mayoría de las veces entre los 2000 municipios con el índice más bajo, de 2,469 municipios totales actualmente. Los municipios Benito Juárez, Cozumel y Solidaridad fueron los que tuvieron el menor rezago social, ocupando los lugares 2,306, 2,305 y 2,166 del total.
El municipio de Othón P. Blanco ha logrado clasificarse con un grado de rezago social “Muy bajo” las cinco veces que se han presentado los resultados, lo que se puede interpretar que no se trata de una población con grandes carencias, de manera general, respecto a educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda.

IV.3.12 Urbanización

La articulación espacial del municipio con el resto del territorio nacional y a nivel internacional se da por diversas vías de comunicación, lo cual permite la movilidad y transporte de personas, bienes y servicios.

Terrestre

A nivel macro, el estado de Quintana Roo se integra a la red nacional de carreteras por medio de autopistas federales con los vecinos estados de Yucatán y Campeche; además de interconexiones con los países de Belice y Guatemala que son la entrada a Centroamérica.

La red troncal en Quintana Roo se compone por 4 carreteras a cargo del Gobierno Federal con una longitud aproximada de 952 km y una autopista de 88 km en la parte estatal que comunica a Cancún con Mérida.

- Carretera 307 de Chetumal a Puerto Juárez;
- Carretera 180 de Cancún-Mérida.

Las carreteras alimentadoras tienen una longitud aproximada de 1,353 km. donde el 80% se encuentran pavimentadas. Las principales carreteras son:

En este ámbito, el municipio de Othón P. Blanco se integra regionalmente a través de la Carretera Federal 186 (Villahermosa – Chetumal) y la Carretera Federal 307 (Chetumal – Cancún – Puerto Juárez), que lo conectan con el resto del estado y con la península de Yucatán. A estas vías principales se suman carreteras alimentadoras y caminos rurales que enlazan a las comunidades del municipio, entre ellas Juan Sarabia, con la ciudad de Chetumal, cabecera municipal y centro administrativo.

La infraestructura carretera permite la articulación con los polos turísticos del norte del estado, así como con la frontera sur mediante el Puente Internacional de Subteniente López, que conecta con Belice. Esta red vial constituye un elemento estratégico para la movilidad de personas, mercancías y servicios,

favoreciendo la integración socioeconómica del municipio con el resto de Quintana Roo y con la región sur-sureste del país.

Aérea

La infraestructura aeronáutica de Quintana Roo consiste en tres aeropuertos internacionales, un aeropuerto nacional, 19 aeródromos y 14 helipuertos, según datos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). El Aeropuerto Internacional de Cancún cuenta con dos pistas para operaciones simultáneas que permite 80 operaciones por hora, siendo el segundo con mayor tráfico aéreo de pasajeros en México y el primero en lo que se refiere a operaciones de vuelos de líneas internacionales.

En el municipio de Othón P. Blanco, particularmente en la ciudad de Chetumal, se localiza el Aeropuerto Internacional de Chetumal, el cual constituye una de las principales infraestructuras de transporte aéreo de la región.

Náutica

En la Región Caribe Norte se localizan los puertos de Punta Sam, Cancún, Puerto Morelos, Playa del Carmen, Punta Venado, Isla Mujeres y Cozumel, que permiten enlazar sus porciones insular y continental; así como con puertos de los Estados Unidos en el Golfo de México, América Central y el Caribe.

El estado recibe más del 57% de los cruceros del país que arriban al país; siendo Cozumel el principal puerto turístico en México y el Caribe por recibir 2,925,630 pasajeros en 2010.

El puerto comercial más importante en la zona norte de Quintana Roo es Punta Venado que en 2010 registró una carga total de 7,893,669 toneladas, de las cuales 7,161,777 toneladas fueron de granel mineral, en ese año también presentó un arribo de 55,275 pasajeros por cruceros (Secretaría de Comunicaciones y Transporte).

En el contexto regional del municipio de Othón P. Blanco, particularmente en la ciudad de Chetumal, se dispone de infraestructura portuaria y náutica representada por el Muelle Fiscal de la Administración Portuaria Integral de Quintana Roo (APIQROO). Esta infraestructura constituye un componente relevante de la red de transporte y conectividad de la zona sur del estado, al permitir el traslado de pasajeros y el establecimiento de vínculos comerciales, turísticos y de servicios con diversos puntos de la región.
Entre las principales conexiones marítimas destaca la ruta internacional Chetumal–San Pedro, Belice, destinada principalmente al transporte de pasajeros entre ambos puntos, con recorridos marítimos de aproximadamente una hora y media. Esta conexión fortalece la vinculación regional de la ciudad de Chetumal con el territorio beliceño y representa un elemento de importancia para la movilidad y el intercambio entre ambos países.

Infraestructura

Agua potable. El sistema de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Chetumal, se suministra a través de dos zonas de captación: la zona Xul-Ha y la zona González Ortega. La primera suministra agua potable a las localidades de Juan Sarabia, Xul-Ha, Huay Pix, Subteniente López y la parte baja de Chetumal con un gasto de 110 LPS. La segunda suministra agua a las localidades de Luis Echeverría, Calderitas y la parte alta de Chetumal. En el caso de los pozos de González Ortega, éstos se localizan a 42 Km al Suroeste de la ciudad de Chetumal, sobre la carretera a Escárcega, Camp. En la zona se encuentra un sistema de 14 pozos, con profundidades que oscilan entre los 80 y 90 m y producen un gasto de 265 LPS. La

conducción se realiza a través de tres líneas, dos de las cuales acceden al área urbana por la Av. Insurgentes y la tercera a través de la Av. Álvaro Obregón. El agua recibe los procesos de potabilización, filtración y cloración, siendo distribuida por gravedad. En las zonas de captación, el acuífero es de tipo libre y se encuentra en la unidad geohidrológica de material consolidado de posibilidades altas.

Electricidad. El municipio de Othón P. Blanco se encuentra conectado a una línea de 115 Kva proveniente de Mérida, en el estado de Yucatán. La reducción del voltaje de 115 a 13.8 Kva se realza en las Subestaciones de Xul-Ha e Insurgentes. De esta manera, existe un tendido eléctrico que abastece a el municipio, y el suministro a las viviendas es por medio de contratos establecidos con la Comisión Federal de Electricidad. Existe una línea de transmisión de alta tensión y una de media tensión que van paralelas a la carretera federal 307.

Sistema de manejo de residuos. En el municipio de Othón P. Blanco existe un relleno sanitario ubicado al Norte de la Ciudad de Chetumal, aproximadamente a 3 kilómetros al oeste de la localidad de Calderitas.

IV.4 Problemática ambiental y paisaje

IV.4.1 Problemática ambiental

La problemática ambiental es la presión de los recursos naturales por incremento de asentamientos irregulares; expansión de la mancha urbana; presión y riesgo de contaminación de acuíferos por la expansión colindante a la laguna y falta de servicios de recolección y disposición final de los residuos sólidos urbanos; necesidades de infraestructura y, el cambio de uso de suelo no autorizados. La problemática ambiental combina presiones preexistentes urbanización, caminos, residuos, alteración de cobertura vivienda y turismo.

El esquema de transformación es principalmente en las colindancias con la Laguna en un espacio urbano que crece, se modifica en seguimiento a las tendencias y exigencias del mercado.

Bacalar cambia en su entorno con lo que se afianza su éxito comercial para segmentos turísticos específicos, y para el caso particular, la vivienda de alto nivel adquisitivo, como lo es el sitio exclusivo conformado artificialmente para el caso de Wayak y en este sentido, y partiendo del desarrollo ordenado y de baja intervención, presenta un eje de aprovechamiento que se integra al desarrollo de la franja en lagunar en concordancia con el POEL-OPB. Las propuestas constructivas, en su conjunto, se ajustan en un esquema concordante con la lectura actual del territorio, esto en el sentido de las actividades que en él se desarrollan y que representan, aún, el centro vital para el crecimiento ordenado de Bacalar.

IV.4.2 Paisaje

El proyecto se inserta en un paisaje de calidad visual alta en promedio, pero con elementos de alta singularidad y sensibilidad. La laguna es simultáneamente componente ecológico, recurso paisajístico, soporte de actividades turísticas y elemento de identidad local. Las unidades de paisaje y las depresiones interiores forman parte del funcionamiento hídrico que sostiene el mosaico paisajístico.

El escenario “con proyecto” implica la conclusión y plena utilización turística y suburbana del predio, su mantenimiento y el desarrollo de actividades son acordes al sitio en el que se encuentra. El diseño del proyecto conserva áreas funcionalmente sensibles, toda vez que mantiene los escurrimientos superficiales

y deja áreas permeables, así como toma medidas reales del manejo hídrico, la infraestructura plateada demuestre capacidad para operar el proyecto; el mismo diseño al ser de baja densidad cuenta con zonas de conservación espacialmente predominantes dentro del proyecto,

El proyecto proveerá beneficios, como generación de empleo directo e indirecto durante la preparación, construcción y operación, incluida la demanda de mantenimiento, alimentos, transporte y servicios profesionales. Inversión privada y ampliación de la oferta turística y de vivienda en el corredor Chetumal–Bacalar.

La territorialidad y las instalaciones concuerdan al mantener y utilizar los usos del suelo compatibles al sitio en el que la obra será edificada.

Las características del medio biótico y abiótico tanto en el sistema ambiental y el área de influencia, así como la composición y estructura de la vegetación, los ecosistemas y el paisaje en el cual se encuentra el inmerso el proyecto, se puede concluir que el desarrollo del proyecto no representará una alteración significativa a las condiciones en las que los ecosistemas del sitio se encuentran actualmente, y no propiciará un deterioro en las funciones de los servicios ambientales y la interrelación de estos, por lo que se considera ambientalmente viable para su implementación y operación.

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTO AMBIENTALES.

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 12, fracción V, del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, en el presente capítulo se identifican, describen y evalúan los impactos ambientales potenciales que podrían generarse durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

La evaluación de impacto ambiental tiene como propósito reconocer anticipadamente las modificaciones que las obras y actividades propuestas podrían ocasionar sobre los elementos naturales y socioeconómicos del entorno, determinar las relaciones causa-efecto que les darían origen y valorar su relevancia considerando las características particulares del proyecto y las condiciones ambientales del sitio en el que se pretende desarrollar.

Para tal efecto, el análisis se sustenta en la descripción de las obras y actividades que integran el proyecto, así como en la caracterización y diagnóstico de los componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos del sistema ambiental, el área de influencia y el predio; la consideración conjunta de estos elementos permite identificar los componentes susceptibles de modificación y establecer, con base en criterios técnicos, la naturaleza, magnitud, permanencia, reversibilidad, acumulación y significancia de los impactos ambientales potenciales.

En el caso particular del proyecto, la identificación y evaluación de los impactos adquiere especial relevancia por las condiciones ambientales del sitio y su entorno, en el cual se presentan comunidades de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia constituye la cobertura dominante; hacia el sector central se presenta la selva baja subperennifolia, mientras que el sector este reúne vegetación hidrófila, petén, manglar, superficies sin vegetación aparente y cuerpo de agua, así como procesos de conectividad ecológica e hidrológica asociados al sistema lagunar de Bacalar; en consecuencia, el análisis considera tanto las posibles modificaciones directas derivadas de la ocupación y transformación de superficies como los efectos indirectos que pudieran manifestarse sobre los procesos ecológicos e hidrológicos relacionados con dichos componentes; además comprende los impactos ambientales adversos y benéficos que potencialmente podrían generarse durante las distintas etapas del proyecto. Asimismo, considera los efectos directos e indirectos, temporales y permanentes, reversibles e irreversibles, simples, acumulativos y sinérgicos, con el objeto de determinar su importancia relativa y establecer una jerarquización técnicamente sustentada.

La identificación de una interacción ambiental no implica, por sí misma, que esta constituya un impacto significativo o relevante por lo que su clasificación dependerá de la valoración conjunta de las características del efecto, el ámbito espacial y temporal en el que pudiera manifestarse, la sensibilidad del componente receptor y la capacidad del ambiente para recuperar sus condiciones o mantener su funcionalidad.

Los resultados obtenidos constituirán el fundamento para establecer las medidas de prevención, mitigación, restauración y, en su caso, compensación que se desarrollarán en el Capítulo VI de la presente MIA-P. De igual manera, proporcionarán los elementos técnicos necesarios para formular los pronósticos ambientales y evaluar los escenarios correspondientes en el Capítulo VII.

V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.

La identificación y evaluación de los impactos ambientales constituye un proceso sistemático mediante el cual se analizan las relaciones causa-efecto entre las acciones que integran un proyecto y los componentes del ambiente susceptibles de modificación.

La naturaleza y relevancia de un impacto dependen tanto de las características de la acción que lo origina como de las condiciones del medio receptor; en consecuencia, su evaluación debe considerar la magnitud y duración de las obras y actividades, el ámbito espacial en el que se manifestarán sus efectos, el estado de conservación de los componentes ambientales, su sensibilidad y su capacidad de recuperación.

Para identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales del proyecto se empleará una combinación de técnicas cualitativas, cartográficas y semicuantitativas; la utilización complementaria de estos instrumentos permitirá analizar las interacciones desde diferentes perspectivas, reducir la subjetividad del proceso y conservar la correspondencia entre las acciones del proyecto, los factores ambientales receptores y los impactos resultantes; por lo que el procedimiento se desarrollará en tres niveles de análisis:

En el primero se reconocerán las acciones susceptibles de producir modificaciones en el ambiente y los factores ambientales que podrían recibir sus efectos, mediante listas de verificación, revisión de matrices genéricas y análisis de la información técnica y ambiental disponible.

En el segundo nivel se identificarán las interacciones potenciales mediante una matriz de relación causa-efecto tipo Leopold, complementada con el análisis espacial de la distribución de las obras y de los componentes ambientales presentes en el predio y su entorno. Esta combinación permitirá examinar tanto las afectaciones relacionadas con la ocupación directa de superficies como los posibles efectos indirectos sobre los procesos ecológicos e hidrológicos.

En el tercer nivel se describirán y evaluarán los impactos identificados mediante el Método Rápido de Evaluación de Impactos modificado (RIAM-M), permitiéndose asignar valores comparables a los efectos adversos y benéficos con base en criterios relacionados con la importancia de la condición ambiental, la magnitud del cambio, la permanencia, la reversibilidad, la acumulación o sinergia y la susceptibilidad del componente receptor.

La aplicación del RIAM-M no sustituirá la descripción cualitativa de los impactos ya que la calificación numérica será utilizada como una herramienta complementaria para ordenar y jerarquizar los resultados, mientras que la interpretación de cada efecto se sustentará en las características de las acciones que lo originen y en las condiciones particulares del ambiente en el que pudiera manifestarse.

La evaluación considera las obras y actividades descritas en el Capítulo II, incluyendo los componentes turísticos, suburbanos, comerciales, recreativos y de servicio, así como las instalaciones de abastecimiento y saneamiento. Se analizan su localización, superficie, procedimiento constructivo y condiciones de operación en relación con los componentes ambientales caracterizados en el Capítulo IV.

Las características incorporadas al diseño, como las estructuras elevadas, los apoyos puntuales y los tramos de puentes colgantes, forman parte del proyecto evaluado. Su consideración no supone ausencia de impacto: se distinguen la ocupación directa del terreno, la proyección horizontal de las estructuras, el sombreado, las superficies temporales de trabajo y los posibles efectos sobre la vegetación, la fauna y la circulación del agua.
La valoración inicial no descuenta anticipadamente la eficacia de las medidas adicionales de prevención, mitigación, rehabilitación o compensación; sus resultados se utilizan para establecer las medidas del Capítulo VI y, posteriormente, reconocer los efectos que podrían permanecer después de su aplicación.

Los beneficios socioeconómicos se evalúan por separado y no anulan ni compensan por sí mismos los efectos adversos.

Para cada impacto se diferencia la etapa en que se origina de aquellas durante las cuales permanece o puede intensificarse; por lo que, un cambio iniciado durante la preparación del sitio o la construcción puede continuar durante la operación, aun cuando no se repita la actividad que lo produjo; asimismo, se distinguen los efectos asociados con el funcionamiento ordinario y los riesgos derivados de incidentes o contingencias. La incertidumbre sobre la ocurrencia de un evento no se utiliza, por sí sola, para asignar una magnitud reducida a sus consecuencias.

Cuando un impacto reúna mecanismos diferentes, su descripción y sustento se presentan de forma diferenciada, evitando que una condición menos desfavorable oculte otra de mayor relevancia. La puntuación conjunta deberá representar de manera explícita el mecanismo determinante y no el promedio de efectos con distinta naturaleza, duración o receptor. Si la información disponible no permite sustentar alguno de los criterios, su valoración deberá completarse antes de formular la clasificación definitiva.

V.1.1 Identificación de las acciones del proyecto y factores del ambiente

La identificación de los impactos ambientales requiere determinar, en primera instancia, las acciones del proyecto susceptibles de producir modificaciones en el ambiente y los factores ambientales que, por sus características, ubicación y función, podrían recibir sus efectos.
De acuerdo con Gómez Orea (1999), la identificación de las acciones de un proyecto y de los factores ambientales potencialmente afectados puede apoyarse en diversos instrumentos, entre los que se encuentran:

- Listas de verificación generales o específicas para distintos tipos de proyectos.
- Consulta y participación de especialistas.
- Análisis de proyectos o escenarios comparables.
- Revisión de matrices genéricas de relación causa-efecto.
- Análisis cartográfico y sobreposición de información espacial.

Estos instrumentos permiten organizar la información, reconocer las posibles fuentes de modificación ambiental y seleccionar los componentes que deberán ser considerados durante la evaluación. Su aplicación debe adecuarse a la naturaleza del proyecto y a las características ambientales del sitio, debido a que ninguna técnica, utilizada de manera aislada, permite identificar la totalidad de las interacciones potenciales.

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales del proyecto se empleará una combinación de métodos; en primer término, se identificarán las acciones susceptibles de generar modificaciones durante sus diferentes etapas. Posteriormente se seleccionarán los factores y subfactores ambientales potencialmente receptores y se establecerán las relaciones causa-efecto correspondientes.

La identificación inicial se realizará mediante listas de verificación y revisión de matrices genéricas, mientras que el análisis de las interacciones se efectuará mediante una matriz causa-efecto tipo Leopold, complementada con la sobreposición de información cartográfica. Finalmente, los impactos resultantes serán descritos, evaluados y jerarquizados mediante el Método Rápido de Evaluación de Impactos modificado (RIAM-M).

La secuencia de aplicación de las técnicas seleccionadas se presenta en la Tabla V-1.

Tabla V.1.- Técnicas empleadas para la identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales.

Etapa del proceso de identificación y evaluación	Técnica empleada
Identificación de las acciones del proyecto y de los factores ambientales susceptibles de afectación	Revisión de matrices genéricas de relación causa-efecto; lista de verificación; análisis de la descripción del proyecto y de la caracterización ambiental
Identificación de interacciones entre las acciones del proyecto y los componentes ambientales	Matriz de relación causa-efecto tipo Leopold; sobreposición de información cartográfica
Integración y descripción de los impactos ambientales	Análisis de cadenas causa-efecto; agrupación de interacciones de naturaleza semejante; elaboración de fichas descriptivas
Evaluación y jerarquización de los impactos	Aplicación del Método Rápido de Evaluación de Impactos modificado (RIAM-M)
Determinación de la atención ambiental requerida	Vinculación de los impactos adversos con las medidas de prevención, mitigación, restauración y, en su caso, compensación

La combinación de estas técnicas permitirá desarrollar la identificación y evaluación de manera ordenada, así como conservar la correspondencia entre las acciones del proyecto, los factores ambientales susceptibles de modificación, los impactos resultantes y las medidas ambientales que se establezcan para su atención.

V.1.2 Indicadores de impacto

Los indicadores de impacto ambiental constituyen variables o conjuntos de variables que permiten representar de manera sintética el estado de un componente ambiental y los cambios que podría experimentar como consecuencia de la ejecución de un proyecto. Su utilización facilita la identificación, descripción y evaluación de los impactos, al proporcionar parámetros que pueden ser observados, estimados, comparados o medidos.

De acuerdo con Von Schiller et al. (2003), un indicador ambiental debe reunir, entre otras, las siguientes características:

- Validez científica.
- Representatividad del componente analizado.
- Sensibilidad ante los cambios.
- Disponibilidad y confiabilidad de la información.
- Facilidad de identificación o medición.
- Comparabilidad.
- Relevancia para la toma de decisiones.
- Relación razonable entre el esfuerzo requerido para su obtención y la utilidad de los resultados.

Los indicadores permiten reducir la complejidad de los procesos ambientales y expresar sus variaciones mediante parámetros comprensibles y verificables. En materia de evaluación de impacto ambiental, se utilizan para reconocer las presiones generadas por las acciones de un proyecto, valorar la magnitud de

los cambios y proporcionar elementos para determinar la efectividad de las medidas de prevención, mitigación, restauración y, en su caso, compensación.

Para el proyecto, los indicadores se seleccionaron considerando las características de las obras y actividades propuestas, las condiciones ambientales del predio y la sensibilidad de los componentes que podrían recibir sus efectos. En particular, se consideraron indicadores relacionados con la calidad del aire, el ambiente sonoro, el relieve, el suelo, la hidrología, la calidad del agua, la vegetación, el humedal, la fauna silvestre, el paisaje, la generación de residuos y el medio socioeconómico.

Los indicadores considerados para cada componente ambiental se describen a continuación.

- ✓ AIRE

Las obras y actividades asociadas con la preparación del sitio y construcción podrán generar modificaciones temporales en las condiciones atmosféricas y sonoras del entorno, principalmente por la circulación de vehículos, operación de maquinaria y equipo, movimiento de materiales, excavaciones y exposición temporal del suelo; estas actividades podrán ocasionar emisiones de partículas suspendidas y gases de combustión, así como incrementos temporales en los niveles de ruido.
Durante la operación y mantenimiento, las modificaciones estarán relacionadas principalmente con el tránsito vehicular, la operación de equipos e instalaciones de servicio y las actividades propias del funcionamiento del proyecto.

Para la identificación y evaluación de las modificaciones sobre este componente se considerarán los siguientes indicadores:

- Número y tipo de vehículos, maquinaria y equipos en operación.
- Tiempo y horario de operación de las principales fuentes emisoras.
- Superficie de suelo temporalmente expuesta susceptible de generar partículas.
- Frecuencia de tránsito y movimiento de materiales.
- Presencia observable de emisiones de partículas o polvo asociadas con las actividades del proyecto.
- Número y tipo de fuentes generadoras de ruido.
- Presencia de fuentes de ruido de carácter continuo, intermitente o eventual.
- Niveles de presión sonora, cuando resulte aplicable su medición.

Cuando se requieran mediciones instrumentales, los resultados se expresarán en las unidades y parámetros establecidos por la normatividad aplicable a las fuentes emisoras correspondientes.

- ✓ SUELO

Las obras y actividades asociadas con la preparación del sitio y construcción podrán generar modificaciones en el suelo como consecuencia de la remoción de la cobertura vegetal, despalme, excavaciones, nivelación, movimiento de materiales, tránsito de maquinaria y ocupación de superficies. Estas acciones podrán modificar localmente sus condiciones físicas, favorecer procesos erosivos en superficies temporalmente expuestas y, en caso de un manejo inadecuado de residuos o sustancias, alterar su calidad.
Durante la operación y mantenimiento, las modificaciones potenciales estarán relacionadas principalmente con la ocupación permanente de superficies y con el manejo de residuos, sustancias e insumos requeridos para el funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones.

Para la identificación y evaluación de las modificaciones sobre este componente se considerarán los siguientes indicadores:

- Superficie de suelo removida o sujeta a despalme.
- Superficie de suelo temporalmente expuesta.
- Superficie sujeta a excavación, nivelación o movimiento de tierras.
- Evidencia observable de procesos erosivos o arrastre de suelo.
- Evidencia de compactación o modificación de las condiciones físicas del suelo.
- Presencia de residuos, derrames o sustancias con potencial de alterar la calidad del suelo.
- Superficie ocupada permanentemente por obras que modifiquen las condiciones originales del suelo.

La evaluación considerará la extensión, localización y duración de las modificaciones respecto de las condiciones iniciales del suelo. Las superficies se identificarán espacialmente para reconocer sus superposiciones y evitar su doble contabilización. La ocupación directa, la intervención temporal y la proyección de estructuras elevadas se registrarán de manera diferenciada; no se sumarán como superficies independientes cuando correspondan a una misma porción del terreno.

✓ AGUA

La calidad del agua podrá verse modificada durante las distintas etapas del proyecto como consecuencia del aporte potencial de sedimentos, residuos, combustibles, lubricantes u otras sustancias utilizadas durante las actividades de preparación del sitio y construcción; asimismo, durante la operación y mantenimiento podrán presentarse interacciones asociadas con la generación y tratamiento de aguas residuales, el reúso del agua tratada, el manejo de las corrientes de rechazo y la operación de la infraestructura hidráulica y sanitaria.
La evaluación de este componente considerará las posibles modificaciones en las características físicas, químicas y, cuando corresponda, microbiológicas del agua, atendiendo a las fuentes potenciales de alteración y a las condiciones de manejo previstas para las distintas corrientes generadas por el proyecto.

Los indicadores serán:

- Presencia observable de sedimentos, residuos, hidrocarburos u otras sustancias con potencial de alcanzar el agua.
- Evidencia de arrastre de sedimentos o contaminantes desde las superficies de intervención.
- Presencia de fugas, derrames o descargas accidentales con potencial de modificar la calidad del agua.
- Características físicas, químicas y, cuando corresponda, microbiológicas del agua.
- Calidad del agua subterránea utilizada para el abastecimiento del proyecto.
- Calidad del agua residual tratada, de acuerdo con su destino o reúso.
- Calidad de la corriente de rechazo generada por la planta de ósmosis inversa, de acuerdo con las condiciones aplicables para su manejo y disposición.
- Cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos en las disposiciones normativas y autorizaciones que resulten aplicables.

La selección de parámetros específicos, puntos de seguimiento y frecuencia de medición se establecerá, cuando corresponda, en función del cuerpo de agua potencialmente receptor, las fuentes de modificación identificadas y las disposiciones aplicables.

✓ HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

Las obras y actividades del proyecto podrán interactuar con los procesos de escurrimiento superficial como consecuencia de la ocupación del terreno, los movimientos de suelo, la conformación de obras y la modificación de las condiciones de permeabilidad de determinadas superficies; estas interacciones podrán reflejarse en cambios localizados en las trayectorias y condiciones del escurrimiento, así como en la presencia de encharcamientos, procesos de arrastre de sedimentos o en la continuidad hidráulica.
Durante la operación, la evaluación considerará las condiciones de conducción, infiltración y manejo del agua pluvial asociadas con las superficies construidas, permeables y demás elementos que integran el proyecto.

Para la identificación y evaluación de las modificaciones sobre este componente se considerarán los siguientes indicadores:

- Superficie en la que las obras modifiquen las condiciones naturales de escurrimiento superficial.
- Número y ubicación de obras o elementos que intercepten o coincidan con trayectorias de escurrimiento.
- Presencia de estructuras o soluciones constructivas que permitan mantener la continuidad del flujo superficial.
- Modificación de las trayectorias, continuidad y condiciones del escurrimiento superficial asociada con las obras del proyecto.
- Presencia de encharcamientos o acumulaciones de agua asociados con modificaciones del terreno.
- Evidencia de erosión, arrastre o acumulación de sedimentos asociada con el escurrimiento superficial.
- Proporción y distribución de superficies permeables e impermeables relacionadas con el manejo del escurrimiento pluvial.

✓ HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

Las modificaciones potenciales sobre la hidrología subterránea estarán relacionadas con los cambios en las condiciones de infiltración derivados de la ocupación del terreno y de las características de las superficies del proyecto, así como con el aprovechamiento y manejo del agua durante su operación.
La evaluación considerará las condiciones de infiltración y permeabilidad del terreno, la disponibilidad y aprovechamiento del agua subterránea, así como su calidad en relación con la infraestructura hidráulica y sanitaria prevista para el funcionamiento del proyecto.

Los indicadores serán:

- Superficie que conservará condiciones de permeabilidad e infiltración.
- Superficie ocupada por obras o elementos que modifiquen las condiciones de infiltración.
- Demanda de agua requerida para la operación del proyecto.
- Volumen de extracción de agua subterránea.
- Volumen de agua producido mediante la planta de ósmosis inversa.
- Modificación de las condiciones de infiltración y flujo subterráneo asociada con las obras y operación del proyecto.

La valoración considerará la extensión y permanencia de las superficies intervenidas, el tipo de obra y su forma de contacto con el terreno, así como la conservación de superficies permeables y de las condiciones que favorecen la infiltración. La demanda de agua se utilizará como referencia para la evaluación de la disponibilidad del recurso, mientras que los volúmenes efectivamente extraídos, caudales, niveles de los pozos y demás variables operativas se analizarán específicamente en el factor Agua subterránea.

✓ VEGETACIÓN

Las actividades de preparación del sitio y construcción podrán generar modificaciones en la vegetación como consecuencia de la remoción de cobertura vegetal requerida para el establecimiento de las obras. Estas modificaciones podrán reflejarse en cambios en la superficie cubierta por vegetación, su abundancia y distribución, así como en la posible afectación de ejemplares de especies incluidas en alguna categoría de riesgo.
Durante la operación y mantenimiento, las modificaciones estarán relacionadas principalmente con la permanencia de las superficies ocupadas por las obras y con las condiciones de la vegetación que se conserve o establezca en las áreas no ocupadas por infraestructura.

Los indicadores serán:

- Superficie de vegetación sujeta a remoción.
- Superficie y proporción de cobertura vegetal que permanecerá dentro del predio.
- Tipo de vegetación y cobertura vegetal involucrada en las áreas de intervención.
- Número de ejemplares vegetales susceptibles de afectación por las obras y actividades del proyecto.
- Presencia y número de ejemplares de especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Distribución de las áreas con vegetación respecto de las superficies ocupadas por las obras.
- Superficie con vegetación que se conservará o establecerá en las áreas no ocupadas por infraestructura.

La superficie se expresará en metros cuadrados o hectáreas, según corresponda, y la información relativa a especies y ejemplares se desagregará conforme al tipo de vegetación, especie, condición y categoría de riesgo cuando resulte aplicable.

✓ FAUNA SILVESTRE

Las actividades de preparación del sitio y construcción podrán generar modificaciones en la presencia, abundancia y movilidad de la fauna silvestre como consecuencia de la presencia de personal, operación de maquinaria y equipo, generación de ruido, remoción de vegetación y ocupación de superficies; estas modificaciones podrán ocasionar el desplazamiento temporal de individuos y cambios localizados en la disponibilidad y utilización del hábitat.
Durante la operación y mantenimiento, las interacciones estarán relacionadas principalmente con la presencia y circulación de personas y vehículos, iluminación, generación de ruido y permanencia de la infraestructura, así como con la disponibilidad de áreas con vegetación que puedan continuar siendo utilizadas por la fauna.

Los indicadores serán:

- Presencia y abundancia de especies de fauna silvestre.
- Riqueza de especies registrada en las áreas de intervención y su entorno inmediato.
- Presencia y número de especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Evidencia de desplazamiento o modificación de los patrones de movilidad de la fauna asociados con las actividades del proyecto.
- Superficie de vegetación susceptible de funcionar como hábitat para la fauna que será intervenida.
- Superficie con vegetación que permanecerá disponible para refugio, alimentación o desplazamiento de la fauna.

- Presencia de áreas que mantengan continuidad espacial para el desplazamiento de la fauna.
- Registro de individuos de fauna lesionados o muertos asociados con las obras y actividades del proyecto.

La identificación de las especies y de su condición de riesgo se realizará con base en la caracterización de fauna del predio y en los instrumentos normativos aplicables. La interpretación de los indicadores considerará la etapa del proyecto, el tipo e intensidad de la actividad generadora y las características de los grupos faunísticos potencialmente afectados.

✓ PAISAJE

Las obras y actividades del proyecto podrán generar modificaciones en el paisaje como consecuencia de la remoción de vegetación, la ocupación del terreno y la incorporación progresiva de elementos construidos; estas modificaciones podrán manifestarse en cambios en la composición y calidad visual del entorno, así como en el grado de contraste entre las obras y los elementos naturales existentes.

Durante la operación, la presencia permanente de edificaciones, infraestructura, circulaciones y demás componentes del proyecto formará parte de la configuración visual del sitio, por lo que la evaluación considerará su integración con el entorno y la permanencia de elementos naturales que contribuyan a conservar la calidad paisajística.

Los indicadores serán:

- Superficie del predio en la que se incorporarán elementos construidos.
- Superficie y distribución de la vegetación que permanecerá como parte de la configuración del paisaje.
- Grado de contraste visual entre las obras y los elementos naturales del entorno.
- Visibilidad de las obras desde los principales puntos de observación.
- Altura y volumetría de las edificaciones y estructuras con incidencia en la percepción visual.
- Modificación de la composición y calidad visual del paisaje asociada con la incorporación de las obras.
- Grado de integración de las obras con la vegetación y demás elementos naturales del entorno.

La valoración considerará la extensión y permanencia de las modificaciones, las características y localización de las obras, su visibilidad y su relación con la vegetación y demás elementos naturales que permanezcan en el predio.

✓ GENERACIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS

Las diferentes etapas del proyecto generarán residuos derivados de las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. Su manejo inadecuado podrá constituir una fuente de afectación para el suelo y la calidad del agua, particularmente cuando se produzca dispersión, derrame, almacenamiento inadecuado o disposición fuera de los sitios establecidos.

La evaluación considerará la cantidad y tipo de residuos generados, así como las condiciones previstas para su separación, almacenamiento, manejo y disposición, de acuerdo con su naturaleza y con las disposiciones aplicables.

Los indicadores serán:

- Tipo y cantidad de residuos generados durante las distintas etapas del proyecto.
- Proporción de residuos separados de acuerdo con su clasificación.

- Cantidad de residuos destinados a aprovechamiento, reciclaje, tratamiento o disposición final, según corresponda.
- Condiciones de almacenamiento temporal de los residuos.
- Presencia de residuos fuera de las áreas destinadas para su almacenamiento o manejo.
- Número de eventos de dispersión, derrame o manejo inadecuado de residuos con potencial de afectar el suelo o el agua.
- Cantidad de residuos entregados a los servicios o prestadores autorizados que correspondan.

La interpretación de los indicadores considerará el tipo de residuo, la etapa en que se genere, las condiciones de manejo dentro del proyecto y el destino que le corresponda conforme a las disposiciones aplicables. Para los residuos sujetos a requerimientos específicos de manejo, transporte o disposición, se considerarán los registros y comprobantes que resulten exigibles.

✓ MEDIO SOCIOECONÓMICO

La preparación del sitio, construcción y operación del proyecto generarán interacciones con el medio socioeconómico derivadas principalmente de la contratación de personal, adquisición de bienes y servicios y funcionamiento de la infraestructura turística y suburbana prevista.

Durante las etapas de preparación y construcción, estas interacciones estarán asociadas principalmente con la generación temporal de empleos y la demanda de insumos y servicios. Durante la operación, se relacionarán con la permanencia de fuentes de empleo, la adquisición de bienes y servicios y la incorporación de la oferta de servicios asociada con el funcionamiento del proyecto.

Los indicadores serán:

- Número de empleos directos generados durante las distintas etapas del proyecto.
- Temporalidad de los empleos generados.
- Número de empleos permanentes asociados con la operación y mantenimiento.
- Demanda de bienes, insumos y servicios requeridos por el proyecto.
- Participación de proveedores y prestadores de servicios en las distintas etapas.
- Inversión y gasto asociados con la adquisición de bienes y contratación de servicios.
- Oferta de servicios generada como consecuencia de la operación del proyecto.

Los indicadores señalados serán utilizados para sustentar la identificación, descripción y valoración de los impactos ambientales asociados con las obras y actividades del proyecto; su aplicación se realizará de acuerdo con la naturaleza del componente ambiental analizado, la etapa del proyecto y el mecanismo mediante el cual pueda producirse la modificación ambiental.

La inclusión de un indicador en el presente apartado no implica necesariamente el establecimiento de un programa específico de monitoreo para cada uno de ellos. Los parámetros que requieran seguimiento durante la ejecución u operación del proyecto se definirán en función de los impactos identificados, las medidas ambientales correspondientes y, en su caso, las disposiciones establecidas en los instrumentos normativos y autorizaciones aplicables.

V.2 Identificación de impactos

La identificación de los impactos ambientales se realizó a partir del análisis de las relaciones causa–efecto entre las obras y actividades previstas para las distintas etapas del proyecto y los atributos de los componentes ambientales susceptibles de experimentar modificaciones; para este propósito se consideraron, de manera conjunta, la características del proyecto, las condiciones ambientales del predio y su área de influencia caracterizadas, así como la información cartográfica y los estudios técnicos disponibles. Este análisis permitió reconocer los mecanismos mediante los cuales cada actividad podrá generar modificaciones sobre los componentes abióticos, bióticos, perceptuales y socioeconómicos considerados en la evaluación.

Las actividades potencialmente generadoras de impactos se organizaron de acuerdo con las etapas de preparación del sitio, construcción, y operación y mantenimiento, procurando que cada actividad represente una acción ambientalmente diferenciable y evitando la duplicidad de aquellas que presentan mecanismos de interacción semejantes; por su parte, los componentes ambientales se organizaron en factores y atributos que permiten representar las principales condiciones susceptibles de modificación por el desarrollo del proyecto; para su selección se consideró su relación directa con las características del sitio, su sensibilidad frente a las acciones previstas y la posibilidad de reconocer cambios derivados de la ejecución de las obras y actividades.

Como parte del proceso de identificación de los impactos ambientales a generarse por la ejecución del proyecto, primero se empleó la técnica de identificación de impactos ambientales denominada lista de chequeo simple, la cual se considera básicamente una técnica cualitativa para la identificación de éstos. Esta consta de actividades que pueden generar impactos asociados a factores o subfactores ambientales susceptibles de ser alterados y se obtiene mediante la conformación de una matriz de interacciones entre las obras y actividades, y los factores y subfactores involucrados; convirtiéndose esta matriz, desde un principio, en la base de la identificación de impactos y en la toma de decisiones durante todo el proceso de evaluación (Coria, 2008), ya que es una técnica altamente flexible, pudiendo reducirse o ampliarse en función de las necesidades que sean requeridas, que se utiliza para planificar un estudio de impacto ambiental, sin llegar a entrar en términos de valoración cuantitativa.

Tabla V.2.- Actividades y elementos por etapa de desarrollo del proyecto posibles generadoras de impactos ambientales.

Etapa	Código	Elemento	Actividades potencialmente generadoras de impactos
Preparación del sitio	P1	Delimitación del predio y topografía	Reconocimiento y delimitación del predio y de las superficies de intervención; señalización, trabajos topográficos y tránsito peatonal, con apertura puntual únicamente donde resulte indispensable para la realización de estas actividades.
	P2	Trazo de áreas y limpieza	Trazo y marcación de los frentes y superficies de trabajo; limpieza inicial, retiro de obstáculos y tránsito requerido para el acondicionamiento de las áreas de intervención.
	P3	Desmonte y despalme	Remoción selectiva de la vegetación en las superficies requeridas para las obras y retiro de la capa superficial del suelo. Las actividades de rescate de flora y fauna se realizarán previamente como medidas ambientales independientes.

Etapa	Código	Elemento	Actividades potencialmente generadoras de impactos
	P4	Nivelación	Ajuste de cotas y acondicionamiento de las superficies de intervención mediante las actividades de corte, relleno, nivelación y compactación que resulten requeridas conforme al diseño del proyecto.
Construcción	C1	Obras provisionales	Habilitación y funcionamiento temporal de almacenes, instalaciones sanitarias, áreas de acopio, servicios y demás áreas de apoyo requeridas durante la construcción.
	C2	Terracerías (nivelación y excavación)	Excavación, nivelación y movimiento de materiales, así como circulación de maquinaria y vehículos asociados con estos trabajos.
	C3	Conformación de las obras	Ocupación de las superficies previstas para el establecimiento de las obras y ejecución de los trabajos requeridos para la disposición y conformación inicial de los diferentes elementos que integrarán el conjunto.
	C4	Cimentación, pilas y pilotes	Ejecución de cimentaciones y perforación, colocación o hincado de pilas y pilotes, según corresponda, incluyendo los apoyos puntuales requeridos para las estructuras elevadas previstas por el proyecto.
	C5	Colocación de losas o plataformas	Construcción y montaje de losas, plataformas y demás elementos estructurales, incluyendo las estructuras elevadas previstas por el proyecto, cuya presencia podrá generar ocupación aérea, sombreado y puntos localizados de contacto con el terreno.
Construcción	C6	Muros y albañilería	Construcción de muros y ejecución de trabajos de albañilería de las edificaciones y demás componentes del proyecto, incluyendo el manejo de materiales y generación de sobrantes propios de estas actividades.
	C7	Acabado de las obras	Aplicación y colocación de recubrimientos, pinturas, tratamientos superficiales y demás acabados requeridos para la terminación de las obras.
	C8	Instalación de red eléctrica, hidráulica y sanitaria	Ejecución de zanjas cuando sean requeridas; colocación de tuberías, cableado, conexiones, pozos y demás elementos que integrarán las redes eléctricas, hidráulicas y sanitarias del proyecto.
	C9	Equipo y mobiliario	Transporte, ingreso, montaje, instalación, pruebas y puesta en funcionamiento del equipo y mobiliario requerido para la operación del proyecto.
	C10	Paisajismo	Acondicionamiento paisajístico y revegetación de las superficies previstas para este fin, incluyendo la preparación de las áreas, establecimiento de vegetación y actividades iniciales requeridas para su mantenimiento.
Operación y mantenimiento	O1	Áreas permeables	Conservación funcional, limpieza y mantenimiento de las superficies permeables y drenantes previstas como parte del diseño del proyecto.

Etapa	Código	Elemento	Actividades potencialmente generadoras de impactos
	O2	PTAR	Operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, incluyendo tratamiento del agua residual, manejo del efluente tratado, lodos, insumos y equipos asociados.
	O3	POI	Operación y mantenimiento del sistema de ósmosis inversa, incluyendo captación, pretratamiento, proceso de ósmosis, producción de agua, manejo de la corriente de rechazo y actividades de limpieza y mantenimiento de los equipos.
	O4	Actividad turística y suburbana	Ocupación y funcionamiento del conjunto, incluyendo presencia y movilidad de usuarios y personal, consumo de recursos, generación de residuos, iluminación, utilización de las instalaciones y actividades ordinarias de mantenimiento.

Factores y subfactores ambientales susceptibles de modificación

Los factores ambientales potencialmente receptores se organizaron en los medios abiótico, biótico, paisajístico y socioeconómico. Dentro de cada medio se distinguieron los factores y subfactores que permiten representar las condiciones ambientales relevantes para la evaluación.

Tabla V.3.- Factores y subfactores ambientales, por medio socioambiental, potenciales a impactar por el desarrollo del proyecto

Componente	Factor	Subfactor
Abiótico	Suelo	Erosión
		Alteración de las propiedades fisicoquímicas
		Contaminación por residuos
	Aire	Calidad
		Confort sonoro
	Agua	Disponibilidad
		Calidad
		Modificación del flujo superficial y/o subterráneo
Biótico	Flora	Abundancia
		Cobertura
		Especies en categoría de riesgo
	Fauna	Abundancia
		Movilidad
		Disponibilidad de hábitat
Medio perceptual	Paisaje	Calidad estético - paisajística.
		Impacto visual.
Socioeconómico	Calidad de vida	Generación de empleos.
		Derrama económica
	Infraestructura y servicios	Incremento de oferta de servicios

A partir de los factores y subfactores ambientales identificados, se analizaron las posibles afecciones potenciales que podrían derivarse de las obras y actividades previstas durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

En esta etapa del análisis se describen los mecanismos generales mediante los cuales las acciones del proyecto podrían afectar cada subfactor ambiental, sin que ello implique todavía la asignación de una categoría de significancia. Las afecciones potenciales consideradas se presentan en la tabla siguiente y servirán de base para establecer posteriormente las relaciones causa-efecto y efectuar la valoración de los impactos ambientales identificados.

Tabla V.4.- Afecciones potenciales a los subfactores ambientales asociadas con las obras y actividades del proyecto

Componente	Factor	Subfactor	Descripción
Abiótico	Suelo	Erosión	El proyecto considera el aprovechamiento de 6.645 ha, equivalentes al 19.92 % del predio, en las cuales las actividades de desmonte y despalme, nivelación, excavación y terracerías podrán dejar temporalmente superficies de suelo expuestas a la acción de la lluvia y al arrastre de partículas. La susceptibilidad a la erosión se concentrará en los frentes activos de obra y superficies donde se modifique temporalmente la cobertura y el microrelieve; en contraste, 26.710 ha, equivalentes al 80.08 % del predio, permanecerán bajo conservación-rehabilitación, reduciendo la extensión espacial de esta modificación.
		Alteración de las propiedades fisicoquímicas	El despalme, corte, relleno, nivelación, excavación, compactación y tránsito de maquinaria alterarán localmente las condiciones físicas del suelo, particularmente su estructura, porosidad, compactación y capacidad de infiltración. Esta modificación no ocurrirá de manera homogénea sobre las 6.645 ha de aprovechamiento, ya que el proyecto contempla diferentes formas de ocupación del terreno: las superficies techadas representan aproximadamente 2.06 ha (6.16 % del predio), mientras que otras superficies emplearán materiales permeables o estructuras elevadas soportadas mediante pilas o pilotes de contacto puntual.
		Contaminación por residuos	Durante la preparación del sitio y construcción se generarán residuos vegetales, materiales producto del despalme y excavaciones, sobrantes de construcción, envases y residuos derivados del uso y mantenimiento de maquinaria y equipos. En operación se generarán residuos asociados con la ocupación turística y residencial, mantenimiento de instalaciones y funcionamiento de los sistemas de servicio. El impacto potencial sobre el suelo estará asociado principalmente con la dispersión, depósito, derrame o manejo inadecuado de estos residuos y de sustancias como combustibles, lubricantes, pinturas, solventes y reactivos sobre superficies naturales o intervenidas.
	Aire	Calidad	Las actividades de desmonte y despalme, nivelación, excavación, terracerías, movimiento de materiales y circulación de vehículos y maquinaria podrán incrementar temporalmente la concentración de partículas suspendidas y gases de combustión dentro de los frentes de obra. Las fuentes serán principalmente móviles y temporales durante la preparación y construcción. En operación permanecerán emisiones periódicas asociadas principalmente con la circulación vehicular, abastecimiento, mantenimiento y

Componente	Factor	Subfactor	Descripción
			funcionamiento de equipos del conjunto, con características diferentes a las emisiones generadas durante la construcción.
		Confort sonoro	Durante la preparación y construcción se incrementarán temporalmente los niveles de ruido por la circulación de maquinaria y vehículos, excavaciones, terracerías, cimentaciones, colocación o hincado de pilas y pilotes, albañilería, instalaciones y montaje de equipos. La perturbación sonora se concentrará en los frentes activos y tendrá carácter predominantemente temporal. Durante la operación existirán fuentes periódicas asociadas con circulación vehicular, usuarios, actividades de mantenimiento y funcionamiento de equipos e instalaciones, incluida la PTAR y la POI.
	Agua	Disponibilidad	La operación del proyecto requiere una demanda de agua de 490.12 m^3/día (178,894.28 m^3/año), para la que requiere una extracción de 1,147.59 m^3/día (418,870.35 m^3/año) a una recuperación del 45 %. Este esquema permitirá orientar el abastecimiento hacia un horizonte salobre técnicamente diferenciado y reducir la presión directa y de disminuir la demanda de agua de primer uso mediante el reúso del agua residual tratada para usos compatibles. El proyecto se localiza en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Península de Yucatán (3105), para la cual se reporta una disponibilidad media anual de aguas subterráneas de 2,059,634,923 m^3/año del que el proyecto representa el 0.020% de la disponibilidad media anual.
		Calidad	Está relacionada con las características físicas, químicas y microbiológicas del agua superficial y subterránea que determinan su aptitud para los distintos usos y el mantenimiento del proyecto, este subfactor considera las posibles alteraciones por incorporación de sedimentos, nutrientes, sales, microorganismos y otras sustancias contaminantes durante la preparación, construcción y operación, con especial atención al acuífero. Durante la preparación y construcción, la exposición temporal del suelo, el movimiento de materiales y la presencia de maquinaria podrán generar arrastre de sedimentos o, accidentalmente, derrames de sustancias con capacidad de modificar la calidad del agua. Durante la operación, las aguas residuales serán de tipo doméstico y serán conducidas mediante la red hidrosanitaria hacia la PTAR, con tratamiento terciario mediante aireación extendida, clarificación, pulimiento y desinfección. El efluente será destinado prioritariamente al reúso; adicionalmente, la POI generará una corriente de rechazo cuyo manejo forma parte del sistema hidráulico previsto. En consecuencia, la calidad del agua podrá interactuar con el proyecto principalmente a través del arrastre de materiales durante las obras y del manejo de las corrientes de agua residual, agua tratada y rechazo durante la operación.
		Modificación del flujo superficial y/o subterráneo	Los cambios que las obras y actividades puedan ocasionar en la dirección, continuidad, distribución y velocidad de los escurrimientos superficiales, la infiltración y el almacenamiento temporal del agua, así como en los niveles y gradientes del flujo

Componente	Factor	Subfactor	Descripción
			subterráneo. Este subfactor comprende las posibles alteraciones de la conectividad hidráulica entre el predio, su área de influencia y la Laguna de Bacalar. El predio presenta un gradiente topográfico general de oeste a este, hacia la Laguna de Bacalar, que condiciona la distribución de los escurrimientos superficiales y el flujo subsuperficial. El estudio hidrológico reconoce cuatro microcuencas dentro del predio: M1, ubicada en el extremo oriental ribereño y con la menor pendiente media (2.26 %); M2, correspondiente al sector de transición hacia la zona baja y con la mayor pendiente media (7.08 %); M3, localizada en la porción central y asociada con una depresión de almacenamiento; y M4, ubicada hacia el oeste, próxima a la carretera, donde se identifica otra depresión interior. Asimismo, el estudio geohidrológico reporta un flujo subterráneo preferencial con dirección oeste–este, hacia la Laguna de Bacalar. Las actividades con capacidad de afección a este funcionamiento serán principalmente la nivelación, excavación y terracerías, así como la cimentación y conformación de las obras, debido a que la modificación del microrelieve, la compactación y el sellamiento del suelo que pueden reducir localmente la infiltración y modificar la distribución de los escurrimientos. Esta interacción potencial se concentrará en las superficies de desplante y demás puntos de intervención directa del terreno donde se produzca compactación o sellamiento, particularmente cuando su ubicación se relacione con las trayectorias naturales de escurrimiento o con las depresiones interiores identificadas en M3 y M4. No obstante, la distribución de las obras fue definida considerando el funcionamiento hidrológico del predio, ya que el diseño del proyecto fue establecido para que los escurrimientos naturales y las zonas bajas sujetas a inundación temporal permanezcan libres de desmontes y de sellamiento del suelo, además de no realizar rellenos, terraplenes, bordos ni nivelaciones extensivas que constituyan barreras al flujo. En los sectores de menor elevación hacia la Laguna de Bacalar, particularmente asociados con M1 y la transición de M2 hacia la zona baja, las obras previstas serán de carácter elevado y estarán soportadas mediante pilas o pilotes de contacto puntual, manteniendo el terreno natural y el espacio necesario para la circulación del agua. Adicionalmente, el proyecto contempla 31.986 ha permeables de terreno, equivalentes al 95.89 % del predio, integradas por áreas de conservación, vegetación natural, superficies con materiales permeables, áreas jardinadas y elementos elevados, entre otros componentes, lo que permitirá conservar las trayectorias naturales de escurrimiento, la infiltración y la continuidad del flujo superficial y subsuperficial hacia la Laguna de Bacalar. En consecuencia, el impacto potencial no se prevé como una afectación general de las microcuencas M1–M4 ni como una interrupción de la continuidad hidrológica del predio, sino como cambios localizados en la infiltración y en la distribución inmediata del escurrimiento. El diseño incorporó estructuras elevadas sobre apoyos puntuales, pasos hidráulicos en vialidades, conservación de depresiones

Componente	Factor	Subfactor	Descripción
			naturales y mantenimiento de superficies permeables y áreas con vegetación. Estas medidas buscan favorecer el tránsito del agua, conservar el almacenamiento temporal y reducir la formación de barreras hidráulicas. Su contribución deberá considerarse en la valoración del impacto y verificarse mediante la comparación de las condiciones con y sin proyecto, atendiendo a la continuidad de los escurrimientos, los caudales, las velocidades, los niveles y la duración de las inundaciones, así como al comportamiento del agua subterránea. La presencia de estas medidas reduce el potencial de alteración
Biótico	Flora	Abundancia	La abundancia se refiere al número de individuos presentes por unidad de superficie y permite expresar, mediante su densidad, la representación de la vegetación existente en el predio. La vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA_SMQ) constituye la comunidad vegetal predominante, al representar el 63.97 % del predio; en ésta, el inventario forestal registró 32 especies en el estrato arbóreo, con una densidad total de 621 individuos/ha; 20 especies en el estrato arbustivo, con 1,163 individuos/ha; y 34 especies en el estrato herbáceo, con 35,000 individuos/ha. La selva baja subperennifolia (VSBQ) representa el 10.10 % del predio y registró 18 especies arbóreas, con 425 individuos/ha; 8 especies arbustivas, con 1,001 individuos/ha; y 13 especies herbáceas, con 44,167 individuos/ha. En la vegetación hidrófila (VH) se registraron 4 especies en el estrato arbustivo, con una densidad de 572 individuos/ha, y 11 especies en el estrato herbáceo, con 215,999 individuos/ha. Asimismo, la vegetación de petén (VPT), constituida por islotes con asociaciones de vegetación hidrófila y vegetación de selva baja o mediana, representa el 3.17 % del predio, mientras que la vegetación de manglar (VM) representa el 0.52 % y se presenta mediante individuos aislados, sin conformar un macizo uniforme. La posible afectación sucedería principalmente durante las actividades de trazo y limpieza, desmonte y despalme, mediante la remoción de individuos vegetales en las superficies requeridas para el establecimiento de las obras, ocasionando una disminución localizada del número de individuos respecto de las condiciones actuales del predio; para dimensionar espacialmente este efecto, de las 33.355 ha que integran el predio, 26.710 ha, equivalentes al 80.08 %, permanecerán como áreas de conservación-rehabilitación, por lo que la mayor proporción de la superficie conservará la vegetación y los individuos asociados a las comunidades actualmente presentes.
		Cobertura	La cobertura vegetal del predio está integrada principalmente por 21.336 ha de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA_SMQ), 3.369 ha de selva baja subperennifolia (VSBQ), 3.989 ha de vegetación hidrófila (VH), 1.060 ha de vegetación de petén (VPT) y 0.173 ha de vegetación de manglar (VM). Adicionalmente, se identificaron 2.794 ha sin vegetación aparente, 0.147 ha correspondientes a cuerpo de agua y 0.488 ha de usos preexistentes, que en conjunto integran las 33.355 ha del predio.

Componente	Factor	Subfactor	Descripción
			Para dimensionar el efecto sobre este subfactor, es importante considerar tanto la superficie de aprovechamiento como la proporción de cada cobertura que permanecerá en el predio. El proyecto contempla una superficie total de aprovechamiento de 6.645 ha, equivalente al 19.92 % del predio. De acuerdo con la distribución de las obras, el aprovechamiento comprende 5.626 ha de VSA_SMQ, 0.457 ha de VSBQ, 0.245 ha de VH y 0.003 ha de VPT, además de 0.166 ha sin vegetación aparente y 0.148 ha correspondientes a usos preexistentes; no se contempla aprovechamiento directo sobre las 0.173 ha de vegetación de manglar ni sobre las 0.147 ha correspondientes al cuerpo de agua. No obstante, la superficie de aprovechamiento no equivale en su totalidad a pérdida de cobertura vegetal, ya que parte de ésta corresponde a la proyección de obras elevadas. En superficies con VSA_SMQ, VSBQ y VH se consideran obras soportadas mediante pilas o pilotes de contacto puntual, por lo que la proyección y sombra de las plataformas elevadas forman parte de la superficie contabilizada por el proyecto, mientras que la ocupación física y el sellamiento del suelo se concentran en los puntos de apoyo y en las obras con desplante directo. Esta condición resulta particularmente relevante para diferenciar la superficie contabilizada como aprovechamiento de aquella donde ocurrirá remoción efectiva de vegetación. El impacto sobre la cobertura se producirá principalmente durante las actividades de desmonte y despalme, mediante la remoción de vegetación en las superficies donde las obras requieran desplante directo, ocasionando una reducción localizada y permanente de la cobertura existente. Adicionalmente, en las superficies ocupadas por estructuras elevadas podrán presentarse modificaciones localizadas de las condiciones de la vegetación remanente asociadas con la presencia de los apoyos y el sombreado generado por las plataformas, sin que ello represente necesariamente la eliminación total de la cobertura situada bajo su proyección. Para dimensionar espacialmente este impacto, permanecerán aproximadamente 15.710 ha de VSA_SMQ (73.63 % de su superficie), 2.912 ha de VSBQ (86.44 %), 3.744 ha de VH (93.86 %), 1.057 ha de VPT (99.72 %) y la totalidad de las 0.173 ha de VM (100 %). Asimismo, se conservarán 2.628 ha de superficies sin vegetación aparente (94.06 %), la totalidad del cuerpo de agua y 0.339 ha de áreas con usos preexistentes, estas últimas previstas para su rehabilitación con vegetación nativa. En conjunto, 26.710 ha, equivalentes al 80.08 % del predio, permanecerán bajo conservación-rehabilitación, por lo que la modificación de la cobertura vegetal se concentrará en las superficies efectivamente intervenidas y no se extenderá de manera homogénea al conjunto del predio.
		Especies en categoría de riesgo	El inventario florístico del predio identificó tres especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría Amenazada (A): Thrinax radiata, Conocarpus erectus y Rhizophora mangle. La posible afectación estará determinada por la coincidencia espacial de ejemplares con las superficies de intervención, particularmente

Componente	Factor	Subfactor	Descripción
			durante el trazo, desmonte y despalme. Se contempla que, previamente a estas actividades, se realizará la identificación, marcado, rescate y reubicación de los ejemplares susceptibles de afectación. Para dimensionar este impacto el proyecto deja el 100% de los individuos de manglar, y de la palma chit pretende el rescate y reintroducción en las áreas verdes del proyecto.
	Fauna	Abundancia	Los muestreos realizados en el predio registraron una riqueza de 79 especies de fauna silvestre, integrada por 45 especies de aves, 12 de mamíferos, 12 de reptiles y 10 de anfibios. Durante la preparación y construcción, la remoción de vegetación, presencia de personal, tránsito de maquinaria y vehículos y generación de ruido podrán producir desplazamiento temporal de individuos y una disminución localizada de su presencia en los frentes activos. La permanencia de 26.710 ha bajo conservación-rehabilitación (80.08 % del predio) mantendrá una proporción mayoritaria de las superficies naturales disponibles para la fauna, aunque las áreas próximas a las obras estarán sujetas a perturbación durante su construcción y operación.
		Movilidad	La movilidad de la fauna podrá alterarse temporalmente por el funcionamiento de los frentes de obra y, posteriormente, por la presencia de edificaciones, vehículos, usuarios, iluminación y actividades propias de la operación. El efecto deberá considerarse en función de la distribución de las obras dentro del predio y no únicamente de su superficie: De los 33.355 ha totales del predio, el proyecto conservará el 80.08 % (26.71 ha) bajo conservación-rehabilitación y determinados componentes, como circulaciones, pasarelas y otras estructuras previstas, serán elevados mediante apoyos puntuales, manteniendo espacios libres a nivel del terreno. Lo anterior permitirá conservar corredores para el desplazamiento de fauna dentro y fuera del terreno hacia el sistema ambiental analizado.
		Disponibilidad de hábitat	La disponibilidad de hábitat se refiere a la existencia y permanencia de superficies y recursos ambientales que pueden ser utilizados por la fauna silvestre para refugio, alimentación, reproducción y desplazamiento. En el predio, estas funciones se encuentran asociadas principalmente con las distintas coberturas vegetales y con los recursos que éstas proporcionan a las especies registradas. El análisis de interacciones ecológicas y redes tróficas realizado para el área del proyecto registró, a nivel del AP, 79 nodos correspondientes a la fauna registrada, identificando a las plantas y artrópodos como elementos relevantes de la trama trófica al constituir recursos para especies generalistas y oportunistas; de igual forma, el análisis señala que la comunidad faunística registrada en el AP está integrada predominantemente por especies generalistas, omnívoras y herbívoras, sin identificarse especies monófagas que dependan exclusivamente de una sola especie vegetal para su alimentación, por lo que utilizan distintos recursos disponibles dentro del hábitat. El impacto sobre la disponibilidad de hábitat se producirá principalmente por el desmonte y despalme y la posterior ocupación de las superficies requeridas para las obras, al

Componente	Factor	Subfactor	Descripción
			disminuir localmente las áreas y recursos actualmente disponibles para refugio, alimentación, reproducción y desplazamiento de la fauna. La magnitud espacial de esta modificación no será equivalente a la totalidad de la superficie de aprovechamiento, debido a que las distintas formas de ocupación previstas producirán grados diferentes de modificación: las obras con desplante directo ocasionarán una transformación física del hábitat en su huella, mientras que las estructuras elevadas sobre pilas o pilotes mantendrán parte del terreno y de la vegetación bajo su proyección, aunque introducirán apoyos puntuales, sombreado y presencia humana que podrán modificar las condiciones de uso del sitio por la fauna. Para dimensionar este efecto, de las 33.355 ha que integran el predio permanecerán 26.710 ha (80.08 %) de áreas naturales. En consecuencia, el impacto se manifestará como una disminución localizada de la disponibilidad y de las condiciones actuales del hábitat en las superficies efectivamente intervenidas, sin representar la pérdida generalizada del hábitat dentro del predio. La permanencia del 80.08 % del predio bajo conservación-rehabilitación mantendrá una superficie mayoritaria con recursos potencialmente utilizables por la fauna; no obstante, en las áreas directamente ocupadas y en su entorno inmediato podrán presentarse afectaciones en la disponibilidad y forma de utilización de dichos recursos como consecuencia de la transformación física, el sombreado y la presencia y funcionamiento de las obras.
Medio perceptual	Paisaje	Calidad estético-paisajística	La configuración paisajística actual del predio está determinada principalmente por la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, que ocupa 21.336 ha (63.97 %), complementada por selva baja subperennifolia, vegetación hidrófila, petén, manglar, superficies sin vegetación aparente, cuerpo de agua y elementos preexistentes. La ejecución del proyecto incorporará edificaciones, vialidades, estacionamientos, circulaciones, plataformas, amenidades e infraestructura de servicios, modificando la composición del paisaje en las superficies de aprovechamiento. La transformación se concentrará en 6.645 ha (19.92 %), mientras que 26.710 ha (80.08 %) permanecerán bajo conservación-rehabilitación, por lo que la matriz vegetal continuará siendo el elemento espacial predominante dentro del predio. El impacto sobre la calidad estético-paisajística se producirá inicialmente durante la preparación del sitio y construcción, por la remoción localizada de vegetación, apertura de frentes de trabajo, presencia de maquinaria, movimiento de materiales y exposición temporal del suelo, elementos que modificarán la composición y naturalidad visual de las superficies intervenidas. Posteriormente, durante la operación, la modificación adquirirá carácter permanente por la sustitución localizada de elementos naturales por componentes arquitectónicos y superficies acondicionadas, generando un paisaje de carácter turístico-residencial en las áreas ocupadas; no obstante, esta transformación estará espacialmente concentrada en las superficies de aprovechamiento y se desarrollará dentro de una matriz predominantemente vegetal,

Componente	Factor	Subfactor	Descripción
			debido a la conservación-rehabilitación del 80.08 % del predio y a la distribución de las obras entre áreas que mantendrán su cobertura natural.
		Impacto visual	El proyecto incorporará nuevos volúmenes arquitectónicos dentro de un predio actualmente dominado por elementos naturales. El componente residencial estará integrado por 9 módulos con 108 departamentos, cuya altura máxima será de 14 m; el resto de las edificaciones presentará uno, dos o doble altura, con alturas de hasta 7 m, mientras que villas turísticas, villas suites, Casa Club y BOH se desarrollarán aproximadamente hasta 6 m según los alzados del proyecto. También se incorporarán vialidades, estacionamientos, albercas, plataformas, pasarelas y el andador-mirador. La modificación visual será permanente en las superficies ocupadas, aunque su exposición estará condicionada por la topografía, la distribución de las obras y la vegetación conservada. Las superficies techadas representan aproximadamente 2.06 ha (6.16 % del predio), mientras que la conservación-rehabilitación comprende el 80.08 %, lo que mantendrá una cobertura vegetal predominante alrededor y entre distintos componentes del proyecto.
Socioeconómico	Calidad de vida	Generación de empleos	La preparación y construcción del proyecto requerirá personal para trabajos topográficos, desmonte y despalme, terracerías, cimentaciones, estructuras, albañilería, instalaciones, acabados, montaje de equipos y paisajismo. Durante la operación, la zona turística y el componente residencial, junto con amenidades, áreas comunes, zona comercial, PTAR, POI, vigilancia, mantenimiento, servicios y manejo de áreas exteriores, requerirán personal de manera permanente. En consecuencia, el proyecto generará empleo temporal durante la etapa constructiva y empleo asociado con el funcionamiento y mantenimiento del conjunto durante su vida útil.
		Derrama económica	La construcción del proyecto demandará materiales, combustibles, maquinaria, equipos, insumos y servicios especializados para la ejecución de edificaciones, vialidades, redes eléctricas, hidráulicas y sanitarias, PTAR, POI, estructuras elevadas, áreas recreativas y demás componentes. Durante la operación continuará la adquisición de bienes e insumos y la contratación de servicios para mantenimiento, limpieza, jardinería, vigilancia, manejo de residuos, operación de los sistemas hidráulicos y sanitarios y atención de los componentes turísticos y residenciales. Estas actividades generarán una derrama económica asociada con la contratación de proveedores y prestadores de servicios durante las diferentes etapas del proyecto.
	Infraestructura y servicios	Incremento de oferta de servicios	La operación del proyecto incorporará una nueva oferta de servicios turísticos, residenciales, comerciales y recreativos, acompañada de la infraestructura necesaria para su funcionamiento. El proyecto integrará instalaciones de alojamiento y vivienda, áreas comerciales, amenidades, espacios recreativos, vialidades, estacionamientos, circulaciones y áreas comunes, además de infraestructura propia para el abastecimiento de agua, saneamiento y distribución de servicios mediante la POI, PTAR y

Componente	Factor	Subfactor	Descripción
			redes hidráulicas, sanitarias y eléctricas. El impacto se producirá durante la etapa de operación por la incorporación y funcionamiento permanente de esta infraestructura, que ampliará la disponibilidad de alojamiento, vivienda, amenidades y servicios asociados respecto de las condiciones actuales del sitio; en consecuencia, la operación incrementará la oferta de servicios asociada con el desarrollo turístico y residencial, conjuntamente con la infraestructura necesaria para su funcionamiento.

Una vez detectados los medios, factores y subfactores ambientales potenciales de verse afectados por la ejecución de las obras y actividades del proyecto, tratando de subsanar las deficiencias de las técnicas empleadas, ya en la fase de identificación de los impactos ambientales, dentro del proceso de evaluación, se empleó el método matricial (Tipo Leopold) causa – efecto (Forcada, 2000). De acuerdo con Canter (1998), ésta es una metodología que puede extenderse o contraerse dependiendo del número de actividades que comprende el proyecto y del número de factores y atributos ambientales que se verán involucrados, lo que la hace una metodología flexible y práctica, motivo por el cual se decidió utilizarla en el proceso que nos ocupa, considerando la diversidad de obras y actividades involucradas y de los diversos factores y atributos ambientales a considerar en la evaluación.

Para su aplicación, después de haber determinado los atributos ambientales a afectar mediante la lista de chequeo y de haber identificado las obras y actividades potenciales generadoras de impactos ambientales, se procedió a elaborar la matriz estructurada como una tabla de doble entrada en el que en las columnas se incorporaron las acciones correspondientes a las obras y/o actividades del proyecto, mientras que en las filas se incluyeron los factores y subfactores ambientales previamente definidos; el cruce entre ambos elementos permitió identificar las actividades que pueden generar una modificación sobre cada componente ambiental.

Las interacciones identificadas se clasificaron inicialmente de acuerdo con la naturaleza del efecto potencial. Se utilizó la letra “A” para las interacciones adversas y la letra “B” para las interacciones benéficas; permitiendo reconocer con esta clasificación el carácter de cada relación causa–efecto, sin constituir todavía la valoración de la magnitud o significancia del impacto, la cual se realiza posteriormente mediante la metodología de evaluación establecida en este capítulo.

Es importante mencionar que, en la matriz se incluyen todos los casos en los que puede haber una relación actividad del proyecto – factor ambiental, sin discriminar aquellos en que la interrelación no causa una modificación; de tal manera que, esta matriz ofrece un panorama general de las interacciones, ya sean adversas o benéficas, que cada obra o actividad producirá sobre cada uno de los factores ambientales; sin considerar, aún, la valoración del impacto ambiental potencial identificado.

En este caso específico, los criterios que se aplicaron para la definición de los factores y subfactores ambientales que se verían afectados son los siguientes:

- Ser representativos del entorno afectado y, consecuentemente, del impacto total producido por la ejecución del proyecto sobre el medio ambiente.
- Ser relevantes, es decir, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Ser excluyentes, esto es, que no existan solapamientos ni redundancias.
- Ser de fácil identificación, tanto en su concepto como en su apreciación estadística.

Como resultado de la matriz causa–efecto se identificaron **107 interacciones potenciales** entre las actividades del proyecto y los subfactores ambientales considerados. De éstas, **61 corresponden a interacciones adversas y 46 a interacciones benéficas**. Estas interacciones se distribuyen entre las etapas de preparación del sitio, construcción, y operación y mantenimiento, y constituyen la base para la posterior descripción y evaluación de los impactos ambientales mediante la metodología establecida para el proyecto.

Aclaración sobre la etapa de abandono. La etapa de abandono no se incluye en la matriz de identificación de impactos debido a que, conforme al horizonte temporal considerado para el proyecto, **no se prevé el abandono del sitio durante los próximos 90 años**. Esta decisión responde a la imposibilidad técnica de prever las condiciones ambientales, técnicas y normativas que existirán al término de dicho periodo; por lo que, en caso de que posteriormente se pretenda el cierre, desmantelamiento o abandono de las instalaciones, previamente deberán evaluarse las condiciones ambientales existentes en ese momento y establecerse las medidas de prevención, mitigación, restauración o compensación que resulten aplicables, de conformidad con la normativa vigente y las autorizaciones que correspondan.

Tabla V.5.- Matriz de interacciones entre actividades a ejecutar por el desarrollo y los atributos ambientales potencialmente a impactarse, por tipo de impacto

Aspectos ambientales			Etapas de desarrollo el proyecto																			
			Preparación del sitio				Construcción									Operación y mantenimiento						
Componente	Factor	Atributo	delimitación del predio y topografía	trazo de áreas y limpieza	desmonte y despalme	Nivelación	Obras provisionales	Terracerías (nivelación y excavación)	Conformación de las obras	cimentación, pilas pilotes	Colocación de losas o plataforma	muros y albañilería	Acabado de las obras	Instalación de red electrica, hidráulica y sanitaria	Equipo y mobiliario	paisajismo	Áreas permeables	PTAR	POI	actividad turística y suburbana	ADVERSO	BENEFICO
Abiótico	Suelo	Erosión				A	A	A									B				3	1
		Alteración de las propiedades fisicoquímicas				A	A	A													3	0
		Contaminación por residuos					A		A		A	A	A	A	A			A		B	8	1
	Aire	Calidad				A	A	A			A				A						5	0
		Confort sonoro				A	A	A		A					A						5	0
	Agua	Disponibilidad							A		A	A	A	A		A	B		A	B	7	2
		Calidad					A											B	A	B	2	2
		Modificación del flujo sup. y/o sub				A		A		A	A					B	B				4	2
Biótico	Flora	Abundancia	A	A	A																3	0
		Cobertura			A																1	0
		Especies en categoría de riesgo	A	A	A																3	0
	Fauna	ESpecies en categoría de riesgo		A	A				A	A	A					B	B				5	2
		Movilidad				A	A	A		A	A					B	B				5	2
		Disponibilidad de hábitat			A											B	B				1	2
Medio perceptual	Paisaje	Calidad estético - paisajística.			A				A		A	A				B	B				4	2
		Impacto visual.							A			A	B								2	1
Socio-económico	Calidad de vida	Generación de empleos.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	0	18
		Derrama económica				B		B	B	B	B	B	B	B	B					B	0	10
	Infraestructura y servicios	Incremento de oferta de servicios																		B	0	1
A: impactos adversos			2	3	6	6	7	6	5	4	7	4	2	2	3	1	0	1	2	0		
B: impactos benéficos			1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	3	2	2	6	8	2	1	6		
Total por actividad			**3**	**4**	**7**	**8**	**8**	**8**	**7**	**6**	**9**	**6**	**5**	**4**	**5**	**7**	**8**	**3**	**3**	**6**	**61**	**46**

Esta matriz ofrece un panorama general de las interacciones, ya sean adversas o benéficas, que cada actividad del proyecto produciría sobre cada uno de los atributos ambientales. Para la identificación de los impactos ambientales potenciales relevantes se procede a realizar una descripción de las relaciones encontradas, para ello, se debe considerar información relacionada con el desarrollo del proyecto y la caracterización del ambiente en el área de desarrollo.

Tabla V.6.- Interacciones adversas y benéficas por factor ambiental y socioeconómico, y las etapas de desarrollo del proyecto.

Factor	Preparación del sitio		Construcción		Operación y mantenimiento	
	Adverso	Benéfico	Adverso	Benéfico	Adverso	Benéfico
Suelo	2	—	11	—	1	2
Aire	2	—	8	—	—	—
Agua	1	—	10	1	2	5
Flora	7	—	—	—	—	—
Fauna	4	—	7	3	—	3
Paisaje	1	—	5	2	—	1
Calidad de vida	—	5	—	18	—	5
Infraestructura y servicios	—	—	—	—	—	1
Subtotal	*17*	*5*	*41*	*24*	*3*	*17*
Total por etapa	22		65		20	
Total General	107 interacciones					

V.3. Evaluación de los impactos

Una vez detectados los componentes, factores y subfactores ambientales potenciales de verse afectados por la ejecución de las obras y actividades del proyecto, tratando de subsanar las deficiencias de las técnicas empleadas, ya en la fase de evaluación de los impactos ambientales, dentro del proceso de evaluación, se empleó el método matricial denominado Rapid Impact Assessment Method modificado (RIAM-M) (Pastakia, 1998; Ijäs et al, 2010). El método fue desarrollado por Christopher Pastakia a fines de la década de 1990 (Pastakia, 1998; Pastakia y Jensen, 1998), y desde entonces es comúnmente usado en muchas evaluaciones.

El RIAM-M es una herramienta para organizar, analizar y presentar los resultados de la evaluación de impacto ambiental a través de una matriz estructurada que permite que tanto los juicios subjetivos como los basados en datos cuantitativos se hagan de manera similar, proporcionando un registro transparente de los juicios emitidos. La forma matricial en la cual se encuentra estructurada permite realizar un análisis completo del impacto ambiental, o bien, segregar la evaluación por componente ambiental, brindándole a esta metodología flexibilidad operativa.

Se trata de una metodología ampliamente usada como parte del procedimiento de evaluación de impacto ambiental y, aunque fue originalmente desarrollada para la evaluación de proyectos de tipo turístico, ha sido indistintamente usada para proyectos de diversa índole, bajo diversas condiciones, escenarios y alternativas de desarrollo (Pastakia y Jensen, 1998; Pastakia et al., 1998; Jensen y Laursen, 1998; Kuitunen et al., 2008; Momeni et al., 2011; Mahini et al., 2011; Mihaiescu et al., 2015; Karami et al., 2016; Valizadeh y Hakimian, 2018; Kumar et al., 2019). Comparando metodologías de evaluaciones de impacto ambiental, se ha concluido que el RIAM puede usarse efectivamente para comparar los impactos ambientales y sociales de proyectos aún y cuando los casos evaluados sean diferentes y solo compartan pocas cosas en común (Kuitunen et al., 2008). Incluso, de los métodos semicuantitativos de evaluación de impacto ambiental, entre ellos el de Bojórquez-Tapia et al. (1998), Gómez-Orea (1999), Conesa (2000) y Espinoza (2002), el RIAM es el que se utiliza mayormente en artículos científicos que implican la evaluación del impacto ambiental.

Como método semicuantitativo, en el RIAM la evaluación de los impactos ambientales, como parte del análisis, la valoración de los impactos se puede traducir a una forma numérica, metodología que puede ser comparada y revisada fácilmente por las partes interesadas que no participan en el proceso de evaluación real. Es decir, se trata de un método que, en la práctica, como parte de los estudios de impacto ambiental, es fácilmente implementado por la parte interesada (el promovente del proyecto), y revisado y validado por la autoridad encargada de la evaluación y dictaminación del proyecto, así como integrantes de la sociedad civil.

Criterios para la evaluación de los impactos

En el RIAM, los impactos que ocasionan las actividades de un proyecto son evaluados contra los componentes ambientales, y para cada componente se determina una escala (usando lo criterios definidos), la cual provee una medida del impacto esperado para el componente. Los criterios de evaluación importantes se dividen en dos grupos:

(A) Criterios que son importantes para la condición y que pueden cambiar individualmente la puntuación obtenida.

(B) Criterios que son el valor de la situación, pero individualmente no pueden ser capaces de cambiar el valor obtenido.

Originalmente se utilizaban cinco criterios de evaluación, a saber, importancia del impacto (A1), magnitud (A2), permanencia (B1), reversibilidad (B2) y acumulabilidad (B3) (Pastakia, 1998). Sin embargo, Ijäs et al. (2010) propusieron incluir la susceptibilidad del ambiente objetivo (B4) como un sexto criterio a considerar en la evaluación de los impactos como parte de esta metodología.

El valor asignado a cada uno de los grupos de criterios se determina mediante el uso de una serie de fórmulas simples. El sistema de puntuación requiere una simple multiplicación de las puntuaciones otorgadas a cada uno de los criterios del grupo A.

$$AT = (A1) * (A2)$$

El criterio A2 determina la naturaleza del cambio. Los valores positivos representan impactos benéficos; los negativos, impactos adversos; y el valor cero corresponde a la ausencia de cambio respecto de la condición ambiental de referencia.

Las puntuaciones para los valores de los criterios del grupo B son aditivos y juntos proveen una suma simple.

Ecuación original (Pastakias, 1998):

$$BT = B1 + B2 + B3$$

Ecuación modificada por Ijäs et al. (2010):

$$BT = B1 + B2 + B3 + B4$$

Finalmente, el puntaje de evaluación del impacto, representado como **ES**, se obtiene multiplicando el resultado del grupo A por el resultado del grupo B.

$$ES = AT * BT$$

Donde:

- ***AT:*** *resultado de los criterios del grupo A.*
- ***BT:*** *resultado de los criterios del grupo B.*
- ***ES:*** *puntaje final de evaluación del impacto*

Cuando A1 o A2 reciben un valor de cero, el resultado de la evaluación será igualmente cero, lo que indica que el efecto carece de importancia en la escala analizada o que no representa un cambio respecto de la condición ambiental de referencia. Los criterios y escalas que se utilizarán se presentan en la siguiente tabla V-7.

Tabla V.7.- Criterios para considerar en el procedimiento de evaluación de impactos ambientales en el método RIAM Modificado.

Criterio	Escala	Descripción
A1: Importancia de la condición. Es evaluada contra los límites espaciales o interés humano que se vería afectado.	4	Importancia a interés nacional / internacional: El área que cubre puede ser el país definido como un todo o el impacto objetivo tiene significancia a nivel nacional y/o internacional.
	3	Importancia a interés a nivel regional / nacional: El área que cubre puede estar definida por una región singular del país con sus alrededores inmediatos.
	2	Importancia a nivel de áreas alrededor de la condición local: El área de cobertura puede estar definida como una parte de la región, pero, sin embargo, es mayor que un impacto local. Por ejemplo, el municipio como un todo.
	1	Importancia solo en el contexto local: El área de cobertura es pequeña y puede estar definida de forma puntual, por ejemplo, una localidad dentro del municipio.
	0	Sin importancia.
A2: Magnitud del cambio/efecto. La magnitud es definida como una medida de valoración del beneficio o no de un impacto o condición.	3	Mayor efecto positivo.
	2	Mejoramiento significativo del estado actual.
	1	Mejoramiento del estado actual.
	0	Sin cambio.
	-1	Cambio negativo del estado actual.
	-2	Cambio negativo significativo.
	-3	Mayor cambio negativo.
B1: Permanencia. Define la temporalidad (o permanencia) del impacto. Debe ser vista como una medida temporal del estado actual de la condición.	1	Sin cambio o no aplica.
	2	Temporal a corto plazo: El impacto durará solo por un periodo corto de tiempo (pocas semanas o meses).
	3	Temporal a medio término: El impacto durará aproximadamente entre 1 y 10 años.
	4	Permanente o largo plazo: El impacto se entiende por ser un impacto permanente o durará por más de 10 – 15 años.
B2. Reversibilidad. Define si la condición puede ser cambiada. Es una medida de control sobre el efecto de la condición.	1	Sin cambio / no aplica.
	2	Reversible: El estado original del ambiente será restaurado rápidamente (en semanas o meses) después de que la actividad ha terminado.
	3	Reversible lentamente: El impacto cambia el ambiente substancialmente, pero la restauración puede ser observada. Sin embargo, la recuperación total durará muchos años.
	4	Irreversible: El impacto ha cambiado el ambiente permanentemente o la restauración durará al menos entre 10 y 15 años.
	1	Sin cambio / no aplica.

Criterio	Escala	Descripción
B3. Efecto acumulativo o sinérgico del impacto. Mide si el efecto tendrá un solo impacto directo o si habrá un efecto acumulativo a través del tiempo.	2	No acumulativo o simple: El impacto puede estar definido como simple (sin interacción con otros impactos).
	3	Acumulativo o sinérgico: Los impactos acumulativos y/o sinérgicos existen en el ambiente del proyecto, pero las significancias de estas interacciones son inciertas.
	4	El impacto tiene efectos acumulativos o sinérgicos con el de otros proyectos o actividades que ocurren en la misma área.
B4. Evalúa la susceptibilidad del ambiente objetivo al cambio y afectación. Está determinado por la susceptibilidad del ambiente al cambio.	1	Sin cambio o no aplica.
	2	El área es estable para los cambios ambientales causados por el proyecto planificado y no tiene valores ambientales significativos que deban considerarse durante el proceso de evaluación.
	3	El área objetivo es sensible a los cambios ambientales y/o tiene valores intrínsecos localmente significativos (fuera del área objetivo real).
	4	El área objetivo es extremadamente sensible a los cambios ambientales y/o tiene valores intrínsecos con importancia a nivel regional o nacional.

Como parte del procedimiento de evaluación del impacto y valorando los cambios al ambiente con base a los criterios y escala antes mencionada, se obtiene el puntaje de evaluación del impacto (ES), resultado de multiplicar el resultado de los criterios A y B. Para uniformizar la interpretación del grado del impacto, los valores obtenidos se ubican en la escala ambiental que consta de nueve rangos de valores en la propuesta de modificación del RIAM (Ijäs et al., 2010). El rango de la escala para la evaluación en el RIAM modificado va de -192 a 192, siendo el cero la escala que indica que no hay cambio con respecto al estado actual, cuando el RIAM original tiene un rango que va de -108 a 108, dividido en 11 rangos de valores. En la Tabla V-8 se muestran los rangos de valores de las escalas para clasificar la evaluación del impacto en la propuesta de modificación del RIAM (Ijäs et al., 2010), la cual es considerada en el análisis de esta propuesta.

La clasificación obtenida permitirá ordenar los impactos de acuerdo con su naturaleza y relevancia relativa; sin embargo, el puntaje numérico deberá interpretarse conjuntamente con la descripción del mecanismo causal, la etapa de manifestación, el componente receptor y las condiciones ambientales del sitio.

Componentes de evaluación

Para la aplicación del RIAM-M, los impactos identificados se organizarán en cuatro componentes de evaluación. Esta clasificación permitirá agrupar los impactos de acuerdo con el medio en el que se manifiesten y mantener correspondencia con los factores y subfactores utilizados en la matriz de interacciones.

Físico-químico (FQ): comprende los impactos relacionados con las condiciones físicas y químicas del ambiente, incluyendo la morfología y estabilidad del suelo, su calidad fisicoquímica, los escurrimientos, la inundación temporal, la continuidad hidráulica, la infiltración y recarga, la disponibilidad y calidad del agua, la calidad atmosférica y el ambiente sonoro.

Biológico-ecológico (BE): comprende los impactos sobre la cobertura y composición de la vegetación, las especies vegetales en categoría de riesgo, la vegetación hidrófila y la conectividad hidrológica del humedal, así como la abundancia, distribución, movilidad y conservación de la fauna silvestre, incluidas las especies en categoría de riesgo.

Sociológico-cultural (SC): comprende los efectos relacionados con la percepción y calidad del paisaje, la incorporación de elementos construidos y los cambios visuales que puedan producirse dentro del predio y en su relación con el entorno lagunar.

Económico-operacional (EO): comprende los efectos sobre el empleo y la economía, la demanda de infraestructura y servicios, así como el fortalecimiento de la oferta turística y suburbana derivado de la construcción y operación del proyecto.

V. 4 Descripción y caracterización de los impactos.

Una vez identificadas las interacciones entre las obras y actividades previstas para el desarrollo del proyecto y los factores y subfactores ambientales susceptibles de modificación, y definida la metodología aplicable para su evaluación, en este apartado se describen y caracterizan los impactos ambientales resultantes. Para cada impacto se realiza la valoración correspondiente mediante los criterios del Método Rápido de Evaluación de Impactos modificado (RIAM-M), conforme al procedimiento establecido en el numeral anterior.

La matriz de identificación registró un total de 107 interacciones potenciales, de las cuales 61 son de naturaleza adversa y 46 de naturaleza benéfica. Estas interacciones representan relaciones causa-efecto entre las actividades del proyecto y los 19 subfactores ambientales y socioeconómicos considerados; por consiguiente, no deben interpretarse como 107 impactos ambientales independientes.

Para efectos de su descripción y evaluación, las 107 interacciones identificadas fueron agrupadas en 29 impactos ambientales, manteniendo correspondencia con los subfactores considerados en la matriz y atendiendo al componente receptor, el mecanismo causal, la naturaleza del efecto y la etapa o etapas en las que podrá manifestarse. Esta integración permite evitar duplicidades y conservar la trazabilidad entre las actividades del proyecto, las interacciones identificadas, los subfactores susceptibles de modificación y los impactos resultantes.

De acuerdo con la matriz de identificación, durante la etapa de preparación del sitio se registraron 22 interacciones potenciales, de las cuales 17 son adversas y 5 benéficas. En la etapa de construcción se identificaron 65 interacciones, correspondientes a 41 adversas y 24 benéficas. Para la etapa de operación y mantenimiento se registraron 20 interacciones, de las cuales 3 son adversas y 17 benéficas.

La descripción y caracterización de los 29 impactos se organiza conforme a los componentes de evaluación establecidos por el RIAM-M y siguiendo el orden de los factores y subfactores incluidos en la matriz de interacciones. Cada impacto contará con una ficha descriptiva en la que se especificarán el factor y subfactor susceptible de modificación, la naturaleza del efecto, la etapa o etapas en las que podrá manifestarse, las actividades que lo originan, su mecanismo de manifestación y el componente de evaluación correspondiente. Asimismo, se asignarán y justificarán los valores de los criterios establecidos por el RIAM-M, a partir de los cuales se obtendrá el puntaje y la clasificación final de cada impacto.

A continuación, se presentan las fichas descriptivas y de valoración de los 29 impactos ambientales identificados. Para facilitar su exposición y mantener correspondencia con la metodología RIAM-M, las fichas se organizan conforme a los componentes físico-químico, biológico-ecológico, sociológico-cultural y económico-operacional. Dentro de cada componente, los impactos se ordenan de acuerdo con los

factores y subfactores considerados en la matriz de interacciones; asimismo, en cada ficha se señalan la etapa o etapas del proyecto en las que podrán manifestarse.

V.4.1 Fichas descriptivas y valoración de los impactos ambientales.

- Componente Físico-químico

IMPACTO AMBIENTAL 1: Incremento del riesgo de erosión del suelo en las superficies de intervención directa.	
Factor ambiental impactado:	Suelo / Erosión
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio y Construcción
Actividades causantes:	P4. Nivelación: Ajuste de cotas y acondicionamiento de las superficies de intervención mediante corte, relleno, nivelación y compactación, conforme a los requerimientos del proyecto. C1. Obras provisionales: Habilitación y funcionamiento temporal de almacenes, instalaciones sanitarias, áreas de acopio, servicios y demás áreas de apoyo requeridas durante la construcción. C2. Terracerías: Excavación, nivelación y movimiento de materiales, así como circulación de maquinaria y vehículos asociados con estos trabajos.
Descripción	El impacto consistirá en el incremento localizado de la susceptibilidad del suelo a procesos erosivos en las superficies directamente intervenidas por las actividades de nivelación, los movimientos de materiales, las excavaciones, la compactación y la ocupación temporal asociada con las obras provisionales, ya que éstas afectarán las condiciones superficiales del terreno y podrán generar áreas temporalmente expuestas, en las cuales las partículas del suelo presentarán mayor susceptibilidad al desprendimiento y transporte por efecto de la precipitación y del escurrimiento superficial. La manifestación del impacto estará directamente relacionada con las características topográficas e hidrológicas del predio, ya que éste presenta un gradiente general de oeste a este hacia la Laguna de Bacalar y se encuentra organizado en cuatro microcuencas funcionales: M1, ubicada en el extremo oriental y con pendiente media de 2.26 %; M2, correspondiente al sector de transición hacia la zona baja y con la mayor pendiente media, de 7.08 %; M3, localizada en la porción central, con pendiente media de 5.62 % y una depresión de almacenamiento; y M4, hacia el oeste, con pendiente media de 3.94 % y otra depresión interior. En este contexto, la remoción o modificación temporal de la superficie del suelo podrá incrementar localmente su susceptibilidad al arrastre, particularmente cuando las áreas intervenidas se relacionen con pendientes relativas, trayectorias naturales de escurrimiento o sectores donde el agua tienda a concentrarse. El efecto no se presentará de manera homogénea en las 33.355 ha del predio, sino en los sitios donde las actividades señaladas produzcan intervención física directa. La superficie de aprovechamiento del proyecto será de 6.645 ha (19.92 %), mientras que 26.710 ha (80.08 %) permanecerán bajo conservación-rehabilitación. Esta última superficie conservará la cobertura y las condiciones naturales del terreno que proporcionan protección frente al desprendimiento y transporte de partículas. Asimismo, la superficie de aprovechamiento tampoco deberá interpretarse íntegramente como suelo permanentemente expuesto o sellado. El diseño del proyecto mantendrá una proporción importante de superficies bajo condiciones de permeabilidad e incorporará elementos elevados soportados mediante pilas o pilotes,

	cuya interacción con el terreno se concentrará en puntos de apoyo. Por ello, la susceptibilidad a la erosión estará asociada principalmente con los frentes activos de nivelación y terracerías y con las superficies temporalmente utilizadas para las obras provisionales, y no con la totalidad de la superficie ocupada por el proyecto. Durante la ejecución de las actividades de nivelación y excavación, el riesgo será mayor mientras permanezcan materiales sueltos o superficies recién niveladas, excavadas o compactadas expuestas a la precipitación. En la habilitación de las obras provisionales, la afectación será principalmente localizada y temporal, asociada con la ocupación y tránsito en las áreas destinadas a las instalaciones provisionales de apoyo. En consecuencia, se prevé un impacto adverso, localizado y temporal, cuya intensidad podrá variar conforme avance la obra y dependerá de la superficie que permanezca expuesta en cada frente de trabajo, de su posición respecto de las pendientes y trayectorias de escurrimiento y de la estabilización progresiva de las superficies intervenidas.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-1	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	El impacto tendrá importancia local, debido a que el incremento de la susceptibilidad a la erosión se concentrará en las superficies directamente intervenidas por la nivelación, las obras provisionales y las terracerías. No se prevé que el proceso modifique las condiciones del suelo a escala regional ni que se manifieste homogéneamente en el predio, considerando que 26.710 ha (80.08 %) permanecerán bajo conservación-rehabilitación y que la intervención se concentrará en las superficies puntuales requeridas para las obras.
A2: Magnitud	-2	Las actividades producirán un cambio adverso apreciable en las superficies intervenidas al modificar temporalmente la protección y estabilidad superficial del suelo, aumentando su susceptibilidad al desprendimiento y arrastre. La magnitud se limita espacialmente por la concentración de las obras en las áreas de intervención y por la permanencia de 26.710 ha bajo conservación-rehabilitación.
B1: Permanencia	3	El incremento de la susceptibilidad a la erosión estará asociado con el periodo durante el cual permanezcan activos los frentes de nivelación, terracerías y obras provisionales, particularmente mientras existan superficies removidas, materiales sueltos o suelo expuesto. El efecto disminuirá cuando cese esa condición de exposición en cada frente; por ello, corresponde a un efecto temporal de mediano término, dentro del intervalo de 1 a 10 años.
B2. Reversibilidad	2	El incremento de la susceptibilidad erosiva estará directamente asociado con la exposición y alteración superficial del suelo durante los trabajos. Una vez que deje de existir esa condición en cada frente, disminuirá el mecanismo que favorece el desprendimiento y transporte de partículas. Las modificaciones permanentes que pudieran permanecer en la estructura, compactación o infiltración del suelo se valoran de manera independiente en los impactos correspondientes.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Las actividades P4, C1 y C2 podrán coincidir espacial y temporalmente en determinados frentes, de manera que la exposición o modificación sucesiva del terreno podrá incrementar la susceptibilidad erosiva mientras permanezcan superficies sin estabilizar. Se reconoce, por tanto, una acumulación plausible dentro

		de los frentes de obra, sin asumir un proceso erosivo generalizado en el predio.
B4. Susceptibilidad	3	La susceptibilidad del receptor varía dentro del predio en función de la pendiente, el grado de exposición del suelo, la microtopografía y su relación con las trayectorias naturales de escurrimiento. Las pendientes medias de las microcuencas M1–M4 oscilan entre 2.26 % y 7.08 %, y las depresiones interiores identificadas en M3 y M4 constituyen sectores donde el agua puede concentrarse temporalmente, por lo que las superficies de suelo expuesto próximas a estas condiciones presentan sensibilidad local frente al arrastre.

Valor de la evaluación (ES)	-22	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 2: Alteración localizada de las propiedades fisicoquímicas del suelo en las superficies de intervención directa.	
Factor ambiental impactado:	Suelo / Alteración de las propiedades fisicoquímicas
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio y construcción
Actividades causantes:	P4. Nivelación: ajuste de cotas y acondicionamiento de las superficies de intervención mediante corte, relleno, nivelación y compactación conforme a los requerimientos del proyecto. C1. Obras provisionales: habilitación y funcionamiento temporal de almacenes, instalaciones sanitarias, áreas de acopio, servicios y demás áreas de apoyo requeridas durante la construcción. C2. Terracerías (nivelación y excavación): excavación, nivelación y movimiento de materiales, así como circulación de maquinaria y vehículos asociados con estos trabajos.
Descripción	El impacto consistirá en la alteración localizada de las propiedades fisicoquímicas del suelo en las superficies directamente intervenidas por las actividades de preparación del sitio y construcción, principalmente como consecuencia del corte, relleno, nivelación, excavación, compactación, movimiento de materiales y tránsito de maquinaria y vehículos. Estas acciones modificarán principalmente las propiedades físicas del suelo, al producir cambios en su estructura, porosidad, grado de compactación y capacidad de infiltración. La nivelación y las terracerías implicarán la redistribución y acondicionamiento de materiales en los sitios donde las cotas y características del terreno deban ajustarse a los requerimientos constructivos; por su parte, la ocupación y tránsito asociados con las obras provisionales podrán incrementar localmente la compactación en las superficies utilizadas temporalmente como áreas de apoyo. La modificación no ocurrirá de manera homogénea sobre las 6.645 ha de aprovechamiento, debido a que esta superficie comprende distintas formas de intervención y ocupación. Las superficies techadas representan aproximadamente 2.06 ha (6.16 % del predio), mientras que otras superficies emplearán materiales permeables o corresponderán a estructuras elevadas soportadas mediante pilas o pilotes de contacto puntual; por ello, la superficie de aprovechamiento no deberá interpretarse como equivalente a superficie de sellamiento del suelo. En las superficies donde las obras permanentes impliquen una cobertura que reduzca o impida el contacto directo del suelo con la precipitación, se producirá sellamiento del suelo, condición que limitará de manera prolongada su capacidad funcional de infiltración y modificará el intercambio entre el suelo y la superficie. En contraste, las

	superficies acondicionadas con materiales permeables conservarán capacidad de infiltración, aunque podrán presentar afectaciones en su estructura y compactación derivadas de las actividades constructivas; mientras que en las estructuras elevadas sobre pilas o pilotes la interacción física directa con el suelo se concentrará principalmente en los puntos de apoyo. De esta manera, dentro de la superficie de aprovechamiento coexistirán distintos grados de modificación del suelo: superficies con alteración física y sellamiento asociado con la ocupación permanente; superficies intervenidas que conservarán condiciones de permeabilidad; superficies con contacto puntual debido a estructuras elevadas; y áreas utilizadas temporalmente durante la construcción. En contraste, 26.710 ha, equivalentes al 80.08 % del predio, permanecerán bajo conservación-rehabilitación, por lo que la alteración de las propiedades del suelo quedará espacialmente concentrada en las superficies requeridas para las obras y actividades del proyecto y no constituirá una transformación general de las condiciones edáficas del predio. La duración del efecto también variará según el tipo de ocupación, ya que, en las áreas destinadas a obras provisionales, la compactación y demás modificaciones físicas estarán asociadas principalmente con su utilización durante la construcción y podrán disminuir una vez retiradas las instalaciones temporales y acondicionadas las superficies; en cambio, en las superficies donde la nivelación y las terracerías antecedan al establecimiento de obras permanentes, los cambios producidos en la estructura, porosidad, compactación y capacidad de infiltración podrán mantenerse durante la vida útil de las obras, particularmente en aquellos sitios donde exista sellamiento. Por lo anterior, se prevé un impacto adverso y localizado, cuya intensidad, permanencia y reversibilidad serán variables según la forma de ocupación de cada superficie. El efecto será más persistente en los sitios donde exista modificación física y sellamiento asociados con obras permanentes; será menor en las superficies que conserven permeabilidad o presenten únicamente apoyos puntuales; y tendrá carácter principalmente temporal en las áreas utilizadas exclusivamente como apoyo durante la construcción.
Descripción para evaluación RIAM modificado	
Componente de evaluación (código)	FQ-2

Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	El impacto tendrá importancia local, ya que la modificación de las propiedades del suelo se concentrará en las superficies directamente intervenidas por P4, C1 y C2 dentro del predio. La conservación-rehabilitación de 26.710 ha (80.08 %) limita espacialmente la modificación y evita que represente una transformación general de las condiciones edáficas del sitio.
A2: Magnitud	-2	Se considera un cambio negativo significativo en las superficies directamente intervenidas, debido a que el corte, relleno, nivelación, excavación, compactación y tránsito modificarán de manera directa propiedades como estructura, porosidad, compactación y capacidad de infiltración. No se asigna el valor máximo debido a que la afectación no comprenderá homogéneamente la superficie de aprovechamiento y existirán superficies permeables y estructuras elevadas con puntos localizados de contacto con el terreno.
B1: Permanencia	4	La modificación tendrá distinta duración según el tipo de superficie; sin embargo, en aquellas que sustentarán obras permanentes, los cambios físicos derivados del acondicionamiento, nivelación y compactación permanecerán durante la vida útil del proyecto.

		Considerando que la operación se proyecta hasta por 90 años, existe una fracción del impacto cuya duración supera ampliamente el intervalo de 10–15 años establecido para la categoría de largo plazo del RIAM-M.
B2. Reversibilidad	4	En las superficies de ocupación permanente, recuperar las condiciones físicas previas del suelo requeriría el retiro de las obras y acciones posteriores de rehabilitación, por lo que la recuperación no ocurrirá durante la vida útil del proyecto. Las áreas utilizadas exclusivamente para obras provisionales podrán presentar mayor capacidad de recuperación, pero esta condición no elimina la persistencia del efecto en las superficies de ocupación permanente.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Existe acumulación plausible dentro de las superficies intervenidas, debido a que los efectos de la nivelación y las terracerías podrán ser reforzados por la ocupación y tránsito asociados con las actividades constructivas posteriores. La compactación o modificación producida inicialmente podrá mantenerse o incrementarse cuando una misma superficie sea objeto de intervenciones sucesivas; no obstante, esta condición permanecerá concentrada en las áreas de obra.
B4. Susceptibilidad	3	El suelo presenta sensibilidad local por las funciones que desarrolla como soporte físico de la vegetación, medio para la infiltración y componente de los procesos superficiales y subsuperficiales del predio. La modificación de su estructura, porosidad y grado de compactación puede alterar dichas funciones en los sitios directamente intervenidos, especialmente donde la modificación física sea permanente
Valor de la evaluación (ES)	-28	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 3: Riesgo de contaminación del suelo por residuos y sustancias asociadas con la construcción y operación.	
Factor ambiental impactado:	Suelo / Contaminación por residuos
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Construcción, Operación y mantenimiento
Actividades causantes:	C1. Obras provisionales: habilitación y funcionamiento temporal de almacenes, instalaciones sanitarias, áreas de acopio, servicios y demás áreas de apoyo requeridas durante la construcción. C3. Conformación de las obras: ocupación de las superficies previstas y ejecución de los trabajos requeridos para la disposición y conformación inicial de los diferentes elementos del conjunto. C5. Colocación de losas o plataformas: construcción y montaje de losas, plataformas y demás elementos estructurales. C6. Muros y albañilería: construcción de muros y trabajos de albañilería, incluyendo manejo de materiales y generación de sobrantes. C7. Acabado de las obras: aplicación de recubrimientos, pinturas, tratamientos superficiales y demás acabados. C8. Instalación de red eléctrica, hidráulica y sanitaria: ejecución de zanjas cuando sean requeridas y colocación de tuberías, cableado, conexiones, pozos y demás elementos de las redes. C9. Equipo y mobiliario: transporte, ingreso, montaje, instalación, pruebas y puesta en funcionamiento de equipos y mobiliario.

	O2. PTAR: operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, incluyendo el manejo del efluente tratado, lodos, insumos y equipos asociados
Descripción:	El impacto consistirá en el riesgo de contaminación localizada del suelo por la dispersión, depósito, fuga, derrame o manejo inadecuado de residuos, materiales e insumos utilizados o generados durante la construcción y durante la operación y mantenimiento de la PTAR. Durante la construcción del proyecto se generarán y manejarán materiales y residuos asociados con la habilitación de obras provisionales, conformación de las obras, colocación de losas y plataformas, trabajos de albañilería, aplicación de acabados, instalación de las redes eléctricas, hidráulicas y sanitarias, así como con el montaje y puesta en funcionamiento de equipos. Entre éstos podrán encontrarse sobrantes de materiales de construcción, envases y residuos asociados con pinturas, recubrimientos, solventes, lubricantes y otros productos empleados durante las obras. La posible afectación al suelo estará asociada principalmente con situaciones en las que estos materiales o sustancias sean depositados fuera de las áreas destinadas para su manejo, se dispersen accidentalmente o entren en contacto directo con el terreno como consecuencia de fugas o derrames. En las áreas provisionales de obra, el riesgo estará relacionado particularmente con las actividades de almacenamiento y acopio de materiales e insumos y con el manejo temporal de los residuos generados durante la construcción. Los trabajos de muros y albañilería podrán generar sobrantes de materiales; mientras que durante los acabados se utilizarán pinturas, recubrimientos y tratamientos superficiales; asimismo, la instalación de las redes y el montaje de equipos implicarán el manejo de materiales, insumos y residuos propios de dichas actividades; por ello, los sitios donde éstos sean almacenados, utilizados o manejados constituirán los puntos con mayor posibilidad de contacto accidental con el suelo. Durante la operación del proyecto, una fuente potencial específica estará asociada con el funcionamiento y mantenimiento de la PTAR, particularmente con el manejo de lodos, insumos y equipos vinculados con el proceso de tratamiento. Una fuga, derrame o disposición inadecuada de estos materiales podría producir una afectación localizada del suelo en el área de las instalaciones. El impacto potencial tendrá una expresión puntual y localizada, ya que su manifestación requerirá el contacto efectivo de residuos o sustancias con el terreno; en consecuencia, no se prevé una modificación homogénea de las condiciones del suelo en las 33.355 ha del predio, sino un riesgo concentrado en los sitios donde se almacenen utilice o manejen materiales, residuos e insumos durante la construcción y operación. La relevancia ambiental de una eventual incorporación de contaminantes estará relacionada con las características del suelo y con su participación en los procesos de infiltración. En caso de que una sustancia alcance superficies permeables, su permanencia y posible desplazamiento dependerán de sus características, del volumen involucrado, de la superficie afectada y de las condiciones particulares del sitio donde ocurra el evento. Debe distinguirse, por tanto, entre la generación ordinaria de residuos y la contaminación efectiva del suelo ya que la presencia de residuos, insumos, lodos, pinturas, lubricantes u otros materiales como consecuencia normal de las actividades del proyecto no constituye por sí misma contaminación; ésta se produciría cuando exista liberación, dispersión, derrame o disposición inadecuada que permita su incorporación al terreno. Durante la construcción, el riesgo estará presente en los sitios donde se generen, almacenen o manipulen residuos, materiales e insumos; durante la operación permanecerá asociado particularmente con el manejo de lodos, insumos y demás corrientes vinculadas con la PTAR; si se produce la incorporación efectiva de una

	sustancia al suelo, la duración de la modificación dependerá de sus propiedades fisicoquímicas, concentración, movilidad, persistencia, superficie alcanzada y profundidad a la que pueda incorporarse. En consecuencia, se prevé un impacto adverso, potencial y localizado, condicionado a la ocurrencia efectiva de una liberación, dispersión, fuga, derrame o disposición inadecuada. La afectación podrá permanecer más allá del evento que la origine cuando las sustancias incorporadas presenten movilidad o persistencia en el suelo, y podrá adquirir carácter acumulativo si ocurren aportes sucesivos sobre una misma superficie.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-3	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	El impacto tendrá importancia local, debido a que una eventual contaminación se manifestaría inicialmente en los sitios específicos donde ocurriera la dispersión, depósito, fuga o derrame de residuos o sustancias. Las fuentes potenciales se encontrarán dentro de las superficies de obra y, durante la operación, principalmente asociadas con el funcionamiento y mantenimiento de la PTAR.
A2: Magnitud	-1	Se considera un cambio negativo respecto de la condición actual, pero de magnitud limitada debido a que la generación o manejo de residuos e insumos no representa por sí misma contaminación del suelo. El efecto requerirá un evento de manejo inadecuado, derrame, fuga o disposición incorrecta y su magnitud dependerá de la cantidad, naturaleza y extensión del material involucrado. Por ello no resulta técnicamente procedente valorar como si existiera una contaminación continua o generalizada del predio.
B1: Permanencia	3	La recuperación de las propiedades originales del suelo no sería necesariamente inmediata una vez que cese la incorporación del contaminante. Su reversibilidad dependerá de la persistencia, movilidad, degradabilidad y profundidad alcanzada por la sustancia, así como de los procesos naturales de degradación, dispersión y recuperación del suelo.
B2. Reversibilidad	3	Una contaminación localizada podrá ser atendida mediante retiro del material, limpieza, saneamiento o, dependiendo de la sustancia involucrada, retiro del suelo afectado; sin embargo, la recuperación no necesariamente será inmediata ni ocurrirá únicamente mediante procesos naturales. La reversibilidad dependerá de la naturaleza y cantidad del contaminante y de la oportunidad con que sea atendido el evento.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Existe potencial de acumulación si se produjeran eventos sucesivos de disposición, dispersión o derrame sobre una misma superficie o si permanecieran residuos sin ser retirados. Asimismo, la presencia simultánea de diferentes materiales o sustancias podría incrementar la complejidad de la afectación; sin embargo, esta condición dependerá de que efectivamente ocurran eventos de manejo inadecuado.
B4. Susceptibilidad	3	El suelo presenta sensibilidad local debido a su participación en los procesos de infiltración del predio. La incorporación de sustancias contaminantes puede modificar directamente sus propiedades y, dependiendo de la movilidad del compuesto, favorecer su desplazamiento hacia estratos inferiores, por lo que corresponde considerarlo un receptor ambientalmente sensible a escala local.

Valor de la evaluación (ES)	-12	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 4: Modificación temporal de la calidad del aire por emisión de partículas suspendidas y gases de combustión.	
Factor ambiental impactado:	Aire / Calidad
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio y Construcción.
Actividades causantes:	P4. Nivelación: ajuste de cotas y acondicionamiento de las superficies de intervención mediante corte, relleno, nivelación y compactación. C1. Obras provisionales: habilitación y funcionamiento temporal de almacenes, instalaciones sanitarias, áreas de acopio, servicios y áreas de apoyo. C2. Terracerías (nivelación y excavación): excavación, nivelación y movimiento de materiales, así como circulación de maquinaria y vehículos. C5. Colocación de losas o plataformas: construcción y montaje de losas, plataformas y demás elementos estructurales. C9. Equipo y mobiliario: transporte, ingreso, montaje, instalación, pruebas y puesta en funcionamiento de los equipos y mobiliario requeridos para la operación del proyecto.
Descripción:	Durante la preparación del sitio y construcción del proyecto se producirá una modificación temporal y localizada de la calidad del aire, asociada principalmente con la generación de partículas suspendidas y con las emisiones de gases de combustión derivadas de la operación y circulación de maquinaria y vehículos. La nivelación y las terracerías constituirán las principales actividades relacionadas con la generación de partículas, debido al corte, relleno, excavación, nivelación, compactación y movimiento de materiales. La manipulación de materiales sueltos y el tránsito de maquinaria y vehículos sobre las superficies de trabajo podrán favorecer la resuspensión de partículas, particularmente durante periodos secos y en los frentes donde exista mayor movimiento de materiales. Las variables relevantes para la intensidad de estas emisiones serán la superficie temporalmente expuesta, la frecuencia de tránsito y acarreo, el número de equipos operando y las condiciones meteorológicas existentes durante los trabajos. Las obras provisionales también generarán emisiones asociadas con el ingreso y circulación de vehículos, funcionamiento de equipos y manejo de materiales requeridos para las actividades constructivas; posteriormente, durante la colocación de losas o plataformas y la instalación de equipo y mobiliario, las emisiones estarán relacionadas principalmente con el transporte, ingreso, montaje y utilización de vehículos, maquinaria y equipos necesarios para estas labores. De manera simultánea, el funcionamiento de motores de combustión interna generará emisiones atmosféricas durante los periodos de operación de vehículos, maquinaria y equipos; por ello, la modificación de la calidad del aire presentará dos mecanismos principales: la generación y resuspensión de partículas por la intervención y tránsito sobre las superficies de trabajo, y la emisión de gases de combustión por fuentes móviles utilizadas durante las obras. La manifestación del impacto será discontinua y estará vinculada con los frentes activos de trabajo, por lo que su intensidad variará conforme avance la construcción. Los mayores niveles de emisión se presentarán durante los periodos en los que coincidan actividades de nivelación, excavación, movimiento de materiales y circulación de maquinaria; en cambio, disminuirán cuando concluyan estos trabajos o se reduzca la actividad de los frentes constructivos. La afectación no se presentará homogéneamente sobre las 33.355 ha del predio, sino principalmente en las superficies donde se desarrollen las actividades constructivas y

	en sus inmediaciones. Asimismo, las fuentes asociadas con estas actividades serán predominantemente móviles y temporales, por lo que su ubicación cambiará conforme avance la ejecución de las obras. Esta condición coincide con la caracterización ambiental establecida para el proyecto, en la que las emisiones de la preparación y construcción se reconocen principalmente como temporales y vinculadas con los frentes de obra. Una vez que cesen las actividades que originan las emisiones, la concentración de partículas suspendidas y gases de combustión tenderá a disminuir mediante los procesos naturales de dispersión atmosférica; por ello, el efecto no implicará una modificación permanente de la calidad del aire del predio, sino una alteración adversa, localizada, intermitente y temporal, asociada directamente con la intensidad y duración de las actividades constructivas.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-4	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	El impacto tendrá importancia local, ya que las emisiones se originarán principalmente en los frentes activos de trabajo y sus inmediaciones, desplazándose conforme avance la construcción.
A2: Magnitud	-1	Se producirá un cambio negativo en la calidad del aire por el incremento temporal de partículas suspendidas y gases de combustión; sin embargo, las fuentes serán predominantemente móviles, discontinuas y asociadas con actividades específicas de construcción, sin que se prevea una modificación permanente de la condición atmosférica del predio.
B1: Permanencia	2	Las emisiones ocurrirán mientras se desarrollen las actividades que las generan, pero cada episodio estará asociado con periodos concretos de trabajo y con frentes constructivos móviles. Aunque la preparación y construcción se desarrollen durante un periodo mayor, la alteración de la calidad del aire en un sitio determinado no permanecerá durante toda la etapa, sino durante los periodos de operación de las fuentes.
B2. Reversibilidad	2	Una vez suspendida la actividad generadora, las partículas y gases tenderán a dispersarse en periodos relativamente cortos mediante los procesos naturales de circulación y renovación del aire, por lo que se considera un efecto de rápida recuperación.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Podrán presentarse incrementos temporales de las concentraciones cuando coincidan espacial y temporalmente varias fuentes, por ejemplo, movimiento de materiales, tránsito de vehículos y funcionamiento simultáneo de maquinaria. Esta acumulación será posible mientras las fuentes operen de manera concurrente, pero disminuirá al cesar las actividades.
B4. Susceptibilidad	2	El receptor atmosférico se considera estable frente a este tipo de emisiones temporales y localizadas, debido a su capacidad natural de dispersión. La intensidad del efecto dependerá de las condiciones meteorológicas, número y tipo de fuentes y duración de su operación.
Valor de la evaluación (ES)	-9	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 5: Incremento temporal de los niveles de ruido por la operación de maquinaria, vehículos y equipos durante las obras.	
Factor ambiental impactado:	Aire/Confort sonoro
Tipo de impacto:	Adverso

Etapas del proyecto:	Preparación del sitio y Construcción
Actividades causantes:	P4. Nivelación: ajuste de cotas y acondicionamiento de las superficies de intervención mediante corte, relleno, nivelación y compactación. C1. Obras provisionales: habilitación y funcionamiento temporal de almacenes, instalaciones sanitarias, áreas de acopio, servicios y demás áreas de apoyo. C2. Terracerías (nivelación y excavación): excavación, nivelación y movimiento de materiales, así como circulación de maquinaria y vehículos. C4. Cimentación, pilas y pilotes: ejecución de cimentaciones y perforación, colocación o hincado de pilas y pilotes, incluyendo los apoyos puntuales requeridos para las estructuras elevadas. C9. Equipo y mobiliario: transporte, ingreso, montaje, instalación, pruebas y puesta en funcionamiento del equipo y mobiliario requerido para la operación del proyecto.
Descripción:	Durante la preparación del sitio y construcción del proyecto se producirá un incremento temporal de los niveles de ruido como consecuencia del funcionamiento de maquinaria, vehículos, equipos y herramientas requeridos para la nivelación, terracerías, cimentaciones, instalación de pilas y pilotes, así como para el transporte, montaje y puesta en funcionamiento de equipos. Durante la nivelación y las terracerías, las principales fuentes estarán asociadas con la maquinaria utilizada para corte, relleno, excavación, movimiento y compactación de materiales, además del tránsito de los vehículos vinculados con estos trabajos. En las obras provisionales, el ruido derivará principalmente del ingreso y salida de vehículos, movimiento de materiales y funcionamiento de los equipos requeridos para las actividades de apoyo. La cimentación y la instalación de pilas y pilotes constituirán una fuente puntual de especial relevancia dentro de este impacto por lo que dependiendo del procedimiento constructivo aplicable a cada estructura, la perforación, colocación o hincado de estos elementos producirá eventos sonoros de mayor intensidad que los asociados con actividades ordinarias de tránsito o manejo de materiales; no obstante, estas emisiones se concentrarán en los puntos donde se ejecuten los apoyos y cesarán conforme concluya su instalación. Esta condición es particularmente relevante debido a que el proyecto contempla estructuras elevadas soportadas mediante pilas o pilotes de contacto puntual, en consecuencia, la generación de ruido vinculada con su instalación se desplazará conforme avance la ejecución de los apoyos, en lugar de constituir una fuente fija y continua durante toda la construcción. Durante la instalación de equipo y mobiliario, las emisiones sonoras estarán relacionadas principalmente con el transporte, ingreso, montaje, instalación, pruebas y puesta en funcionamiento de los equipos requeridos para la posterior operación del desarrollo. La perturbación acústica se concentrará principalmente en los frentes activos de trabajo y sus inmediaciones, y su intensidad dependerá del tipo y número de equipos que funcionen simultáneamente, de la duración de su operación, de la distancia respecto de los receptores y de las características particulares de cada actividad. El incremento de ruido tampoco se producirá simultáneamente sobre las 33.355 ha del predio. Las fuentes se desplazarán conforme avance la ejecución de las obras, de manera que la modificación del ambiente sonoro será predominantemente localizada, intermitente y temporal; presentándose la mayor intensidad cuando coincidan varias fuentes en un mismo frente de trabajo o durante actividades específicas como las cimentaciones y la instalación de pilas o pilotes. Una vez que cesen las actividades constructivas en cada frente, desaparecerán las fuentes que originan esta modificación, permitiendo el restablecimiento de las

	condiciones sonoras del sitio. Por ello, el impacto no representará una modificación permanente del ambiente acústico del predio, sino una alteración adversa de carácter temporal, localizada y variable, directamente asociada con la intensidad y duración de las actividades constructivas.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-5	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	El impacto tendrá importancia local, debido a que el incremento de ruido se concentrará en los frentes activos de trabajo y sus inmediaciones, desplazándose conforme avance la construcción.
A2: Magnitud	-2	Se prevé un cambio negativo significativo en las condiciones sonoras locales durante los periodos de operación de maquinaria y equipos. Particularmente, las actividades de cimentación y colocación o hincado de pilas y pilotes podrán producir eventos sonoros de mayor intensidad que las actividades ordinarias de obra. El efecto, sin embargo, permanecerá espacial y temporalmente asociado con los frentes activos.
B1: Permanencia	2	Aunque la ejecución general de las obras abarque un periodo mayor, los eventos de ruido se producirán mientras se encuentre operando cada fuente y no permanecerán una vez suspendida la actividad. Los frentes de trabajo y las fuentes se desplazarán conforme avance la construcción, por lo que la alteración acústica de un punto determinado tendrá duración corta respecto de la vida útil del proyecto.
B2. Reversibilidad	2	El efecto será de recuperación rápida, ya que al cesar el funcionamiento de maquinaria, vehículos, herramientas o equipos desaparecerá la fuente emisora y se restablecerán las condiciones sonoras del sitio, sin requerirse un proceso prolongado de recuperación ambiental.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Podrá existir superposición temporal de emisiones sonoras cuando funcionen simultáneamente maquinaria, vehículos y equipos en un mismo frente o en frentes próximos, incrementando temporalmente el nivel de ruido respecto del generado por una fuente individual. Esta condición cesará al reducirse o finalizar la operación concurrente de las fuentes.
B4. Susceptibilidad	3	Se reconoce sensibilidad local debido a que el ruido generado durante las obras podrá modificar temporalmente las condiciones acústicas de los espacios naturales conservados contiguos a las superficies de intervención y constituir un estímulo perturbador para la fauna presente en el predio.

Valor de la evaluación (ES)	-20	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 6: Presión temporal sobre la disponibilidad de agua por la demanda asociada con la etapa de construcción.	
Factor ambiental impactado:	Agua / Disponibilidad
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Construcción
Actividades causantes:	C3. Conformación de las obras: ocupación y conformación inicial de los elementos del proyecto. C5. Colocación de losas o plataformas:

	construcción y montaje de losas, plataformas y demás elementos estructurales. C6. Muros y albañilería: construcción de muros y trabajos de albañilería. C7. Acabado de las obras: colocación de recubrimientos, pinturas, tratamientos superficiales y acabados. C8. Instalación de red eléctrica, hidráulica y sanitaria: instalación de tuberías, conexiones, pozos y demás elementos de las redes. C10. Paisajismo: acondicionamiento paisajístico, revegetación y mantenimiento inicial.
Descripción:	Durante la construcción del proyecto se requerirá agua para los diferentes procesos asociados con la conformación de las obras, colocación de losas y plataformas, trabajos de muros y albañilería, acabados, instalación de redes eléctrica, hidráulica y sanitaria, así como para el establecimiento inicial de las superficies destinadas al paisajismo. La demanda será variable y estará directamente relacionada con el avance de los frentes de trabajo, el tipo de actividad ejecutada y la intensidad de las labores constructivas. Para el suministro en obra se contempla el empleo de camiones-pipa, por lo que el impacto que se evalúa corresponde a la demanda adicional de recurso hídrico generada durante esta etapa, independientemente del punto autorizado del que proceda el abastecimiento. A diferencia de la demanda operativa permanente del desarrollo, el requerimiento de construcción estará asociado exclusivamente con la ejecución de las obras y disminuirá al concluir las actividades que requieran consumo de agua; por ello, el impacto se manifestará como una presión temporal sobre la disponibilidad del recurso vinculada con los volúmenes utilizados durante la etapa constructiva. En términos ambientales, se prevé un impacto adverso, directo, temporal y de alcance local, cuya magnitud dependerá de los volúmenes efectivamente requeridos y de la coincidencia temporal de actividades con demanda de agua.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-6	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	La demanda será atribuible a las actividades constructivas del proyecto y tendrá expresión predominantemente local durante la ejecución de las obras.
A2: Magnitud	-1	La construcción generará una demanda adicional de agua respecto de la condición actual. El consumo será variable, estará asociado con actividades específicas de obra y cesará cuando concluyan los trabajos que requieran el recurso, por lo que se considera un cambio adverso de magnitud limitada.
B1: Permanencia	3	La demanda podrá presentarse de forma intermitente durante el periodo de ejecución de las obras. Su duración se encuentra dentro del intervalo de 1 a 10 años establecido por el método para los efectos de mediano término y concluirá con las actividades constructivas que requieren este suministro.
B2. Reversibilidad	2	La presión adicional atribuible al proyecto cesará rápidamente al finalizar las actividades constructivas que demandan agua. No se prevé una modificación física permanente del recurso hídrico dentro del predio como consecuencia de este abastecimiento.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Los requerimientos de agua de las distintas actividades constructivas se sucederán durante la ejecución del proyecto y podrán coincidir temporalmente en determinados frentes, por lo que los volúmenes demandados se acumularán durante la etapa de construcción.

B4. Susceptibilidad	3	El requerimiento de agua durante la construcción será cubierto mediante abastecimiento externo por camión-pipa, sin extracción del agua subterránea del predio ni utilización de la red municipal. Por ello, la demanda temporal de las obras no ejercerá presión directa sobre el sistema hídrico local del predio del proyecto. Asimismo, el desarrollo escalonado de los trabajos distribuirá temporalmente los consumos, evitando concentrar de manera continua la demanda en un solo periodo o frente de obra.

Valor de la evaluación (ES)	-11	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 7: Presión sobre la disponibilidad de agua subterránea por la captación de agua salobre para la operación de la POI.	
Factor ambiental impactado:	Agua / Disponibilidad
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Operación y mantenimiento.
Actividades causantes:	O3. POI: operación y mantenimiento del sistema de ósmosis inversa, incluyendo captación, pretratamiento, proceso de ósmosis, producción de agua, manejo de la corriente de rechazo y actividades de limpieza y mantenimiento de los equipos.
Descripción:	Durante la operación del proyecto, el abastecimiento de agua requerido para el funcionamiento de los componentes turísticos, residenciales y de servicios se realizará mediante una Planta de Ósmosis Inversa (POI) que utilizará agua salobre captada del subsuelo. La operación de este sistema generará una presión extractiva sobre la disponibilidad del agua subterránea, debido a que requerirá mantener la captación mientras exista demanda de agua para el funcionamiento del desarrollo. Para el proyecto, en su conjunto, se estima una demanda de agua de suministro de 178894.28 m3 anuales, para lo que se requerirá un aprovechamiento aproximado de agua salobre de 418870.71 m3 anuales de agua salobre, volumen que será objeto de las concesiones respectivas. Como referencia para dimensionar la extracción, el proyecto se ubica en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Península de Yucatán (3105), para la cual se reporta un volumen disponible para nuevas concesiones de 2,059,634,923 m3 anuales para otorgar nuevas concesiones. Y, el volumen de aprovechamiento requerido para el proyecto representa el 0.020% de la disponibilidad media anual destinada a nuevas concesiones en el Acuífero Península de Yucatán Esta relación proporciona un contexto regional de la extracción, pero no elimina la presión local que producirá el bombeo en el entorno hidrogeológico del pozo. El impacto adverso estará constituido por la extracción recurrente de agua salobre del subsuelo para alimentar la POI. Su expresión dependerá del volumen efectivamente bombeado, de la continuidad temporal de la captación y de la respuesta del horizonte salobre y de los materiales fracturados y conductos de disolución presentes en el subsuelo del predio. En términos ambientales, se prevé un impacto adverso, directo, de larga duración y localizado principalmente en el medio subterráneo asociado con el pozo de aprovechamiento. La captación no representa por sí misma una disminución generalizada del agua subterránea de toda la unidad hidrogeológica, pero sí constituye

	una presión extractiva continua que permanecerá mientras opere el sistema de abastecimiento.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-7	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	2	La condición evaluada corresponde a la disponibilidad de agua subterránea integrada a una unidad hidrogeológica que excede los límites del predio. Aunque la captación del proyecto será puntual, el recurso receptor forma parte de un sistema hidrogeológico de alcance superior al estrictamente local.
A2: Magnitud	-1	La captación de 1,147.59 m^3/día constituirá una extracción efectiva del agua subterránea. El aprovechamiento se dirigirá a un horizonte salobre diferenciado y el volumen anual representa aproximadamente el 0.020 % de la disponibilidad reportada para la unidad hidrogeológica; por ello, la afectación se considera adversa, pero de magnitud limitada en relación con la escala del recurso, sin desconocer la presión local asociada con el bombeo.
B1: Permanencia	4	La captación se mantendrá durante la vida operativa de la POI y, por tanto, tendrá una duración superior al umbral de 10–15 años considerado por RIAM-M para los efectos de largo plazo.
B2. Reversibilidad	3	Al cesar la extracción desaparecerá la presión directa generada por el bombeo; sin embargo, la recuperación de cualquier modificación asociada con una extracción prolongada dependerá de los procesos naturales de recarga y circulación subterránea. Por ello, se considera reversible, pero no se presupone una recuperación inmediata.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	La extracción será recurrente durante la operación y su efecto se acumulará temporalmente por la continuidad del bombeo. Asimismo, al formar parte de una unidad hidrogeológica de mayor extensión, podrá coexistir con otros aprovechamientos del recurso; por ello se reconoce un efecto acumulativo plausible, sin atribuirle una condición sinérgica máxima.
B4. Susceptibilidad	3	El agua subterránea presenta sensibilidad local debido a las condiciones hidrogeológicas particulares del predio, caracterizadas por un subsuelo calcáreo con fracturas y rasgos de disolución que permiten la circulación del agua hacia la Laguna de Bacalar. La captación para la POI se realizará sobre un horizonte salobre diferenciado, por lo que la susceptibilidad se concentra en el entorno hidrogeológico asociado al pozo de aprovechamiento. Por su alcance predominantemente local, corresponde asignar un valor de 3 y no una categoría de sensibilidad regional o nacional

Valor de la evaluación (ES)	-26	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 8: Contribución al mantenimiento de la disponibilidad hídrica mediante la conservación funcional de superficies permeables.	
Factor ambiental impactado:	Agua / Disponibilidad
Tipo de impacto:	Benéfico
Etapas del proyecto:	Operación y mantenimiento.

Actividades causantes:	O1. Áreas permeables: conservación funcional, limpieza y mantenimiento de las superficies permeables y drenantes previstas como parte del diseño del proyecto.
Descripción:	Durante la operación del proyecto se mantendrá una proporción mayoritaria del predio bajo condiciones que permitirán la infiltración del agua pluvial. El proyecto contempla 31.986 ha de superficies permeables, equivalentes al 95.894 % de la superficie total del predio, de las cuales 26.710 ha corresponden a conservación-rehabilitación; el resto incluye áreas jardinadas, senderos, superficies con materiales permeables y componentes elevados o de contacto puntual. El beneficio estará asociado no solamente con la existencia física de estas superficies, sino con su conservación funcional durante la operación; donde las actividades de limpieza y mantenimiento permitirán evitar o reducir procesos de obstrucción superficial, acumulación de sedimentos, compactación localizada o deterioro de los materiales drenantes que pudieran disminuir progresivamente su capacidad para recibir e infiltrar el agua de lluvia. La distribución de las superficies permeables permitirá que la precipitación que incida sobre la mayor parte del terreno continúe incorporándose al suelo de manera distribuida; además, cuando la intensidad de la lluvia exceda temporalmente la capacidad inmediata de infiltración, el agua continuará desplazándose conforme a la microtopografía natural del predio, mediante escurrimiento laminar o difuso hacia las zonas de menor elevación. Este funcionamiento será particularmente relevante porque las condiciones de infiltración dentro del predio del proyecto no son homogéneas, ya que éste presenta diferencias topográficas y características del subsuelo que determinan variaciones espaciales en la incorporación y circulación del agua; por ello, mantener distribuidas las superficies permeables permitirá conservar múltiples puntos de entrada de la precipitación al terreno, en lugar de concentrar el manejo pluvial exclusivamente en obras puntuales. La conservación de estas condiciones contribuirá a mantener los procesos locales de infiltración y recarga asociados con el balance hídrico del predio, favoreciendo que una proporción importante de la precipitación continúe reincorporándose al medio subterráneo durante la vida operativa del desarrollo; esta función será complementaria al manejo del agua previsto para el proyecto, ya que permitirá conservar una vía natural de incorporación de agua al subsuelo mientras el proyecto mantenga actividades de abastecimiento, tratamiento y reúso. El efecto benéfico no se interpreta como un incremento cuantificado de las reservas de agua subterránea ni como una compensación equivalente al volumen captado por la POI y el posterior reúso de las aguas tratadas de la PTAR; su expresión ambiental consistirá en conservar la capacidad funcional del terreno para recibir e infiltrar agua pluvial y, con ello, evitar una pérdida adicional de la función de recarga que pudiera producirse si las superficies fueran impermeabilizadas, obstruidas o perdieran progresivamente su capacidad drenante. En términos de su caracterización ambiental, se prevé un impacto benéfico, de alcance local, de larga duración, recurrente durante la operación y con efecto acumulativo dentro del predio, debido a que la conservación funcional de las distintas superficies permeables actuará de manera conjunta sobre 31.986 ha (95.89%) del predio. Su magnitud será favorable pero acotada, ya que contribuirá al mantenimiento de los procesos de infiltración y disponibilidad hídrica local, sin representar por sí misma un incremento general de la disponibilidad del agua subterránea ni eliminar la presión extractiva asociada con la operación de la POI.
Descripción para evaluación RIAM modificado	
Componente de evaluación (código)	FQ-8

Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	El beneficio tendrá un alcance predominantemente local, al manifestarse directamente en las superficies permeables distribuidas dentro del predio del proyecto y en los procesos de infiltración asociados con ellas.
A2: Magnitud	1	La conservación funcional de 31.986 ha permeables favorecerá el mantenimiento de la infiltración pluvial y reducirá la pérdida progresiva de esta función durante la operación. Se considera una mejora favorable pero limitada, ya que no equivale a un incremento cuantificado del almacenamiento subterráneo ni neutraliza la extracción requerida para la POI.
B1: Permanencia	4	El beneficio se mantendrá mientras las superficies permeables conserven su funcionalidad durante la vida operativa del proyecto. Al formar parte permanente del diseño y mantenimiento del proyecto, su duración será superior al intervalo de 10–15 años considerado para efectos de largo plazo.
B2. Reversibilidad	2	La pérdida localizada de capacidad permeable ocasionada por acumulación de sedimentos, obstrucción superficial o deterioro de materiales drenantes podrá corregirse mediante limpieza, mantenimiento y acondicionamiento de las superficies, permitiendo recuperar su funcionamiento en periodos relativamente cortos.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El beneficio tendrá un carácter acumulativo dentro del predio, debido a que la infiltración será favorecida de manera distribuida por las diferentes áreas de conservación, superficies con materiales permeables, jardines, senderos y zonas asociadas con estructuras elevadas. La acción conjunta de estas superficies permitirá mantener una extensa área funcional para la incorporación de agua pluvial al terreno.
B4. Susceptibilidad	3	La infiltración constituye una función ambiental relevante a escala del predio debido a las condiciones hidrogeológicas locales y a la circulación del agua subterránea hacia las zonas de menor elevación. La conservación de superficies permeables adquiere, por ello, importancia para mantener esta función hídrica local durante la operación del proyecto.
Valor de la evaluación (ES)	+12	Valor alfabético	+A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 9: Fortalecimiento de la disponibilidad de agua para el abastecimiento del desarrollo mediante producción propia, reúso y eficiencia hídrica.	
Factor ambiental impactado:	Agua / Disponibilidad
Tipo de impacto:	Benéfico
Etapas del proyecto:	Operación y mantenimiento.
Actividades causantes:	O4. Actividad turística y suburbana: ocupación y funcionamiento del conjunto, incluyendo presencia y movilidad de usuarios y personal, consumo de recursos, generación de residuos, iluminación, utilización de las instalaciones y actividades ordinarias de mantenimiento.
Descripción:	Durante la operación del proyecto, el funcionamiento del proyecto generará una demanda total estimada de 490.12 m³/día de agua, equivalente a 178,894.28 m³/año. Para satisfacer esta demanda, el proyecto contará con un esquema propio de abastecimiento y manejo hídrico que integrará la producción de agua mediante ósmosis

	inversa, el reúso de agua residual tratada y medidas destinadas a disminuir consumos y pérdidas. La producción mediante ósmosis inversa utilizará agua salobre del subsuelo, orientando el aprovechamiento hacia un horizonte diferenciado del agua dulce somera; de esta manera, la actividad turística y suburbana dispondrá de una fuente propia de producción de agua para atender sus requerimientos operativos, sin depender del suministro de la red municipal y reduciendo la presión directa que representaría satisfacer la misma demanda mediante agua dulce somera. El esquema de abastecimiento se complementará con el tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas por el propio desarrollo. El agua tratada se destinará a usos compatibles, principalmente riego de áreas verdes y limpieza de áreas exteriores, permitiendo sustituir agua potable en actividades que no requieren esa calidad y reincorporar parte del recurso utilizado al ciclo operativo del proyecto. Asimismo, durante la operación se incorporarán muebles ahorradores, sistemas hidroneumáticos para una presurización eficiente, redes sectorizadas, recirculación y tratamiento del agua de albercas y almacenamiento diferenciado de agua cruda, purificada y tratada; estas acciones permitirán reducir pérdidas, evitar consumos innecesarios de agua potable y asignar cada corriente a los usos compatibles con su calidad. El efecto favorable sobre la disponibilidad derivará, por tanto, de la capacidad del propio desarrollo para producir, tratar, reutilizar y administrar el agua necesaria para su funcionamiento. La disponibilidad para los usuarios no dependerá exclusivamente de la incorporación continua de agua potable de una fuente externa, sino de un sistema integrado en el que el agua salobre será transformada en agua apta para abastecimiento y una fracción del agua utilizada será tratada y aprovechada nuevamente. Este beneficio deberá diferenciarse de la presión extractiva analizada para la operación de la POI. La captación de agua salobre constituye un efecto adverso sobre la disponibilidad del recurso subterráneo; sin embargo, una vez incorporada al sistema de abastecimiento, la producción de agua y el reúso generan un efecto favorable sobre la disponibilidad funcional del recurso para atender la demanda turística y suburbana, al proporcionar un suministro propio y reducir la proporción de agua nueva necesaria para determinadas actividades. La magnitud de este beneficio estará vinculada con el balance hídrico operativo del proyecto. La generación de 490.12 m^3/día de agua potable, complementada con 20.86 m^3/día de reúso, permitirá cubrir la demanda del proyecto, de modo que el esquema previsto mantendrá correspondencia entre la demanda calculada y la capacidad de abastecimiento considerada para el funcionamiento del desarrollo. En términos de su caracterización ambiental, se prevé un impacto benéfico, de alcance local, de larga duración, recurrente durante la operación y con efecto acumulativo favorable, debido a que la producción de agua mediante la POI, el reúso del agua tratada y las medidas de eficiencia operarán conjuntamente durante la vida útil del proyecto. El beneficio se manifestará principalmente en la disponibilidad funcional de agua para atender las necesidades del conjunto y en la reducción de la demanda de agua de primer uso, sin que ello deba interpretarse como un incremento de la disponibilidad natural del agua subterránea.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-9	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	El beneficio tendrá un alcance predominantemente local, ya que se manifestará directamente en el abastecimiento y manejo del agua

		requerido para la operación de los componentes turísticos, residenciales y de servicios del proyecto.
A2: Magnitud	2	El esquema representará un mejoramiento significativo de la disponibilidad funcional de agua para la operación del desarrollo, al disponer de producción propia mediante POI, complementar el abastecimiento con reúso y sustituir agua potable en actividades que pueden ser atendidas con agua tratada. La producción neta de 490.12 m^3/día y el reúso de 20.86 m^3/día permitirán cubrir conjuntamente la demanda de alimentación de 1,089.16 m^3/día.
B1: Permanencia	4	El beneficio se mantendrá durante la operación del desarrollo mientras permanezcan en funcionamiento los sistemas de producción, tratamiento, reúso y distribución de agua; por tanto, tendrá una duración superior al intervalo de 10–15 años correspondiente a los efectos de largo plazo.
B2. Reversibilidad	2	El beneficio dependerá directamente del funcionamiento de los sistemas de abastecimiento y reúso. En caso de cesar su operación, la mejora en la disponibilidad funcional proporcionada por éstos también desaparecería en un periodo corto, por lo que corresponde a una condición reversible.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El efecto favorable resultará de la acción conjunta y recurrente de varias estrategias de manejo hídrico: producción de agua mediante POI, reúso del efluente tratado, sectorización de redes, equipos ahorradores y recirculación de agua en determinados servicios. La combinación de estas acciones reducirá progresivamente la necesidad de destinar agua de primer uso a actividades que pueden cubrirse mediante reúso y eficiencia.
B4. Susceptibilidad	3	La disponibilidad de agua constituye una condición de importancia local para el funcionamiento sostenido del desarrollo. La incorporación de fuentes propias de abastecimiento, reúso y medidas de eficiencia permite atender esta sensibilidad mediante un esquema que reduce la dependencia de agua dulce de primer uso y distribuye el recurso conforme a la calidad requerida para cada uso.

Valor de la evaluación (ES)	+ 24	Valor alfabético	+A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 10: Riesgo temporal de alteración de la calidad del agua por el manejo de aguas sanitarias, materiales e insumos en las áreas provisionales de obra.	
Factor ambiental impactado:	Agua / Calidad
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Construcción
Actividades causantes:	C1. Obras provisionales: habilitación y funcionamiento temporal de almacenes, instalaciones sanitarias, áreas de acopio, servicios y demás áreas de apoyo requeridas durante la construcción.
Descripción:	Durante la construcción, el funcionamiento de las áreas provisionales de obra generará aguas sanitarias, residuos, materiales finos y diferentes insumos líquidos y sólidos asociados con el personal y las actividades auxiliares. Una fuga, derrame, pérdida de contención, dispersión de residuos o arrastre por precipitación podrá incorporar estas sustancias al terreno y, posteriormente, alcanzar el agua mediante infiltración o escurrimiento.

	El mecanismo de afectación será particularmente relevante en superficies permeables, donde una sustancia liberada podrá desplazarse verticalmente hacia el subsuelo, así como en aquellos sitios donde el escurrimiento superficial pueda transportar partículas, residuos o líquidos hacia zonas de menor elevación. La naturaleza del efecto dependerá del tipo de material involucrado: las aguas sanitarias podrán aportar materia orgánica, nutrientes y microorganismos, mientras que determinados insumos de obra podrán modificar parámetros fisicoquímicos del agua. La afectación tendrá inicialmente una expresión localizada en el punto de liberación y en su trayectoria inmediata de infiltración o arrastre; su duración dependerá del volumen liberado, las propiedades de la sustancia y su movilidad y persistencia en el medio, por lo que la alteración podrá permanecer después de concluido el evento que la origine. En términos ambientales, se prevé un impacto adverso, potencial, localizado y temporal, asociado con la incorporación accidental de aguas sanitarias, residuos, materiales o sustancias al medio hídrico durante el funcionamiento de las áreas provisionales. Podrá adquirir carácter acumulativo cuando ocurran liberaciones sucesivas sobre una misma superficie o hacia una misma trayectoria de infiltración o escurrimiento.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-10	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	La afectación tendría un alcance local, concentrado en el sitio donde ocurriera una fuga, derrame, pérdida de contención o arrastre desde las áreas provisionales y en las superficies inmediatas vinculadas con su posible infiltración o escurrimiento.
A2: Magnitud	-2	La incorporación efectiva de aguas sanitarias, residuos, materiales finos o sustancias utilizadas durante las obras podrá producir una modificación significativa de la calidad del agua en el sitio afectado, especialmente cuando la liberación ocurra sobre superficies permeables. La modificación será localizada y contingente, pero podrá involucrar parámetros físicos, químicos o microbiológicos del agua
B1: Permanencia	2	La fuente corresponderá a eventos puntuales asociados con actividades temporales de construcción y no a una descarga continua. La alteración podrá persistir después del evento que la origine, pero su manifestación inicial será de corto plazo y localizada.
B2. Reversibilidad	3	Una vez que cese la incorporación de la sustancia, la recuperación dependerá de su concentración, movilidad, persistencia y de los procesos naturales de dilución, dispersión, degradación y circulación del agua. Por ello, no se presupone una recuperación inmediata de la condición afectada.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El efecto podrá adquirir carácter acumulativo si se presentan liberaciones sucesivas de aguas sanitarias, materiales, sustancias o residuos en una misma superficie antes de que se complete su recuperación. Asimismo, la coincidencia de más de una fuente en las áreas de apoyo podría incrementar temporalmente la carga incorporada al terreno; por ello, se reconoce una acumulación potencial, aunque no permanente.
B4. Susceptibilidad	3	El receptor presenta sensibilidad local debido a la elevada proporción de superficies permeables del predio y a la posibilidad de que sustancias liberadas sobre éstas se incorporen al terreno mediante infiltración. Esta condición hace necesario mantener la

		contención de las aguas sanitarias, materiales, residuos y líquidos generados en las áreas provisionales.	
Valor de la evaluación (ES)	-22	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 11: Modificación localizada de la calidad del agua subterránea por el manejo y disposición de la corriente de rechazo de la POI.	
Factor ambiental impactado:	Agua / Calidad
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Operación y mantenimiento
Actividades causantes:	O3. POI: operación y mantenimiento del sistema de ósmosis inversa, incluyendo captación, pretratamiento, proceso de ósmosis, producción de agua, manejo de la corriente de rechazo y actividades de limpieza y mantenimiento de los equipos.
Descripción:	Durante la operación de la Planta de Ósmosis Inversa, el proceso de separación de sales producirá una corriente de rechazo con una concentración de sólidos disueltos mayor que la del agua de alimentación. Para el escenario operativo considerado, la POI recibirá 1,147.59 m^3/día, de la que para alimentación y lavados son 29.76 m3/día por lo que 1,089.16 m^3/día es para en las membranas, producirá y de agua producto 490.12 m^3/día, con un agua de rechazo de agua salobre de 599.04 m^3/día, además de las corrientes asociadas con los lavados del sistema. El proceso concentra en la corriente de rechazo la mayor parte de agua salobre presentes de la alimentación. Los cálculos incorporados para el sistema indican que, con una recuperación del 45%, la concentración del rechazo será aproximadamente 1.81 veces la concentración del agua de entrada, por lo que esta corriente tendrá características fisicoquímicas distintas a las del agua captada originalmente. El rechazo no será incorporado a las redes pluvial o sanitaria del proyecto, sino que será manejado mediante conducción independiente hacia la infraestructura prevista para su disposición, conformada por un pozo de rechazo con profundidad total aproximada de 60 m, con aislamiento de los primeros 45 m mediante tubería y sello, y un intervalo receptor entre aproximadamente 45 y 60 m, con el propósito de mantener separada esta corriente de los estratos superiores. El impacto generado a la calidad del agua se concentrará, por tanto, en el entorno subterráneo asociado con el horizonte receptor de la corriente de rechazo, donde la incorporación reiterada de agua con mayor concentración de sales podrá producir un cambio localizado en las características fisicoquímicas del agua presente en dicho intervalo; además, las actividades de pretratamiento, limpieza y mantenimiento de la POI podrán generar corrientes con características distintas a las del rechazo ordinario, particularmente por la presencia de sólidos retenidos y por variaciones de pH o composición relacionadas con los productos utilizados en los equipos. Estas variaciones podrán modificar temporalmente las características de la corriente incorporada al sistema de disposición. El subsuelo del predio presenta fracturas y rasgos de disolución que permiten la circulación del agua subterránea, con dirección preferencial hacia la Laguna de Bacalar. En consecuencia, una modificación fisicoquímica producida en el horizonte receptor podrá desplazarse conforme a las características hidráulicas de dicho intervalo, por lo que el efecto debe evaluarse considerando tanto la calidad de la corriente incorporada como la circulación subterránea existente. En condiciones normales de funcionamiento, el impacto no se manifestará como una descarga superficial ni como una incorporación directa de la corriente de rechazo a la Laguna de Bacalar, ya que su expresión será predominantemente subterránea y localizada en el entorno del pozo de disposición y del intervalo receptor previsto.

	En términos de su caracterización ambiental, se prevé un impacto adverso, directo, localizado, de larga duración y de magnitud limitada, asociado con la incorporación recurrente de una corriente de mayor concentración salina al horizonte receptor durante la operación de la POI. El efecto podrá presentar carácter acumulativo debido a la continuidad de la disposición a lo largo de la vida operativa del proyecto; no obstante, su alcance estará condicionado por el aislamiento hidráulico del pozo, las características del intervalo receptor, la afinidad química entre el agua inyectada y el subsuelo y el comportamiento del flujo subterráneo local

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-11	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	La modificación se concentrará principalmente en el entorno del pozo de rechazo y en el intervalo subterráneo receptor previsto, por lo que tendrá un alcance predominantemente local.
A2: Magnitud	-1	La corriente de rechazo tendrá una concentración de sales superior a la del agua de alimentación y podrá modificar localmente las características fisicoquímicas del agua del horizonte receptor. Sin embargo, la disposición se realizará mediante infraestructura específica, con conducción independiente y aislamiento de los estratos superiores, lo que limita espacialmente el efecto.
B1: Permanencia	4	La generación y disposición de la corriente de rechazo se mantendrán mientras opere la POI, por lo que el efecto podrá persistir durante un periodo superior a 10–15 años y se considera de larga duración.
B2. Reversibilidad	3	Una vez que cese la disposición desaparecerá la fuente directa de incorporación de sales; sin embargo, la recuperación de las condiciones del agua en el horizonte receptor dependerá de los procesos naturales de dilución, dispersión y circulación subterránea, por lo que se prevé una recuperación gradual.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	La disposición será recurrente durante la operación, por lo que la carga de sales podrá acumularse localmente en el entorno del horizonte receptor si la velocidad de incorporación supera temporalmente los procesos de mezcla y dispersión. La continuidad del aporte justifica reconocer un efecto acumulativo potencial.
B4. Susceptibilidad	3	El agua subterránea presenta sensibilidad local debido a las condiciones hidrogeológicas del predio, caracterizadas por materiales calcáreos, fracturas y rasgos de disolución que permiten la circulación del agua. La existencia de flujo subterráneo preferencial hacia la Laguna de Bacalar hace relevante cualquier modificación persistente de las características fisicoquímicas del horizonte receptor.

Valor de la evaluación (ES)	-13	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 12: Mejoramiento de la calidad del agua residual y reducción de la carga contaminante mediante tratamiento terciario y reúso.	
Factor ambiental impactado:	Agua / Calidad
Tipo de impacto:	Benéfico
Etapas del proyecto:	Operación y mantenimiento

Actividades causantes:	O2. PTAR: operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, incluyendo tratamiento del agua residual, manejo del efluente tratado, lodos, insumos y equipos asociados. O4. Actividad turística y suburbana: funcionamiento del conjunto y generación de las aguas residuales domésticas que serán captadas, conducidas, tratadas y parcialmente reutilizadas.
Descripción:	Durante la operación del proyecto, las actividades turísticas, de vivienda y de servicios generarán aguas residuales de tipo doméstico, provenientes principalmente de sanitarios, duchas, cocinas y servicios generales; estas corrientes serán captadas mediante la red sanitaria del proyecto y conducidas a la PTAR, evitando su disposición directa sin tratamiento. El caudal medio de ingreso previsto para la PTAR será de 416.6 m^3/día, equivalente a 4.82 L/s, mientras que la instalación de diseño contará con una capacidad hidráulica central de proceso de 500 m^3/día, asimismo, el sistema incorporará tratamiento terciario mediante aireación extendida, clarificación, pulimiento y desinfección, por lo que el agua residual experimentará una reducción de materia orgánica, sólidos suspendidos, microorganismos y otros constituyentes asociados con las descargas domésticas antes de su reúso o manejo posterior. El beneficio ambiental estará determinado principalmente por la transformación de una corriente residual con carga contaminante en un efluente tratado de mejor calidad, reduciendo la posibilidad de que las aguas generadas por la actividad turística y suburbana sean incorporadas directamente al suelo o al agua subterránea sin tratamiento previo. Una fracción del efluente tratado será reutilizada dentro del propio desarrollo. El balance operativo considera un efluente neto aproximado de 329.50 m^3/día, del cual se destinarán para al riego de jardines, equivalentes a un reúso interno medio de 20.86 m^3/día más 158.13 m^3/día de lavado de exteriores y reserva de emergencia, por lo que la inyección a pozo profundo (-100 m) tendrá un caudal de diseño de 3.7 l/s. El reúso permitirá aprovechar nuevamente una fracción del agua tratada en actividades que no requieren calidad potable y mantendrá estas corrientes dentro del sistema operativo del proyecto antes de convertirse en una salida del balance hídrico. La porción del efluente que no pueda ser reutilizada permanecerá como agua previamente tratada, cuyo manejo y disposición se realizará mediante la infraestructura correspondiente y conforme a las condiciones técnicas aplicables; por lo anterior, el tratamiento y reúso deberán entenderse como un sistema conjunto. La actividad turística y suburbana generará las aguas residuales; la red sanitaria permitirá su conducción; la PTAR modificará favorablemente sus características mediante tratamiento biológico y terciario; y el reúso permitirá reincorporar una fracción del efluente a actividades compatibles. De esta manera, el proyecto mantendrá una separación funcional entre aguas residuales, aguas tratadas y aguas pluviales, evitando la descarga ordinaria de aguas residuales crudas al terreno. La importancia de este manejo es particularmente relevante a escala del predio, donde predominan las superficies permeables y existe circulación de agua subterránea; en estas condiciones, disminuir la carga contaminante de las aguas residuales antes de su reúso o disposición reduce el potencial de incorporación de materia orgánica, sólidos, nutrientes y microorganismos al medio hídrico. La meta ambiental consiste en reducir la carga contaminante de las aguas residuales generadas por el propio proyecto y controlar su incorporación posterior al ciclo hídrico, evitando que sean manejadas como una descarga doméstica sin tratamiento. En términos de su caracterización ambiental, se prevé un impacto benéfico, directo, de alcance local, de larga duración y recurrente durante la operación, asociado con la reducción continua de la carga contaminante de las aguas residuales generadas por el proyecto. El efecto tendrá además carácter acumulativo favorable, ya que el tratamiento

	sucesivo de los volúmenes generados evitará de manera continua la incorporación de aguas residuales crudas al medio y permitirá el reúso de una fracción del efluente tratado.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-12	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	El beneficio se manifestará principalmente a escala local, al estar asociado con el tratamiento y manejo de las aguas residuales generadas dentro del propio predio del proyecto.
A2: Magnitud	2	El tratamiento terciario representará una mejora significativa en la calidad de la corriente residual, al reducir su carga de materia orgánica, sólidos y microorganismos antes del reúso o disposición. El sistema atenderá un caudal medio de 416.6 m^3/día y contará con capacidad de proceso de 500 m^3/día.
B1: Permanencia	4	El beneficio se mantendrá durante toda la operación del desarrollo, mientras permanezcan en funcionamiento la red sanitaria, la PTAR y el sistema de reúso, por lo que tendrá una duración superior a 10–15 años.
B2. Reversibilidad	2	El beneficio depende directamente del funcionamiento del sistema de tratamiento. Si la PTAR dejara de operar, la mejora sobre la calidad de la corriente residual cesaría prácticamente al interrumpirse el proceso, por lo que corresponde una condición reversible en corto plazo.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El efecto tendrá un carácter acumulativo favorable, debido a que cada volumen de agua residual tratado evitará sucesivamente la permanencia de su carga contaminante original. La conducción sanitaria, tratamiento terciario y reúso actuarán de manera complementaria durante toda la operación.
B4. Susceptibilidad	3	La calidad del agua presenta sensibilidad local debido a las condiciones de infiltración y circulación subterránea existentes en el predio. Por ello, reducir la carga contaminante de las aguas residuales antes de su reúso o disposición constituye una función ambiental relevante para prevenir su incorporación sin tratamiento al medio hídrico.
Valor de la evaluación (ES)	+ 24	Valor alfabético	+A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 13: Modificación localizada de la infiltración y de la distribución del flujo superficial y subsuperficial en las superficies de intervención directa.	
Factor ambiental impactado:	Agua / Modificación del flujo superficial y/o subterráneo
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio y Construcción
Actividades causantes:	P4. Nivelación: ajuste de cotas y acondicionamiento de las superficies de intervención mediante las actividades de corte, relleno, nivelación y compactación requeridas conforme al diseño del proyecto. C2. Terracerías (nivelación y excavación): ejecución de excavaciones, nivelaciones y movimiento de materiales, junto con la circulación de maquinaria y vehículos asociada con estos trabajos; C4. Cimentación, pilas y pilotes: ejecución de cimentaciones y perforación, colocación o hincado de pilas y pilotes, incluidos los apoyos puntuales de las estructuras elevadas; C5.

	Colocación de losas o plataformas: construcción y montaje de losas, plataformas y estructuras elevadas.
Descripción:	El predio del proyecto presenta un gradiente topográfico general de oeste a este, en dirección hacia la Laguna de Bacalar, que condiciona la distribución natural de los escurrimientos superficiales y se relaciona con la dirección predominante del flujo subterráneo. A escala del predio se reconocen cuatro microcuencas: M1, localizada hacia el extremo oriental y con la menor pendiente media; M2, correspondiente al sector de transición hacia las zonas de menor elevación y con la mayor pendiente media; M3, ubicada en la porción central y asociada con una depresión interior de almacenamiento; y M4, localizada hacia el oeste, donde se identifica otra depresión interior. Estas condiciones determinan diferencias locales en la infiltración, concentración temporal y desplazamiento del agua dentro del terreno. Los cortes, rellenos, movimientos de materiales, nivelaciones y compactaciones podrán modificar puntualmente las cotas del terreno, reducir la porosidad superficial y alterar la capacidad inmediata de infiltración, generando una redistribución del agua pluvial hacia las superficies contiguas; por su parte, la ejecución de cimentaciones, pilas y pilotes y la colocación de losas o plataformas generará distintos grados de interacción física con el terreno; produciendo las cimentaciones y elementos apoyados directamente sobre el suelo, afectaciones localizadas en los sitios de desplante, mientras que las estructuras elevadas concentrarán la ocupación física en los puntos de apoyo correspondientes a pilas o pilotes, manteniendo libre una proporción importante de la superficie localizada bajo su proyección. Dentro de estas superficies podrá presentarse sellamiento del suelo cuando la instalación de una obra permanente origine una cobertura artificial continua que impida o reduzca sustancialmente el contacto directo entre la precipitación y el terreno natural, como consecuencia, en esos sitios, la infiltración disminuirá y el agua será redistribuida hacia las superficies permeables contiguas, modificándose de manera localizada la forma en que la precipitación se incorpora al suelo o continúa como escurrimiento superficial; sin embargo, la superficie de aprovechamiento de 6.645 ha no deberá interpretarse como superficie sellada, ya que dentro de ella coexistirán obras con diferentes formas de contacto con el terreno, superficies con materiales permeables, áreas jardinadas, espacios abiertos y estructuras elevadas. De igual manera, la superficie techada tampoco representa automáticamente una superficie equivalente de sellamiento, debido a que diversos componentes del proyecto se desarrollarán mediante sistemas constructivos elevados sobre apoyos puntuales, conservando suelo libre bajo parte de su proyección horizontal. El proyecto mantendrá 31.986 ha de superficies permeables, equivalentes al 95.894 % del predio. Por lo anterior, la reducción de la infiltración y la modificación inmediata del escurrimiento se concentrarán específicamente en las superficies donde exista compactación efectiva, cimentación de contacto continuo o sellamiento del suelo, y no en la totalidad de las áreas consideradas como aprovechamiento; esta diferenciación permitirá conservar una amplia distribución espacial de superficies capaces de recibir e infiltrar directamente la precipitación. La posible afectación tendrá mayor relevancia en aquellos puntos donde las superficies de intervención se aproximen a trayectorias naturales de escurrimiento o a las depresiones interiores identificadas en M3 y M4, ya que una alteración del microrelieve, compactación o sellamiento en estas áreas podría modificar la distribución inmediata de los volúmenes de agua que se desplazan hacia los puntos de menor elevación; no obstante, la distribución y características constructivas del proyecto fueron definidas para mantener libres de obstrucciones las principales trayectorias naturales de escurrimiento y las zonas bajas sujetas a acumulación temporal de agua; en estos sectores no se prevén rellenos, terraplenes, bordos ni nivelaciones extensivas que funcionen como barreras al flujo, y se mantendrán libres de sellamiento continuo del

	suelo. En las áreas de menor elevación hacia la Laguna de Bacalar, las estructuras previstas serán predominantemente elevadas y soportadas mediante pilas o pilotes de contacto puntual, manteniendo el terreno natural y el espacio necesario para el desplazamiento superficial del agua. La elevada proporción de superficies permeables permitirá además que la precipitación continúe infiltrándose de manera distribuida sobre la mayor parte del predio; los excedentes que no se infiltren inmediatamente continuarán desplazándose conforme a la microtopografía natural hacia las zonas de menor elevación, sin que el proyecto genere barreras continuas que modifiquen de manera general la dirección del flujo superficial; en consecuencia, el impacto no se prevé como una modificación general del funcionamiento de las microcuencas M1–M4 ni como una interrupción del flujo superficial o subterráneo del predio; su expresión corresponderá a cambios localizados en la infiltración y en la distribución inmediata del escurrimiento en aquellas superficies donde las obras produzcan compactación, cimentación continua o sellamiento efectivo del suelo. En términos de su caracterización ambiental, se prevé un impacto adverso, directo, localizado y de larga duración en las superficies de ocupación permanente, cuya magnitud estará limitada por la elevada proporción de superficies permeables, la conservación de las trayectorias naturales de escurrimiento, la ausencia de barreras extensivas y el empleo de estructuras elevadas de contacto puntual. El efecto presentará carácter acumulativo a escala local, debido a que las modificaciones producidas por nivelaciones, terracerías, cimentaciones y superficies de desplante podrán actuar conjuntamente dentro de las áreas de intervención; sin embargo, no se traducirá en una modificación general de la continuidad hidrológica del predio.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-13	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	La modificación tendrá un alcance predominantemente local, restringido a las superficies directamente intervenidas dentro del predio y sin modificar de manera general el funcionamiento de las microcuencas M1–M4 ni la dirección predominante del flujo hacia la Laguna de Bacalar.
A2: Magnitud	-1	Se producirán cambios negativos localizados en la infiltración y distribución inmediata del escurrimiento por nivelaciones, compactación, cimentaciones y superficies de desplante; sin embargo, la magnitud será limitada debido a la elevada proporción de superficies permeables, al uso de apoyos puntuales y a la conservación de las principales trayectorias de flujo.
B1: Permanencia	4	Una parte de las modificaciones originadas durante la preparación y construcción permanecerá asociada con las cimentaciones, superficies de desplante y demás obras permanentes durante la vida útil del proyecto, por lo que su duración será superior a 10–15 años.
B2. Reversibilidad	3	Una vez retirada la infraestructura que genere compactación, ocupación o sellamiento, la recuperación de la microtopografía, porosidad e infiltración requeriría acondicionamiento y procesos posteriores de recuperación del terreno, por lo que se considera una recuperación gradual y no inmediata.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El efecto tendrá carácter acumulativo dentro de las superficies de intervención, debido a que las modificaciones generadas sucesivamente por nivelación, terracerías, cimentaciones y colocación de losas o plataformas podrán superponerse

		espacialmente y consolidar cambios locales en la infiltración y distribución del escurrimiento.
B4. Susceptibilidad	3	El receptor presenta sensibilidad local debido a la presencia de trayectorias naturales de escurrimiento, depresiones de almacenamiento en M3 y M4, diferencias de elevación dentro del predio y circulación subterránea preferencial hacia la Laguna de Bacalar. Las modificaciones del microrelieve, compactación o sellamiento que coincidan con estas condiciones pueden producir cambios localizados en la infiltración y en la distribución inmediata del agua.

Valor de la evaluación (ES)	-13	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 14: Mantenimiento de la infiltración y de la continuidad del flujo local mediante el paisajismo y la conservación funcional de superficies permeables.	
Factor ambiental impactado:	Agua / Modificación del flujo superficial y/o subterráneo
Tipo de impacto:	Benéfico
Etapas del proyecto:	Construcción y Operación y mantenimiento
Actividades causantes:	C10. Paisajismo: acondicionamiento paisajístico y revegetación de las superficies previstas para este fin, incluyendo preparación del terreno, reincorporación de sustrato, establecimiento de vegetación y actividades iniciales de mantenimiento. O1. Áreas permeables: conservación funcional, limpieza y mantenimiento de las superficies permeables y drenantes previstas como parte del diseño del proyecto.
Descripción:	El efecto benéfico se originará por la acción complementaria del paisajismo y del mantenimiento de las áreas permeables. Ambas actividades contribuirán a conservar superficies capaces de recibir directamente la precipitación, favorecer su infiltración y permitir que los excedentes continúen desplazándose conforme a la microtopografía del predio, en lugar de incrementar las superficies sujetas a sellamiento. Como parte del paisajismo se conformarán 774.95 m^2 de jardines, para cuyo establecimiento se prevé reutilizar, cuando sus características lo permitan, suelo orgánico recuperado durante el despalme e incorporar predominantemente especies nativas. La revegetación permitirá restablecer cobertura y condiciones de infiltración en superficies intervenidas que permanecerán destinadas a este uso, evitando que estos espacios se transformen en superficies impermeables. Durante la operación, el beneficio tendrá mayor expresión espacial mediante la conservación funcional de 31.986 ha de superficies permeables, equivalentes al 95.894 % del predio; esta superficie no corresponde exclusivamente a áreas naturales sin intervención, sino que integra áreas de conservación, vegetación, jardines, senderos y superficies construidas con materiales permeables, así como espacios asociados con estructuras elevadas donde el contacto físico con el suelo se concentra en los apoyos. La distribución de estas superficies resulta relevante para el funcionamiento hidrológico particular del proyecto derivado que el terreno presenta un gradiente general de oeste a este y está organizado en cuatro microcuencas; M3 y M4 contienen depresiones interiores donde puede concentrarse temporalmente el agua, mientras que M1 y M2 se relacionan con los sectores de menor elevación y la continuidad del escurrimiento hacia la Laguna de Bacalar; por ello, mantener superficies permeables distribuidas dentro del predio favorece que la precipitación continúe infiltrándose en distintos puntos y que el

	volumen que no se infiltre inmediatamente se desplace de manera laminar o difusa siguiendo el relieve natural. La actividad O1 será importante para que la condición de permeabilidad prevista en el diseño permanezca funcional durante la operación. La limpieza y mantenimiento de las superficies permeables y drenantes evitarán que la acumulación de sedimentos, residuos u obstrucciones disminuya progresivamente su capacidad para recibir y transmitir el agua; este efecto deberá diferenciarse del impacto adverso generado en los sitios donde las obras produzcan compactación, cimentación continua o sellamiento efectivo del suelo. El beneficio no consiste en eliminar esos cambios ni en afirmar que las superficies permeables compensarán cuantitativamente la infiltración perdida; consiste en limitar espacialmente el sellamiento y conservar la función infiltrante y de conducción superficial de la mayor parte del predio. En términos de su caracterización ambiental, se prevé un impacto benéfico, directo, de alcance local y de larga duración, cuya expresión comenzará con la revegetación de las áreas de paisajismo y continuará durante la operación mediante el mantenimiento de las superficies permeables. Presentará carácter acumulativo favorable, debido a que la permanencia funcional de las distintas superficies infiltrantes actuará conjuntamente para mantener la distribución del agua y la continuidad del flujo superficial y subsuperficial dentro del predio.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	FQ-14	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	El beneficio se manifestará predominantemente a escala local, dentro del predio del proyecto, mediante el mantenimiento de superficies capaces de infiltrar y distribuir el agua pluvial conforme a la microtopografía existente.
A2: Magnitud	1	Se producirá una mejora favorable respecto de una condición de mayor ocupación o sellamiento, debido al establecimiento de superficies vegetadas y a la conservación funcional de 31.986 ha permeables. Sin embargo, no implica la creación de un nuevo sistema hidrológico ni un incremento cuantificado de la recarga, por lo que la magnitud se considera positiva pero limitada.
B1: Permanencia	4	El beneficio derivado de las superficies permeables y del paisajismo se mantendrá durante la vida operativa del proyecto, siempre que se conserve su funcionalidad; por tanto, tendrá una duración superior a 10–15 años.
B2. Reversibilidad	2	Una pérdida localizada de funcionalidad por compactación, sedimentación u obstrucción podrá ser corregida mediante limpieza, descompactación, acondicionamiento, reposición de materiales o rehabilitación de la cobertura vegetal, permitiendo recuperar la condición permeable en periodos relativamente cortos.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El beneficio tendrá carácter acumulativo favorable debido a la acción conjunta de las áreas de conservación, jardines, senderos, materiales permeables y superficies asociadas con estructuras elevadas, cuya permanencia mantendrá distribuida la infiltración y reducirá la extensión del sellamiento efectivo dentro del predio.
B4. Susceptibilidad	3	La infiltración y la continuidad del escurrimiento constituyen funciones ambientales relevantes a escala local por la existencia de microcuencas, depresiones de almacenamiento y una dirección natural del flujo hacia las zonas de menor elevación. Mantener

		superficies permeables contribuye a conservar estas funciones durante la operación.	
Valor de la evaluación (ES)	+ 12	Valor alfabético	+A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 15: Disminución localizada de la abundancia de flora por remoción de individuos vegetales.	
Factor ambiental impactado:	Flora / Abundancia
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio.
Actividades causantes:	P1. Delimitación del predio y topografía: reconocimiento y delimitación de las superficies de intervención, señalización, levantamientos topográficos y tránsito peatonal, incluyendo apertura puntual únicamente donde resulte indispensable. P2. Trazo de áreas y limpieza: marcación de frentes y superficies de trabajo, limpieza inicial, retiro de obstáculos y tránsito requerido para acondicionar las áreas que posteriormente serán intervenidas. P3. Desmonte y despalme: remoción selectiva de la vegetación en las superficies requeridas para las obras y retiro de la capa superficial del suelo.
Descripción:	La abundancia de flora expresa el número de individuos vegetales presentes en una superficie determinada. Por tanto, el impacto que se evalúa en esta ficha corresponde específicamente a la disminución del número de individuos como consecuencia de su remoción y no a la reducción de la superficie cubierta por cada comunidad vegetal ni a la afectación particular de especies en categoría de riesgo, aspectos que corresponden a subfactores distintos. La vegetación del predio presenta una composición y estructura diferenciada. El inventario registró 75 especies pertenecientes a 69 géneros y 39 familias, distribuidas entre los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo. La comunidad predominante corresponde a la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, con aproximadamente 21.336 ha; registrándose en esta comunidad para el estrato arbóreo, 32 especies y 621 individuos/ha; para el arbustivo, 20 especies y 1,163 individuos/ha; y para el herbáceo, 34 especies y 35,000 individuos/ha. La selva baja subperennifolia presenta igualmente una estructura vegetal definida, con 18 especies arbóreas y 425 individuos/ha, ocho especies arbustivas con 1,001 individuos/ha y 13 especies herbáceas con 44,167 individuos/ha. En la vegetación hidrófila se registraron cuatro especies en el estrato arbustivo, con 572 individuos/ha, y 11 especies en el herbáceo, con 215,999 individuos/ha. Estos valores muestran que la intervención no ocurrirá sobre una superficie vegetal homogénea, sino sobre comunidades con diferente densidad y estructura. La disminución de abundancia se producirá principalmente durante la actividad de desmonte y despalme, cuando los individuos localizados dentro de las superficies que requieran liberación efectiva sean retirados; mientras que la delimitación del predio, topografía, el trazo de áreas y limpieza tendrán una contribución de menor intensidad, relacionada con aperturas puntuales, limpieza y acondicionamiento previo de los frentes de trabajo. Espacialmente, el efecto se concentrará en las áreas donde exista remoción efectiva de vegetación. La superficie total de aprovechamiento será de 6.645 ha, pero este valor no deberá utilizarse como equivalente directo de superficie desmontada, debido a que incluye 0.166 ha sin vegetación aparente, 0.148 ha correspondientes a usos preexistentes y superficies asociadas con estructuras elevadas cuya proyección no implica necesariamente la eliminación total de la vegetación situada debajo de ellas.

	Dentro de la superficie de aprovechamiento se contabilizan 5.626 ha de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, 0.457 ha de selva baja subperennifolia, 0.245 ha de vegetación hidrófila y finalmente 0.003 ha de vegetación de petén que serán considerados para proyección aérea y no generará remoción de individuos; representando estas superficies el ámbito máximo donde las obras coinciden espacialmente con dichas comunidades, pero la pérdida de individuos dependerá de la huella efectiva de desmonte y de la forma de contacto de cada obra con el terreno; esta precisión es particularmente importante en las obras elevadas (piloteadas). En áreas de selva se han contabilizado de manera precautoria superficies correspondientes a la proyección de estructuras, mientras que la ocupación física asociada con pilas y pilotes será considerablemente menor; por ello, la sombra o proyección de una plataforma no puede contabilizarse automáticamente como pérdida total de individuos, aunque sí podrá generar otras modificaciones sobre la cobertura o condición de la vegetación que serán valoradas en el subfactor correspondiente. La mayor parte del predio conservará su vegetación en 26.71 ha, equivalentes al 80.08 % de la superficie total, que permanecerán bajo conservación-rehabilitación, de las cuales, se mantendrán aproximadamente 15.71 ha de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, 2.91 ha de selva baja subperennifolia, 3.74 ha de vegetación hidrófila, 1.06 ha de vegetación de petén, y 0.17 ha de manglar identificada en el predio. Por tanto, el impacto consistirá en una reducción directa y localizada del número de individuos vegetales presentes en las superficies donde se ejecute el desmonte efectivo, con mayor incidencia sobre la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia debido a su predominancia espacial y a la mayor superficie de coincidencia con las obras. El efecto no implicará la eliminación general de las comunidades vegetales del predio ni deberá confundirse con la totalidad de la superficie de aprovechamiento. En términos de su caracterización ambiental, se prevé un impacto adverso, directo, localizado y de larga duración en las superficies de desplante permanente, derivado principalmente de la remoción de individuos durante el desmonte. Presentará carácter acumulativo dentro de los frentes de intervención, porque las aperturas puntuales, la limpieza y el desmonte actuarán sucesivamente sobre las mismas áreas; no obstante, su extensión estará limitada por la permanencia de 26.710 ha bajo conservación-rehabilitación y por la diferencia entre superficie contabilizada como aprovechamiento y superficie efectivamente desmontada.
Descripción para evaluación RIAM modificado	
Componente de evaluación (código)	BE-1

Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	La disminución de individuos ocurrirá dentro de las superficies de intervención del predio, por lo que el alcance será predominantemente local. No se prevé una reducción generalizada de la abundancia vegetal fuera del área directamente intervenida.
A2: Magnitud	-2	Existirá una reducción directa del número de individuos en las superficies sujetas a remoción efectiva de vegetación. La modificación será clara en los frentes desmontados, aunque espacialmente estará limitada por la conservación de 26.710 ha y por el hecho de que la superficie de aprovechamiento no equivale íntegramente a desmonte.
B1: Permanencia	4	En las superficies destinadas al desplante de obras permanentes, los individuos retirados no podrán restablecerse mientras permanezca la infraestructura, por lo que el efecto tendrá una duración de largo plazo.

B2. Reversibilidad	3	La recuperación de la abundancia vegetal, en caso de liberarse posteriormente una superficie intervenida, requeriría procesos de regeneración, establecimiento y crecimiento de nuevos individuos, cuya recuperación no sería inmediata y dependería de la estructura de la comunidad vegetal correspondiente.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Las actividades P1, P2 y P3 ocurrirán de manera sucesiva sobre los frentes de intervención, por lo que las aperturas puntuales, limpieza y posterior desmonte podrán acumular sus efectos sobre la abundancia vegetal dentro de las mismas superficies.
B4. Susceptibilidad	3	La flora del predio presenta diferencias marcadas de abundancia y estructura entre comunidades y estratos. La remoción de individuos producirá una afectación directa de estas condiciones en los sitios intervenidos, especialmente en las comunidades con mayor coincidencia espacial con las obras y en los estratos con elevada densidad de individuos

Valor de la evaluación (ES)	-26	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 16: Reducción localizada de la cobertura vegetal por desmonte en las superficies de intervención directa.	
Factor ambiental impactado:	Flora / Cobertura
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio.
Actividades causantes:	P3. Desmonte y despalme: remoción selectiva de la vegetación en las superficies requeridas para las obras y retiro de la capa superficial del suelo.

Descripción:

El impacto consistirá en la reducción localizada de la cobertura vegetal en las superficies donde el desmonte y despalme sean necesarios para el establecimiento directo de las obras. A diferencia del impacto sobre abundancia, que se refiere a la disminución del número de individuos, en esta ficha se evalúa la modificación de la superficie ocupada por las comunidades vegetales dentro del predio.

El proyecto se desarrollará en un predio de 33.355 ha, del cual 6.645 ha (19.92 %) corresponden a superficie de aprovechamiento. Esta superficie no equivale íntegramente a pérdida de cobertura vegetal, ya que aproximadamente 0.95 % del predio corresponde a superficies sin vegetación aparente, usos preexistentes u otras áreas que no requieren desmonte. Asimismo, dentro de las superficies vegetadas incluidas en el aprovechamiento existen obras elevadas cuya proyección horizontal se contabiliza espacialmente, aunque su contacto físico con el terreno se concentra en pilas o pilotes.

La relación entre las principales comunidades vegetales, su coincidencia con la superficie de aprovechamiento y la cobertura que permanecerá en el predio se resume en la siguiente tabla:

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	Superficie de aprovechamiento (ha)	Superficie remanente (ha)	Remanente respecto de la cobertura (%)
Secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia	21.336	5.626	15.71	73.63
Selva baja subperennifolia	3.369	0.457	2.912	86.44
Vegetación hidrófila	3.989	0.245	3.744	93.86
Vegetación de Petén	1.06	0.003*	1.057	99.72
Vegetación de manglar	0.173	0	0.173	100

	La superficie de 0.003 ha de petén corresponde a la proyección aérea de una porción del puente colgante y no implica remoción directa de dicha vegetación. La mayor reducción de cobertura se concentrará, por tanto, en la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, debido a que constituye la comunidad predominante del predio y presenta la mayor coincidencia espacial con las obras, siendo considerablemente menor la afectación en la selva baja subperennifolia y en la vegetación hidrófila, mientras que no se prevé remoción directa de la vegetación de manglar. Dentro de las superficies contabilizadas como aprovechamiento deberá distinguirse, además, entre desmonte efectivo y proyección de estructuras elevadas. En las áreas de selva se han considerado aproximadamente 1.96 ha asociadas con la proyección de elementos elevados, mientras que la superficie estimada de contacto directo correspondiente a pilas y pilotes será de aproximadamente 0.067 ha; en estas áreas, la presencia de la estructura podrá modificar localmente las condiciones de la vegetación por los puntos de apoyo y el sombreado, pero su proyección horizontal no equivale a eliminación completa de la cobertura vegetal. En consecuencia, la pérdida de cobertura atribuible los desmontes y despalme se producirá en las superficies donde resulte necesario retirar físicamente la vegetación para permitir el desplante de las obras; por ello, las 6.645 ha de aprovechamiento no deberán interpretarse como 6.645 ha de vegetación eliminada, ya que dentro de dicha superficie coexisten áreas sin cobertura vegetal, usos preexistentes, estructuras elevadas y superficies con distinto grado de intervención. Después de la ejecución de las obras permanecerán 26.710 ha del predio bajo conservación-rehabilitación, equivalentes al 80.08 % de su superficie total; dentro de esta superficie permanecerá la mayor proporción de cada una de las comunidades vegetales actualmente presentes, incluyendo el 73.63 % de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, 86.44 % de la selva baja subperennifolia, 93.86 % de la vegetación hidrófila, 99.72 % del Petén y 100 % de la vegetación de manglar. En términos ambientales, se prevé un impacto adverso, directo, localizado y de larga duración, debido a que el desmonte producirá una reducción permanente de la cobertura en las superficies de desplante directo mientras permanezcan las obras. El efecto será acumulativo conforme avance la intervención de los distintos frentes, pero se concentrará en las superficies donde exista remoción física de vegetación y no representará una pérdida homogénea de la cobertura vegetal del predio.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	BE-2	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	La reducción de cobertura se concentrará en las superficies de desmonte dentro del predio, por lo que su alcance será predominantemente local.
A2: Magnitud	-2	La remoción producirá una disminución directa y efectiva de la cobertura vegetal en los sitios de desplante. La magnitud se considera significativa a escala de intervención, aunque estará limitada por la permanencia del 80.08 % del predio bajo conservación-rehabilitación y porque no toda la superficie de aprovechamiento requerirá desmonte.
B1: Permanencia	4	En las superficies ocupadas por obras permanentes, la pérdida de cobertura persistirá durante la vida útil del proyecto, por lo que corresponde a un efecto de larga duración.

B2. Reversibilidad	3	En caso de liberarse posteriormente las superficies ocupadas, la recuperación de una cobertura vegetal equivalente requeriría procesos de regeneración y sucesión vegetal de mediano a largo plazo, por lo que no sería inmediata.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El efecto será acumulativo conforme avance el desmonte de los distintos frentes de obra, debido a que las superficies removidas se irán incorporando progresivamente a la pérdida total de cobertura dentro del área de intervención.
B4. Susceptibilidad	3	Las comunidades vegetales del predio presentan diferente estructura, extensión y distribución espacial. La pérdida de cobertura producirá una modificación directa en los sitios de desmonte, con mayor expresión absoluta sobre la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia y menor extensión sobre las demás comunidades involucradas.

Valor de la evaluación (ES)	-26	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 17: Riesgo de afectación a ejemplares de flora en categoría de riesgo durante la preparación del sitio.	
Factor ambiental impactado:	Flora / Especies en categoría de riesgo
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio
Actividades causantes:	P1. Delimitación del predio y topografía: reconocimiento y delimitación de las superficies de intervención, señalización, trabajos topográficos y tránsito peatonal, con apertura puntual únicamente donde resulte indispensable. P2. Trazo de áreas y limpieza: marcación de frentes y superficies de trabajo, limpieza inicial y retiro de obstáculos. P3. Desmonte y despalme: remoción selectiva de la vegetación en las superficies requeridas para las obras.
Descripción:	El inventario florístico del predio registró 75 especies pertenecientes a 69 géneros y 39 familias, entre las cuales se identificaron tres especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de Amenazada (A): *Thrinax radiata, Conocarpus erectus y Rhizophora mangle.* La distribución de estas especies dentro del predio es diferenciada. *Thrinax radiata* forma parte de las comunidades de selva y fue registrada, entre otros sitios, en la selva baja subperennifolia, donde alcanzó una densidad de 3,333 individuos/ha en el estrato herbáceo; en consecuencia, los ejemplares de esta especie que coincidan con superficies que requieran apertura, delimitación, trazo de áreas, limpieza o desmonte representan el principal mecanismo de interacción directa con este subfactor. *Conocarpus erectus y Rhizophora mangle* se encuentran asociados principalmente con los sectores de mayor humedad; *Rhizophora mangle* fue registrado de forma dispersa en el estrato arbustivo de la vegetación hidrófila, mientras que ambas especies se registraron en el estrato herbáceo de esa comunidad; no obstante, la superficie cartografiada como vegetación de manglar, de 0.173 ha, no cuenta con intervención directa se conserva el 100% de los individuos. Asimismo, las 0.245 ha de vegetación hidrófila contabilizadas dentro de la superficie de utilización incluyen la proyección de estructuras elevadas, por lo que dicha superficie no equivale a remoción de vegetación ni de ejemplares protegidos. En los sectores donde se desarrollarán pasarelas y el andador-mirador, la interacción física con el terreno corresponderá principalmente a puntos de apoyo mediante pilotes de madera; por ello, la proyección horizontal de estas estructuras debe diferenciarse de

	la superficie efectivamente intervenida. Esta característica del diseño reduce espacialmente la superficie en la que puede producirse una interacción física directa, sin eliminar el riesgo asociado con los puntos donde efectivamente se requiera apertura o contacto con el terreno. Por tanto, el impacto consistirá en el riesgo localizado de afectación directa a ejemplares de especies protegidas que coincidan espacialmente con las superficies que requieran intervención física como la delimitación del predio, trazo de áreas y limpieza y/o desmonte y despalme. La exposición será mayor para Thrinax radiata dentro de las superficies de selva sujetas a apertura o desmonte, mientras que para Conocarpus erectus y Rhizophora mangle deberá diferenciarse entre la proyección de estructuras elevadas y los puntos de contacto efectivo con el terreno. El impacto no implica la eliminación de las tres especies ni una afectación homogénea de sus poblaciones dentro del predio; su manifestación dependerá de la presencia efectiva de ejemplares dentro de las huellas de intervención y de la intensidad física de las actividades realizadas en cada sitio. En caso de producirse daño o pérdida de un ejemplar, el efecto será directo y de larga duración por tratarse de especies incluidas en una categoría de riesgo.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	BE-3	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	3	Aunque la interacción física se localizará dentro del predio, el receptor está constituido por especies incluidas oficialmente en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de Amenazada, por lo que su importancia trasciende el ámbito estrictamente puntual de la obra.
A2: Magnitud	-1	El impacto corresponde a una afectación potencial y focal sobre ejemplares específicos que coincidan con las superficies de intervención, y no a la eliminación generalizada de las poblaciones presentes en el predio. La inexistencia de aprovechamiento directo sobre la cobertura de manglar y la ocupación puntual de las estructuras elevadas limitan espacialmente la interacción física; no obstante, permanece el riesgo directo sobre ejemplares que se encuentren dentro de las superficies que requieran apertura, limpieza o desmonte
B1: Permanencia	4	Si llegara a producirse la pérdida de un ejemplar durante la preparación del sitio, el efecto persistiría más allá de la duración de la actividad que lo originó y tendría carácter de largo plazo.
B2. Reversibilidad	4	La pérdida de un ejemplar constituye un efecto irreversible a escala individual. Aunque daños de menor intensidad podrían presentar recuperación, la valoración considera la consecuencia ambiental determinante asociada con la eventual pérdida de individuos pertenecientes a especies incluidas en categoría de riesgo.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	La delimitación del predio y topografía, el trazo de áreas y limpieza, así como el desmonte y despalme se desarrollarán sucesivamente sobre distintos frentes de intervención, por lo que la exposición de ejemplares protegidos podrá acumularse conforme se incorporen nuevas superficies a las actividades de preparación del sitio. El efecto será espacialmente discontinuo y dependerá de la distribución efectiva de los individuos.
B4. Susceptibilidad	4	El receptor presenta alta susceptibilidad por corresponder específicamente a especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-

		2010 bajo la categoría de Amenazada. La pérdida o daño de ejemplares posee relevancia superior a la de especies sin categoría de riesgo, independientemente de que la interacción ocurra de manera puntual.	
Valor de la evaluación (ES)	-45	Valor alfabético	-B (Impacto negativo moderado)

IMPACTO AMBIENTAL 18: Disminución localizada de la abundancia de fauna silvestre en los frentes de intervención.	
Factor ambiental impactado:	Fauna / Abundancia
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio y Construcción.
Actividades causantes:	P2. Trazo de áreas y limpieza: marcación de los frentes y superficies de trabajo, limpieza inicial, retiro de obstáculos y tránsito necesario para acondicionar las áreas de intervención. P3. Desmonte y despalme: remoción selectiva de vegetación y retiro de la capa superficial del suelo en las superficies requeridas para las obras. C3. Conformación de las obras: ocupación de las superficies previstas y ejecución de los trabajos iniciales para conformar los distintos componentes del proyecto; C4. Cimentación, pilas y pilotes: ejecución de cimentaciones y colocación o hincado de pilas y pilotes; C5. Colocación de losas o plataformas: construcción y montaje de losas, plataformas y estructuras elevadas.
Descripción:	La caracterización realizada directamente en el predio registró una riqueza de 79 especies de fauna silvestre pertenecientes a 49 familias, integrada por 45 especies de aves, 12 de mamíferos, 12 de reptiles y 10 de anfibios. Las aves constituyen el grupo con mayor riqueza registrada, mientras que los demás grupos presentan una representación menor, pero forman parte de la comunidad faunística que actualmente utiliza los distintos ambientes del predio. La disminución de abundancia que se evalúa en esta ficha no debe entenderse necesariamente como mortalidad de individuos, ya que el efecto principal será una reducción temporal y localizada del número de ejemplares presentes o detectables dentro de los frentes activos, debido al desplazamiento provocado por el retiro de vegetación, la presencia de trabajadores, el movimiento de maquinaria, el ruido, las vibraciones y la ocupación progresiva de las superficies. Durante las actividades de trazo de áreas, limpieza, desmonte y despalme, la afectación será más evidente en aquellas áreas donde la limpieza y el desmonte eliminen temporalmente las condiciones que permiten a los ejemplares permanecer dentro del frente de trabajo. Posteriormente, la conformación de las obras y la ejecución de cimentaciones, pilas, pilotes, losas y plataformas incrementarán temporalmente la actividad humana y mecánica, por lo que se espera una menor presencia de fauna en las proximidades inmediatas de estos trabajos mientras permanezcan activos. La expresión espacial del impacto estará limitada por la distribución de las obras dentro del predio ya que, de las 33.355 ha, 26.710 ha permanecerán bajo conservación-rehabilitación, equivalentes al 80.08 %, por lo que una proporción mayoritaria de las superficies naturales continuará disponible fuera de los frentes de intervención. Además, las estructuras elevadas previstas mediante pilas o pilotes mantendrán espacios libres a nivel del terreno y concentrarán el contacto directo en puntos específicos; por ello, su construcción producirá perturbación temporal sobre la fauna presente en las inmediaciones, pero no deberá interpretarse como exclusión uniforme de fauna sobre toda la superficie proyectada por dichas estructuras.

	La comunidad faunística registrada en el predio está integrada predominantemente por especies generalistas, principalmente omnívoras y herbívoras, y no se identificaron especies monófagas dependientes de un único recurso alimenticio; asimismo, el análisis de la red trófica señala una ausencia aparente de especialistas y superdepredadores. Estas características describen la estructura funcional actual de la comunidad y evidencian que las respuestas a la perturbación podrán variar entre especies y grupos, pero no eliminan la disminución de abundancia que se producirá dentro de los frentes activos de obra. En consecuencia, el impacto consistirá en una disminución localizada de la abundancia de fauna dentro y alrededor de los frentes activos de preparación y construcción, atribuible principalmente al desplazamiento de ejemplares y no a una reducción generalizada de las poblaciones presentes en el predio; su intensidad variará entre grupos y especies de acuerdo con su movilidad, tolerancia a la perturbación y capacidad de utilizar las áreas conservadas. En términos ambientales, se prevé un impacto adverso, directo, de alcance local y predominantemente temporal, con mayor intensidad durante el desmonte y durante las actividades constructivas que generen mayor presencia humana, ruido, vibraciones y ocupación física. El efecto será acumulativo cuando coincidan varios frentes activos y podrá presentar distinta intensidad entre aves, mamíferos, reptiles y anfibios de acuerdo con su movilidad, comportamiento y tolerancia a las fuentes de perturbación.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	BE-4	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	La disminución de abundancia se manifestará principalmente dentro de los frentes de obra y sus inmediaciones, por lo que tendrá un alcance predominantemente local. No se prevé una reducción generalizada de las poblaciones de fauna en una escala regional.
A2: Magnitud	-2	Durante el desmonte y la construcción se producirá una disminución perceptible del número de individuos presentes o utilizando los frentes activos, principalmente como consecuencia del desplazamiento generado por la pérdida de cobertura, ruido, vibraciones, presencia de personal y ocupación física de las superficies. La modificación será significativa dentro de los sitios intervenidos, aunque su expresión espacial se concentrará en los frentes de obra y su entorno inmediato.
B1: Permanencia	3	La reducción de abundancia asociada con ruido, maquinaria, personal y actividades constructivas se mantendrá durante la preparación del sitio y la construcción, pudiendo extenderse por varios años, pero disminuirá conforme cesen los frentes activos. Los efectos permanentes de la ocupación del hábitat serán evaluados específicamente en el subfactor disponibilidad de hábitat.
B2. Reversibilidad	2	La disminución de abundancia asociada específicamente con la perturbación constructiva será reversible al cesar las fuentes de ruido, vibración, tránsito y presencia intensiva de personal en cada frente. Esto no implica que todas las especies retornen inmediatamente ni que se restablezcan de manera automática los patrones previos de uso del espacio; las modificaciones permanentes relacionadas con la reducción de hábitat se valorarán de manera específica en el subfactor correspondiente.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	La perturbación podrá acumularse cuando coincidan espacial o temporalmente limpieza, desmonte, conformación de obras,

		cimentaciones y montaje de plataformas en diferentes frentes, incrementando temporalmente la superficie evitada por la fauna.
B4. Susceptibilidad	3	La comunidad faunística presenta sensibilidad local diferenciada debido a que comprende aves, mamíferos, reptiles y anfibios con distintas capacidades de desplazamiento y respuesta a la perturbación, además de especies migratorias y especies incluidas en categorías de riesgo. El predominio de especies generalistas caracteriza funcionalmente a la comunidad, pero no elimina su sensibilidad frente a la pérdida temporal de condiciones de refugio ni frente al ruido, vibraciones y presencia humana en los frentes de obra.

Valor de la evaluación (ES)	-22	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 19: Modificación localizada de los patrones de movilidad de la fauna silvestre durante la preparación y construcción del proyecto.	
Factor ambiental impactado:	Fauna / Movilidad
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio y Construcción
Actividades causantes:	P4. Nivelación: ajuste de cotas y acondicionamiento de las superficies de intervención mediante corte, relleno, nivelación y compactación. C1. Obras provisionales: habilitación y funcionamiento temporal de almacenes, instalaciones sanitarias, áreas de acopio, servicios y demás áreas de apoyo; C2. Terracerías (nivelación y excavación): excavación, nivelación, movimiento de materiales y circulación de maquinaria y vehículos; C4. Cimentación, pilas y pilotes: ejecución de cimentaciones y perforación, colocación o hincado de pilas y pilotes; C5. Colocación de losas o plataformas: construcción y montaje de losas, plataformas y demás elementos estructurales, incluidas las estructuras elevadas.
Descripción:	La movilidad de la fauna comprende los desplazamientos que realizan los individuos dentro del predio para utilizar diferentes espacios y recursos, así como para trasladarse entre sitios de refugio, alimentación, reproducción y descanso. El impacto que se evalúa corresponde específicamente a la modificación de estos patrones de desplazamiento como consecuencia de la presencia y funcionamiento de los frentes de preparación y construcción, y no a la pérdida de hábitat, que se analizará de manera independiente. En el predio se registraron 79 especies de fauna silvestre, integradas por 45 especies de aves, 12 de mamíferos, 12 de reptiles y 10 de anfibios; estos grupos presentan diferencias importantes en capacidad locomotora, velocidad de desplazamiento, ámbito de actividad y respuesta ante fuentes de perturbación. Dentro del componente avifaunístico se registraron además 10 especies migratorias, mientras que la caracterización faunística reconoce especies sujetas a categoría de riesgo, por lo que la modificación de la movilidad no tendrá una respuesta uniforme entre todos los organismos presentes. Las actividades de nivelación, la habilitación y funcionamiento y la excavación y movimientos de materiales introducirán dentro de los frentes activos maquinaria, vehículos, personal, materiales y superficies temporalmente modificadas por lo que la combinación de ruido, vibraciones, tránsito y ocupación física podrá provocar que los individuos eviten determinados sectores, modifiquen temporalmente sus trayectorias o incrementen sus desplazamientos alrededor de las áreas en ejecución. Las excavaciones, acopios y demás elementos temporales también podrán constituir obstáculos físicos para especies terrestres de menor capacidad de desplazamiento.

	Durante la ejecución de las cimentaciones y perforación para la colocación o hincado de pilas y pilotes podrá modificar la movilidad alrededor de los puntos donde se ejecuten éstas. El efecto estará asociado principalmente con la actividad constructiva necesaria para su instalación: presencia de trabajadores, operación de equipos, ruido, vibraciones, traslado de materiales y ocupación progresiva del frente; para el caso de las estructuras elevadas, su proyección horizontal no constituirá una barrera física continua a nivel del terreno; sin embargo, durante su construcción sí existirán puntos activos de intervención y perturbación capaces de modificar localmente el tránsito de fauna. La expresión espacial del impacto será dinámica, debido a que los frentes de trabajo se desplazarán conforme avance la construcción; por ello, no se prevé una interrupción simultánea de la movilidad en las 33.355 ha del predio, sino la formación sucesiva de sectores de perturbación alrededor de las áreas activas. En determinados periodos podrán coexistir varios frentes, aumentando temporalmente la superficie dentro de la cual los individuos modifiquen sus trayectorias o eviten el tránsito. La estructura funcional identificada para la fauna del predio muestra predominio de especies generalistas, principalmente omnívoras y herbívoras, capaces de utilizar distintos recursos; asimismo, no se identificaron especies monófagas y se señala una ausencia aparente de especies especialistas y superdepredadores. Esta condición describe una comunidad con respuestas potencialmente variables frente a los cambios del entorno, pero no elimina la modificación de sus patrones de desplazamiento dentro de los sectores sometidos a perturbación constructiva. Las respuestas serán diferentes entre especies voladoras, organismos terrestres de desplazamiento rápido y especies de menor movilidad. Por tanto, el impacto se manifestará como una modificación localizada de las rutas, frecuencia y utilización espacial de los desplazamientos de fauna alrededor de los frentes de obra, originada por la presencia humana, maquinaria, tránsito, ruido, vibraciones, excavaciones y elementos físicos asociados con las actividades de nivelación, habilitación de obras provisionales, movimiento de materiales y la ejecución de cimentaciones, perforación, colocación o hincado de pilas y pilotes según corresponda. El efecto será más intenso durante los periodos de mayor actividad constructiva y cuando diferentes fuentes de perturbación coincidan espacial o temporalmente. En términos ambientales, se prevé un impacto adverso, directo, localizado y temporal, cuya intensidad variará entre grupos y especies de acuerdo con sus características locomotoras y su sensibilidad a la perturbación. Tendrá carácter acumulativo cuando varios frentes o fuentes actúen simultáneamente, aunque la modificación evaluada en esta ficha estará asociada específicamente con la etapa de preparación y construcción y disminuirá conforme cesen las actividades que generan ruido, vibraciones, tránsito y ocupación temporal.
Descripción para evaluación RIAM modificado	
Componente de evaluación (código)	BE-5

Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	La modificación de los patrones de movilidad se concentrará principalmente en los frentes activos y sus inmediaciones dentro del predio. Las actividades podrán provocar evitación o modificación de trayectorias a escala local, sin que el efecto evaluado implique una interrupción regional del desplazamiento de la fauna.
A2: Magnitud	-2	Las actividades constructivas producirán un cambio negativo apreciable en la movilidad dentro de los sectores activos, debido a la presencia simultánea o sucesiva de maquinaria, vehículos, personal, ruido, vibraciones, excavaciones y elementos físicos. El

		efecto podrá provocar evitación de áreas y modificación temporal de rutas, particularmente para especies terrestres y de menor movilidad.
B1: Permanencia	3	La modificación estará presente mientras se desarrollen los frentes de preparación y construcción y podrá desplazarse entre diferentes sectores conforme avance la obra. Debido a que las actividades constructivas se desarrollarán durante un periodo comprendido dentro del intervalo de 1 a 10 años del RIAM-M, corresponde a un efecto temporal de mediano término.
B2. Reversibilidad	2	Al cesar en cada frente las fuentes de ruido, vibración, tránsito de maquinaria, presencia intensiva de personal y ocupación temporal, desaparecerá el principal mecanismo que modifica los desplazamientos. Por ello, la movilidad asociada específicamente con la perturbación constructiva podrá recuperarse en periodos relativamente cortos, aunque la respuesta podrá variar entre especies.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	La modificación podrá acumularse cuando coincidan espacial o temporalmente nivelación, terracerías, obras provisionales, cimentaciones y montaje de estructuras, generándose varios puntos de perturbación que amplíen temporalmente las superficies evitadas o modifiquen simultáneamente distintas trayectorias de desplazamiento.
B4. Susceptibilidad	3	La comunidad faunística presenta sensibilidad local diferenciada debido a que está integrada por aves, mamíferos, reptiles y anfibios con capacidades de desplazamiento distintas, e incluye especies migratorias y especies en categoría de riesgo. Aunque predominan especies generalistas, esta característica no elimina la sensibilidad de los individuos frente al ruido, vibraciones, tránsito, excavaciones y ocupación de los frentes constructivos.
Valor de la evaluación (ES)	-22	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 20: Mantenimiento de condiciones locales para el desplazamiento de la fauna mediante el paisajismo y la conservación funcional de superficies permeables.	
Factor ambiental impactado:	Fauna / Movilidad
Tipo de impacto:	Benéfico
Etapas del proyecto:	Construcción, Operación y Mantenimiento
Actividades causantes:	C10. Paisajismo: acondicionamiento paisajístico y revegetación de las superficies previstas para este fin, incluyendo la preparación de las áreas, establecimiento de vegetación y actividades iniciales requeridas para su mantenimiento. O1. Áreas permeables: conservación funcional, limpieza y mantenimiento de las superficies permeables y drenantes previstas como parte del diseño del proyecto.
Descripción:	El impacto benéfico consistirá en el mantenimiento de condiciones físicas que faciliten el desplazamiento local de fauna dentro de distintas superficies del predio, como resultado del establecimiento de áreas con vegetación mediante el paisajismo y de la permanencia funcional de superficies permeables durante la operación. El proyecto contempla 774.95 m^2 de jardines, que formarán parte de las superficies vegetadas incorporadas al conjunto; su establecimiento permitirá mantener espacios con cobertura vegetal dentro de sectores intervenidos y disminuir la continuidad de superficies completamente construidas, favoreciendo la existencia de áreas intermedias que podrán ser atravesadas por individuos de fauna durante sus desplazamientos locales. Durante la operación, el efecto tendrá una expresión espacial más amplia mediante el mantenimiento de las superficies permeables ya que el proyecto considera 31.986 ha bajo

	esta condición, equivalentes al 95.894 % del predio, integradas por áreas de conservación-rehabilitación, jardines, senderos, superficies con materiales permeables y espacios asociados con estructuras elevadas, entre otros componentes; dentro de este conjunto se incluyen 26.710 ha de conservación-rehabilitación, equivalentes al 80.08 % del predio. Estas superficies no presentan una misma función ecológica ni un mismo grado de naturalidad, pero comparten la característica de no constituir una ocupación impermeable continua del terreno. Para el subfactor movilidad, esta configuración resulta relevante porque la fauna terrestre no encontrará una superficie uniformemente sellada o físicamente ocupada en toda el área del proyecto derivado a que la presencia distribuida de superficies permeables, vegetadas y de espacios libres a nivel del terreno permitirá mantener sectores físicamente transitables entre diferentes porciones del predio. El beneficio será particularmente importante para especies que se desplazan a nivel del suelo, cuya movilidad depende en mayor medida de la existencia de espacios continuos o intercalados que puedan atravesarse sin enfrentar barreras físicas permanentes. La comunidad faunística registrada en el predio está integrada por especies con capacidades de desplazamiento distintas, identificándose un predominio de especies generalistas, omnívoras y herbívoras, y reconoce que determinadas aves presentan una alta capacidad de movimiento dentro del área del proyecto y su entorno inmediato; estas características indican que la respuesta de la fauna frente a la configuración espacial del proyecto será diferenciada y que el beneficio sobre movilidad tendrá mayor relevancia para los organismos cuyo desplazamiento depende directamente de la continuidad física a nivel del terreno. El efecto benéfico no implica que las condiciones de desplazamiento posteriores al desarrollo serán idénticas a las existentes antes de la intervención, ni que las superficies permeables funcionarán todas como corredores de fauna; consistirá específicamente en evitar una pérdida adicional del tránsito asociado con la degradación, obstrucción o transformación progresiva de las superficies que permanecerán permeables y en mantener espacios vegetados dentro de sectores intervenidos. En términos ambientales, se prevé un impacto benéfico, directo, de alcance local y de larga duración, cuya expresión comenzará con el establecimiento de las áreas de paisajismo y continuará durante la operación mediante la permanencia funcional de las superficies permeables. Tendrá carácter acumulativo favorable debido a que la distribución conjunta de estas superficies contribuirá a mantener oportunidades de desplazamiento en diferentes sectores del predio.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	BE-6	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	El beneficio se manifestará principalmente dentro del predio, mediante el mantenimiento de superficies físicamente transitables y espacios vegetados que podrán continuar siendo utilizados durante los desplazamientos locales de fauna.
A2: Magnitud	1	Se producirá un mejoramiento respecto de un escenario de mayor ocupación continua del terreno, al mantenerse distribuidas superficies permeables y vegetadas que conservarán condiciones de tránsito para la fauna. El beneficio será favorable pero limitado, ya que no restituye íntegramente los patrones actuales de movilidad ni elimina las modificaciones provocadas por la presencia del desarrollo.
B1: Permanencia	4	El efecto se mantendrá durante la vida operativa del proyecto mientras permanezcan funcionales las superficies permeables y las áreas de paisajismo, por lo que tendrá una duración superior al intervalo de 10–15 años.

B2. Reversibilidad	2	El beneficio depende de la permanencia física y funcional de las superficies que lo generan. Si éstas perdieran sus condiciones de permeabilidad, vegetación o transitabilidad, la contribución favorable a la movilidad disminuiría en periodos relativamente cortos.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El efecto favorable resultará de la acción conjunta de superficies permeables y áreas vegetadas distribuidas en distintos sectores del predio. La suma espacial de estas condiciones permitirá mantener múltiples espacios potencialmente transitables, generando un efecto acumulativo favorable sobre la movilidad local.
B4. Susceptibilidad	3	La movilidad constituye una función ecológica sensible a la disposición espacial de las obras y a la continuidad física del terreno. La fauna registrada incluye grupos con capacidades locomotoras diferentes, por lo que conservar superficies transitables resulta ambientalmente relevante a escala local.

Valor de la evaluación (ES)	+12	Valor alfabético	+A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 21: Reducción localizada de la disponibilidad de hábitat para la fauna silvestre por remoción de vegetación.	
Factor ambiental impactado:	Fauna / Disponibilidad de hábitat
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio
Actividades causantes:	P3. Desmonte y despalme: remoción selectiva de la vegetación en las superficies requeridas para el establecimiento de las obras y retiro de la capa superficial del suelo.
Descripción:	La disponibilidad de hábitat corresponde a la existencia de superficies y recursos ambientales que la fauna puede utilizar para refugio, alimentación, reproducción y permanencia; en el proyecto estas funciones se encuentran estrechamente relacionadas con la vegetación presente en el predio y con los recursos biológicos asociados a ella. La caracterización faunística registró 79 especies, integradas por 45 aves, 12 mamíferos, 12 reptiles y 10 anfibios; identificándose además a las plantas y artrópodos como componentes fundamentales de la trama alimentaria, al constituir recursos utilizados por especies herbívoras, omnívoras y oportunistas presentes en el predio; en consecuencia, el desmonte y despalme producirá una reducción directa de la disponibilidad de hábitat en las superficies donde se retire físicamente la vegetación, debido a que desaparecerán o disminuirán simultáneamente elementos que actualmente proporcionan cobertura, refugio, sitios de reposo, sustratos para reproducción y recursos alimenticios. La remoción de la capa superficial del suelo afectará adicionalmente las condiciones utilizadas por organismos terrestres y por especies asociadas con hojarasca, raíces, troncos y vegetación baja. El impacto identificado no será uniforme entre los distintos grupos faunísticos. Las aves podrán perder árboles, arbustos o estratos herbáceos utilizados como percha, refugio, alimentación o reproducción; los mamíferos terrestres perderán localmente superficies de cobertura y alimentación; mientras que reptiles y anfibios podrán verse afectados por la eliminación de microhábitats asociados con hojarasca, raíces, cavidades, vegetación baja y condiciones de humedad del suelo; por ello, la reducción de hábitat no debe entenderse únicamente como una disminución de superficie, sino también como una pérdida localizada de funciones ecológicas dentro de los sitios desmontados. La magnitud espacial de esta modificación deberá diferenciarse de la superficie general de aprovechamiento ya que el proyecto considera 6.645 ha de aprovechamiento, pero esta superficie no equivale íntegramente a pérdida de hábitat, debido a que incluye áreas sin vegetación aparente, usos preexistentes y proyecciones de estructuras elevadas cuya ocupación aérea no implica necesariamente desmonte total de la superficie situada debajo;

	de las 33.355 ha del predio, 26.710 ha se encuentran fuera de la superficie de aprovechamiento, por lo que P3 no producirá remoción de vegetación sobre la totalidad del predio. La mayor reducción de hábitat se asociará con las superficies de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia que requieran desmonte efectivo, por ser la comunidad vegetal con mayor coincidencia espacial con las obras. En menor extensión podrán modificarse superficies de selva baja subperennifolia y vegetación hidrófila. La superficie cartografiada como manglar no presenta aprovechamiento directo, y la proyección de determinadas estructuras elevadas y aéreas deberá diferenciarse de la huella donde exista remoción física de vegetación. Por tanto, el impacto consistirá en una reducción localizada de superficies y recursos actualmente disponibles para la fauna, directamente asociada con la remoción efectiva de vegetación durante el desmonte y despalme, ya que en los sitios donde el desmonte anteceda al establecimiento de obras permanentes, la pérdida de función de hábitat tendrá larga duración y permanecerá mientras dichas superficies continúen ocupadas por los componentes del proyecto. En términos ambientales, se prevé un impacto adverso, directo, localizado y de larga duración, cuya intensidad dependerá de la superficie realmente desmontada y de las características de la comunidad vegetal removida. El efecto será acumulativo conforme se incorporen nuevas superficies al desmonte, debido a que cada área intervenida se sumará a la reducción total de hábitat disponible dentro del predio

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	BE-7	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	La reducción de hábitat se producirá dentro de las superficies efectivamente desmontadas del predio, por lo que tendrá un alcance predominantemente local. No implica por sí misma una reducción de hábitat a escala regional.
A2: Magnitud	-2	El desmonte producirá una pérdida efectiva de cobertura y de recursos utilizados para refugio, alimentación, reproducción y permanencia de fauna en las superficies intervenidas. El cambio será claramente perceptible en dichos sitios, aunque no abarcará homogéneamente la totalidad de la superficie de aprovechamiento ni del predio.
B1: Permanencia	4	En las superficies desmontadas que posteriormente sean ocupadas por obras permanentes, la función actual de hábitat no se restablecerá durante la vida útil del proyecto, por lo que el efecto tendrá una duración superior a 10–15 años.
B2. Reversibilidad	3	La recuperación de condiciones equivalentes de hábitat requeriría el restablecimiento de cobertura vegetal, estructura, recursos alimenticios y microhábitats asociados. Aun en ausencia posterior de ocupación, este proceso no sería inmediato y dependería de la regeneración y sucesión de la vegetación.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El efecto será acumulativo conforme el desmonte avance sobre distintos frentes, debido a que cada superficie removida se incorporará a la reducción total de hábitat dentro del área de intervención.
B4. Susceptibilidad	3	El receptor presenta sensibilidad local porque las comunidades vegetales del predio proporcionan simultáneamente refugio, alimento, sustratos y microhábitats para aves, mamíferos, reptiles y anfibios. La presencia de especies migratorias y especies en categoría de riesgo incrementa la relevancia ecológica del recurso, aunque la comunidad registrada está integrada predominantemente por especies generalistas.
Valor de la evaluación (ES)	-26	Valor alfabético	-A (Impacto negativo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 22: Mantenimiento y recuperación localizada de condiciones de hábitat para la fauna silvestre.	
Factor ambiental impactado:	Fauna / Disponibilidad de hábitat
Tipo de impacto:	Benéfico
Etapas del proyecto:	Construcción y Operación y mantenimiento
Actividades causantes:	C10. Paisajismo: acondicionamiento paisajístico y revegetación de las superficies previstas para este fin, incluyendo preparación del terreno, establecimiento de vegetación y actividades iniciales requeridas para su mantenimiento. O1. Áreas permeables: conservación funcional, limpieza y mantenimiento de las superficies permeables y drenantes previstas como parte del diseño del proyecto.
Descripción:	El impacto benéfico consistirá en el mantenimiento y recuperación localizada de superficies que podrán conservar o desarrollar funciones de refugio, alimentación, descanso y tránsito para la fauna, principalmente mediante el establecimiento de vegetación en las áreas de paisajismo y la permanencia funcional de superficies permeables durante la operación. Como parte del paisajismo se establecerán 774.95 m^2 de jardines, integrados predominantemente con vegetación nativa, lo que permitirá generar estructura física y recursos biológicos dentro de sectores intervenidos, creando espacios que podrán ser utilizados de manera complementaria por determinados grupos de fauna, principalmente aves, insectos y pequeños vertebrados capaces de utilizar ambientes vegetados asociados con el desarrollo. La importancia funcional de la vegetación para la fauna del predio está respaldada por el análisis de la cadena trófica, que identifica a plantas y artrópodos como elementos fundamentales de la red alimentaria, al constituir recursos directos o indirectos para especies generalistas, herbívoras, omnívoras y oportunistas; en este sentido, el establecimiento de vegetación mediante el acondicionamiento paisajístico y revegetación podrá aportar recursos adicionales dentro de superficies previamente intervenidas, aunque su función ecológica no será equivalente a la de las comunidades vegetales naturales originalmente presentes. Durante la operación, la conservación funcional, limpieza y mantenimiento de las superficies permeables y drenantes contribuirán a conservar funcionalmente una amplia proporción de superficies permeables, lo anterior ya que el proyecto considera 31.986 ha bajo esta condición, equivalentes al 95.894 % del predio, dentro de las cuales se incluyen 26.710 ha de conservación-rehabilitación, jardines, senderos, superficies con materiales permeables y áreas bajo estructuras elevadas. De igual forma, no todas las superficies permeables deberán interpretarse como hábitat de igual calidad o funcionalidad derivado que las áreas bajo conservación-rehabilitación mantendrán la mayor capacidad para proporcionar cobertura, alimento, refugio y microhábitats; los jardines podrán aportar recursos complementarios; mientras que superficies como senderos, áreas con gravilla, adopasto u otros materiales permeables conservarán principalmente condiciones físicas de suelo no completamente sellado y podrán facilitar determinados usos ocasionales por la fauna, sin adquirir por ello las funciones de una comunidad vegetal natural. El beneficio ambiental se producirá, por tanto, por la coexistencia de superficies vegetadas, áreas de conservación y espacios no completamente sellados dentro del arreglo del proyecto. Esta configuración mantendrá una mayor diversidad de condiciones disponibles para la fauna que la que existiría bajo una ocupación continua e impermeable del terreno. La comunidad registrada en el predio está integrada predominantemente por especies generalistas, capaces de utilizar diferentes recursos ambientales, lo que incrementa la posibilidad de que una parte de la fauna aproveche jardines, áreas vegetadas y otras superficies funcionales incorporadas al proyecto; sin embargo, no implica que estas áreas sustituyan integralmente a las comunidades naturales ni que restablezcan por completo las funciones de hábitat perdidas en las superficies desmontadas.

	En consecuencia, el impacto será benéfico, directo, localizado y de larga duración, al mantener y generar superficies con capacidad parcial para proporcionar recursos y condiciones de uso a la fauna durante la operación. Su efecto será acumulativo favorable por la interacción espacial entre áreas de conservación, superficies vegetadas y otros espacios permeables distribuidos dentro del predio.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)		BE-8
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	El beneficio se manifestará principalmente dentro del predio, mediante el mantenimiento y establecimiento de superficies que podrán conservar o desarrollar funciones complementarias de refugio, alimentación, descanso y uso por la fauna. Su alcance será predominantemente local.
A2: Magnitud	1	El paisajismo y la permanencia funcional de superficies permeables producirán una mejora ambiental localizada al mantener o incorporar espacios con vegetación y condiciones físicas utilizables por determinadas especies. El beneficio será positivo pero limitado, ya que estas superficies no sustituirán íntegramente las funciones del hábitat natural removido.
B1: Permanencia	4	El efecto se mantendrá durante la vida operativa del proyecto mientras permanezcan las superficies vegetadas, las áreas de conservación y las condiciones funcionales de las superficies permeables, por lo que tendrá una duración superior a 10–15 años.
B2. Reversibilidad	2	El beneficio dependerá de la permanencia de las condiciones que lo generan. Si se pierde la cobertura vegetal o se modifica sustancialmente la funcionalidad de las superficies, la disponibilidad complementaria de hábitat disminuirá en periodos relativamente cortos.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El beneficio será acumulativo por la acción conjunta de jardines, áreas vegetadas, superficies permeables y áreas bajo conservación distribuidas en diferentes sectores del predio, cuya combinación incrementará la disponibilidad local de espacios potencialmente utilizables por la fauna.
B4. Susceptibilidad	3	La disponibilidad de hábitat constituye una función ambiental sensible porque la fauna registrada depende, en distinto grado, de cobertura, refugio, recursos alimenticios y microhábitats. La comunidad incluye grupos con requerimientos ecológicos diferentes, aunque predomina fauna generalista con capacidad para utilizar recursos diversos.

Valor de la evaluación (ES)	+12	Valor alfabético	+A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 23: Modificación localizada de la calidad estético-paisajística por sustitución de elementos naturales por componentes construidos.	
Factor ambiental impactado:	Paisaje / Calidad estético-paisajística
Tipo de impacto:	Adverso
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio y Construcción.
Actividades causantes:	P3. Desmonte y despalme: remoción selectiva de vegetación y retiro de la capa superficial del suelo en las superficies requeridas para las obras. C3. Conformación de las obras: ocupación de las superficies previstas y ejecución de los trabajos requeridos para la disposición y conformación inicial de los diferentes elementos del conjunto. C5. Colocación de losas o plataformas: construcción y montaje de losas, plataformas y demás elementos estructurales, incluidas estructuras elevadas. C6. Muros y albañilería: construcción de muros y ejecución de trabajos de albañilería correspondientes a edificaciones y demás componentes del proyecto.

Descripción:	La calidad estético-paisajística del predio está determinada actualmente por el predominio de elementos naturales, principalmente por la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, que ocupa 21.336 ha, equivalentes al 63.97 % de la superficie total, complementada por selva baja subperennifolia, vegetación hidrófila, petén, manglar, cuerpo de agua, superficies sin vegetación aparente y algunos elementos preexistentes. Esta configuración genera una matriz paisajística predominantemente vegetal. El impacto se producirá inicialmente durante el desmonte y despalme, al eliminarse cobertura vegetal en las superficies donde resulte necesario liberar físicamente el terreno, ya que la apertura de estos espacios modificará la continuidad vegetal y dará lugar a áreas con suelo expuesto y frentes de intervención que contrastarán temporalmente con las condiciones actuales del predio. Posteriormente, la ocupación de las superficies previstas para el establecimiento de las obras, así como la construcción y montaje de losas, plataformas, muros, trabajos de albañilería y demás elementos estructurales transformarán progresivamente esas superficies; resultando en el cambio del paisaje; por tanto, la afectación se traduce en una sustitución localizada de elementos naturales por elementos arquitectónicos y superficies acondicionadas, modificando la composición, textura, forma y grado de naturalidad del paisaje en las zonas intervenidas. La transformación se concentrará en la superficie de aprovechamiento de 6.645 ha, equivalente al 19.92 % del predio; esta superficie no deberá interpretarse como una sustitución homogénea de la totalidad de sus elementos naturales, ya que dentro de ella coexistirán distintas formas de ocupación, incluidas estructuras elevadas y superficies con diferente grado de contacto con el terreno; sin embargo, sí representa el sector donde se introducirá la mayor parte de los nuevos componentes construidos del proyecto. En contraste, 26.710 ha, equivalentes al 80.08 % del predio, permanecerán fuera de la superficie de aprovechamiento, manteniendo el predominio espacial de la matriz vegetal y de los elementos naturales en la mayor parte del terreno. Esta condición no elimina la modificación paisajística dentro de las áreas intervenidas, pero delimita espacialmente su expresión. La afectación tendrá dos momentos claramente diferenciados; durante la preparación y construcción se generará un paisaje transitorio asociado con remoción de vegetación, superficies expuestas, presencia de materiales y avance de frentes de obra; conforme se consoliden las edificaciones y demás elementos estructurales, el cambio adquirirá un carácter permanente, debido a que las superficies intervenidas pasarán de una condición predominantemente natural a una configuración de carácter turístico y de vivienda. Este impacto deberá diferenciarse del impacto visual que comprende la visibilidad, altura, o percepción de los volúmenes desde determinados puntos de observación; lo que en ésta se analiza es el impacto a la modificación de la calidad y composición del paisaje como unidad física y perceptual dentro del predio. En términos ambientales, se prevé un impacto adverso, directo, de larga duración y de alcance local a supralocal, debido a la incorporación permanente de componentes construidos dentro de una matriz actualmente dominada por elementos naturales. Su intensidad será mayor en las superficies donde exista sustitución directa de vegetación y consolidación de edificaciones, plataformas y muros, y tendrá carácter acumulativo conforme los distintos componentes del proyecto se integren progresivamente al paisaje.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)		SC-1
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	2	La modificación se originará dentro del predio, pero su relevancia paisajística trasciende los puntos individuales de desplante debido a que altera la composición de una unidad espacial asociada con un entorno predominantemente natural y con la presencia de la Laguna de Bacalar.

		Por ello, su importancia se considera superior a una condición estrictamente puntual.
A2: Magnitud	-2	El proyecto producirá una sustitución claramente perceptible de elementos naturales por edificaciones, plataformas, muros y superficies acondicionadas dentro de las áreas de aprovechamiento. El cambio será significativo en dichas superficies, aunque no abarcará homogéneamente la totalidad del predio.
B1: Permanencia	4	La modificación paisajística derivada de la incorporación de elementos construidos persistirá durante la vida útil del proyecto, por lo que tendrá una duración superior a 10–15 años.
B2. Reversibilidad	4	Recuperar una configuración paisajística equivalente a la condición previa requeriría el retiro de las obras permanentes y un proceso prolongado de restablecimiento de la cobertura y estructura vegetal, por lo que el efecto no se considera reversible durante la vida útil del proyecto.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El efecto será acumulativo debido a que la modificación del paisaje se incrementará progresivamente conforme se incorporen distintos componentes construidos en las áreas de aprovechamiento. La suma de edificaciones, plataformas, muros y demás elementos consolidará una nueva configuración paisajística.
B4. Susceptibilidad	3	El paisaje presenta sensibilidad local debido al predominio actual de vegetación y otros elementos naturales dentro del predio. La sustitución de parte de esta matriz por componentes construidos modificará una condición paisajística claramente definida y perceptualmente diferenciada.

Valor de la evaluación (ES)	-56	Valor alfabético	-C (Impacto negativo significativo)

IMPACTO AMBIENTAL 24: Mantenimiento e integración localizada de la calidad estético-paisajística mediante el paisajismo y la conservación funcional de superficies permeables.	
Factor ambiental impactado:	Paisaje / Calidad estético-paisajística
Tipo de impacto:	Benéfico
Etapas del proyecto:	Construcción, Operación y mantenimiento.
Actividades causantes:	C10. Paisajismo: acondicionamiento paisajístico y revegetación de las superficies previstas para este fin, incluyendo preparación de las áreas, establecimiento de vegetación y actividades iniciales requeridas para su mantenimiento. O1. Áreas permeables: conservación funcional, limpieza y mantenimiento de las superficies permeables y drenantes previstas como parte del diseño del proyecto.
Descripción:	El impacto benéfico consistirá en el mantenimiento e incorporación localizada de elementos vegetales y superficies abiertas que contribuirán a conservar una configuración paisajística menos homogéneamente construida dentro del predio. Su manifestación estará asociada con el establecimiento de jardines y con la permanencia funcional de las superficies permeables previstas como parte del diseño del proyecto. Como parte del paisajismo se establecerán 774.95 m^2 de jardines, distribuidos entre los componentes turístico y suburbano; estas superficies incorporarán vegetación dentro de áreas intervenidas y permitirán introducir nuevamente textura, volumen y color vegetal en sectores donde previamente se hayan desarrollado actividades constructivas; durante la operación éstas contribuirán a conservar la condición funcional de las superficies permeables y drenantes del proyecto; en conjunto se consideran 31.986 ha de superficies permeables, equivalentes al 95.894 % del predio, dentro de las cuales se incluyen áreas de conservación-rehabilitación, jardines, superficies con materiales permeables y espacios asociados con estructuras elevadas.

	Para efectos paisajísticos, estas superficies no tendrán el mismo valor visual. Las 26.710 ha de conservación-rehabilitación conservarán el mayor peso en la estructura paisajística por mantener cobertura vegetal y elementos naturales; los jardines aportarán vegetación dentro de sectores intervenidos; mientras que superficies como senderos, circulaciones con gravilla, adopasto u otros materiales permeables conservarán principalmente espacios abiertos y texturas menos intensamente artificializadas que una superficie completamente sellada. El beneficio se expresará, por tanto, en la persistencia de un entorno paisajístico predominantemente vegetal alrededor y entre diferentes componentes construidos, así como en la incorporación de vegetación dentro de determinados espacios intervenidos; lo anterior generará una configuración en la que los elementos arquitectónicos coexistirán con superficies naturales, vegetadas y abiertas, en lugar de conformar una ocupación construida continua. Por lo anterior, el beneficio corresponde específicamente a mantener y reforzar elementos vegetales y espacios abiertos dentro de la configuración final del proyecto, favoreciendo una integración paisajística localizada durante su operación. En términos ambientales, se prevé un impacto benéfico, directo, de alcance local y de larga duración, cuya manifestación comenzará con el establecimiento del paisajismo y continuará durante la operación mediante la permanencia funcional de las superficies permeables y vegetadas. Tendrá carácter acumulativo favorable por la acción conjunta de jardines, áreas de conservación y otras superficies abiertas distribuidas dentro del predio.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	SC-2	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	1	El beneficio se manifestará principalmente dentro del predio, mediante la permanencia de elementos vegetales, superficies abiertas y áreas de conservación que formarán parte de la configuración paisajística final del proyecto.
A2: Magnitud	1	El paisajismo y la conservación funcional de superficies permeables producirán una mejora localizada de la calidad paisajística al incorporar y mantener elementos vegetales y espacios abiertos dentro de las áreas intervenidas. El beneficio será favorable, pero de magnitud limitada, ya que no restituirá íntegramente la configuración natural previa ni eliminará la presencia de los componentes construidos.
B1: Permanencia	4	El efecto se mantendrá durante la vida útil del proyecto mientras permanezcan las áreas de paisajismo, conservación y superficies funcionales que contribuyen a la configuración paisajística, por lo que tendrá una duración superior a 10–15 años.
B2. Reversibilidad	2	El beneficio depende de la permanencia de las condiciones que lo generan. Si se pierde la vegetación establecida o se modifica sustancialmente la funcionalidad de las superficies abiertas y permeables, su contribución favorable al paisaje disminuirá en periodos relativamente cortos.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El efecto será acumulativo favorable porque la aportación visual de jardines, áreas de conservación y otras superficies abiertas se sumará espacialmente, contribuyendo conjuntamente a la integración de los componentes construidos dentro de una matriz predominantemente vegetal.
B4. Susceptibilidad	3	El paisaje presenta sensibilidad local por el predominio actual de vegetación y elementos naturales. La permanencia e incorporación de componentes vegetales resulta relevante para conservar parte de esa estructura paisajística dentro de la configuración final del proyecto.

Valor de la evaluación (ES)	+12	Valor alfabético	+A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 25: Incremento localizado del contraste visual por incorporación de volúmenes arquitectónicos y elementos construidos.		
Factor ambiental impactado:	Paisaje / Impacto visual	
Tipo de impacto:	Adverso	
Etapas del proyecto:	Construcción	
Actividades causantes:	C3. Conformación de las obras: ocupación de las superficies previstas para el establecimiento de los distintos componentes del proyecto y ejecución de los trabajos necesarios para su conformación inicial; C6. Muros y albañilería: construcción de muros y ejecución de trabajos de albañilería de las edificaciones y demás componentes del proyecto.	
Descripción:	El impacto visual corresponderá al cambio en la percepción del predio ocasionado por la incorporación de nuevos volúmenes arquitectónicos y elementos construidos dentro de un espacio donde actualmente predominan la vegetación y otros componentes naturales. Durante la conformación de las obras, la modificación comenzará con la definición física de las superficies y componentes que integrarán el conjunto; el cambio adquirirá mayor expresión durante la edificación de los muros y albañilería, que es cuando las edificaciones desarrollan sus dimensiones verticales y volumetría definitiva. El componente suburbano estará integrado por 9 módulos, con una altura máxima de 14 m; las demás edificaciones presentarán alturas menores, con un máximo general de 7 m, mientras que las villas turísticas, villas suites, Casa Club y BOH alcanzarán aproximadamente 6 m, de acuerdo con los alzados del proyecto; la diferencia de alturas será relevante para la expresión del impacto. La superficie techada total será de aproximadamente 2.06 ha, equivalente al 6.16 % del predio, dentro de una superficie total de 33.355 ha. La presencia de volúmenes construidos no se distribuirá homogéneamente sobre todo el terreno, sino que estará concentrada espacialmente en los sectores destinados a los diferentes componentes arquitectónicos, por ello la percepción de estos elementos variará de acuerdo con la posición del observador, la distancia, las diferencias topográficas y la interposición de vegetación u otros componentes; no obstante, dentro de las áreas de construcción y desde los sectores con líneas de visión hacia las edificaciones, los nuevos volúmenes introducirán formas geométricas, planos verticales y alturas que contrastarán claramente con la configuración visual actual. El efecto aumentará progresivamente conforme se incorporen los distintos cuerpos arquitectónicos; inicialmente se percibirán elementos aislados; posteriormente, la suma de módulos de vivienda, villas, áreas de servicios y demás edificaciones conformará una nueva estructura visual dentro del predio; por esta razón, el impacto tendrá un comportamiento acumulativo durante la construcción, hasta alcanzar su máxima expresión cuando los volúmenes se encuentren completamente conformados. Una vez concluidos los muros y componentes estructurales, la modificación visual adquirirá carácter de larga duración, debido a que la volumetría, altura y presencia física de las edificaciones permanecerán durante la vida útil del proyecto. En términos ambientales, se prevé un impacto adverso, directo, de larga duración y de alcance local a supralocal, debido a la introducción de elementos arquitectónicos visibles dentro de una matriz actualmente caracterizada por el predominio de componentes naturales. Su intensidad será mayor en los puntos donde se concentren las edificaciones de mayor altura y volumen, particularmente los módulos de hasta 14 m.	
Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	SC-3	
Criterio	Valor	Comentario

A1: Importancia	2	Aunque la modificación se originará dentro del predio, la presencia de volúmenes arquitectónicos podrá ser perceptible más allá de su huella inmediata dependiendo de las líneas de visión, altura de las edificaciones, topografía y posición del observador. Por ello, su importancia supera una condición estrictamente puntual.
A2: Magnitud	-2	La incorporación de edificaciones de hasta 14 m de altura y otros volúmenes de entre aproximadamente 6 y 7 m producirá un cambio visual claramente perceptible respecto de la condición actual. La modificación será significativa en los sectores donde se concentren las obras, aunque no abarcará visualmente de manera uniforme la totalidad del predio.
B1: Permanencia	4	La presencia visual de los volúmenes arquitectónicos continuará durante la vida útil del proyecto, por lo que el efecto tendrá una duración superior al intervalo de 10–15 años.
B2. Reversibilidad	4	Recuperar la configuración visual previa requeriría el retiro de las edificaciones y demás elementos construidos; por ello, mientras las obras permanezcan, la modificación visual no será reversible.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El impacto será acumulativo debido a que la incorporación sucesiva de diferentes edificaciones incrementará progresivamente la cantidad, extensión y dominancia de elementos artificiales visibles dentro del conjunto.
B4. Susceptibilidad	3	El receptor presenta sensibilidad local debido al predominio actual de vegetación y elementos naturales. La incorporación de volúmenes arquitectónicos de dimensiones y alturas claramente diferenciadas generará un contraste perceptible respecto de esta condición visual.
Valor de la evaluación (ES)	-56	Valor alfabético:	-C (Impacto negativo significativo)

IMPACTO AMBIENTAL 26: Mejoramiento localizado de la percepción visual mediante la terminación arquitectónica de las obras.	
Factor ambiental impactado:	Paisaje / Impacto visual
Tipo de impacto:	Benéfico
Etapas del proyecto:	Construcción
Actividades causantes:	C7. Acabado de las obras: aplicación y colocación de recubrimientos, pinturas, tratamientos superficiales y demás acabados requeridos para la terminación de las obras.
Descripción:	El impacto benéfico consistirá en el mejoramiento localizado de la condición visual de los componentes construidos al pasar de una etapa de obra inconclusa a una configuración arquitectónica terminada. Su efecto se producirá exclusivamente sobre las superficies y volúmenes previamente conformados y no representa una restitución de la condición visual natural existente antes del desarrollo del proyecto. Durante las fases precedentes de construcción, las edificaciones presentarán temporalmente elementos estructurales expuestos, muros sin terminación, superficies heterogéneas y materiales propios del proceso constructivo. Con el acabado de las obras, estos elementos adquirirán su terminación final mediante la aplicación de recubrimientos, pinturas y tratamientos superficiales, disminuyendo la apariencia de obra en proceso y generando una composición visual más uniforme y definida. El beneficio tendrá mayor expresión en las edificaciones que concentran los principales volúmenes arquitectónicos del proyecto, en este caso, el componente suburbano con alturas máximas de 14 m, mientras que otras edificaciones alcanzarán alturas menores, de hasta aproximadamente 6 y 7 m; que debido a su escala y presencia dentro del predio, la terminación de estas superficies tendrá una incidencia directa sobre la percepción final de los volúmenes construidos.

	El efecto del acabado de las obras será progresivo: conforme cada componente concluya sus trabajos de acabado, disminuirá la presencia visual de superficies propias de una obra inconclusa y aumentará la coherencia formal entre muros, fachadas y demás elementos terminados; de esta manera, la suma de los acabados aplicados a los distintos componentes producirá una mejora acumulativa en la percepción visual interna del conjunto limitándose el impacto benéfico a la mejora de la condición visual de esos elementos una vez construidos, sustituyendo la apariencia temporal de obra en proceso por una configuración terminada. En términos ambientales, se prevé un impacto benéfico, directo, localizado y de larga duración, debido a que la terminación arquitectónica mejorará la percepción visual de las superficies construidas y permanecerá asociada con ellas durante la operación del proyecto. Su magnitud será limitada, puesto que el beneficio no elimina la modificación visual producida por las edificaciones, sino que mejora la calidad perceptual de los elementos ya incorporados.

Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)		SC-4	
Criterio	Valor	Comentario	
A1: Importancia	1	El beneficio se manifestará principalmente dentro del predio y en la percepción inmediata de los componentes arquitectónicos terminados, por lo que tendrá importancia predominantemente local.	
A2: Magnitud	1	La terminación de muros, fachadas y demás superficies producirá una mejora perceptible respecto de la condición temporal de obra inconclusa. El cambio será favorable, aunque limitado, porque no elimina la volumetría ni el contraste generado por la presencia permanente de las edificaciones.	
B1: Permanencia	4	Una vez concluidos los acabados, la condición visual terminada permanecerá asociada con las edificaciones durante su vida útil, por lo que el beneficio tendrá una duración superior a 10–15 años.	
B2. Reversibilidad	2	La condición favorable derivada de los acabados puede modificarse en periodos relativamente cortos si las superficies se deterioran, sustituyen o pierden su terminación, por lo que el efecto se considera reversible.	
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	El beneficio será acumulativo conforme se concluyan los acabados de los distintos componentes, ya que cada superficie terminada se sumará progresivamente a la configuración visual final del conjunto.	
B4. Susceptibilidad	3	El paisaje presenta sensibilidad local frente a la calidad visual de los nuevos elementos construidos. Debido a la dimensión y permanencia de las edificaciones, su condición de terminación influirá directamente en la percepción del conjunto.	
Valor de la evaluación (ES)	+12	Valor alfabético:	+A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 27: Generación temporal y permanente de oportunidades de empleo asociadas con el desarrollo y operación del proyecto.	
Factor ambiental impactado:	Calidad de vida / Generación de empleos
Tipo de impacto:	Benéfico
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.
Actividades causantes:	P1. Delimitación del predio y topografía: requerirá personal para reconocimiento, delimitación, señalización y trabajos topográficos; P2. Trazo de áreas y limpieza: requerirá mano de obra para marcación de frentes, limpieza inicial y acondicionamiento de las superficies de intervención; P3. Desmonte y despalme: requerirá personal para la remoción selectiva de vegetación y retiro de la capa superficial del suelo en las superficies previstas; P4. Nivelación: generará requerimientos de operadores de maquinaria y personal asociado con corte, relleno, nivelación y compactación.

	C1. Obras provisionales: requerirá personal para habilitación, funcionamiento y retiro de instalaciones y áreas temporales de apoyo; C2. Terracerías (nivelación y excavación): demandará operadores de maquinaria, conductores y trabajadores vinculados con excavación, movimiento y manejo de materiales; C3. Conformación de las obras: requerirá mano de obra para la conformación inicial de los distintos componentes del proyecto; C4. Cimentación, pilas y pilotes: demandará trabajadores y personal especializado para cimentaciones, perforación, colocación o hincado de pilas y pilotes; C5. Colocación de losas o plataformas: requerirá personal para construcción y montaje de losas, plataformas y estructuras elevadas; C6. Muros y albañilería: generará empleo para trabajos de albañilería y construcción de los diferentes componentes; C7. Acabado de las obras: requerirá personal para recubrimientos, pintura, tratamientos superficiales y terminación de las edificaciones; C8. Instalación de red eléctrica, hidráulica y sanitaria: demandará trabajadores y técnicos especializados para instalación de tuberías, cableado, conexiones y demás elementos de las redes; C9. Equipo y mobiliario: requerirá personal para transporte, montaje, instalación, pruebas y puesta en funcionamiento de los equipos; C10. Paisajismo: generará empleo asociado con preparación de áreas, establecimiento de vegetación y acondicionamiento paisajístico. O1. Áreas permeables: requerirá personal para conservación funcional, limpieza y mantenimiento de las superficies permeables y drenantes; O2. PTAR: requerirá personal técnico y operativo para funcionamiento y mantenimiento de la planta, manejo del efluente, lodos, insumos y equipos; O3. POI: demandará personal técnico para operación y mantenimiento del sistema de ósmosis inversa, captación, pretratamiento, producción de agua y manejo de la corriente de rechazo; O4. Actividad turística y suburbana: generará oportunidades de empleo vinculadas con el funcionamiento del conjunto, atención de usuarios, administración, limpieza, vigilancia, mantenimiento, servicios y demás actividades ordinarias requeridas durante la operación.
Descripción:	La ejecución del proyecto generará oportunidades de empleo a lo largo de sus diferentes etapas, con características distintas en cuanto a duración y especialización. Durante la preparación del sitio y la construcción predominarán empleos de carácter temporal asociados directamente con la ejecución de las obras, mientras que durante la operación se establecerá una demanda de personal vinculada con el funcionamiento y mantenimiento permanente del conjunto. En la preparación del sitio, la delimitación, topografía, trazo, limpieza, desmonte, despalme y nivelación requerirán tanto mano de obra como personal técnico y operadores de maquinaria; estas oportunidades estarán asociadas con la duración de los frentes de trabajo y disminuirán conforme concluyan las actividades correspondientes. La etapa de construcción concentrará la mayor diversidad de perfiles laborales, debido a que comprenderá terracerías, cimentaciones, colocación de pilas y pilotes, estructuras, albañilería, acabados, instalación de redes, montaje de equipos y paisajismo; por ello, durante esta fase coexistirán empleos relacionados con actividades generales de construcción y otros que requerirán conocimientos técnicos o especialización específica. La generación de empleo continuará durante la operación y mantenimiento del proyecto, ya que los componentes turísticos y de vivienda, áreas comunes, instalaciones de servicio, PTAR, POI, superficies exteriores y demás infraestructura demandará personal operativo, técnico, administrativo, de limpieza, vigilancia, mantenimiento y atención a usuarios; a diferencia de los puestos asociados con la construcción, esta demanda tendrá mayor permanencia temporal, al encontrarse vinculada con el funcionamiento ordinario del proyecto. El beneficio no se limitará a un único perfil ocupacional ya que el proyecto requerirá personal con diferentes niveles de capacitación, desde mano de obra para actividades generales hasta trabajadores con experiencia técnica en instalaciones, sistemas hidráulicos y sanitarios, operación de la PTAR y POI, mantenimiento de equipos y administración de

	servicios; permitiendo esta diversidad que el efecto sobre el empleo se manifieste en distintos momentos y tipos de actividad. No obstante, la magnitud del beneficio estará determinada por el número efectivo de puestos generados, su duración y el origen de la mano de obra contratada; por ello, no se atribuye al proyecto una modificación estructural del mercado laboral regional ni se asume que la totalidad de los empleos será ocupada por habitantes de una localidad determinada; este impacto se limita al efecto producido por la creación y mantenimiento de puestos de trabajo; la adquisición de materiales, equipos, insumos y contratación de proveedores constituye un mecanismo socioeconómico distinto. En términos ambientales y socioeconómicos, se prevé un impacto benéfico, directo, de alcance local con posible expresión regional y de duración variable, debido a que combinará empleos temporales durante la preparación y construcción con oportunidades de mayor permanencia durante la operación y mantenimiento. Su efecto será acumulativo conforme las distintas etapas y actividades requieran sucesivamente nuevos perfiles laborales.

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)	EO-1	
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	2	La generación de empleo se originará directamente por las necesidades de personal del proyecto y podrá beneficiar a trabajadores del ámbito local y de localidades próximas, particularmente cuando los perfiles requeridos puedan ser cubiertos por la oferta laboral existente. Su importancia podrá extenderse más allá del predio, aunque no se prevé que el proyecto modifique por sí solo la estructura laboral estatal o nacional.
A2: Magnitud	1	La creación de puestos de trabajo representa un mejoramiento respecto de la condición sin proyecto. El beneficio se considera positivo pero limitado, debido a que parte del empleo será temporal y el número definitivo de puestos dependerá de las necesidades reales de cada etapa y del nivel de especialización requerido.
B1: Permanencia	4	Aunque los empleos de preparación y construcción serán temporales, durante la operación y mantenimiento existirán requerimientos recurrentes de personal asociados con el funcionamiento turístico, vivienda, técnico y de servicios durante la vida útil del proyecto; por ello, el beneficio presenta un componente de larga duración.
B2. Reversibilidad	2	La generación de empleo dependerá directamente de la permanencia de las actividades que demandan personal. Al concluir las obras disminuirán los empleos constructivos y, si cesara la operación, desaparecerían también los puestos asociados con su funcionamiento, por lo que el efecto benéfico es reversible.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Los requerimientos de personal se sucederán entre las diferentes actividades y etapas, de manera que los empleos temporales de preparación y construcción se sumarán posteriormente a los asociados con la operación. Esta continuidad genera un efecto acumulativo favorable sobre las oportunidades laborales vinculadas con el proyecto.
B4. Susceptibilidad	2	El receptor corresponde al mercado laboral local y regional, que puede incorporar los distintos perfiles requeridos por las actividades del proyecto. La expresión efectiva del beneficio dependerá de la disponibilidad de mano de obra y de la correspondencia entre las capacidades laborales existentes y los puestos generados.

Valor de la evaluación (ES)	+22	Valor alfabético	+A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 28: Generación de derrama económica por adquisición de bienes, insumos, equipos y contratación de servicios.	
Factor ambiental impactado:	Calidad de vida / Derrama económica
Tipo de impacto:	Benéfico
Etapas del proyecto:	Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.
Actividades causantes:	P4. Nivelación: requerirá maquinaria, combustibles, transporte y servicios asociados con las actividades de corte, relleno, nivelación y compactación. C2. Terracerías (nivelación y excavación): demandará maquinaria, combustibles, materiales, transporte y servicios vinculados con excavación y movimiento de materiales; C3. Conformación de las obras: implicará adquisición de materiales e insumos y contratación de servicios para la disposición y conformación inicial de los distintos componentes; C4. Cimentación, pilas y pilotes: requerirá materiales, equipos, maquinaria y servicios especializados para cimentaciones, perforación, colocación o hincado de pilas y pilotes; C5. Colocación de losas o plataformas: demandará materiales estructurales, equipos, transporte y servicios para construcción y montaje; C6. Muros y albañilería: requerirá materiales de construcción, herramientas, transporte e insumos propios de los trabajos de albañilería; C7. Acabado de las obras: generará demanda de recubrimientos, pinturas, tratamientos superficiales, materiales y servicios especializados; C8. Instalación de red eléctrica, hidráulica y sanitaria: requerirá tuberías, cableado, conexiones, equipos, accesorios y servicios técnicos especializados; C9. Equipo y mobiliario: implicará adquisición, transporte, montaje e instalación de equipos y mobiliario necesarios para la puesta en funcionamiento del proyecto. O4. Actividad turística y suburbana: el funcionamiento del conjunto generará demanda recurrente de bienes, insumos y servicios asociados con usuarios, personal, mantenimiento, limpieza, operación de instalaciones y demás actividades ordinarias.
Descripción:	El impacto benéfico consistirá en la generación de flujos económicos asociados con la adquisición de materiales, insumos, equipos, combustibles y servicios requeridos para la preparación, construcción y posterior funcionamiento del proyecto. Durante la preparación del sitio, la actividad de nivelación generará demanda de maquinaria, combustible, transporte y servicios vinculados con el acondicionamiento físico de las superficies de intervención; aunque esta etapa tendrá una duración limitada, producirá operaciones económicas asociadas directamente con la ejecución de las obras. La etapa de construcción concentrará la mayor diversidad de requerimientos: las terracerías, cimentaciones, pilas y pilotes, losas, plataformas, albañilería, acabados, redes eléctricas, hidráulicas y sanitarias, así como la incorporación de equipo y mobiliario, requerirán materiales de construcción, maquinaria, herramientas, tuberías, cableado, conexiones, recubrimientos, equipos, mobiliario, transporte y servicios especializados. La adquisición de estos bienes y servicios generará transacciones económicas entre el proyecto y proveedores, contratistas y prestadores de servicios. El efecto será variable a lo largo de la construcción; determinadas actividades, como la cimentación, colocación de pilas y pilotes, la construcción y montaje de losas, plataformas, así como de muros y ejecución de trabajos de albañilería, así como la ejecución del acabado de las obras y las instalaciones de las redes eléctrica, hidráulica y sanitaria, concentrarán una mayor diversidad de materiales y servicios especializados, mientras que otras generarán principalmente demanda de maquinaria, transporte o insumos; en consecuencia, la derrama económica no será uniforme en el tiempo, sino que se modificará conforme avance la secuencia constructiva. Durante la operación, la actividad turística y suburbana mantendrá una demanda recurrente de bienes y servicios para el funcionamiento cotidiano del conjunto; esta demanda estará relacionada con mantenimiento de instalaciones, limpieza, suministros, reposición de materiales, servicios técnicos, atención de usuarios y otras actividades ordinarias necesarias para la operación de los componentes turísticos y de vivienda.

	Por lo anterior, el impacto podrá manifestarse tanto en el ámbito local como regional, dependiendo de la ubicación de los proveedores y prestadores de servicios efectivamente contratados por lo que no se presupone que la totalidad de las adquisiciones se realizará dentro de una localidad específica, ya que determinados equipos, materiales o servicios especializados podrán proceder de otros mercados. El impacto en la derrama económica se valora exclusivamente por la circulación de recursos monetarios derivada de compras, contrataciones y servicios, independientemente del número de puestos de trabajo generados; como resultado, el beneficio tendrá un componente temporal durante la preparación y construcción y otro de mayor permanencia durante la operación ya que, mientras las obras requerirán adquisiciones concentradas en determinados periodos, el funcionamiento del desarrollo generará una demanda recurrente de bienes e insumos a lo largo de su vida útil. En términos socioeconómicos, se prevé un impacto benéfico, directo e indirecto, de alcance local con posible expresión regional y de duración prolongada, debido a que la ejecución y operación del proyecto movilizarán recursos económicos hacia proveedores, contratistas y prestadores de servicios. Su efecto será acumulativo conforme se sucedan las distintas actividades constructivas y posteriormente continúe la demanda asociada con la operación del conjunto

Descripción para evaluación RIAM modificado		
Componente de evaluación (código)		EO-2
Criterio	Valor	Comentario
A1: Importancia	2	La derrama económica podrá extenderse del ámbito local al regional debido a la contratación de proveedores, transportistas, contratistas y prestadores de servicios. Su importancia rebasa el predio, aunque no se prevé que por sí sola modifique la estructura económica estatal o nacional.
A2: Magnitud	1	La adquisición de bienes, materiales, equipos e insumos y la contratación de servicios generarán una mejora económica respecto de la condición sin proyecto. La magnitud se considera positiva pero limitada, porque dependerá del volumen real de adquisiciones y de la proporción efectivamente contratada con proveedores locales o regionales.
B1: Permanencia	4	Aunque una parte importante de la derrama estará asociada con la preparación y construcción, la operación turística y suburbana mantendrá una demanda recurrente de bienes y servicios durante la vida útil del proyecto; por ello, el efecto presenta un componente de larga duración.
B2. Reversibilidad	2	El beneficio depende de la existencia de las actividades que generan la demanda. Al concluir las obras disminuirán las compras vinculadas con construcción y, si cesara la operación, desaparecería también la demanda económica asociada con el funcionamiento del conjunto.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Las adquisiciones y contrataciones se sucederán a lo largo de las diferentes actividades y etapas, de manera que los flujos económicos generados por preparación y construcción se sumarán posteriormente a los producidos durante la operación, generando un efecto acumulativo favorable.
B4. Susceptibilidad	2	El receptor corresponde al mercado de bienes y servicios local y regional, que presenta capacidad para atender parte de la demanda generada por el proyecto. La magnitud efectiva del beneficio dependerá de la disponibilidad de proveedores y de la procedencia real de los bienes y servicios adquiridos.
Valor de la evaluación (ES)	+22	Valor alfabético	+A (Impacto positivo ligero)

IMPACTO AMBIENTAL 29: Incremento de la oferta de servicios turísticos, suburbano, comerciales y recreativos por la operación del proyecto.			
Factor ambiental impactado:	Infraestructura y servicios / Incremento de oferta de servicios		
Tipo de impacto:	Benéfico		
Etapas del proyecto:	Operación y mantenimiento.		
Actividades causantes:	O4. Actividad turística y suburbana: ocupación y funcionamiento del conjunto, incluyendo presencia y movilidad de usuarios y personal, utilización de las instalaciones y desarrollo ordinario de las actividades turísticas, vivienda, comerciales, recreativas y de mantenimiento previstas para el proyecto.		
Descripción:	El impacto benéfico consistirá en el incremento de la oferta disponible de servicios turísticos, de vivienda, comerciales y recreativos como consecuencia de la entrada en operación del proyecto; el efecto se producirá cuando las instalaciones construidas comiencen a utilizarse para las funciones específicas para las que fueron concebidas. Actualmente, el predio no cuenta con la oferta integrada que generará el proyecto; durante la operación, el proyecto incorporará un conjunto de instalaciones destinadas al alojamiento turístico, vivienda, comercio, recreación y prestación de servicios complementarios, ampliando la disponibilidad de este tipo de infraestructura respecto de la condición previa del sitio. El componente suburbano estará conformado por 108 departamentos, mientras que el componente turístico incorporará 47 unidades de alojamiento y espacios asociados con su funcionamiento; a ello se sumarán instalaciones de uso común y complementario, entre ellas áreas comerciales, Casa Club, SPA, albercas, canchas, estacionamientos, circulaciones, senderos, pasarelas y otros espacios destinados al uso de residentes, huéspedes y visitantes; permitiendo la configuración definitiva, que estas instalaciones operen de manera conjunta como un desarrollo turístico y de vivienda. El incremento de la oferta no se limitará al alojamiento y vivienda, también la operación de la zona comercial, instalaciones recreativas, áreas comunes, accesos, estacionamientos y espacios de circulación ampliarán la diversidad de servicios disponibles dentro del conjunto; de esta manera, la ocupación y funcionamiento del proyecto, producirá un cambio respecto de la condición actual del predio mediante la incorporación efectiva de instalaciones que podrán ser utilizadas de forma continua durante la vida útil de éste; además, de que contará con infraestructura propia necesaria para sostener su funcionamiento, incluyendo POI, PTAR y redes hidráulicas, sanitarias y eléctricas. El beneficio se manifestará principalmente durante la fase operativa, ya que será su utilización y funcionamiento continuo lo que generará el cambio socioeconómico evaluado; donde la expresión espacial del impacto será principalmente local, asociada con el predio y con los usuarios que accedan al desarrollo; no obstante, la disponibilidad de nuevos servicios turísticos, de vivienda y comerciales podrá tener una expresión más amplia al incorporarse a la oferta existente del entorno inmediato y del ámbito municipal. El impacto deberá diferenciarse de la generación de empleos y de la derrama económica evaluadas en las fichas anteriores, valorándose en este caso, el aumento efectivo de instalaciones y servicios disponibles como resultado del funcionamiento del proyecto. En términos socioeconómicos, se prevé un impacto benéfico, directo, de alcance local con posible expresión municipal y de larga duración, debido a que la operación de éste incorporará de manera permanente una nueva oferta de alojamiento, vivienda, comercio, recreación y servicios complementarios mientras el desarrollo se mantenga en funcionamiento.		
Descripción para evaluación RIAM modificado			
Componente de evaluación (código)	EO-3		
Criterio	Valor	Comentario	

A1: Importancia	2	La nueva oferta se generará dentro del predio, pero podrá ser utilizada por residentes, huéspedes, visitantes y usuarios procedentes del entorno local y municipal. Su importancia rebasa el sitio inmediato, aunque no se prevé que por sí sola modifique la estructura estatal o nacional de servicios.
A2: Magnitud	1	La entrada en operación del conjunto incrementará respecto de la condición actual la disponibilidad de alojamiento, vivienda, espacios comerciales, recreativos y servicios asociados. El mejoramiento será positivo y claramente identificable, aunque de magnitud limitada en relación con la oferta total existente en el ámbito regional.
B1: Permanencia	4	La ampliación de la oferta permanecerá mientras el proyecto se encuentre en operación, por lo que el beneficio tendrá una duración superior a 10–15 años y se mantendrá durante la vida útil prevista para el desarrollo.
B2. Reversibilidad	2	El beneficio depende directamente del funcionamiento de las instalaciones. Si la operación cesara, dejarían de estar disponibles los servicios que originan el impacto, por lo que el efecto positivo se considera reversible.
B3. Acumulabilidad / sinergia	3	Los distintos servicios turísticos, vivienda, comerciales y recreativos funcionarán de manera complementaria dentro del conjunto, de modo que su incorporación conjunta generará una oferta más diversificada que la proporcionada por cada componente de manera aislada.
B4. Susceptibilidad	2	El receptor corresponde a la disponibilidad local y municipal de infraestructura y servicios. La incorporación de nuevas instalaciones representa una mejora de la oferta existente, aunque ésta se integra dentro de un contexto donde ya operan otros servicios turísticos, vivienda y comerciales.
Valor de la evaluación (ES)	+22	Valor alfabético	+A (Impacto positivo ligero)

Del análisis de las fichas descriptivas y de valoración correspondientes a los 29 impactos ambientales potenciales identificados para el desarrollo del proyecto, se determinó que 18 serán de naturaleza adversa y 11 de naturaleza benéfica. De los impactos adversos, 15 fueron clasificados como negativos ligeros (-A), uno como negativo moderado (-B) y dos como negativos significativos (-C); Por su parte, los 11 impactos benéficos fueron clasificados como positivos ligeros (+A); asimismo, no se identificaron impactos clasificados como negativos mayores (-D), ni impactos positivos moderados, significativos o mayores.

Los impactos adversos de mayor relevancia corresponden al componente paisajístico y están representados por la modificación localizada de la calidad estético-paisajística por sustitución de elementos naturales por componentes construidos (SC-1) y el incremento localizado del contraste visual por incorporación de volúmenes arquitectónicos y elementos construidos (SC-3), ambos clasificados como impactos negativos significativos (-C).

El siguiente impacto adverso en orden de relevancia corresponde al riesgo de afectación a ejemplares de flora en categoría de riesgo durante la preparación del sitio (BE-3), clasificado como negativo moderado (-B). Estos resultados reflejan, por una parte, el carácter permanente y perceptible de la incorporación de elementos construidos dentro del paisaje actual y, por otra, la sensibilidad ambiental asociada con la presencia de ejemplares de flora incluidos en categorías de riesgo.

Los impactos negativos ligeros se relacionan principalmente con el incremento del riesgo de erosión y la modificación localizada de las propiedades del suelo; el riesgo de contaminación del suelo; la modificación

temporal de la calidad del aire y del ambiente sonoro; la demanda de agua durante la construcción y la captación de agua subterránea para la operación de la POI; los riesgos y modificaciones localizadas de la calidad del agua; los cambios localizados en la infiltración y en la distribución del flujo superficial y subsuperficial; así como con la disminución localizada de la abundancia y cobertura de la flora y las modificaciones en la abundancia, movilidad y disponibilidad de hábitat para la fauna silvestre. Su clasificación como impactos negativos ligeros indica una menor relevancia relativa dentro de la escala del RIAM-M respecto de los impactos moderados y significativos, sin que ello implique la ausencia de efectos ambientales; por lo que deberán ser atendidos mediante las medidas de prevención, mitigación y control que se desarrollarán en el Capítulo VI.

Los impactos benéficos identificados se relacionan con el mantenimiento de la disponibilidad hídrica y de las condiciones de infiltración mediante la conservación funcional de superficies permeables; la producción propia, reúso y eficiencia en el manejo del agua; el tratamiento de las aguas residuales y reducción de su carga contaminante; el mantenimiento de condiciones para el desplazamiento y hábitat de la fauna; la integración paisajística y el mejoramiento localizado de la percepción visual; así como con la generación de oportunidades de empleo, la derrama económica y el incremento de la oferta de servicios turísticos, vivienda, comerciales y recreativos. Los 11 impactos benéficos fueron clasificados como positivos ligeros (+A), debido a que sus efectos favorables se manifestarán predominantemente en el ámbito local y, dependiendo de su naturaleza, podrán extender su expresión al ámbito municipal o regional durante las distintas etapas de desarrollo y operación del proyecto. El incremento de la oferta de servicios, por ejemplo, corresponde expresamente a un impacto benéfico de la etapa de operación y mantenimiento.

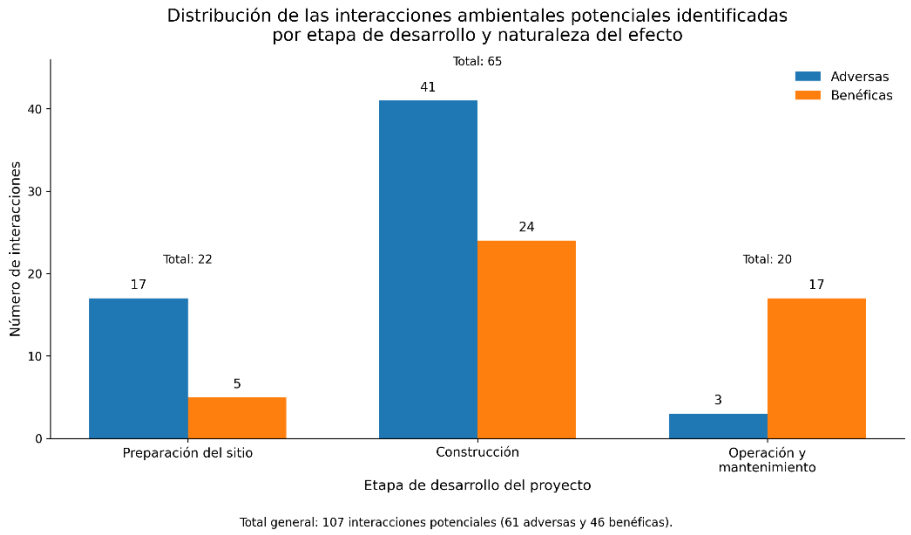


Figura V.1.- Distribución de las interacciones ambientales potenciales identificadas por etapa de desarrollo y naturaleza del efecto

Como se observa en la Figura V-1, la etapa de construcción concentra el mayor número de interacciones ambientales potenciales, con 65 registros, de los cuales 41 corresponden a interacciones adversas y 24 a benéficas. La etapa de preparación del sitio presenta 22 interacciones, integradas por 17 adversas y cinco.

En conjunto, la matriz causa–efecto registra 107 interacciones potenciales, correspondientes a 61 de naturaleza adversa y 46 de naturaleza benéfica, por lo que debe precisarse que estas 107 interacciones representan relaciones particulares entre las actividades y los subfactores ambientales, por lo que no equivalen a 107 impactos ambientales independientes; dichas relaciones fueron posteriormente integradas, atendiendo a su mecanismo causal, componente receptor, naturaleza y etapa de manifestación, en los 29 impactos ambientales descritos y valorados mediante el RIAM-M.

En conjunto, la matriz causa–efecto registra 107 interacciones potenciales, correspondientes a 61 de naturaleza adversa y 46 de naturaleza benéfica, por lo que debe precisarse que estas 107 interacciones representan relaciones particulares entre las actividades y los subfactores ambientales, por lo que no equivalen a 107 impactos ambientales independientes; dichas relaciones fueron posteriormente integradas, atendiendo a su mecanismo causal, componente receptor, naturaleza y etapa de manifestación, en los 29 impactos ambientales descritos y valorados mediante el RIAM-M.

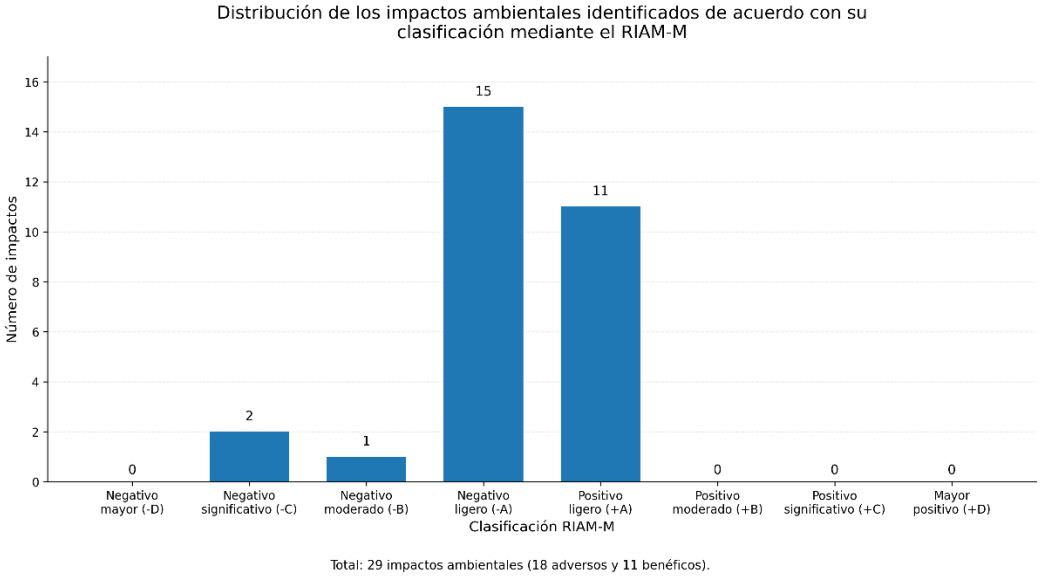


Figura V.2.- Distribución de los impactos ambientales identificados de acuerdo con su clasificación mediante el RIAM-M

Como se observa en la Figura V-2, de los 29 impactos ambientales identificados y valorados mediante el RIAM-M, la categoría con mayor representación corresponde a los impactos negativos ligeros (-A), con 15 impactos, seguida de los impactos positivos ligeros (+A), con 11 impactos. Asimismo, se identificó un impacto negativo moderado (-B) y dos impactos negativos significativos (-C). No se registraron impactos clasificados como negativos mayores (-D) ni impactos positivos moderados (+B), significativos (+C) o mayores (+D).

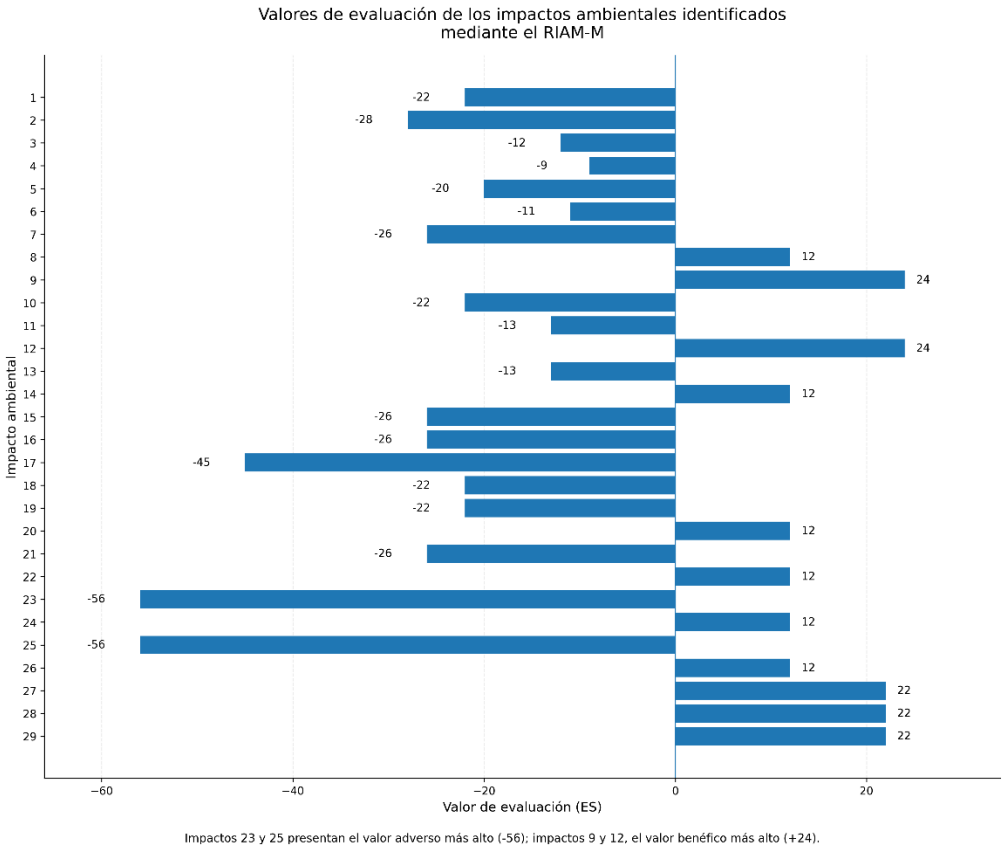


Figura V-3. Valores de evaluación de los impactos ambientales identificados mediante el RIAM-M

La comparación de los valores de evaluación obtenidos mediante el RIAM-M muestra que los impactos ambientales identificados para el desarrollo del proyecto presentan un rango que va de -56 a +24, lo que refleja diferencias en su relevancia relativa según el componente receptor, la magnitud del cambio, su permanencia, reversibilidad, acumulabilidad o sinergia y la susceptibilidad ambiental del medio afectado.

Los valores adversos más altos corresponden a los impactos 23 y 25, ambos con un valor de -56, clasificados como impactos negativos significativos (-C). Estos impactos se asocian con el componente paisajístico y corresponden, respectivamente, a la modificación localizada de la calidad estético-paisajística por sustitución de elementos naturales por componentes construidos y al incremento localizado del contraste visual por incorporación de volúmenes arquitectónicos y elementos construidos. Su mayor valoración adversa obedece a la permanencia de las obras, a la incorporación de volúmenes arquitectónicos y superficies acondicionadas dentro de un predio con predominio actual de elementos naturales, así como a la visibilidad y persistencia del cambio durante la vida útil del proyecto.
El siguiente valor adverso en orden de relevancia corresponde al impacto 17, con un valor de -45, clasificado como negativo moderado (-B), relacionado con el riesgo de afectación a ejemplares de flora en categoría de riesgo durante la preparación del sitio; este resultado refleja la sensibilidad del receptor biológico y la importancia de prevenir afectaciones a individuos vegetales sujetos a protección, aun cuando la interacción se manifieste de manera localizada.

En contraste, los valores benéficos más altos corresponden a los impactos 9 y 12, ambos con un valor de +24, clasificados como impactos positivos ligeros (+A); estos impactos se relacionan con el fortalecimiento de la disponibilidad de agua para el proyecto mediante producción propia, reúso y eficiencia en el manejo del recurso, así como con el mejoramiento de la calidad del agua residual y la reducción de su carga contaminante por tratamiento. Su valoración indica que, dentro de la escala del RIAM-M, representan los efectos favorables de mayor relevancia relativa identificados para el proyecto, en virtud de su permanencia y utilidad funcional durante la operación.

También destacan, con un valor de +22, los impactos 27, 28 y 29, asociados con la generación de oportunidades de empleo, la derrama económica y el incremento de la oferta de servicios turísticos, de vivienda, comerciales y recreativos. Estos resultados evidencian que los principales beneficios del proyecto se concentran en el componente socioeconómico y en la operación del desarrollo.

Por otra parte, la mayor parte de los impactos adversos presenta valores comprendidos entre -9 y -28, lo que corresponde a impactos negativos ligeros (-A). En este grupo se ubican los efectos relacionados con suelo, aire, agua, flora y fauna, cuya relevancia relativa es menor que la de los impactos moderados y significativos, aunque ello no implica ausencia de afectación; su valoración indica que se trata de efectos localizados o temporales, susceptibles de ser prevenidos, mitigados, controlados o compensados mediante la aplicación de las medidas ambientales correspondientes.

En conjunto, la distribución de valores confirma que el proyecto no genera impactos clasificados como negativos mayores (-D) ni impactos benéficos superiores a la categoría positiva ligera (+A); sin embargo, sí evidencia la existencia de impactos adversos relevantes, particularmente en el componente paisajístico, así como beneficios asociados principalmente con el manejo del agua y con el componente socioeconómico. Esta comparación permite jerarquizar los impactos conforme a su importancia relativa y sirve de base para definir las prioridades de prevención, mitigación y seguimiento en los capítulos subsecuentes.

Finalmente, del análisis de las fichas descriptivas, los resultados muestran que la relevancia de los efectos potenciales varía en función del componente ambiental receptor, el mecanismo causal y las características particulares de cada impacto. Su distribución y valoración por componente de evaluación se analizan posteriormente con base en los resultados consignados en la Tabla V-9, en la que se integran los valores obtenidos mediante la aplicación del RIAM-M para cada uno de los impactos identificados.

Tabla V-9. Valoración de los impactos ambientales identificados para el desarrollo del proyecto, aplicando la metodología modificada del RIAM-M

No	Código[§]	Impacto ambiental	Etapas	Valor de los criterios						Evaluación (ES)	Valor alfabético[§§]
				A1	A2	B1	B2	B3	B4		
1	FQ-1	Incremento del riesgo de erosión del suelo en las superficies de intervención directa.	Preparación del sitio y construcción	1	-2	3	2	3	3	-22	-A (negativo ligero)
2	FQ-2	Alteración localizada de las propiedades fisicoquímicas del suelo en las superficies de intervención directa.	Preparación del sitio y construcción	1	-2	4	4	3	3	-28	-A (negativo ligero)
3	FQ-3	Riesgo de contaminación del suelo por residuos y sustancias asociadas con la construcción y operación.	Construcción, operación y mantenimiento	1	-1	3	3	3	3	-12	-A (negativo ligero)

4	FQ-4	Modificación temporal de la calidad del aire por emisión de partículas suspendidas y gases de combustión.	Preparación del sitio y construcción	1	-1	2	2	3	2	-9	-A (negativo ligero)
5	FQ-5	Incremento temporal de los niveles de ruido por la operación de maquinaria, vehículos y equipos durante las obras.	Preparación del sitio y construcción	1	-2	2	2	3	3	-20	-A (negativo ligero)
6	FQ-6	Presión temporal sobre la disponibilidad de agua por la demanda asociada con la etapa de construcción.	Construcción	1	-1	3	2	3	3	-11	-A (negativo ligero)
7	FQ-7	Presión sobre la disponibilidad de agua subterránea por la captación de agua salobre para la operación de la POI.	Operación y mantenimiento	2	-1	4	3	3	3	-26	-A (negativo ligero)
8	FQ-8	Contribución al mantenimiento de la disponibilidad hídrica mediante la conservación funcional de superficies permeables.	Operación y mantenimiento	1	1	4	2	3	3	+12	+A (positivo ligero)
9	FQ-9	Fortalecimiento de la disponibilidad de agua para el abastecimiento del desarrollo mediante producción propia, reúso y eficiencia hídrica.	Operación y mantenimiento	1	2	4	2	3	3	+24	+A (positivo ligero)
10	FQ-10	Riesgo temporal de alteración de la calidad del agua por el manejo de aguas sanitarias, materiales e insumos en las áreas provisionales de obra.	Construcción	1	-2	2	3	3	3	-22	-A (negativo ligero)
11	FQ-11	Modificación localizada de la calidad del agua subterránea por el manejo y disposición de la corriente de rechazo de la POI.	Operación y mantenimiento	1	-1	4	3	3	3	-13	-A (negativo ligero)
12	FQ-12	Mejoramiento de la calidad del agua residual y reducción de la carga contaminante mediante tratamiento terciario y reúso.	Operación y mantenimiento	1	2	4	2	3	3	+24	+A (positivo ligero)
13	FQ-13	Modificación localizada de la infiltración y de la distribución del flujo superficial y subsuperficial en las superficies de intervención directa.	Preparación del sitio y construcción	1	-1	4	3	3	3	-13	-A (negativo ligero)
14	FQ-14	Mantenimiento de la infiltración y de la continuidad del flujo local mediante el paisajismo y la conservación funcional de superficies permeables.	Construcción, operación y mantenimiento	1	1	4	2	3	3	+12	+A (positivo ligero)
15	BE-1	Disminución localizada de la abundancia de flora por remoción de individuos vegetales.	Preparación del sitio	1	-2	4	3	3	3	-26	-A (negativo ligero)
16	BE-2	Reducción localizada de la cobertura vegetal por desmonte en las superficies de intervención directa.	Preparación del sitio	1	-2	4	3	3	3	-26	-A (negativo ligero)
17	BE-3	Riesgo de afectación a ejemplares de flora en categoría de riesgo durante la preparación del sitio.	Preparación del sitio	3	-1	4	4	3	4	-45	-B (negativo moderado)
18	BE-4	Disminución localizada de la abundancia de fauna silvestre en los frentes de intervención.	Preparación del sitio y construcción	1	-2	3	2	3	3	-22	-A (negativo ligero)

19	BE-5	Modificación localizada de los patrones de movilidad de la fauna silvestre durante la preparación y construcción del proyecto.	Preparación del sitio y construcción	1	-2	3	2	3	3	-22	-A (negativo ligero)
20	BE-6	Mantenimiento de condiciones locales para el desplazamiento de la fauna mediante el paisajismo y la conservación funcional de superficies permeables.	Construcción, operación y mantenimiento	1	1	4	2	3	3	+12	+A (positivo ligero)
21	BE-7	Reducción localizada de la disponibilidad de hábitat para la fauna silvestre por remoción de vegetación.	Preparación del sitio	1	-2	4	3	3	3	-26	-A (negativo ligero)
22	BE-8	Mantenimiento y recuperación localizada de condiciones de hábitat para la fauna silvestre.	Construcción, operación y mantenimiento	1	1	4	2	3	3	+12	+A (positivo ligero)
23	SC-1	Modificación localizada de la calidad estético-paisajística por sustitución de elementos naturales por componentes construidos.	Preparación del sitio y construcción	2	-2	4	4	3	3	-56	-C (negativo significativo)
24	SC-2	Mantenimiento e integración localizada de la calidad estético-paisajística mediante el paisajismo y la conservación funcional de superficies permeables.	Construcción, operación y mantenimiento	1	1	4	2	3	3	+12	+A (positivo ligero)
25	SC-3	Incremento localizado del contraste visual por incorporación de volúmenes arquitectónicos y elementos construidos.	Construcción	2	-2	4	4	3	3	-56	-C (negativo significativo)
26	SC-4	Mejoramiento localizado de la percepción visual mediante la terminación arquitectónica de las obras.	Construcción	1	1	4	2	3	3	+12	+A (positivo ligero)
27	EO-1	Generación temporal y permanente de oportunidades de empleo asociadas con el desarrollo y operación del proyecto.	Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento	2	1	4	2	3	2	+22	+A (positivo ligero)
28	EO-2	Generación de derrama económica por adquisición de bienes, insumos, equipos y contratación de servicios.	Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento	2	1	4	2	3	2	+22	+A (positivo ligero)
29	EO-3	Incremento de la oferta de servicios turísticos, vivienda, comerciales y recreativos por la operación del proyecto.	Operación y mantenimiento	2	1	4	2	3	2	+22	+A (positivo ligero)

Cabe precisar que la matriz de interacciones presentada en la Tabla V-5 registró un total de 107 interacciones ambientales potenciales derivadas de las obras y actividades del proyecto, de las cuales 61 corresponden a interacciones adversas y 46 a interacciones benéficas. Por su parte, la Tabla V-9 integra 29 impactos ambientales identificados, descritos y valorados mediante el RIAM-M. Esta diferencia obedece a que las interacciones representan relaciones particulares de causa–efecto entre cada actividad del proyecto y los subfactores ambientales susceptibles de modificación, por lo que distintas interacciones pueden corresponder a un mismo proceso de afectación ambiental.

Para efectos de su descripción y evaluación mediante el RIAM-M, las interacciones de naturaleza semejante fueron agrupadas considerando el componente ambiental receptor, el mecanismo causal, la naturaleza del efecto y la etapa o etapas en las que podrá manifestarse. Esta integración permite evitar la valoración repetida de un mismo proceso de modificación ambiental y mantener la correspondencia entre la matriz de identificación, los factores y subfactores ambientales, las fichas descriptivas y la valoración final de los impactos.

En consecuencia, cada impacto se presenta una sola vez en la Tabla V-9, aun cuando pueda manifestarse durante una o más etapas del proyecto. La columna correspondiente a las etapas permite identificar su temporalidad y conservar la trazabilidad respecto de las actividades que le dieron origen. Asimismo, los códigos FQ, BE, SC y EO permiten identificar el componente de evaluación al que pertenece cada impacto -físico-químico, biológico-ecológico, sociológico-cultural y económico-operacional, respectivamente- y relacionarlo con su ficha descriptiva y con las medidas de prevención, mitigación, restauración y, en su caso, compensación que serán desarrolladas en el Capítulo VI.

Resultado de los componentes de evaluación

De los cuatro componentes considerados para la aplicación del RIAM-M, el componente físico-químico concentra 14 de los 29 impactos ambientales identificados y valorados; el biológico-ecológico comprende ocho; el sociológico-cultural reúne cuatro y el económico-operacional integra tres. En cuanto a su naturaleza, el componente físico-químico comprende 10 impactos adversos y cuatro benéficos; el biológico-ecológico, seis adversos y dos benéficos; el sociológico-cultural presenta una distribución equivalente de dos adversos y dos benéficos; mientras que los tres impactos del componente económico-operacional son de naturaleza benéfica. En conjunto, esta distribución corresponde a los 18 impactos adversos y 11 benéficos identificados para el proyecto.

El componente físico-químico (FQ) incluye los impactos relacionados con el suelo, la calidad atmosférica, el ambiente sonoro y los diferentes procesos vinculados con el recurso hídrico, entre ellos la disponibilidad de agua, la captación de agua salobre para la operación de la POI, la calidad del agua, el tratamiento de aguas residuales, el manejo de la corriente de rechazo, así como la infiltración y la distribución del flujo superficial y subsuperficial. De los 14 impactos incluidos en este componente, 10 son adversos, todos clasificados como negativos ligeros (-A), con valores de evaluación comprendidos entre -9 y -28. Los cuatro impactos benéficos fueron clasificados como positivos ligeros (+A) y presentan valores de +12 y +24. Esta distribución evidencia que, aunque el componente físico-químico concentra el mayor número de impactos, éstos se ubican en las categorías de menor relevancia relativa dentro de la escala utilizada, sin que ello implique que puedan prescindir de medidas específicas de prevención, control, manejo y seguimiento.

El componente biológico-ecológico (BE) comprende ocho impactos, asociados con la abundancia y cobertura de la flora, el riesgo de afectación de ejemplares vegetales incluidos en categoría de riesgo, así como con la abundancia, movilidad y disponibilidad de hábitat para la fauna silvestre; de éstos, seis son adversos y dos benéficos. Cinco de los impactos adversos fueron clasificados como negativos ligeros (-A), con valores comprendidos entre -22 y -26, mientras que el riesgo de afectación a ejemplares de flora en categoría de riesgo obtuvo un valor de -45, correspondiente a un impacto negativo moderado (-B). Los dos impactos benéficos, relacionados con el mantenimiento de condiciones locales para el desplazamiento y la recuperación localizada de condiciones de hábitat para la fauna, obtuvieron un valor de +12 y fueron clasificados como positivos ligeros (+A).

El componente sociológico-cultural (SC) reúne cuatro impactos relacionados con la calidad estético-paisajística y la percepción visual del predio, de los cuales dos son adversos y dos benéficos. Los impactos adversos corresponden a la modificación localizada de la calidad estético-paisajística por sustitución de elementos naturales por componentes construidos y al incremento localizado del contraste visual por incorporación de volúmenes arquitectónicos y elementos construidos; ambos alcanzaron un valor de evaluación de -56, por lo que fueron clasificados como negativos significativos (-C) y constituyen los efectos adversos de mayor relevancia relativa identificados mediante el RIAM-M. Los dos impactos benéficos se relacionan con la integración paisajística mediante el paisajismo y la conservación funcional de superficies permeables, así como con el mejoramiento localizado de la percepción visual derivado de la terminación arquitectónica de las obras; ambos obtuvieron un valor de +12 y se clasificaron como positivos ligeros (+A).

Finalmente, el componente económico-operacional (EO) comprende tres impactos, todos de naturaleza benéfica: la generación temporal y permanente de oportunidades de empleo; la derrama económica derivada de la adquisición de bienes, insumos, equipos y contratación de servicios; y el incremento de la oferta de servicios turísticos, vivienda, comerciales y recreativos durante la operación del proyecto. Los tres obtuvieron un valor de evaluación de +22 y fueron clasificados como impactos positivos ligeros (+A). Su expresión podrá manifestarse durante diferentes etapas del proyecto y trascender el ámbito inmediato del predio dependiendo de la procedencia de la mano de obra, proveedores, contratistas, prestadores de servicios y usuarios.

La distribución de los impactos por componente de evaluación y naturaleza del efecto se presenta en la Figura V-4. Su interpretación deberá realizarse conjuntamente con los valores obtenidos mediante el RIAM-M, debido a que el número de impactos contenido en cada componente no representa por sí mismo su importancia ambiental; por ejemplo, aunque el componente físico-químico concentra el mayor número de impactos, los efectos adversos de mayor relevancia corresponden al componente sociológico-cultural. Esta diferenciación permite jerarquizar los efectos identificados y orientar las medidas ambientales que serán desarrolladas en el Capítulo VI.

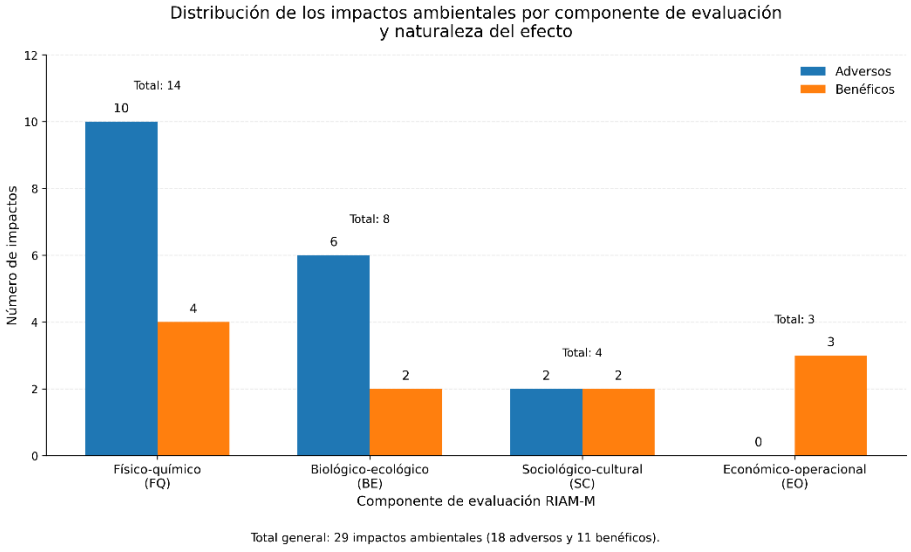


Figura V.4.- Distribución de los impactos ambientales por componente de evaluación y naturaleza del efecto.

Un aspecto relevante de los resultados obtenidos mediante la aplicación del RIAM-M es que no se identificaron impactos ambientales clasificados como negativos mayores (-D). No obstante, esta condición no implica la ausencia de efectos ambientalmente relevantes, ya que se determinaron dos impactos negativos significativos (-C) correspondientes a la modificación localizada de la calidad estético-paisajística y al incremento localizado del contraste visual, así como uno como impacto negativo moderado (-B) asociado con el componente biológico-ecológico.

El impacto sobre el paisaje obtuvo el valor adverso más elevado de la evaluación, debido a la incorporación de elementos construidos permanentes dentro de un espacio que conserva una expresión predominantemente natural; su relevancia se relaciona con la extensión espacial del proyecto, la permanencia de las obras y la visibilidad de las modificaciones durante su vida útil; por consiguiente, su atención requerirá criterios de integración paisajística, control de alturas y volúmenes, conservación de vegetación, selección adecuada de materiales y colores, así como regulación de la iluminación exterior.
El único impacto clasificado como negativo moderado corresponden a la modificación de la cobertura y composición de la vegetación; el riesgo de afectación de ejemplares de flora incluidos en categorías de riesgo; la alteración de la abundancia, distribución y movilidad de la fauna silvestre, y el riesgo de afectación de ejemplares de fauna incluidos en categorías de riesgo; su clasificación responde a la sensibilidad ecológica de los componentes receptores y a la posibilidad de que algunos efectos se manifiesten más allá de la superficie ocupada directamente por las obras. Si bien el proyecto ha dispuesto sus componentes de manera que no se prevé la ocupación directa de las áreas con vegetación de manglar y petén, la evaluación reconoce preventivamente la posibilidad de efectos indirectos relacionados con la modificación de áreas contiguas, el tránsito de personal y maquinaria, el ruido, la iluminación, la presencia humana y los cambios localizados en las condiciones de escurrimiento y conectividad hidrológica; por esta razón, las medidas ambientales deberán orientarse tanto a evitar la intervención física de dichos ambientes como a conservar las condiciones que permiten su permanencia y funcionamiento.

Los impactos correspondientes al componente físico-químico fueron clasificados como negativos ligeros. Estos se relacionan con modificaciones localizadas del suelo, riesgos de alteración de su calidad fisicoquímica, variaciones en el escurrimiento y la infiltración, posibles afectaciones a la calidad del agua, emisiones atmosféricas y generación de ruido y aunque presentan una significancia menor respecto de los impactos biológicos y paisajísticos, deberán ser atendidos mediante acciones específicas de prevención, control y seguimiento durante las distintas etapas del proyecto.

En el componente económico-operacional únicamente se identificaron impactos de naturaleza benéfica, relacionados con la generación temporal y permanente de oportunidades de empleo, la derrama económica derivada de la adquisición de bienes, insumos, equipos y contratación de servicios, y el incremento de la oferta de servicios turísticos, vivienda, comerciales y recreativos durante la operación del proyecto. Estos efectos benéficos fueron valorados de manera independiente y no deberán interpretarse como mecanismos de compensación ni como elementos que reduzcan o anulen la relevancia de los impactos adversos identificados.

En función de la jerarquización obtenida, las prioridades de manejo ambiental deberán orientarse principalmente a prevenir afectaciones a ejemplares de flora incluidos en categoría de riesgo; limitar la remoción de vegetación a las superficies estrictamente requeridas; conservar las condiciones de movilidad y hábitat para la fauna silvestre; evitar la remoción directa de la vegetación de manglar y Petén; mantener, en la medida técnicamente viable, las condiciones de infiltración y flujo superficial y subsuperficial; prevenir alteraciones a la calidad del suelo y del agua; y favorecer la integración paisajística de las obras. Estos resultados constituirán la base para establecer las medidas de prevención, mitigación y, cuando

técnicamente corresponda, compensación que serán desarrolladas en el Capítulo VI, así como para el análisis de los escenarios ambientales e impactos residuales del Capítulo VII.

CONCLUSIONES

Del análisis integrado mostrado anteriormente, en el que se revisó el conjunto de impactos ambientales por la ejecución de las obras y actividades que comprenden el proyecto sobre cada componente e indicador ambiental, de manera global, se desprenden las siguientes conclusiones:

- La aplicación de la matriz tipo Leopold modificada permitió identificar 107 interacciones ambientales potenciales derivadas de las obras y actividades del proyecto, de las cuales se valoran 61 adversas y 46 benéficas.
- Para efectos de descripción y evaluación mediante el RIAM-M, las 107 interacciones fueron integradas en 29 impactos ambientales potenciales identificados para el desarrollo del proyecto se determinó que 18 serán de naturaleza adversa y 11 de naturaleza benéfica. De los impactos adversos, 15 fueron clasificados como negativos ligeros (-A), 1 como negativo moderado (-B) y dos como negativos significativos (-C); por su parte, los 11 impactos benéficos fueron clasificados como positivos ligeros (+A).
- Por etapa de desarrollo, durante la preparación del sitio se identificaron 22 interacciones potenciales, de las cuales 17 son adversas y 5 benéficas; durante la construcción se registraron 65 interacciones, correspondientes a 41 adversas y 24 benéficas; mientras que en la etapa de operación y mantenimiento se identificaron 20 interacciones, de las cuales 3 son adversas y 17 benéficas.
- Por componente de evaluación, el físico-químico (FQ) concentra 14 impactos, de los cuales diez son adversos y cuatro benéficos; el biológico-ecológico (BE) comprende ocho impactos, seis adversos y dos benéficos; el sociológico-cultural (SC) reúne cuatro impactos, dos adversos y dos benéficos; mientras que el económico-operacional (EO) comprende tres impactos, todos de naturaleza benéfica.
- Los impactos adversos de mayor relevancia corresponden al componente paisajístico. La modificación localizada de la calidad estético-paisajística por sustitución de elementos naturales por componentes construidos (SC-1) y el incremento localizado del contraste visual por incorporación de volúmenes arquitectónicos y elementos construidos (SC-3) obtuvieron, cada uno, un valor de evaluación de -56, clasificándose como negativos significativos (-C). El único impacto negativo moderado corresponde al riesgo de afectación a ejemplares de flora en categoría de riesgo (BE-3), con un valor de -45. Los demás impactos adversos obtuvieron valores comprendidos dentro de la categoría negativa ligera (-A)

La preparación del sitio y la construcción concentrarán las principales modificaciones adversas asociadas con la intervención física del predio, particularmente sobre el suelo, la cobertura vegetal, la disponibilidad de hábitat, las condiciones de movilidad de la fauna, la calidad atmosférica, el ambiente sonoro y el paisaje. En las superficies destinadas a obras permanentes, parte de estas modificaciones persistirá durante la vida útil del proyecto. La conservación-rehabilitación de 26.710 ha, equivalentes al 80.08 % del predio, así como la incorporación de estructuras elevadas soportadas mediante pilas o pilotes de contacto puntual, limitarán espacialmente algunas de las afectaciones directas; no obstante, estas características no implican ausencia de impacto, debido a que los puntos de apoyo, el sombreado y la presencia de las estructuras

podrán generar modificaciones localizadas sobre la vegetación, el hábitat de la fauna y las condiciones de circulación e infiltración del agua.

Durante la operación, el manejo del recurso hídrico constituirá uno de los aspectos que requerirá atención específica. La captación de aproximadamente 928.52 m^3/día de agua salobre para la operación de la POI fue valorada como un impacto adverso ligero (-26; -A), mientras que el manejo y disposición de la corriente de rechazo, estimada en aproximadamente 546.19 m^3/día, obtuvo una valoración de -13 (-A). En contraste, el tratamiento terciario y reúso de las aguas residuales fue valorado como un efecto benéfico ligero (+24; +A). Estos efectos corresponden a mecanismos ambientales distintos y deberán ser considerados de manera independiente; por ello, los beneficios derivados del tratamiento y reúso no eliminan la presión asociada con la extracción ni la modificación potencial de la calidad del agua subterránea vinculada con la disposición de la corriente de rechazo, cuyo manejo y seguimiento deberán atender sus características y condiciones específicas de operación.

La protección de los ambientes de mayor sensibilidad asociados con la vegetación de manglar, Petén, vegetación hidrófila y zonas bajas sujetas a inundación temporal no dependerá únicamente de evitar su remoción directa, sino también de conservar las condiciones que sustentan su funcionamiento. El proyecto no contempla aprovechamiento directo sobre las 0.173 ha de vegetación de manglar, mientras que la coincidencia de 0.003 ha con vegetación de Petén corresponde a la proyección aérea de una estructura elevada y no a su remoción directa; asimismo, la configuración del proyecto mantiene libres de rellenos, terraplenes, bordos y sellamiento continuo las principales trayectorias naturales de escurrimiento y las zonas bajas de acumulación temporal de agua. En consecuencia, el manejo ambiental deberá conservar la continuidad del flujo superficial y subsuperficial, prevenir alteraciones en la calidad del agua y controlar las interacciones que pudieran generarse sobre la vegetación y la fauna asociadas con estos ambientes.

Los efectos acumulativos potenciales identificados en la evaluación se relacionan principalmente con la superposición o sucesión de intervenciones sobre las mismas superficies, la extracción recurrente de agua subterránea para la operación de la POI, la disposición continua de la corriente de rechazo, las modificaciones localizadas de la infiltración y del escurrimiento, la remoción progresiva de vegetación, la perturbación de la movilidad de la fauna y la incorporación sucesiva de elementos construidos al paisaje. Su expresión dependerá de la duración y recurrencia de las acciones, así como de su coincidencia espacial y temporal; por ello, la clasificación individual de los impactos o su carácter localizado no elimina la posibilidad de acumulación cuando diferentes actividades actúen reiteradamente sobre un mismo componente o superficie.

Los impactos ambientales adversos identificados y valorados en el presente capítulo, incluidos aquellos que presentan carácter acumulativo, constituirán la base para establecer las medidas específicas de prevención, mitigación, restauración y, cuando técnicamente corresponda, compensación. Dichas medidas serán definidas atendiendo al mecanismo causal, al componente ambiental receptor, a la etapa del proyecto en la que se manifieste cada impacto y a las condiciones particulares del predio, con el propósito de prevenir su ocurrencia cuando sea posible, reducir su magnitud o extensión y mantener la funcionalidad de los componentes ambientales potencialmente afectados. La propuesta de medidas ambientales aplicables al proyecto se desarrolla en el Capítulo VI de la presente MIA-P y se somete a consideración de la autoridad ambiental competente; posteriormente, su eficacia será considerada para determinar los impactos residuales y formular los escenarios ambientales correspondientes en el Capítulo VII.

VI. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN O COMPENSACIÓN PARA CADA UNO DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS.

El presente capítulo establece las medidas ambientales que serán aplicables durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto WAYAK. Las acciones propuestas se vinculan con los impactos identificados y evaluados en el Capítulo V, así como con las características ambientales del predio descritas en los capítulos precedentes.

Las medidas tendrán como finalidad evitar afectaciones innecesarias, reducir la magnitud, extensión, duración o probabilidad de manifestación de los efectos adversos, favorecer la recuperación de las superficies temporalmente alteradas y establecer, cuando técnica y jurídicamente corresponda, acciones de compensación ambiental.

Desde el inicio del proyecto se ha contado con un grupo de asesores externos, quienes han aportado sus conocimientos en su diseño y se plantea que al iniciar la construcción y, a lo largo de su desarrollo, exista personal especializado con el conocimiento, destreza y experiencia en el área ambiental, en todos sus aspectos, incluyendo la parte legal, cuyas funciones serán dar el seguimiento, vigilancia y atención de las actividades desde el punto de vista ambiental.

La totalidad de la infraestructura del proyecto se diseñó considerando el cumplimiento de los criterios ecológicos, generales y específicos, del POELOPB, como ha quedo evidenciado en la vinculación jurídico ambiental presentada en el capítulo III de la presenta MIA-P.

En este capítulo se presentan las medidas ambientales de prevención, mitigación y compensación que se proponen a la autoridad sean tomadas en cuenta para ser aplicadas como parte del desarrollo del proyecto. Estas tienen como finalidad reducir la significancia de los impactos ambientales adversos identificados, los cuales fueron identificados y descritos en el capítulo anterior de esta MIA-P, y que podrían generarse durante su ejecución e implementación.

Es importante señalar que para los impactos ambientales adversos identificados se proponen medidas orientadas a prevenir su ocurrencia y, cuando ello no sea posible, a reducir su magnitud, extensión, duración o probabilidad de manifestación; para los impactos que pudieran permanecer después de la aplicación de las acciones preventivas y de mitigación, se establecerán medidas de restauración o compensación únicamente cuando resulten técnica y jurídicamente procedentes.

Algunas medidas tendrán carácter transversal, debido a que podrán contribuir al manejo de más de un impacto, componente ambiental o etapa del proyecto; otras serán específicas para determinadas obras, actividades, mecanismos de afectación o receptores ambientales. En todos los casos se mantendrá la trazabilidad entre la actividad generadora, el impacto identificado, la medida aplicable y los elementos utilizados para verificar su cumplimiento y eficacia.

Las medidas ambientales se integrarán en un Programa de Vigilancia Ambiental conformado por nueve componentes: Programa de conservación de suelo y control de la erosión. Programa de manejo integral de residuos. Programa de calidad del aire. Programa para el manejo integral del recurso hídrico. Programa de rescate y reubicación de flora silvestre. Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre. Programa de supervisión y educación ambiental. Programa de monitoreo de zonas bajo conservación. Programa de Compensación.

Estos componentes permitirán organizar, ejecutar y verificar las medidas previstas para las diferentes etapas del proyecto. Su aplicación será transversal o específica de acuerdo con el mecanismo causal, el

componente ambiental receptor y la etapa en que pueda manifestarse el impacto, manteniendo correspondencia con la identificación y valoración desarrolladas en el Capítulo V.

VI. 1. Medidas ambientales por relevancia y etapa.

Las tablas siguientes presentan las medidas ambientales de acuerdo con la etapa de desarrollo del proyecto y la relevancia de los impactos a los que se encuentran vinculadas. Cuando distintas actividades generen un mismo mecanismo de afectación o requieran controles ambientales equivalentes, las medidas podrán agruparse para evitar duplicidades, manteniendo en todo momento la correspondencia con el número y código del impacto establecido en la Tabla 9 del Capítulo V.

Para efectos de seguimiento y trazabilidad, cada medida ambiental se identificará mediante una clave compuesta por la letra F, seguida de dos dígitos que corresponden al grupo de medidas al que pertenece, y un número consecutivo que individualiza cada acción dentro de dicho grupo. Así, por ejemplo, la clave F03-01 identifica la primera medida correspondiente al grupo F03.

Las claves F01 a F16 constituyen exclusivamente un sistema interno de identificación y seguimiento de las medidas ambientales y permitirán relacionar cada acción con sus registros de ejecución, bitácoras, evidencias de verificación y, cuando corresponda, acciones correctivas. Estas claves no sustituyen ni modifican los códigos de los impactos ambientales establecidos en el Capítulo V, identificados mediante las claves FQ, BE, SC y EO.

Las medidas se presentan inicialmente para los impactos clasificados como negativos moderados (-B) y negativos significativos (-C), seguidos de los impactos negativos ligeros (-A), conforme a la valoración obtenida mediante el método RIAM-M en el Capítulo V. Los impactos benéficos se identificarán de manera diferenciada y no serán considerados como mecanismos de compensación automática de los efectos adversos.

Estas medidas derivan de las relaciones causa-efecto identificadas entre las obras y actividades del proyecto y los componentes ambientales susceptibles de modificación. Para su formulación se mantiene la correspondencia con la identificación y evaluación realizada en el Capítulo V; por tanto, el presente capítulo no realiza una nueva valoración RIAM-M (Pastakia, 1998; Ijäs et al., 2010) posterior a la aplicación de las medidas, sino que establece las acciones de prevención, mitigación, rehabilitación-restauración, compensación, seguimiento o conservación que resulten aplicables.

Cada medida señalará, según corresponda, su función, etapa de aplicación, condición o actividad que activa su ejecución, frecuencia, responsable y mecanismo de verificación. La etapa y el impacto se identificarán en el encabezado del bloque correspondiente, mientras que la descripción de la medida precisará la forma en que deberá ser aplicada.
Para efectos del presente capítulo, las medidas se diferenciarán de acuerdo con su función de la siguiente manera:

- Prevención: acciones destinadas a evitar que ocurra una afectación ambiental o a impedir que ésta se extienda hacia superficies o componentes no previstos.
- Mitigación: acciones dirigidas a reducir la magnitud, extensión, duración o probabilidad de manifestación de un efecto adverso.
- Rehabilitación-restauración: acciones orientadas a recuperar, restablecer o favorecer la recuperación de superficies o funciones alteradas, cuando ello resulte técnica y ecológicamente procedente.

- **Compensación:** acciones destinadas a generar un beneficio ambiental adicional y verificable cuando su aplicación resulte técnica y jurídicamente procedente.
- **Seguimiento y control:** acciones destinadas a comprobar la ejecución, funcionamiento y eficacia de las medidas, identificar desviaciones y establecer las correcciones necesarias.
- **Conservación y mantenimiento:** acciones orientadas a mantener durante la vida útil del proyecto las condiciones ambientales o características de diseño cuya permanencia contribuya a limitar los impactos identificados

Las frecuencias diarias, por turno, semanales o mensuales constituyen una programación operativa propuesta para integrar al Programa de Vigilancia Ambiental. Se aplicarán mientras exista la actividad o condición indicada y se reforzarán ante incidentes. Los métodos y periodicidades de muestreo, análisis, vigilancia hidrogeológica y mantenimiento especializado se definirán, en función de los programas de implementación anexos y a las autorizaciones correspondientes.

VI. 1.1 Medidas para impactos negativos moderados y significativos.

Tabla VI-1. Medidas para impactos negativos moderados y significativos.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
		Ficha 001 Preparación del sitio
17 BE-3 (-B)	Riesgo de afectación a ejemplares de flora en categoría de riesgo. Las mismas acciones contribuyen al manejo de BE-1 y BE-2, negativos ligeros.	**F03-01.** Prevención. Durante la delimitación y el trazo se identificarán físicamente las superficies de intervención y las áreas que permanecerán bajo conservación-rehabilitación, de manera que estas últimas queden claramente diferenciadas antes del inicio del desmonte. El plano único distinguirá desmonte efectivo, desplante, apoyos, proyección aérea y ocupación temporal, contabilizando una sola vez las superficies superpuestas. Se comprobará la geometría de la franja natural perimetral vinculada con CB-03 en el capítulo III; la conservación interior no sustituirá esa delimitación. **F03-02.** Prevención. Las aperturas puntuales necesarias para topografía y delimitación se restringirán a lo indispensable, utilizando preferentemente espacios abiertos, senderos existentes o trayectorias de menor interferencia vegetal cuando ello resulte viable. **F03-03.** Prevención; Mitigación. Antes de iniciar limpieza y desmonte en cada frente se realizarán las acciones de identificación, marcado y manejo de flora previstas en el programa de rescate y reubicación de flora silvestre del proyecto. El recorrido censal registrará especie, coordenadas, talla, condición y decisión de manejo. La supervisión emitirá el acta de liberación sólo después de comprobar exclusiones, rescates procedentes y permisos; la sola presencia de señalamiento no permitirá abrir el frente. **F03-04.** Prevención. Los ejemplares que puedan permanecer en su ubicación sin interferir con el desplante o la seguridad de los trabajos se conservarán in situ, evitando su extracción únicamente por encontrarse dentro del entorno general de un frente. La zona de protección de raíces y copa se definirá por ejemplar mediante evaluación botánica, evitando aplicar un radio uniforme a todas las especies y tallas. Los micro ajustes del trazo se someterán a revisión estructural y ambiental dentro del diseño autorizado.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 001 Preparación del sitio		
Justificación: La delimitación, el reconocimiento previo de flora y la conservación in situ evitan remociones fuera de la huella y daños desde los trabajos topográficos. La liberación de cada frente debe acreditar exclusiones y manejo previo; la eficacia de los rescates requiere seguimiento posterior. **Frecuencia: F03-01:** Antes de cualquier desmonte y al modificar el trazo. **F03-02:** Antes y durante cada recorrido de topografía. **F03-03:** Antes de liberar cada frente para limpieza o desmonte. **F03-04:** Antes y durante cada frente y diariamente mientras exista obra próxima. **Responsable:** Topografía; especialista en flora; residente de obra; responsable ambiental. **Verificación: F03-01:** Plano único con capas diferenciadas y franja perimetral comprobada; 100% de frentes delimitados y cero intervenciones fuera de la huella autorizada. **F03-02:** Registro de aperturas puntuales y fotografías; trayectorias de menor interferencia justificadas. **F03-03:** 100% de frentes activos con acta previa; fichas de ejemplares prioritarios, mapa de exclusiones y pendientes resueltos. **F03-04:** Inventario de ejemplares retenidos y fotografías de su integridad.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 002 Preparación del sitio		
17 BE-3 (-B)	Riesgo de afectación a ejemplares de flora en categoría de riesgo. Las mismas acciones contribuyen al manejo de BE-1 y BE-2, negativos ligeros.	**F03-05.** Mitigación. Los ejemplares susceptibles de rescate cuya permanencia resulte incompatible con la intervención prevista serán manejados por personal con experiencia en identificación y manejo de vegetación, aplicando técnicas acordes con la especie, talla y condición del ejemplar. Se priorizarán los ejemplares de especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como los ejemplares viables de *Arecaceae, Orchidaceae y Bromeliaceae* considerados en el de Flora. Esta medida no será aplicable a los ejemplares de manglar cuya conservación *in situ* se establece expresamente para el proyecto El procedimiento incluirá extracción adecuada, protección contra desecación, traslado, revisión fitosanitaria y cuando resulte necesaria de acuerdo con la especie y condición del ejemplar, aclimatación previa a su establecimiento definitivo. El número de ejemplares sujetos a rescate se determinará mediante el reconocimiento previo de las superficies que serán intervenidas. **F03-06.** Mitigación. Los ejemplares rescatados se reubicarán en superficies del predio que no estén previstas para intervención posterior y que presenten condiciones ambientales compatibles con sus requerimientos. El vivero temporal, cuando las características de los ejemplares o el procedimiento de manejo hagan necesaria su permanencia previa en resguardo, se instalará en una superficie de intervención habilitada, con sombra graduable, drenaje controlado, lotes identificados y consumo de agua medido. Los micrositios receptores se seleccionarán por compatibilidad de luz, humedad, suelo y vegetación, evitando abrir nuevas áreas conservadas. **F03-07.** Prevención. El desmonte se ejecutará de manera selectiva y progresiva conforme avance cada frente, evitando retirar anticipadamente vegetación de superficies cuya intervención no sea inmediata. **F03-08.** Prevención. En las superficies donde se proyecten estructuras elevadas, se conservará la cobertura vegetal existente bajo su proyección, salvo en los puntos de apoyo y en las áreas donde la remoción resulte indispensable para su ejecución física de la obra. La proyección horizontal de las estructuras elevadas no se considerará por sí misma como superficie de desmonte; la remoción de vegetación se limitará a las huellas donde exista intervención física efectiva.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 002 Preparación del sitio		
Justificación: El rescate y reubicación constituyen medidas de mitigación aplicables únicamente a los ejemplares cuya permanencia resulte incompatible con la ejecución de las obras y cuya condición permita su manejo. La selección de técnicas y sitios receptores compatibles contribuirá a reducir la pérdida de individuos y favorecer su establecimiento posterior. La conservación *in situ* tendrá prioridad cuando resulte compatible con el proyecto y, particularmente, se mantendrá para los ejemplares de manglar cuya remoción no forma parte de la configuración evaluada. Asimismo, la apertura progresiva de los frentes y la diferenciación entre la proyección aérea de las estructuras elevadas y su contacto físico efectivo permitirán evitar desmontes anticipados o superficies de remoción mayores a las realmente necesarias. **Frecuencia: F03-05:** En cada rescate, antes del desmonte del punto involucrado. **F03-06:** Antes de seleccionar el sitio y en cada reubicación; el resguardo temporal se aplicará únicamente cuando resulte necesario. **F03-07:** Durante cada apertura; revisión diaria del avance. **F03-08:** Antes del desmonte y durante la ejecución de los apoyos y demás intervenciones físicas asociadas con las estructuras elevadas. **Responsable:** Especialista en flora; residente de obra; topografía. **Verificación: F03-05:** Ficha individual o por lote trazable; técnica, condición y traslado registrados. **F03-06:** Plano de vivero y sitios receptores; trazabilidad de origen y destino, condición fitosanitaria y compatibilidad por especie. **F03-07:** Plano de avance y fotografía comparativa; ausencia de desmonte anticipado innecesario. **F03-08:** Huella de apoyos comparada con vegetación retenida bajo estructuras elevadas.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 003 Preparación del sitio		
17 BE-3 (-B)	Riesgo de afectación a ejemplares de flora en categoría de riesgo. Las mismas acciones contribuyen al manejo de BE-1 y BE-2, negativos ligeros.	**F03-09.** Prevención. En los límites entre el frente de desmonte y la vegetación conservada se utilizarán métodos de corte que permitan controlar la caída de ramas y material hacia el interior del frente, recurriendo a herramientas manuales o de menor alcance cuando las condiciones del sitio lo requieran. **F03-10.** Prevención. No se utilizarán fuego, herbicidas, sustancias desecantes u otros productos químicos para eliminar vegetación. **F03-11.** Prevención Compensación. Los ejemplares de *Rhizophora mangle y Conocarpus erectus* identificados en las 0.173 ha asociadas con manglar se conservarán in situ al 100 % como parte de las medidas compensatorias. Previo al avance del trazo de áreas, limpieza de la zona, desmonte y despalme en frentes próximos a esta vegetación, se verificará la ubicación de los ejemplares y de la superficie a conservar para evitar remoción, corte, daño mecánico o utilización de su entorno inmediato como superficie de apoyo, tránsito, almacenamiento o maniobra. La revisión comprenderá también todos los individuos dispersos fuera de la unidad cartografiada. Ante interferencia con raíces, copa o régimen hídrico, se suspenderán las actividades en el punto específico de conflicto hasta revisar la condición y definir la acción preventiva correspondiente. El rescate general de flora no habilita la remoción o el trasplante de ejemplares de manglar con la finalidad de liberar superficies para obra. Aunado a lo anterior en consideración a lo indicado en la especificación 4.43 de la NOM-022-SEMARNAT-2013, se propone un programa de compensación en el que se pretende la Producción en vivero y plantación de 10,000 individuos de mangle rojo chaparro (*Rhizophora mangle*), ubicadas en el kilómetro 9 de la carretera Cafetal–Mahahual, Quintana Roo, el programa se anexa al presente. **F03-12.** Prevención. La superficie de petén coincidente con la proyección aérea del puente colgante se conservará sin desmonte, despalme ni ocupación del suelo por ese concepto. Si el proyecto ejecutivo identifica una interferencia, se revisará el trazo y la solución constructiva antes de intervenir, con las determinaciones y autorizaciones que correspondan. Se ubicarán anclajes y maniobras fuera de la

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
	Ficha 003 Preparación del sitio	
		comunidad sensible. Los puntos permanentes de observación permitirán revisar sombreado, vigor vegetal y paso del agua bajo la estructura, además de la ausencia de ocupación del suelo.
Justificación: El corte dirigido y la exclusión de fuego y sustancias químicas para eliminar vegetación reducirán la posibilidad de daños fuera de las superficies de intervención. La protección íntegra del manglar y la ausencia de ocupación directa del Petén requieren comprobar en campo huellas, maniobras y continuidad hídrica. **Frecuencia: F03-09:** En cada corte próximo al límite del frente. **F03-10:** Permanente; revisión diaria de frentes y de insumos. **F03-11:** Antes de liberar frentes próximos al manglar y diariamente durante las jornadas en que se desarrollen trabajos con posibilidad de interacción con esta vegetación. **F03-12:** Antes del trazo definitivo del puente y durante la ejecución de las maniobras correspondientes. **Responsable:** Residente de obra; especialista en flora; responsable ambiental; especialistas. **Verificación: F03-09:** Inspección del borde y reporte de daños; caída dirigida al interior del frente. **F03-10:** Registro de métodos utilizados; ausencia de fuego y productos para eliminar vegetación. **F03-11:** Inventario y fotografías georreferenciadas; conservación íntegra de individuos y superficie de manglar. **F03-12:** Plano de proyección y revisión de campo; sin desmonte ni ocupación directa del petén.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
	Ficha 004 Preparación del sitio	
17 BE-3 (-B)	Riesgo de afectación a ejemplares de flora en categoría de riesgo. Las mismas acciones contribuyen al manejo de BE-1 y BE-2, negativos ligeros.	**03-13.** Prevención; Mitigación. En superficies de selva donde se registre *Thrinax radiata*, la revisión previa al desmonte considerará especialmente ejemplares juveniles y los presentes en los estratos bajos que puedan coincidir con las huellas de intervención. Se privilegiará su conservación *in situ* cuando resulte compatible con la ejecución de las obras; cuando su permanencia sea incompatible y los ejemplares sean técnicamente susceptibles de manejo, se aplicarán las acciones de rescate y reubicación previstas en el Programa de rescate y reubicación de flora silvestre, seleccionando sitios receptores compatibles conforme a las medidas F03-05 y F03-06. **F03-14.** Prevención. Cuando únicamente ramas o porciones secundarias interfieran con una maniobra y la permanencia del ejemplar resulte viable, se favorecerá la poda dirigida sobre la remoción completa, siempre que dicha acción resulte técnicamente procedente y sea definida por el personal responsable del manejo de flora **F03-15.** Prevención. Quedará prohibida al personal la extracción, colecta o aprovechamiento de plantas, semillas, frutos, madera u otros productos vegetales fuera de las actividades expresamente previstas para el manejo ambiental o ejecución del proyecto. **F03-16.** Seguimiento y control. Cada rescate y reubicación contará con identificación individual o lote trazable, especie, fecha, condición, coordenadas de origen y receptor, técnica, responsable y fotografías. Los individuos muertos y las reposiciones se registrarán por separado; la reposición no se computará como supervivencia del ejemplar original. **F03-17.** Mitigación; Seguimiento y control. Los ejemplares reubicados serán revisados posteriormente para identificar daños o necesidades de mantenimiento y aplicar, cuando corresponda, acciones acordes con su condición. Se determinará supervivencia por especie y lote y se investigarán las causas de mortalidad. Se adopta como meta de manejo propuesta una supervivencia original de al menos 75%

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 004 Preparación del sitio		
		a 12 meses, sujeta a validación por especie en el programa ejecutivo. Las reposiciones de procedencia acreditada y las correcciones de riego, sustrato o ubicación se reportarán separadamente. **F03-18.** Mitigación; Rehabilitación-restauración. Si se detecta remoción accidental fuera de la superficie prevista o afectación a un ejemplar que debía conservarse, se interrumpirá la remoción en el punto involucrado hasta corregir la causa y definir la acción de atención correspondiente.
Justificación: La revisión específica de *Thrinax radiata* responde a su mayor posibilidad de coincidencia con las superficies de selva sujetas a apertura o desmonte. La conservación *in situ* tendrá prioridad cuando resulte compatible con las obras, mientras que el rescate y la reubicación se aplicarán a los ejemplares cuya permanencia resulte incompatible y que presenten condiciones adecuadas para su manejo. La poda dirigida, cuando resulte técnicamente procedente, permitirá conservar ejemplares cuya interferencia con las obras sea parcial. La prohibición de colecta evitará pérdidas adicionales de flora ajenas a las superficies de intervención **Frecuencia: F03-13:** Antes de desmontar cada frente de selva. **F03-14:** Antes y durante cada poda propuesta. **F03-15:** Al ingreso de personal y durante toda la etapa. **F03-16:** En cada rescate y reubicación; integración semanal del registro. **F03-17:** Al reubicar; semanal durante el establecimiento inicial, mensual el resto del primer año y trimestral el segundo; extraordinaria ante estrés. **F03-18:** Inmediata ante daño o remoción accidental. **Control complementario:** Antes de liberar frentes; semanal durante establecimiento y después según programa. **Responsable:** Especialista en flora; responsable ambiental; residente de obra. **Verificación: F03-13:** Registro de Thrinax radiata por condición y destino; revisión de juveniles y estratos bajos. **F03-14:** Dictamen de procedencia y registro fotográfico; poda limitada a la interferencia justificada. **F03-15:** Constancias de inducción y recorridos; investigación de extracción no prevista. **F03-16:** Fichas con especie, origen, receptor, fecha y condición; correspondencia con inventario. **F03-17:** Supervivencia original = vivos del lote inicial / individuos establecidos inicialmente × 100; fichas por especie, muertos y repuestos separados, causas y correcciones comprobadas. **F03-18:** Reporte del evento, suspensión localizada y dictamen de atención; verificación antes del reinicio. **Control complementario:** Inventario trazable, supervivencia por especie y registros de daño; correcciones comprobadas.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 005 Preparación del sitio		
23 SC-1 (-C)	Modificación de la calidad estético-paisajística durante la preparación. El control anticipa el contraste asociado a SC-3 durante la construcción.	F05-01. Prevención. Para contener espacialmente la apertura del entorno vegetal serán aplicables las medidas de delimitación, desmonte selectivo y conservación de vegetación establecidas en las medidas F03 de la Tabla VI-1. F05-02. Prevención. Los frentes de desmonte se abrirán conforme a la secuencia real de intervención, evitando generar claros dispersos o superficies desmontadas que no tengan continuidad con las actividades posteriores previstas. F05-03. Prevención. No se realizarán podas o desmontes adicionales con la finalidad exclusiva de abrir o ampliar vistas hacia la Laguna de Bacalar o desde los futuros componentes del proyecto. F05-04. Prevención; Mitigación. En los bordes de los frentes se conservarán los ejemplares y estratos de vegetación que no requieran remoción, evitando regularizar innecesariamente los límites mediante cortes adicionales. F05-05. Mitigación. El material vegetal producido por el desmonte y despalme se concentrará dentro de las superficies destinadas a su manejo, evitando su dispersión sobre áreas conservadas o su permanencia desordenada en el borde de los frentes.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 005 Preparación del sitio		
		F05-06. Prevención; Rehabilitación-Rehabilitación-restauración. Cuando exista material vegetal apto para aprovechamiento posterior en rehabilitación o paisajismo, se mantendrá separado de residuos y materiales ajenos hasta su utilización o manejo correspondiente. F05-07. Rehabilitación-restauración, compensatoria. Las superficies de ocupación temporal que hayan requerido remoción de vegetación o acondicionamiento y que dejen de ser necesarias para la ejecución de las obras serán identificadas para su rehabilitación conforme se liberen. La rehabilitación se ejecutará progresivamente, retirando los materiales o elementos temporales que ya no sean necesarios y favoreciendo, según las condiciones de cada sitio, la recuperación del suelo y el establecimiento de vegetación compatible con el entorno. Se distinguirá de la compensación del manglar y se comprobará su cobertura y estabilidad, además de la superficie atendida. F05-08. Seguimiento y control. La supervisión ambiental verificará que la apertura de frentes no se extienda fuera de las superficies requeridas y que no se realicen desmontes adicionales por motivos exclusivamente operativos o visuales. Se mantendrán puntos fotográficos georreferenciados desde accesos, colindancias y perspectivas ribereñas procedentes, con encuadre, altura y orientación comparables: línea base previa al desmonte, revisión mensual durante obra y semestral en operación
Justificación: Limitar los claros al avance real, conservar pantallas y bordes vegetados y ordenar los acopios contiene la fragmentación y el contraste visual de la preparación. La verificación se vincula con las medidas F03 para mantener un registro único de las huellas y la vegetación retenida. Aprovechar material vegetal compatible y rehabilitar áreas temporales reduce la permanencia de claros ajenos al diseño definitivo. La comparación de huellas y pantallas vegetales permite corregir ampliaciones, acopios y ocupaciones temporales sin abrir nuevas vistas mediante desmonte. El registro fotográfico comparable permitirá documentar la evolución de los principales frentes de intervención y detectar aperturas o modificaciones que excedan las superficies previstas. **Frecuencia: F05-01:** Antes y durante cada apertura del entorno vegetal. **F05-02:** Al programar y ejecutar cada frente. **F05-03:** Durante todo el desmonte y ante solicitudes de apertura de vistas. **F05-04:** Durante los cortes de borde y al cerrar cada frente. **F05-05:** Durante la generación de material vegetal y al cierre diario. **F05-06:** En cada acopio de material vegetal reutilizable. **F05-07:** Al definir la huella final y liberar cada área temporal. **F05-08:** Diaria durante apertura de frentes y al concluir cada uno **Responsable:** Residente de obra; especialista en flora; encargado de residuos, responsable ambiental; responsable de arquitectura. **Verificación: F05-01:** Registros F03 y plano de huella; límites respetados sin duplicar obligaciones. **F05-02:** Plano de avance y fotografías desde puntos fijos; claros asociados a trabajos inmediatos. **F05-03:** Registro de instrucciones y fotografías; ausencia de cortes por apertura de vistas. **F05-04:** Fotografías comparables; bordes conservados sin regularización innecesaria. **F05-05:** Ubicación de acopios y limpieza de bordes; materiales fuera de conservación. **F05-06:** Registro de material segregado, condición y destino de aprovechamiento. **F05-07:** Plano de áreas por rehabilitar, superficie atendida y comprobación de recuperación. **F05-08:** Comparación de trazo y desmonte; reporte y cierre de ampliaciones no previstas. **Control complementario:** Fotografías desde puntos fijos y huella comparada; pantallas retenidas y acopios controlados.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 006 Construcción		
23 y 25 SC-1 y	Modificación de la calidad estético-paisajística e	F11-01. Prevención. Las edificaciones, plataformas y demás componentes se ejecutarán conforme a la ubicación, dimensiones y alturas consideradas en el

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
		Ficha 006 Construcción
SC-3 (-C)	incremento del contraste visual por componentes construidos.	proyecto, evitando incorporar volúmenes adicionales que incrementen la transformación visual evaluada. F11-02. Prevención. La construcción de las edificaciones respetará las alturas y volumetrías consideradas en el diseño evaluado del proyecto. Los 9 módulos residenciales no excederán la altura máxima de 14 m; las demás edificaciones conservarán un máximo general de 7 m; y las villas turísticas, villas suites, Casa Club y BOH mantendrán alturas aproximadas de 6 m, de acuerdo con los alzados del proyecto. No se incorporarán niveles adicionales, ampliaciones volumétricas ni elementos arquitectónicos no previstos o modificaciones volumétricas que incrementen la exposición visual de las obras respecto de la configuración evaluada. F11-03. Prevención. Las obras se desarrollarán respetando la distribución espacial prevista entre componentes construidos y vegetación conservada, evitando utilizar áreas intermedias o superficies de conservación-rehabilitación como ampliaciones permanentes de patios de maniobra, acopio o instalaciones auxiliares.
Justificación: La ubicación, altura y volumetría determinan la visibilidad edificaciones y demás componentes determinarán una parte importante de la modificación paisajística y del contraste visual generado por el proyecto. Respetar la configuración evaluada y mantener vegetación alrededor de los componentes contiene el contraste paisajístico y evita que las obras produzcan una transformación mayor que la prevista. **Frecuencia: F11-01:** Durante el replanteo, montaje y recepción de cada componente. F11-02: Antes del montaje y al terminar cada nivel o edificación. F11-03: Durante la ejecución de las obras y al habilitar, modificar y delimitar áreas auxiliares. **Responsable:** Responsable de arquitectura; topografía; residente de obra; especialista en flora. **Verificación: F11-01:** Planos, levantamientos y fotografías; dimensiones y ubicación conformes al proyecto. **F11-02:** Alzados y levantamiento de alturas; sin niveles ni volúmenes adicionales. **F11-03:** Plano de áreas y fotografías; vegetación intermedia sin ocupación permanente adicional.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
		Ficha 007 Construcción
23 y 25 SC-1 y SC-3 (-C)	Modificación de la calidad estético-paisajística e incremento del contraste visual por componentes construidos.	F11-04. Prevención. No se realizarán podas o desmontes adicionales con la finalidad exclusiva de abrir vistas desde módulos residenciales, villas, villa suites, amenidades, senderos o áreas comunes. F11-05. Mitigación. Los materiales, equipos y residuos de construcción se concentrarán en las áreas previstas y se retirarán de cada frente conforme dejen de ser necesarios, evitando su dispersión o permanencia innecesaria en áreas visibles o próximas a vegetación conservada. F11-06. Prevención; Mitigación. Las estructuras elevadas se mantendrán visual y físicamente diferenciadas del terreno natural bajo su proyección, evitando rellenos o cierres innecesarios debajo de ellas. F11-07. Mitigación. En los acabados exteriores se favorecerán materiales, texturas y tonalidades compatibles con la configuración arquitectónica prevista, procurando reducir superficies extensas altamente reflectantes o elementos que incrementen innecesariamente el contraste con la vegetación circundante. F11-08. Mitigación. Los cuartos técnicos, equipos, instalaciones hidráulicas, eléctricas y sanitarias se ubicarán dentro de los espacios previstos y se evitará dejar cableado, tuberías o conexiones provisionales expuestas de manera permanente.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 007 Construcción		
Justificación: La vegetación remanente, el mantenimiento de los espacios libres previstos bajo las estructuras elevadas y los espacios abiertos bajo estructuras y los acabados compatibles moderan el contraste del conjunto. El orden de los acopios e instalaciones evita agregar deterioro visual temporal o accesorio a la transformación permanente de las edificaciones. **Frecuencia: F11-04:** Durante toda la obra y ante solicitudes de apertura de vistas. **F11-05:** Orden diario y retiro al concluir la utilidad del material. **F11-06:** Durante cada montaje y al recibir la estructura. **F11-07:** Al seleccionar acabados y al recibir cada fachada. **F11-08:** Durante instalación y antes de entregar cada área técnica. **Responsable:** Residente de obra; especialista en flora; encargado de residuos; responsable de arquitectura. **Verificación: F11-04:** Registro de instrucciones y recorridos; ausencia de podas o desmontes adicionales. **F11-05:** Fotografías y comprobantes de retiro; acopios dentro de superficies previstas. **F11-06:** Recorrido y fotografías bajo plataformas; espacios abiertos sin rellenos o cierres innecesarios. **F11-07:** Muestras y fotografías; acabados concordantes con diseño e integración paisajística. **F11-08:** Plano conforme a obra y recorrido; instalaciones integradas sin provisionales permanentes.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 008 Construcción		
23 y 25 SC-1 y SC-3 (-C)	Modificación de la calidad estético-paisajística e incremento del contraste visual por componentes construidos.	**F11-09.** Mitigación. Las luminarias exteriores que se instalen durante la construcción se orientarán hacia las superficies que requieran iluminación, procurando limitar emisión directa hacia la vegetación, el frente lagunar y el cielo. Se emplearán apantallamiento, luz cálida, temporizadores o sensores cuando sean compatibles con la seguridad. La revisión incluirá una inspección nocturna desde el borde natural para corregir deslumbramiento e iluminación de copas, manglar y agua. **F11-10.** Mitigación; Rehabilitación-restauración: El paisajismo, la revegetación y la conservación funcional de superficies permeables previstos se implementarán conforme a la secuencia de terminación de las áreas correspondientes, utilizando las superficies y criterios definidos para el proyecto; el cual considera aproximadamente 774.95 m^2 de áreas ajardinadas, en cuyo establecimiento se priorizará la utilización de vegetación nativa y de ejemplares compatibles con las condiciones ambientales del sitio, así como, cuando sus características lo permitan, el aprovechamiento del suelo recuperado durante el despalme. La rehabilitación conservará especies y estratos del ambiente receptor y no sustituirá vegetación natural por césped. Se aplicará el seguimiento por lote y la meta propuesta de F03-17, documentando superficie, densidad, supervivencia original y reposiciones. **F11-11.** Mitigación; Rehabilitación-restauración: Cuando resulte compatible con el diseño paisajístico, podrán incorporarse ejemplares rescatados y vegetación nativa adecuada a las condiciones de cada área. **F11-12.** Mitigación. Al concluir cada frente se retirarán andamios, cercos temporales, empaques, sobrantes y señalamientos que hayan dejado de ser necesarios. **F11-13.** Seguimiento y control. Antes de dar por concluido cada componente se verificará que no permanezcan residuos, instalaciones provisionales o superficies temporales innecesariamente expuestas.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 008 Construcción		
Justificación: Orientar el alumbrado, establecer vegetación compatible y retirar instalaciones temporales mejora la integración de los componentes terminados. La recepción ambiental permite corregir pendientes; el paisajismo actúa gradualmente y no elimina la transformación visual permanente. **Frecuencia: F11-09:** Al instalar o ajustar luminarias; comprobación nocturna previa a entrega. **F11-10:** Al terminar cada área y durante el establecimiento de vegetación. **F11-11:** Antes y durante cada incorporación de ejemplares al paisajismo. **F11-12:** Al concluir cada frente y antes de su entrega. **F11-13:** Antes de dar por concluido cada componente. **Responsable:** Responsable de mantenimiento; responsable de arquitectura; especialista en flora; residente de obra; encargado de residuos; responsable ambiental. **Verificación: F11-09:** Registro nocturno de orientación; iluminación limitada a superficies de uso. **F11-10:** Superficie intervenida, especies y fotografías; seguimiento de cobertura y establecimiento. **F11-11:** Registro de origen, especie, ubicación y condición; compatibilidad con el sitio receptor. **F11-12:** Acta y comprobantes de retiro; área libre de elementos temporales innecesarios. **F11-13:** Lista de recepción ambiental y fotografías; pendientes corregidos antes del cierre.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 009 Construcción		
17 BE-3 Control	Continuidad de los controles de flora sensible iniciados en preparación. Permanencia de la integración paisajística y de la protección de la vegetación	Prevención; Mitigación. Se mantendrán la protección de ejemplares y áreas excluidas, el mantenimiento del material rescatado y la vigilancia de interferencias. Se aplicarán las medidas F03 establecidas para la preparación del sitio únicamente mientras permanezca la causa, el ejemplar o la condición que justificó su aplicación, sin atribuir una nueva valoración a la construcción. Conservación y mantenimiento; Mitigación. Se mantendrán la vegetación, las pantallas visuales y las condiciones del alumbrado, y se atenderán daños o modificaciones detectados por la supervisión. Los controles F03 y F11 seguirán aplicándose en lo pertinente; no se incorpora una nueva categoría de impacto operativo.
Justificación: La actividad constructiva puede mantener el riesgo sobre ejemplares retenidos y material reubicado. Dar continuidad a las medidas F03 mientras permanezca dicha exposición permitirá mantener las exclusiones, el seguimiento y las acciones de mantenimiento necesarias, sin asignar una nueva valoración al impacto. La integración paisajística y la protección de vegetación dependen de conservar las pantallas, la cobertura y la orientación del alumbrado durante el uso del desarrollo. La vigilancia permite atender daños y cambios que reduzcan la eficacia de las medidas previas. **Frecuencia:** Diaria durante obras próximas; semanal para material reubicado en establecimiento. Mensual y ante daños, cambios de alumbrado o intervenciones paisajísticas. **Responsable:** Especialista en flora; residente de obra, responsable ambiental. **Verificación:** Inventario de ejemplares y áreas excluidas; registros de mantenimiento y daños corregidos. Fotografías comparables, cobertura y orientación de luminarias; incidencias atendidas.		

VI. 1.2. Medidas para impactos negativos ligeros.

Los impactos negativos ligeros requieren controles específicos, aunque su valoración sea menor. La Tabla VI-2 relaciona el impacto, la fuente y las medidas por etapa. Conserva además los controles operativos de la PTAR, POI y ruido, diferenciando los beneficios asociados cuando comparten infraestructura.

Tabla VI. 2. Impactos negativos ligeros fuentes generadoras y medidas ambientales por etapa.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 010	Preparación del sitio	
FQ-1 FQ-2 FQ-13	Negativos ligeros (-A) Erosión propiedades del suelo e infiltración y flujo local. Fuente Delimitación y topografía; trazo y limpieza; desmonte y despalme; nivelación.	F01-01. Prevención. Antes de iniciar la nivelación de cada frente se verificará su relación con las trayectorias naturales de escurrimiento, zonas bajas y depresiones identificadas en el predio, particularmente las asociadas con M3 y M4, procurando que el corte, relleno y compactación permanezcan dentro de las superficies previstas. Se superpondrán las microcuencas y depresiones del capítulo IV con obras y accesos y se unificarán datum y banco de nivel. Se conservará el almacenamiento natural; no se drenarán ni rellenarán depresiones para eliminar anegamientos propios del sistema. F01-02. Prevención. Los cortes, rellenos y ajustes de nivel se limitarán a las cotas y superficies requeridas por el diseño del proyecto; no se generarán terraplenes, bordos, rellenos o nivelaciones adicionales cuya única finalidad sea facilitar maniobras fuera de los frentes previstos. F01-03. Prevención. La circulación y permanencia de maquinaria durante el ajuste de cotas y acondicionamiento se concentrará en las superficies de intervención y accesos definidos, evitando tránsito sobre las 26.710 ha que permanecerán bajo conservación-rehabilitación. F01-04. Prevención. La compactación se realizará únicamente en las superficies donde resulte necesaria para la estabilidad y ejecución posterior de las obras, evitando compactar áreas permeables o de ocupación temporal más allá de lo requerido. F01-05. Prevención; Rehabilitación-restauración. El suelo superficial que presente condiciones adecuadas para su recuperación se manejará separadamente del material de corte, residuos y materiales ajenos, para su posible utilización posterior en superficies de rehabilitación o paisajismo. El acopio se identificará por origen y volumen y se protegerá de la lluvia y de la mezcla con residuos. Su reincorporación se limitará a los sitios de Rehabilitación-restauración compatibles y no se empleará para rellenar o elevar superficies de vegetación hidrófila, Petén, manglar, depresiones naturales u otras zonas sensibles. F01-06. Prevención. Los materiales producto de corte o ajuste de nivel que deban permanecer temporalmente en el frente se ubicarán fuera de depresiones, trayectorias de escurrimiento y superficies de conservación. F01-07. Mitigación. Cuando los materiales sueltos permanezcan expuestos en condiciones que favorezcan su dispersión o arrastre, podrán protegerse mediante cobertura temporal, confinamiento perimetral con material filtrante u otro medio de función equivalente, de acuerdo con las características y duración del acopio.
Justificación: La microtopografía regula los escurrimientos y la acumulación temporal de agua. Verificar cotas, limitar cortes y rellenos y controlar el tránsito reduce compactación, erosión y alteraciones del flujo fuera de las superficies necesarias para la obra. Restringir la compactación y conservar el suelo superficial favorece la recuperación de áreas temporales. Ubicar y proteger los acopios fuera de depresiones y escurrimientos disminuye la dispersión de partículas y la formación de obstrucciones al agua. Frecuencia: F01-01: Antes de nivelar cada frente y ante cambios de trazo. F01-02: Durante cada corte o relleno; control al cierre de jornada. F01-03: Durante cada traslado; inspección diaria de accesos. F01-04: Antes y durante cada compactación. F01-05: En cada retiro de suelo superficial y durante su acopio. F01-06: En cada acopio; revisión diaria y después de lluvia con arrastre. F01-07: Mientras exista material expuesto susceptible de dispersión; revisión diaria. responsable: Topografía; residente de obra; especialista en hidrología e hidrogeología, topografía; especialista en flora. Verificación: F01-01: Plano de cotas y rutas de agua; liberación del frente sin interferencias no resueltas. F01-02: Levantamiento de cotas y huella ejecutada comparados con el plano autorizado. F01-03: Recorrido y fotografías; ausencia de rodadas nuevas en conservación. F01-04: Delimitación del área compactada; correspondencia con superficies estructurales previstas. F01-05: Registro de volumen, procedencia y destino; acopio separado de residuos. F01-06: Croquis y fotografías; materiales fuera de depresiones y escurrimientos. F01-07: Cubiertas o confinamientos íntegros; ausencia de arrastre fuera del acopio.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 011 Preparación del sitio		
FQ-1 FQ-2 FQ-13	Negativos ligeros (-A) Erosión propiedades del suelo e infiltración y flujo local. Fuente Delimitación y topografía; trazo y limpieza; desmonte y despalme; nivelación.	F01-08. Mitigación. En los sectores donde exista posibilidad de arrastre de suelo hacia zonas bajas, vegetación hidrófila, trayectorias de escurrimiento o hacia el entorno lagunar se instalarán barreras filtrantes temporales y salidas seguras de agua, seleccionadas según pendiente, superficie y duración del frente. Se conservará su capacidad mediante retiro de sedimentos después de lluvias; las barreras no formarán diques ni cerrarán el paso natural del agua. F01-09. Mitigación. Cuando un evento de lluvia genere arrastre visible de suelo, formación de surcos, concentración no prevista del flujo o encharcamiento atribuible a la nivelación, se interrumpirá temporalmente el movimiento de tierras en el sector afectado y se aplicará la corrección que corresponda. La programación considerará el pronóstico meteorológico; se suspenderá el movimiento de suelo durante lluvia intensa cuando no sea posible controlar el arrastre. El reinicio requerirá comprobar barreras, estabilidad del frente y condición de los receptores aguas abajo. F01-10. Mitigación; Correctiva. Las correcciones podrán consistir, según el caso, en retirar o reubicar material suelto, proteger acopios, restablecer el paso del agua, estabilizar la superficie o colocar elementos filtrantes temporales. F01-11. Correctiva. Las superficies utilizadas temporalmente durante las actividades de Nivelación mediante el ajuste de cotas, cortes y relleno, que no sustenten posteriormente una obra permanente y presenten compactación podrán ser acondicionadas mediante perfilado, descompactación superficial, reincorporación del suelo recuperado u otra acción equivalente, según su condición final. F01-12. Seguimiento y control. La supervisión ambiental verificará que no se generen obstrucciones, acumulaciones de material, procesos erosivos o compactaciones fuera de las superficies previstas y promoverá su corrección cuando sean atribuibles a los trabajos de nivelación.
Justificación: Los controles de sedimentos deben retener material sin convertirse en barreras hidráulicas. La atención inmediata de surcos, arrastres o encharcamientos permite corregir la causa y restituir estabilidad y paso del agua antes de continuar los movimientos de tierra. verificar suelo y drenaje en conjunto reduce la permanencia de compactaciones, erosión y obstrucciones. Los planos, cotas y fotografías deben demostrar que la intervención respeta la huella y mantiene la circulación del agua. Frecuencia: F01-08: Antes de exponer suelo susceptible de arrastre y después de lluvias. F01-09: Inmediata ante arrastre, surcos o encharcamiento atribuible a la obra. F01-10: Ante cada desviación y antes de reanudar el movimiento de tierras. F01-11: Al liberar cada superficie temporal; revisión tras la primera lluvia posterior. F01-12: Diaria en frentes activos y después de lluvias que produzcan arrastre Responsable: Residente de obra; especialista en hidrología e hidrogeología. especialista en flora; responsable ambiental. Verificación: F01-08: Inspección de barreras; retención de sedimentos sin obstrucción del agua. F01-09: Reporte de suspensión y diagnóstico de la causa; sector controlado antes de reanudar. F01-10: Fotografías antes y después; paso del agua y estabilidad superficial restituidos. F01-11: Acta de rehabilitación, superficie atendida y ausencia de compactación o erosión persistente. F01-12: Lista de inspección, incidencias georreferenciadas y evidencia del cierre de correcciones.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 012 Preparación del sitio		
FQ-4 FQ-5	Negativos ligeros (-A) Partículas gases y ruido temporal. Fuente Nivelación; movimiento de suelo y materiales;	F02-01. Prevención. La nivelación y el movimiento de materiales se organizarán por frentes, evitando mantener maquinaria operando simultáneamente en sectores donde no exista una necesidad efectiva de trabajo. F02-02. Mitigación. Cuando las superficies secas generen polvo visible por efecto del tránsito, viento o movimiento de materiales, se realizará humectación controlada del sector afectado, evitando saturación del suelo o generación de escurrimientos. El agua tendrá procedencia acreditada; no se utilizará concentrado salobre de la POI.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 012 Preparación del sitio		
	maquinaria vehículos y equipos.	La limpieza de ruedas y equipos recuperará el lodo generado y evitará su descarga al terreno natural. F02-03. Prevención. Los materiales finos o sueltos almacenados temporalmente y susceptibles de dispersión podrán protegerse mediante cubierta, confinamiento o estabilización superficial, según corresponda. F02-04. Prevención. Los vehículos que transporten materiales finos o susceptibles de dispersarse deberán mantener la carga contenida y, cuando sea necesario, cubierta durante su traslado. F02-05. Prevención. La velocidad de circulación dentro de los frentes se mantendrá acorde con las condiciones de seguridad y del terreno, evitando aceleraciones, frenados y maniobras innecesarias. Se adopta como límite interno de gestión propuesto 20 km/h, con reducción adicional ante fauna, personas, mala visibilidad o polvo. La señalización y supervisión se mantendrán también durante la construcción y los servicios operativos.
Justificación: La programación de equipos, la humectación localizada y el control de acopios, cargas y tránsito disminuyen polvo, gases y ruido en las fuentes que los generan. El uso de agua debe ajustarse al polvo observado para evitar saturación y escurrimientos. Frecuencia: F02-01: En la programación diaria y al abrir cada frente. F02-02: Al observar polvo visible; ajustar durante la actividad generadora. F02-03: En cada acopio y cuando se deterioren las protecciones. F02-04: Antes de cada salida o ingreso y durante el traslado. F02-05: Durante toda la circulación; supervisión diaria. Responsable: Residente de obra; transportista y encargado de logística. Verificación: F02-01: Programa de maquinaria y observación de campo; equipos limitados al trabajo necesario. F02-02: Bitácora de humectación; reducción de polvo sin saturación ni escurrimiento. F02-03: Fotografías de acopios protegidos; ausencia de dispersión visible. F02-04: Lista de carga; cubierta y contención sin pérdida de materiales. F02-05: Registro de recorridos y maniobras; corrección de polvo o conducción inadecuada.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 013 Preparación del sitio		
FQ-4 FQ-5	Negativos ligeros (-A) Partículas gases y ruido temporal. Fuente Nivelación; movimiento de suelo y materiales; maquinaria vehículos y equipos.	F02-06. Prevención; Mitigación. La maquinaria, vehículos y equipos deberán mantenerse en condiciones adecuadas de funcionamiento; cuando se detecten emisiones visibles anormales, vibraciones o ruidos asociados con una falla, el equipo será revisado antes de continuar su operación regular. F02-07. Prevención. Los motores permanecerán apagados durante periodos prolongados de inactividad, salvo cuando su funcionamiento resulte necesario por condiciones operativas o de seguridad. F02-08. Mitigación. Se evitará la coincidencia innecesaria de varias actividades de alto nivel sonoro en un mismo sector cuando puedan ejecutarse de forma secuencial sin afectar el programa de trabajo. F02-09. Mitigación. Los trabajos ruidosos se programarán dentro del horario diurno propuesto de 07:00 a 18:00, sujeto a condiciones más restrictivas aplicables. Toda actividad indispensable fuera de ese horario requerirá justificación técnica y controles adicionales sobre receptores, sin dispensar las condiciones de autorización. F02-10. Prevención. No se realizará quema a cielo abierto de vegetación, residuos o materiales derivados de la preparación del sitio.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 013 Preparación del sitio		
Justificación: El apagado de motores innecesarios y la programación de fuentes ruidosas reducen emisiones y perturbación temporal. Los horarios diurnos y la prohibición de quemas evitan fuentes adicionales y exposición innecesaria de la fauna nocturna. Frecuencia: F02-06: Antes del uso diario y ante anomalías. F02-07: En cada periodo de espera sin necesidad operativa o de seguridad. F02-08: Al programar trabajos y cuando coincidan fuentes intensas. F02-09: En cada programación de actividades ruidosas. F02-10: Permanente durante la preparación; revisión diaria. Responsable: Responsable de mantenimiento; residente de obra. Verificación: F02-06: Lista preoperativa, orden de servicio y prueba de funcionamiento tras la reparación. F02-07: Inspección de equipos inactivos; motores apagados cuando proceda. F02-08: Secuencia de actividades; registro de ajustes para reducir coincidencias evitables. F02-09: Bitácora de horario; justificación de trabajos nocturnos técnicamente indispensables. F02-10: Recorridos y control de residuos; ausencia de quemas y evidencia de atención a incidencias.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 014 Preparación del sitio		
FQ-4 FQ-5	Negativos ligeros (-A) Partículas gases y ruido temporal. Fuente Nivelación; movimiento de suelo y materiales; maquinaria vehículos y equipos.	F02-11. Mitigación. Cuando las condiciones de viento produzcan dispersión de polvo que no pueda controlarse adecuadamente mediante las medidas aplicables, se reducirá o suspenderá temporalmente la intensidad de la actividad que lo origine hasta que pueda continuar bajo condiciones controladas. F02-12. Seguimiento y control. La supervisión ambiental verificará la presencia de polvo visible, emisiones anormales y fuentes de ruido evitables en los frentes activos y solicitará los ajustes operativos correspondientes. Antes de trabajos intensivos se establecerán puntos sensibles y una referencia sonora comparable. Ante quejas o aumento persistente se verificará instrumentalmente la fuente con el método aplicable y se ajustarán equipo, horario o ubicación; la protección auditiva del personal no sustituye este control ambiental. Control complementario. Seguimiento y control; Mitigación. Seguimiento y respuesta correctiva. Contratista y supervisor. Revisar maquinaria, polvo y ruido durante las jornadas con actividad; documentar mantenimiento y correcciones. Reducir o suspender la fuente cuando los controles sean insuficientes.
Justificación: La supervisión conjunta de maquinaria y frentes permite identificar emisiones anormales y responder a condiciones de viento que impidan controlar el polvo. Los registros por equipo y la medición en receptores, cuando proceda, permiten comprobar la corrección antes del reinicio. Frecuencia: F02-11: Al presentarse polvo que no pueda controlarse con los medios disponibles. F02-12: Diaria en frentes activos y ante reportes o anomalías. Control complementario: Por jornada en frentes activos y ante anomalías de equipos. Responsable: Residente de obra; responsable ambiental; responsable de mantenimiento. Verificación: F02-11: Registro meteorológico operativo, reducción de actividad y comprobación antes del reinicio. F02-12: Lista de fuentes, observaciones y correcciones; medición instrumental cuando resulte exigible. Control complementario: Bitácora de equipos, mantenimiento y control de emisiones; medición cuando proceda.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 015 Preparación del sitio		
BE-1 BE-2	Negativos ligeros (-A) Disminución de abundancia y cobertura	Prevención; Mitigación. Se aplicará íntegramente el conjunto de medidas F03 de la Tabla VI-1: delimitación, inventario, protección, rescate procedente y mantenimiento.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 015 Preparación del sitio		
	vegetal. Fuente Remoción de individuos y desmonte en las huellas de intervención.	La inclusión conjunta responde a que las acciones atienden también BE-3, sin modificar la clasificación ligera de BE-1 y BE-2.
Justificación: La pérdida de individuos, cobertura y flora sensible comparte la remoción de vegetación como causa. Aplicar el expediente único F03 permite atender estos efectos con controles coordinados y evidencia trazable, conservando la clasificación de cada impacto. Frecuencia: Antes de liberar cada frente; durante desmonte y seguimiento según F03. Responsable: Especialista en flora; residente de obra. Verificación: Expediente único F03 con inventario, rescate y mantenimiento; sin duplicar registros.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 016 Preparación del sitio		
BE-4 BE-5 BE-7	Negativos ligeros (-A) Abundancia movilidad y hábitat de fauna. Fuente Limpieza desmonte despalme; apertura de frentes; retiro de refugios y tránsito.	F04-01. Prevención. Antes de iniciar limpieza, desmonte o despalme en cada frente, personal responsable del manejo de fauna realizará un recorrido para detectar ejemplares, nidos, madrigueras, cavidades, troncos, acumulaciones de materia vegetal y otros sitios de ocupación. F04-02. Mitigación. El desmonte se realizará de manera progresiva, favoreciendo que la fauna móvil abandone por sus propios medios la superficie que será intervenida. F04-03. Mitigación. Cuando se requiera ahuyentamiento, éste se dirigirá hacia superficies con vegetación que permanecerán bajo conservación-rehabilitación, evitando maniobras que rodeen o confinen a los ejemplares dentro del frente. No se utilizarán fuego, venenos, explosivos, ruido intenso ni perros para provocar la salida. El especialista verificará que la trayectoria conduzca hacia superficies con condiciones compatibles y que las maniobras no dirijan a los ejemplares hacia maquinaria, vialidades activas u otras fuentes inmediatas de riesgo. F04-04. Prevención. Antes de retirar troncos caídos, piedras, raíces, hojarasca acumulada u otros elementos que puedan funcionar como refugio, se verificará la ausencia de fauna debajo o en su interior. F04-05. Prevención. Cuando se localicen nidos activos, crías, madrigueras ocupadas o ejemplares con capacidad limitada de desplazamiento, se evitará intervenir directamente el punto hasta que el personal responsable determine la acción procedente.
Justificación: La revisión previa y durante el avance identifica fauna, refugios y sitios reproductivos antes de exponerlos a daño. Mantener rutas de salida hacia vegetación conservada y atender hallazgos sensibles reduce capturas innecesarias, lesiones y pérdida de microhábitat. Frecuencia: F04-01: Antes de iniciar cada frente y cuando éste se reactive después de periodos de inactividad que puedan permitir nueva ocupación por fauna. F04-02: Durante todo el avance del desmonte. F04-03: Cada vez que resulte necesario ahuyentar fauna. F04-04: Antes de retirar cada refugio potencial. F04-05: Ante cada hallazgo y hasta resolver su manejo. Responsable: Especialista en fauna; residente de obra; responsable ambiental. Verificación: F04-01: Recorrido fechado y acta de liberación; refugios y ejemplares detectados atendidos. F04-02: Secuencia de avance y observación de rutas de escape; ausencia de confinamiento. F04-03: Registro del método, dirección y respuesta; salida hacia vegetación conservada. F04-04: Lista de revisión y registro de rescates; refugio revisado antes de moverlo. F04-05: Delimitación del punto y dictamen; no intervención antes de liberar el sitio.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 017 Preparación del sitio		
BE-4 BE-5 BE-7	Negativos ligeros (-A) Abundancia movilidad y hábitat de fauna. Fuente Limpieza desmonte despalme; apertura de frentes; retiro de refugios y tránsito.	F04-06. Mitigación. La captura y reubicación se empleará únicamente cuando un ejemplar no pueda abandonar por sí mismo la superficie de intervención o se encuentre en riesgo inmediato. F04-07. Mitigación. Los ejemplares que deban ser reubicados serán liberados fuera de los frentes activos, preferentemente dentro de superficies del predio que permanezcan bajo conservación-rehabilitación o en su área de influencia y presenten condiciones compatibles con el grupo faunístico correspondiente. F04-08. Prevención. Durante el desmonte se conservarán fuera de la huella de intervención árboles con cavidades, troncos, vegetación baja, hojarasca y otros elementos con función de refugio cuando su permanencia sea compatible con la ejecución de los trabajos. F04-09. Prevención. En las superficies asociadas con estructuras elevadas no se eliminarán de manera generalizada los elementos de hábitat únicamente por encontrarse bajo la proyección de la futura estructura, salvo donde exista una necesidad física de intervención. F04-10. Prevención. Durante la nivelación del predio se evitará formar cordones continuos de suelo, materiales o equipos que bloqueen innecesariamente el paso entre superficies vegetadas.
Justificación: La captura sólo cuando es necesaria y la selección de receptores compatibles reducen estrés y liberaciones en zonas de riesgo. Conservar refugios y conexiones bajo estructuras y entre acopios mantiene recursos y alternativas de desplazamiento durante la preparación. Frecuencia: F04-06: Sólo ante incapacidad de escape o riesgo inmediato. F04-07: Antes de elegir el receptor y en cada liberación. F04-08: Antes y durante el desmonte; revisión diaria del borde. F04-09: Antes de intervenir bajo estructuras y durante el avance. F04-10: Durante el acopio y movimiento de tierras; revisión diaria. Responsable: Especialista en fauna; residente de obra. Verificación: F04-06: Ficha de rescate, motivo de captura, condición del ejemplar y atención aplicada. F04-07: Coordenadas, condición del hábitat y registro de liberación fuera de frentes activos. F04-08: Inventario de refugios retenidos; fotografías y comprobación de integridad. F04-09: Comparación de huella efectiva y refugios conservados bajo la proyección. F04-10: Recorrido de conexiones; ausencia de cordones continuos que bloqueen el paso.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 018 Preparación del sitio		
BE-4 BE-5 BE-7	Negativos ligeros (-A) Abundancia movilidad y hábitat de fauna. Fuente Limpieza desmonte despalme; apertura de frentes; retiro de refugios y tránsito.	F04-11. Prevención. Cuando sea viable, la secuencia de nivelación evitará intervenir simultáneamente frentes contiguos que dejen pequeñas superficies vegetadas temporalmente aisladas. F04-12. Prevención. La circulación de vehículos y maquinaria permanecerá en las rutas y superficies definidas. Cuando se observe fauna atravesando una ruta interna o un frente activo, se permitirá su desplazamiento antes de continuar la maniobra cuando las condiciones de seguridad lo permitan. F04-13. Prevención. Los residuos de alimentos se mantendrán en los recipientes previstos para su manejo y no se dejarán dispersos en los frentes o junto a áreas vegetadas. Su retiro se realizará con la frecuencia necesaria para evitar acumulaciones, saturación de recipientes o atracción de fauna. F04-14. Prevención. Los residuos de alimentos se mantendrán en los recipientes previstos para su manejo y no se dejarán dispersos en los frentes o junto a áreas vegetadas.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 018 Preparación del sitio		
		F04-15. Seguimiento y control. Los rescates y reubicaciones registrarán especie o grupo, condición, fecha, coordenadas de hallazgo y liberación, técnica, responsable y seguimiento del incidente. Se documentará el esfuerzo de búsqueda por recorrido, tiempo y zona, de manera que el número de avistamientos o rescates no se interprete por sí solo como éxito del manejo.
Justificación: La secuencia de apertura, el control del tránsito y la restricción de actividades sobre fauna reducen aislamiento temporal, riesgos de atropellamiento y perturbaciones adicionales. El manejo adecuado de orgánicos evita atraer ejemplares a los frentes de obra, y los registros permiten seguir cada rescate y liberación. Frecuencia: F04-11: Al programar la apertura de frentes contiguos. F04-12: Durante cada traslado y ante cruces de fauna. F04-13: Al ingreso de personal y durante toda la etapa. F04-14: Durante cada jornada; recolección al cierre y antes de saturación. F04-15: En cada rescate o liberación; integración semanal. Responsable: Residente de obra; especialista en fauna; transportista y encargado de logística; responsable ambiental; encargado de residuos. Verificación: F04-11: Plano de secuencia y continuidad de rutas hacia áreas conservadas. F04-12: Registro de incidencias y recorridos; detención de maniobras cuando sea segura. F04-13: Inducción, inspecciones y atención de infracciones; ausencia de actividades prohibidas. F04-14: Recipientes cerrados, limpieza del frente y registro de retiro de orgánicos. F04-15: Fichas completas y trazabilidad de ejemplares, manejo y sitio receptor.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 019 Preparación del sitio		
BE-4 BE-5 BE-7	Negativos ligeros (-A) Abundancia movilidad y hábitat de fauna. Fuente Limpieza desmonte despalme; apertura de frentes; retiro de refugios y tránsito.	F04-16. Seguimiento y control. La supervisión ambiental verificará la aplicación conjunta de recorridos, ahuyentamiento, rescate, conservación de refugios y mantenimiento de espacios de desplazamiento durante el trazo de áreas, limpieza, desmontes y nivelación; y se repetirá cuando éste haya permanecido inactivo durante un periodo que pueda favorecer nueva ocupación por fauna, así como ante hallazgos que requieran atención específica. Control complementario. Seguimiento y control; Mitigación. Seguimiento y respuesta correctiva. Especialista en fauna y supervisor. Revisar antes de intervenir y repetir si el frente permaneció inactivo; registrar hallazgos, rescates, liberación e incidentes.
Justificación: La supervisión integrada de fauna, refugios y pasos permite atender hallazgos antes de intervenir o reactivar un frente. La compatibilidad de receptores, los pasos libres y la ausencia de caza deben comprobarse; nidos y ejemplares lesionados requieren atención previa a la liberación del punto. Frecuencia: F04-16: Diaria en frentes activos y ante hallazgos. Control complementario: Antes de intervenir y al reactivar frentes; ante hallazgos. Responsable: responsable ambiental; especialista en fauna. Verificación: F04-16: Lista integrada de fauna, refugios y pasos; cierre documentado de incidencias. Control complementario: Registros de hallazgo, rescate y liberación; puntos sensibles atendidos antes de avanzar.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 020 Construcción		
FQ-1 FQ-2 FQ-13	Negativos ligeros (-A) Suelo escurrimientos infiltración y continuidad del agua. Fuente Obras provisionales; terracerías; cimentación pilas y pilotes; plataformas y redes.	F06-01. Prevención. Las obras provisionales, áreas de acopio y espacios de apoyo se habilitarán únicamente dentro de las superficies previstas para este fin, evitando depresiones naturales, zonas de concentración temporal de agua, trayectorias de escurrimiento y áreas de conservación-rehabilitación. F06-02. Prevención; Mitigación. Las excavaciones, nivelaciones y movimientos de materiales se efectuarán por frentes, procurando que la superficie con suelo suelto o expuesto corresponda al avance efectivo de las obras. F06-03. Prevención; Mitigación. El material producto de excavaciones que resulte apto para reutilización podrá incorporarse en las propias obras conforme a sus requerimientos técnicos; el material que permanezca temporalmente en el frente se manejará sin ocupar depresiones, escurrimientos o vegetación conservada. F06-04. Prevención. La ejecución de cimentaciones, pilas y pilotes se limitará a los puntos y superficies previstos por el diseño, evitando ampliar plataformas de trabajo o rellenar los espacios circundantes cuando dicha ocupación no resulte necesaria. Cada apoyo contará con liberación topográfica, botánica, geotécnica y estructural según su condición. El método de perforación, hincado o anclaje se justificará con el estudio del karst y la memoria de cargas.
Justificación: Ubicar las instalaciones temporales, limitar terracerías y controlar materiales reduce compactación, erosión y cambios del microrelieve. Mantener apoyos puntuales evita transformar las estructuras elevadas en ocupaciones continuas que amplíen la huella o interfieran con el agua. Frecuencia: F06-01: Antes de instalar cada área provisional y ante reubicaciones. F06-02: Al programar frentes y durante los movimientos de tierra. F06-03: En cada excavación, acopio y reutilización. F06-04: Antes y durante la ejecución de cada pila o pilote. Responsable: Residente de obra; topografía; especialista en hidrología e hidrogeología; responsable estructural. Verificación: F06-01: Plano y acta de localización; exclusión de depresiones, conservación y rutas de agua. F06-02: Superficie expuesta comparada con avance real; estabilización de sectores inactivos. F06-03: Registro de procedencia y destino; aptitud técnica y ausencia de obstrucción hidráulica. F06-04: Ficha por apoyo con ubicación, cota, método, profundidad, estratos, revisión de raíces y aprobación de diseño; correspondencia con el expediente CU-16.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 021 Construcción		
FQ-1 FQ-2 FQ-13	Negativos ligeros (-A) Suelo escurrimientos infiltración y continuidad del agua. Fuente Obras provisionales; terracerías; cimentación pilas y pilotes; plataformas y redes.	F06-05. Prevención; Mitigación. Los materiales extraídos durante perforaciones, cimentaciones o colocación de apoyos se recuperarán dentro del frente y no se dispersarán sobre vegetación hidrófila ni en zonas bajas, áreas de conservación, rehabilitación, depresiones naturales o sectores próximos al flujo superficial. Ante cavidades inesperadas, pérdida súbita de fluido o comunicación con agua, se suspenderá la actividad y se evaluará con los especialistas geotécnico e hidrogeológico. No se rellenarán cavidades ni se inyectarán materiales indiscriminadamente para continuar la obra. F06-06. Prevención. Bajo plataformas, pasarelas, circulaciones y demás estructuras elevadas no se colocarán rellenos, escombros, residuos o materiales con la finalidad de acondicionar innecesariamente el terreno situado bajo su proyección. Tampoco se convertirán los espacios destinados al paso del agua y de fauna en bodegas, cuartos cerrados o patios de almacenamiento durante la operación. F06-07. Prevención; Mitigación. Cuando el acceso constructivo a un punto de cimentación o apoyo requiera cruzar una trayectoria de escurrimiento, la solución a utilizar pasos hidráulicos.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 021 Construcción		
		F06-08. Rehabilitación-restauración. Las excavaciones y áreas temporales que dejen de utilizarse se estabilizarán o cerrarán conforme concluya su función, evitando mantener depresiones, montículos o materiales sueltos que no formen parte de la configuración definitiva. F06-09. Corrección. Las superficies de las obras temporales destinadas a recuperar permeabilidad se rehabilitarán al concluir su uso: deberán retirar materiales y bases artificiales cuando proceda, descompactación compatible con raíces, restitución de suelo orgánico y revegetación nativa. Se levantará un polígono por sitio y se mantendrá seguimiento hasta comprobar estabilidad y establecimiento.
Justificación: Contener los materiales de perforación y mantener libres los espacios bajo estructuras y accesos evita obstrucciones, depósito sobre vegetación y alteraciones del drenaje. El retiro de elementos temporales y la rehabilitación recuperan parcialmente las funciones del suelo afectadas por la construcción. Frecuencia: F06-05: En cada perforación o excavación y al cierre de jornada. F06-06: Durante toda la construcción y en la entrega de estructuras. F06-07: Antes de cada cruce temporal, tras lluvia y al retirarlo. F06-08: Al concluir la función de cada excavación o área temporal. F06-09: Al retirar instalaciones temporales; revisar tras la primera lluvia posterior. Responsable: Residente de obra; encargado de residuos; especialista en hidrología e hidrogeología; especialista en flora. Verificación: F06-05: Registro de recuperación y destino; frente y vegetación sin material disperso. F06-06: Recorridos bajo plataformas; ausencia de rellenos y residuos que amplíen la huella. F06-07: Croquis de solución y prueba u observación de paso del agua sin represamiento. F06-08: Acta de cierre, fotografías y estabilidad del terreno según configuración final. F06-09: Superficie rehabilitada y registro del método; condición de suelo e infiltración recuperada.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 022 Construcción		
FQ-1 FQ-2 FQ-13	Negativos ligeros (-A) Suelo escurrimientos infiltración y continuidad del agua. Fuente Obras provisionales; terracerías; cimentación pilas y pilotes; plataformas y redes.	F06-10. Seguimiento y control. La supervisión ambiental verificará especialmente los sectores próximos a las depresiones de M3 y M4, las trayectorias naturales de escurrimiento y las zonas bajas hacia el oriente, procurando que no se generen rellenos, acumulaciones de materiales u obstáculos no previstos que modifiquen innecesariamente la distribución local del agua. Control complementario. Seguimiento y control; Mitigación. Seguimiento y respuesta correctiva. Residente y especialista hidrológico. Verificar apoyos, maniobras y paso de agua en cada frente y tras lluvia relevante; retirar instalaciones temporales al concluir su función.
Justificación: Las depresiones naturales, zonas bajas y trayectorias de escurrimientos son sensibles a cambios del microrelieve. La inspección, los planos de obra ejecutada y los registros de rehabilitación permiten detectar y corregir compactación, erosión u obstrucciones que modifiquen la distribución del agua. Frecuencia: F06-10: Diaria en frentes sensibles y después de lluvias con escurrimiento. Control complementario: Durante cada frente, tras lluvia relevante y al retirar instalaciones temporales. Responsable: responsable ambiental; especialista en hidrología e hidrogeología; residente de obra. Verificación: F06-10: Recorridos georreferenciados en M3 y M4; incidencias hidráulicas corregidas. Control complementario: Planos conforme a obra y superficies rehabilitadas; apoyos y paso del agua verificados.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 023 Construcción		
FQ-3 FQ-10	Negativos ligeros (-A) Riesgos de contaminación de suelo y agua. Fuente Sustancias residuos y sanitarios; mezclado y colado; redes hidráulicas y sanitarias; perforación y pruebas de pozos.	F07-01. Prevención. Las áreas provisionales destinadas al manejo de insumos, sustancias y residuos se establecerán fuera de las superficies de conservación-rehabilitación, zonas bajas, depresiones y trayectorias naturales de escurrimiento. F07-02. Prevención. Los combustibles, lubricantes, pinturas, solventes, adhesivos, impermeabilizantes y demás productos líquidos se conservarán en recipientes compatibles, cerrados e identificados, protegidos de la lluvia y con medios de contención cuando exista riesgo de derrame. Se mantendrán inventario y hojas de seguridad y se segregará por compatibilidad. La capacidad y características de la contención secundaria se definirán en función del volumen almacenado, las propiedades de las sustancias, las condiciones del sitio y los requerimientos técnicos o normativos aplicables, evitando el contacto directo con el suelo y el arrastre por agua de lluvia F07-03. Prevención. El abastecimiento de combustible y mantenimiento de maquinaria se realizará en talleres y estaciones autorizadas para los fines requeridos. Cuando alguna maniobra menor por emergencia deba efectuarse dentro del frente, se utilizarán elementos de protección y contención que eviten el contacto de fluidos con el terreno. F07-04. Prevención. Los frentes donde se manejen sustancias con riesgo de derrame dispondrán de materiales adecuados para su contención y recuperación en cantidad y ubicación acordes con las sustancias utilizadas y el tipo de actividad desarrollada. F07-05. Mitigación; Corrección. Cuando ocurra un derrame se interrumpirá la fuente, se contendrá y recuperará el producto y se retirará el material absorbente o suelo afectado para su manejo conforme a las características del residuo. El sitio será revisado antes de reanudar la actividad que originó el evento y se documentarán las acciones realizadas.
Justificación: El almacenamiento y manejo controlado de sustancias fuera de zonas sensibles y mediante superficies protegidas reduce su contacto con suelo y agua. Contener y recuperar de inmediato fugas o derrames limita el área afectada y su transporte por infiltración o escurrimiento. Frecuencia: F07-01: Antes de habilitar almacenes y cuando se reubiquen. F07-02: Al recibir insumos y diariamente durante el almacenamiento. F07-03: En cada abastecimiento o atención de emergencia. F07-04: Antes de usar sustancias; revisión diaria y reposición tras uso. F07-05: Inmediata ante cada derrame y hasta comprobar su atención. Responsable: Residente de obra; encargado de residuos; especialista en hidrología e hidrogeología; responsable de mantenimiento; responsable ambiental. Verificación: F07-01: Plano de instalaciones y fotografías; exclusión de conservación y rutas de agua. F07-02: Inventario, hojas de seguridad, compatibilidad y cálculo de capacidad útil; recipientes rotulados y contención íntegra sin conexión al pluvial limpio. F07-03: Comprobantes de servicio o registro de emergencia; protección y recuperación de fluidos. F07-04: Inventario y localización de equipos para derrames; materiales disponibles y aptos. F07-05: Parte de incidente, producto recuperado y destino de residuos; verificación del área afectada.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 024 Construcción		
FQ-3 FQ-10	Negativos ligeros (-A) Riesgos de contaminación de suelo y agua. Fuente Sustancias residuos y	F07-06. Prevención. No se descargarán sobre suelo natural sobrantes de concreto, mortero, lechadas, pinturas, solventes, adhesivos, impermeabilizantes ni aguas provenientes del lavado de herramientas o equipos. F07-07. Prevención; Mitigación. Cuando se requiera lavar herramientas o equipos utilizados con concreto o mortero, el agua y los sólidos generados se contendrán en un sitio acondicionado para su recuperación y manejo. Se usarán recipientes, tinas

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 024 Construcción		
	sanitarios; mezclado y colado; redes hidráulicas y sanitarias; perforación y pruebas de pozos.	o superficies estancas con recuperación. Los materiales y líquidos resultantes se manejarán de acuerdo con sus características y no se descargarán a la red pluvial, pozos o PTAR salvo que para esta última exista compatibilidad técnica demostrada con el proceso de tratamiento y resulte procedente conforme a las condiciones aplicables. F07-08. Prevención; Mitigación. Los residuos sólidos urbanos, residuos de construcción y aquellos que por sus características requieran manejo diferenciado se separarán y mantendrán en recipientes o áreas apropiadas hasta su retiro de manera diferenciada conforme al programa propuesto de manejo de residuos. No se permitirá su entierro, quema o abandono dentro del predio. Cada retiro tendrá categoría, cantidad, unidad, fecha, transportista y destino comprobados. Se conciliará mensualmente lo generado, almacenado y entregado, manteniendo separados cascajo limpio, envases de químicos y material contaminado. F07-09. Prevención. Las instalaciones sanitarias temporales deberán contar con mantenimiento y retiro mediante el servicio correspondiente por la empresa autorizada; no se permitirá la descarga de aguas sanitarias directamente al suelo, escurrimientos, zonas inundables o cuerpos de agua. Los sanitarios estancos estarán disponibles desde el ingreso del personal de preparación y se dimensionarán al uso real y al intervalo de retiro. Se comprobará la recepción en una instalación habilitada, además de la extracción. F07-10. Prevención; Seguimiento y control. Las zanjas y los elementos de las redes hidráulicas y sanitarias se ejecutarán por las trayectorias previstas. Antes de cubrir tuberías, cableados y conexiones o ponerlos en servicio, se comprobarán su instalación e integridad para corregir oportunamente las fallas.
Justificación: La contención de mezclas y aguas de lavado, la segregación de residuos y el saneamiento evitan aportes de sustancias, nutrientes y microorganismos al suelo y al agua. Comprobar la hermeticidad antes de enterrar redes reduce pérdidas difíciles de detectar posteriormente. Frecuencia: F07-06: Durante cada colado, aplicación de productos y lavado. F07-07: En cada lavado; retiro antes de perder capacidad de contención. F07-08: Separación continua; inspección diaria y retiro según capacidad. F07-09: Inspección diaria; servicio según uso y antes de saturación. F07-10: Antes de cubrir cada tramo y antes de su puesta en servicio. Responsable: Residente de obra; encargado de residuos; responsable ambiental, especialistas y responsables técnicos de las redes correspondientes. Verificación: F07-06: Inspección del frente; ausencia de vertidos y evidencias de contención de sobrantes. F07-07: Registro de volúmenes o recipientes y destino; área impermeable sin fugas. F07-08: Bitácora por tipo de residuo y comprobantes de entrega; sin quema, entierro ni abandono. F07-09: Contrato y comprobantes de servicio; sanitarios íntegros y sin descargas al terreno. F07-10: Actas de inspección y pruebas de integridad; conexiones y trazos conforme al diseño.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 025 Construcción		
FQ-3 FQ-10	Negativos ligeros (-A) Riesgos de contaminación de suelo y agua. Fuente Sustancias residuos y sanitarios; mezclado y colado; redes hidráulicas y	F07-11. Prevención. No se utilizarán tuberías o registros sanitarios en construcción para recibir residuos, concreto, pinturas, solventes, aceites o aguas de lavado. F07-12. Prevención. La perforación y construcción de los pozos previstos para el proyecto se realizará únicamente en las ubicaciones y con las características técnicas que correspondan al diseño definitivo y a las autorizaciones aplicables. Esto comprenderá el pozo de aprovechamiento de agua salobre (-25 m), el pozo destinado exclusivamente al manejo del rechazo (-60 m) de la POI y la infraestructura de inyección (-100) destinada exclusivamente al excedente tratado de la PTAR, manteniéndose estos sistemas independientes entre sí. Se registrarán litología,

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 025 Construcción		
	sanitarias; perforación y pruebas de pozos.	niveles, salinidad por profundidad y pruebas de integridad y capacidad; no se extrapolarán sondeos someros a receptores profundos ni se deducirá confinamiento sólo de la profundidad. F07-13. Prevención. Antes de iniciar cada perforación se verificará que el área inmediata se encuentre libre de residuos, combustibles, lubricantes, aguas sanitarias, materiales de construcción y otras sustancias capaces de incorporarse accidentalmente al sondeo. Los equipos, insumos y materiales de perforación se concentrarán dentro del frente estrictamente necesario.
Justificación: Las redes y pozos deben conservar la función y corriente para las que se diseñan. Evitar residuos en conducciones, separar captación y disposición y controlar sustancias alrededor de sondeos reduce obstrucciones, conexiones cruzadas e ingreso directo de contaminantes al subsuelo. Frecuencia: F07-11: Durante toda la instalación de redes; revisión al cierre diario. F07-12: Antes de perforar cada pozo y durante su construcción. F07-13: Antes de cada perforación y al inicio de cada jornada. Responsable: Residente de obra; especialista en hidrología e hidrogeología. Verificación: F07-11: Registros protegidos y revisión de limpieza; ausencia de residuos ajenos en redes. F07-12: Expediente de diseño y autorizaciones; planos y registro constructivo de cada sistema. F07-13: Lista preoperativa y fotografías; perímetro inmediato libre de contaminantes.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 026 Construcción		
FQ-3 FQ-10	Negativos ligeros (-A) Riesgos de contaminación de suelo y agua. Fuente Sustancias residuos y sanitarios; mezclado y colado; redes hidráulicas y sanitarias; perforación y pruebas de pozos.	F07-14. Prevención; Mitigación. Los recortes, lodos, agua con sólidos y demás materiales generados durante la perforación, desarrollo, limpieza o acondicionamiento de los pozos se recuperarán y contendrán dentro de áreas destinadas para su manejo. No se descargarán libremente sobre suelo natural, vegetación hidrófila, depresiones, trayectorias de escurrimiento, áreas de conservación ni hacia la Laguna de Bacalar. F07-15. Prevención; Mitigación. El agua que se genere durante el desarrollo, limpieza o pruebas de los pozos se mantendrá separada de las corrientes pluviales y sanitarias y se manejará conforme a sus características y al procedimiento técnico correspondiente, evitando su vertimiento directo y no controlado sobre el terreno o hacia cuerpos de agua. F07-16. Prevención. Las bocas de los pozos permanecerán protegidas contra el ingreso de residuos, materiales, fauna, escurrimientos superficiales o sustancias mientras se encuentren fuera de operación constructiva. Una vez concluidos los trabajos correspondientes, se colocarán los elementos de protección, aislamiento y terminación previstos en el diseño técnico antes de su puesta en servicio. F07-17. Prevención. Durante la construcción de los pozos se evitará utilizar el sondeo como sitio de disposición de aguas de lavado, aguas sanitarias, sobrantes de concreto, combustibles, residuos, productos químicos o cualquier corriente ajena al procedimiento de perforación y acondicionamiento correspondiente. F07-18. Prevención; Seguimiento y control. Las conducciones asociadas con la captación de agua salobre, el rechazo de la POI, el agua residual sanitaria, el agua residual tratada y el excedente tratado destinado a disposición subterránea permanecerán físicamente diferenciadas e identificables. Antes de su puesta en servicio se verificará su continuidad y correspondencia con el destino previsto, aplicando las pruebas de integridad o funcionamiento que correspondan al tipo de conducción.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 026 Construcción		
Justificación: Los recortes, lodos y aguas de perforación o pruebas pueden contener sólidos y salinidad distintos a los del receptor superficial. Su caracterización y contención evitan azolvamiento, alteración del sustrato y reincorporación no controlada a escurrimientos o al subsuelo. La protección de bocas y la correcta terminación de pozos reducen el ingreso superficial de contaminantes y comunicaciones no previstas. La identificación y prueba de líneas antes del servicio permite detectar fugas y evitar el envío de corrientes a infraestructuras incompatibles. Frecuencia: F07-14: Durante perforación, desarrollo y limpieza; revisión por jornada. F07-15: Durante cada desarrollo, limpieza y prueba de pozo. F07-16: Al interrumpir perforaciones y al terminar cada pozo. F07-17: Durante toda la perforación y acondicionamiento. F07-18: Antes de cubrir redes, en pruebas y después de modificaciones. Responsable: Residente de obra; especialista en hidrología e hidrogeología; encargado de residuos. Verificación: F07-14: Registro de recortes, lodos y agua; contención y destino sin descarga libre. F07-15: Caracterización pertinente, volúmenes y destino; segregación de redes pluvial y sanitaria. F07-16: Registro de protección, sellos y terminación; abertura protegida antes de retirar personal. F07-17: Bitácora de materiales utilizados y recorridos; sin introducción de corrientes ajenas. F07-18: Plano de redes, identificación y prueba de estanqueidad; destinos sin conexiones cruzadas.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 027 Construcción		
FQ-3 FQ-10	Negativos ligeros (-A) Riesgos de contaminación de suelo y agua. Fuente Sustancias residuos y sanitarios; mezclado y colado; redes hidráulicas y sanitarias; perforación y pruebas de pozos.	F07-19. Prevención. Los elementos de manejo de agua pluvial se mantendrán independientes de las redes sanitarias y de las conducciones asociadas con la POI y la PTAR. Las bajantes de cubiertas y azoteas dirigirán el agua hacia suelo natural, áreas jardinadas o superficies permeables previstas para favorecer la infiltración distribuida, sin generar conducciones directas o descargas concentradas hacia la Laguna de Bacalar. F07-20. Mitigación. Los puntos de entrega de las bajantes y demás elementos de manejo pluvial podrán incorporar, según las condiciones del sitio, rejillas, cajas de registro, disipadores de energía, material filtrante, lechos de grava, franjas vegetadas u otros elementos de función equivalente para retener hojas, arenas y sólidos y evitar erosión o concentración del flujo. F07-21. Prevención; Mitigación. En los estacionamientos y superficies donde puedan generarse escurrimientos con sedimentos, grasas o aceites, se mantendrán condiciones de limpieza que reduzcan su incorporación al escurrimiento pluvial. Los elementos pluviales previstos incorporarán los dispositivos de retención correspondientes antes de que el agua alcance las superficies de infiltración. Durante la construcción los elementos pluviales ya instalados se mantendrán protegidos para evitar que reciban concreto, pinturas, residuos o aguas de lavado. F07-22. Seguimiento y control. La supervisión ambiental verificará las áreas provisionales, sitios de almacenamiento y frentes donde se utilicen sustancias, priorizando la corrección inmediata de fugas, derrames, recipientes deteriorados o residuos dispersos.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 027 Construcción		
Justificación: La separación de redes y la entrega distribuida de lluvia favorecen la infiltración conforme al terreno. Retener sólidos antes de la descarga reduce erosión y azolvamiento sin convertir los dispositivos en barreras al escurrimiento natural. Los escurrimientos de estacionamientos pueden transportar sólidos e hidrocarburos. Su control previo y la detección de sustancias en obra reducen el traslado de contaminantes hacia superficies permeables, suelo y agua subterránea. Frecuencia: F07-19: En diseño, montaje y recepción de cada tramo pluvial. F07-20: Al habilitar cada salida y después de lluvias con arrastre. F07-21: En instalación de dispositivos y diariamente durante trabajos próximos. F07-22: Diaria en almacenes y frentes con sustancias; ante cualquier fuga, derrames o condición anormal detectada. Responsable: Especialista en hidrología e hidrogeología; residente de obra, residente de obra; especialistas; responsable ambiental; encargado de residuos. Verificación: F07-19: Planos y prueba de trayectoria; descarga distribuida independiente de PTAR y POI. F07-20: Inventario de dispositivos y observación de flujo; retención sin erosión ni obstrucción. F07-21: Dispositivos protegidos e íntegros; ausencia de concreto, químicos y aguas de lavado. F07-22: Lista de inspección y cierre de fugas, envases dañados o residuos dispersos.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 028 Construcción		
FQ-3 FQ-10	Negativos ligeros (-A) Riesgos de contaminación de suelo y agua. Fuente Sustancias residuos y sanitarios; mezclado y colado; redes hidráulicas y sanitarias; perforación y pruebas de pozos.	F07-23. Seguimiento y control. Seguimiento y verificación: Antes de iniciar las perforaciones se verificará la ubicación y condición del frente; durante su ejecución se revisará el manejo de recortes, lodos y aguas generadas; antes de cubrir redes se comprobará su correcta conexión y ausencia de fugas; y antes de poner en servicio los pozos y conducciones se verificará que cada corriente se encuentre vinculada exclusivamente con la infraestructura que le corresponda. La evidencia podrá integrarse mediante bitácora ambiental, registro fotográfico, planos de obra ejecutada, resultados de pruebas de las redes y registros de manejo o retiro de materiales cuando correspondan. La aceptación de los pozos incluirá el sustento de la aptitud del receptor y la evaluación de comunicación indeseable entre captaciones, disposición. No se habilitará captación o inyección sin expediente técnico, monitoreo y condiciones administrativas correspondientes. F07-24. Mitigación; Corrección. Cuando se detecte ingreso de materiales a un pozo, fuga o conexión errónea, descarga no controlada de agua de perforación, dispersión de lodos o afectación de una trayectoria de escurrimiento, se suspenderá la actividad relacionada en el punto afectado, se contendrá o retirará la fuente y se verificará la corrección antes de reanudar los trabajos. Cuando exista posibilidad de afectación al subsuelo o al agua, la respuesta y las condiciones para continuar se determinarán de acuerdo con las características y alcance del evento y con la infraestructura involucrada.
Justificación: Verificar redes y pozos en los momentos críticos permite corregir desviaciones antes de enterrarlos o ponerlos en servicio. La suspensión ante fugas o conexiones erróneas evita que una falla constructiva quede oculta o se convierta en una vía permanente de contaminación. Frecuencia: F07-23: Antes de perforar, durante ejecución, antes de cubrir y al poner en servicio. F07-24: Inmediata ante desviación; comprobar corrección antes de reanudar. Responsable: Especialista en hidrología e hidrogeología; residente de obra; responsable ambiental. Verificación: F07-23: Actas por punto de control; diseño, pruebas, segregación y destinos documentados. F07-24: Reporte de suspensión, contención y evaluación del alcance; liberación técnica del punto.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 029 Construcción		
FQ-3 FQ-10	Negativos ligeros (-A) Riesgos de contaminación de suelo y agua. Fuente Sustancias residuos y sanitarios; mezclado y colado; redes hidráulicas y sanitarias; perforación y pruebas de pozos.	Seguimiento y control; Mitigación. Seguimiento y respuesta correctiva. Residente, contratista de pozos y supervisor. Inspección durante manejo de sustancias y perforación; pruebas antes de cubrir redes o ponerlas en servicio.
Justificación: Los comprobantes de residuos y saneamiento, el control de recortes y aguas de pruebas y las pruebas de integridad permiten acreditar el manejo de las fuentes contaminantes. Las fugas y conexiones erróneas requieren suspensión y corrección antes de continuar. Frecuencia: Diaria en frentes; pruebas antes de cubrir redes y poner pozos en servicio. Responsable: Residente de obra; especialista en hidrología e hidrogeología; responsable ambiental. Verificación: Actas de pruebas, residuos y saneamiento; integridad y destinos comprobados.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 030 Construcción		
FQ-4 FQ-5	Negativos ligeros (-A) Emisiones atmosféricas y ruido. Fuente Transporte terracerías perforación hincado corte montaje y equipos de obra.	F08-01. Prevención. El ingreso, traslado y descarga de materiales se organizarán procurando utilizar los accesos y rutas internas previstos y evitando recorridos repetitivos fuera de los frentes que los requieran. F08-02. Mitigación. En los procesos de construcción de terracerías se conservarán los controles de polvo establecidos desde la Preparación del sitio, reforzándolos cuando coincidan periodos secos, tránsito continuo y movimiento de materiales finos. F08-03. Mitigación. Cuando durante la colocación de losas o plataformas se realicen cortes, perforaciones u otras actividades que generen polvo visible, podrán aplicarse controles localizados de humectación, captura o limpieza, según el procedimiento constructivo utilizado. F08-04. Mitigación. La ejecución de cimentaciones, perforación, colocación o hincado de pilas y pilotes se organizará por frentes, procurando evitar la operación simultánea innecesaria de varias fuentes de alto nivel sonoro en sectores próximos entre sí. Cuando la técnica pueda transmitir vibraciones a estructuras, raíces o terreno sensible, un especialista definirá puntos, variables y umbrales por receptor y efectuará mediciones durante la actividad crítica. Se modificará el método o se suspenderá el frente ante desviación; los umbrales de vibración se mantendrán separados de los de ruido.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 030 Construcción		
Justificación: Reducir trayectos, controlar polvo en su fuente y programar cimentaciones y perforaciones disminuye emisiones y picos de ruido. La humectación y las cubiertas se ajustan a la condición del frente para evitar dispersión, desperdicio de agua y afectación de áreas conservadas. Frecuencia: F08-01: En la programación diaria y en cada traslado o descarga. F08-02: Durante terracerías con polvo; reforzar en periodos secos. F08-03: Durante cada corte o perforación que genere polvo. F08-04: Antes de seleccionar la técnica y durante perforación, hincado o trabajos críticos; revisión ante quejas o daños. Responsable: Residente de obra; transportista y encargado de logística; especialista geotécnico o estructural; responsable ambiental. Verificación: F08-01: Rutas registradas y recorridos; sin tránsito adicional fuera de accesos previstos. F08-02: Bitácora de humectación y cubiertas; control de polvo sin escurrimiento. F08-03: Inspección de captura o humectación localizada; dispersión controlada en la fuente. F08-04: Protocolo de vibración, registros por actividad y receptor, umbrales justificados y comprobación de la corrección antes del reinicio.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 031 Construcción		
FQ-4 FQ-5	Negativos ligeros (-A) Emisiones atmosféricas y ruido. Fuente Transporte terracerías perforación hincado corte montaje y equipos de obra.	F08-05. Prevención; Mitigación. Cuando un equipo presente vibración, golpeteo, humo o ruido claramente anormal respecto de su funcionamiento regular, será revisado antes de continuar su operación habitual. F08-06. Prevención. El ingreso y montaje de equipo y mobiliario se realizará utilizando las rutas previstas y evitando mantener vehículos de transporte con motores encendidos durante esperas prolongadas cuando ello no sea necesario. F08-07. Prevención. El uso de bocinas, alarmas y señales acústicas se limitará a necesidades de seguridad y operación. F08-08. Mitigación. Cuando resulte operativamente viable, las actividades de mayor intensidad sonora se desarrollarán preferentemente en horario diurno, especialmente en frentes colindantes con vegetación conservada. F08-09. Seguimiento y control. La supervisión ambiental verificará polvo visible, emisiones anormales y coincidencia evitable de fuentes intensas de ruido y solicitará los ajustes de operación, mantenimiento, secuencia o ubicación correspondientes.
Justificación: El mantenimiento de equipos, el control del transporte y la eliminación de señales innecesarias reducen emisiones y ruido evitables. Programar actividades diurnas y verificar conjuntamente las fuentes mecánicas limita la perturbación de fauna y permite detectar fallas. Frecuencia: F08-05: Antes del uso diario y ante anomalías. o conforme al mantenimiento aplicable a cada equipo. **F08-06:** En cada ingreso o montaje y durante esperas. **F08-07:** Durante toda la jornada y ante usos innecesarios. **F08-08:** Al programar cada actividad de alta emisión sonora. **F08-09:** Diaria en frentes activos y ante reportes o anomalías relacionadas con polvo, emisiones o ruido. Responsable: Responsable de mantenimiento; residente de obra; transportista y encargado de logística; responsable ambiental. Verificación: F08-05: Orden de revisión, reparación y prueba; equipo liberado antes de continuar. F08-06: Registro de entrega y recorrido; rutas respetadas y motores apagados cuando proceda. F08-07: Observación y registro de correcciones; señales limitadas a seguridad u operación. F08-08: Bitácora de horario y justificación técnica de excepciones. F08-09: Registro de polvo, emisiones y ruido; ajustes aplicados y comprobación de eficacia.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 032 Construcción		
FQ-4 FQ-5	Negativos ligeros (-A) Emisiones atmosféricas y ruido. Fuente Transporte terracerías perforación hincado corte montaje y equipos de obra.	Seguimiento y control; Mitigación. Seguimiento y respuesta correctiva. Contratista y supervisor. Aplicar revisión por jornada y mantenimiento por equipo; documentar medidas de corte, perforación, transporte y montaje.
Justificación: La comprobación en receptores y la atención de incidencias permiten evaluar el control ambiental del ruido y las emisiones. La protección auditiva laboral cumple una función distinta y no sustituye las medidas ambientales dirigidas a reducir la exposición del entorno. Frecuencia: Por jornada y ante fallas; mantenimiento según equipo. Responsable: Residente de obra; responsable de mantenimiento; responsable ambiental. Verificación: Listas de emisiones y ruido, órdenes de mantenimiento y revisión de eficacia en receptores.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 033 Construcción		
FQ-6	Negativo ligero (-A) Demanda temporal de agua. Fuente Conformación de obras losas albañilería acabados redes y establecimiento de vegetación.	F09-01. Prevención. El suministro de agua para construcción se realizará mediante camiones-pipa, conforme al esquema previsto para esta etapa y a los requerimientos efectivos de los frentes activos. Cada entrega acreditará fuente, volumen y proveedor habilitado. No se recurrirá a extracción informal de la laguna o captaciones ajenas al título aplicable; los consumos se registrarán por frente y se consolidarán mensualmente. F09-02. Prevención. El requerimiento de agua se ajustará a la secuencia de ocupación de las superficies previstas para el establecimiento de las obras, la construcción y montaje de losas, plataformas, muros, trabajos de albañilería y el acabado de obras y sus instalaciones de servicio, equipo y mobiliario, evitando abastecimientos innecesarios cuando dichas actividades no se encuentren activas. F09-03. Prevención; Mitigación. Los depósitos, mangueras y conexiones temporales utilizados para almacenamiento y distribución dentro de la obra se mantendrán en condiciones que eviten pérdidas evidentes durante el suministro.
Justificación: Relacionar suministro y demanda efectiva evita consumos sin utilidad constructiva. Comprobar la procedencia del agua y corregir fugas permite reducir desperdicios y encharcamientos sin asumir que el ahorro demuestra por sí mismo la sostenibilidad de la fuente. Frecuencia: F09-01: En cada suministro de agua a la obra. F09-02: En la programación semanal y al cambiar la demanda de obra. F09-03: Antes de cada suministro y diariamente durante el uso. Responsable: Residente de obra; transportista y encargado de logística; responsable de mantenimiento. Verificación: F09-01: Comprobantes de procedencia y volumen entregado; correspondencia con frentes activos. F09-02: Estimación por actividad y volumen recibido; ajustes documentados del suministro. F09-03: Revisión de depósitos y conexiones; fugas reparadas y ausencia de encharcamiento.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 034 Construcción		
FQ-6	Negativo ligero (-A) Demanda temporal de agua. Fuente Conformación de obras losas albañilería acabados redes y establecimiento de vegetación.	F09-04. Mitigación. El agua empleada para control de polvo se aplicará únicamente en la cantidad necesaria para humectar la superficie, evitando saturación y escurrimiento fuera del frente. F09-05. Prevención. En trabajos de concreto, mortero, acabados y limpieza, el agua se utilizará conforme a las necesidades del procedimiento, evitando el uso continuo cuando no se encuentre desarrollándose la actividad correspondiente. F09-06. Prevención. Para las pruebas de redes e instalaciones, se procurará que el volumen utilizado corresponda al tramo o equipo que efectivamente requiera verificación y que las fugas detectadas sean corregidas antes de repetir las pruebas. F09-07. Prevención; Mitigación. Durante el establecimiento inicial del paisajismo, el riego se aplicará de acuerdo con las necesidades de establecimiento de la vegetación y condiciones del sitio, evitando riego sobre superficies que no lo requieran. F09-08. Prevención. Cuando para una actividad exista una alternativa de agua cuya calidad sea técnicamente compatible con el uso requerido y su utilización resulte viable conforme a las disposiciones aplicables, podrá priorizarse ésta sobre agua de mayor calidad. El reúso de agua de pruebas o de efluente durante obra requerirá calidad verificada para el destino, redes identificadas y registro de volumen; se mantendrán segregadas lechadas, hidrocarburos y soluciones químicas.
Justificación: Ajustar agua a humectación, servicios, pruebas y establecimiento de vegetación evita aplicaciones excesivas y repeticiones por fallas. La sustitución de fuentes sólo procede con calidad compatible y disponibilidad confirmada para el uso previsto. Frecuencia: F09-04: En cada humectación para control de polvo. F09-05: Durante cada preparación, curado, acabado o limpieza. F09-06: En cada prueba de red y antes de repetirla. F09-07: Antes de cada riego durante el establecimiento del paisajismo. F09-08: Antes de adoptar una fuente alternativa y cuando cambie su calidad. Responsable: Residente de obra; especialistas en hidrología e hidrogeología; especialista en flora; responsable de mantenimiento; responsable ambiental. Verificación: F09-04: Registro de aplicación y observación del suelo; sin saturación ni escurrimiento. F09-05: Inspección de consumo; cierre de suministro al concluir cada actividad. F09-06: Protocolo con volumen y tramo; fugas corregidas antes de nueva prueba. F09-07: Registro de humedad, lluvia y riego; vegetación atendida sin saturación. F09-08: Comprobación de procedencia y calidad compatible con el uso específico.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 035 Construcción		
FQ-6	Negativo ligero (-A) Demanda temporal de agua. Fuente Conformación de obras losas albañilería acabados redes y establecimiento de vegetación.	F09-09. Seguimiento y control. La supervisión de obra verificará pérdidas visibles, usos continuos sin actividad asociada y prácticas de consumo susceptibles de corrección. Control complementario. Seguimiento y control; Mitigación. Seguimiento y respuesta correctiva. Residente y responsable de abastecimiento. Registrar cada entrega de agua, procedencia, volumen y destino; revisar depósitos y conexiones durante uso.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 035 Construcción		
Justificación: El registro del suministro y del consumo por actividad permite detectar pérdidas y usos ineficientes. Las fugas se corrigen antes de repetir pruebas o aumentar el abastecimiento; las metas volumétricas requieren sustento en las necesidades reales del proyecto. Frecuencia: F09-09: Diaria en los frentes con consumo de agua. Control complementario: En cada entrega y diariamente durante consumo y pruebas. Responsable: Residente de obra; responsable ambiental; transportista y encargado de logística. Verificación: F09-09: Bitácora de pérdidas y prácticas corregidas; comprobación del cierre de suministro. Control complementario: Comprobantes, volumen y destino; pérdidas corregidas antes de aumentar el suministro.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 036 Construcción		
BE-4 BE-5 BE-7	Negativos ligeros (-A) Fauna y movilidad. Continuidad de protección del hábitat BE-7. Fuente Frentes activos excavaciones acopios cimentación tránsito y montaje de estructuras.	F10-01. Prevención; Mitigación. Antes de iniciar trabajos en un nuevo frente para la ejecución de cimentación, perforaciones, hincado o colocación de pilas y pilotes, construcción y montaje de losas, plataformas y demás elementos estructurales, se verificará la presencia de fauna que pudiera haber ingresado después de las actividades de Preparación del sitio, aplicando, cuando corresponda, las medidas de ahuyentamiento o rescate previstas en las medidas F04 de la Tabla VI-2. Esta verificación dará continuidad a los controles iniciados durante la preparación del sitio sin implicar una nueva valoración de BE-7 para la etapa de construcción F10-02. Prevención. Las excavaciones, registros y otras aberturas que deban permanecer temporalmente abiertas se manejarán de forma que se reduzca el riesgo de atrapamiento, utilizando según las condiciones del sitio cubiertas, elementos de salida u otras soluciones equivalentes. Se inspeccionarán al inicio y al cierre de jornada y antes de cada relleno; las rampas, tapas o cercos se elegirán según profundidad y seguridad, manteniendo la salida hacia un sitio libre de maniobras. F10-03. Prevención. Antes del relleno o cierre de una excavación se verificará que no existan ejemplares en su interior. F10-04. Prevención. Los extremos abiertos de tuberías, ductos y piezas huecas almacenadas que por sus dimensiones o condiciones puedan funcionar como refugio temporal podrán mantenerse cubiertos cuando permanezcan sin instalar y serán revisados antes de su colocación. F10-05. Prevención. La acumulación de madera, rocas, materiales o elementos que hayan permanecido inmóviles y puedan funcionar como refugio se revisarán antes de su movilización.
Justificación: La fauna puede ingresar después de la liberación inicial y utilizar excavaciones, tuberías o materiales como refugio. Revisarlos antes de perforar, colar, cerrar o moverlos reduce atrapamientos, aplastamientos, sepultamiento y mortalidad accidental. Frecuencia: F10-01: Antes de abrir o reactivar cada frente estructural. F10-02: Al inicio y cierre de cada jornada, antes de rellenar y tras interrupciones o lluvia. F10-03: Antes de cada relleno o cierre. F10-04: Al almacenar piezas y antes de cada instalación. F10-05: Antes de mover cada acopio que pueda servir de refugio. Responsable: Especialista en fauna; residente de obra. Verificación: F10-01: Acta de revisión y registros F04; fauna atendida antes de perforar o colar. F10-02: Cubiertas o salidas funcionales; registro de ejemplares hallados y atención. F10-03: Lista de liberación; comprobación de ausencia de fauna antes del cierre. F10-04: Registro de inspección de cavidades; tapas y revisión previa a montaje. F10-05: Lista de revisión y rescates; autorización de movimiento tras inspección.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 037 Construcción		
BE-4 BE-5 BE-7	Negativos ligeros (-A) Fauna y movilidad. Continuidad de protección del hábitat BE-7. Fuente Frentes activos excavaciones acopios cimentación tránsito y montaje de estructuras.	F10-06. Prevención. Los cercos, mallas y barreras temporales requeridos por seguridad o delimitación se dispondrán procurando no cerrar innecesariamente la conexión entre superficies vegetadas que permanezcan fuera de los frentes activos. F10-07. Prevención. Los espacios libres debajo y entre pasarelas, plataformas, circulaciones y demás estructuras elevadas se mantendrán sin acumulaciones de materiales, residuos o cerramientos temporales innecesarios que impidan el tránsito de fauna. F10-08. Prevención. En los trabajos de pilas y pilotes, los materiales y equipos se concentrarán alrededor del punto de intervención indispensable, evitando ocupar de forma continua el terreno bajo la futura estructura. F10-09. Mitigación. La iluminación temporal necesaria por seguridad se orientará hacia el frente de trabajo y se limitará al periodo en que resulte necesaria. F10-10. Prevención. Los residuos de alimentos y demás materiales susceptibles de atraer fauna se mantendrán dentro del sistema de manejo establecido para la obra.
Justificación: Mantener conexiones y espacios libres bajo estructuras conserva alternativas de desplazamiento durante la obra. Concentrar maniobras, orientar la iluminación y evitar atracción por residuos reduce la extensión de la perturbación y el ingreso de fauna a zonas peligrosas. Frecuencia: F10-06: Antes de instalar barreras y diariamente mientras permanezcan. F10-07: Diaria bajo estructuras durante obra y al entregar cada componente. F10-08: Durante cada trabajo de pilas o pilotes. F10-09: Al instalar luminarias y durante cada jornada nocturna. F10-10: Durante la jornada y al cierre diario. Responsable: Residente de obra; especialista en fauna; responsable de mantenimiento; encargado de residuos. Verificación: F10-06: Plano y recorrido de pasos; conectividad compatible con seguridad de obra. F10-07: Fotografías de espacios libres; ausencia de obstáculos al tránsito de fauna. F10-08: Huella de equipos y acopios comparada con área indispensable de intervención. F10-09: Recorrido nocturno; verificación de la orientación al frente, retiro o apagado de la iluminación cuando deje de requerirse. F10-10: Recipientes cerrados, frente limpio y comprobantes de retiro de orgánicos		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 038 Construcción		
BE-4 BE-5 BE-7	Negativos ligeros (-A) Fauna y movilidad. Continuidad de protección del hábitat BE-7. Fuente Frentes activos excavaciones acopios cimentación tránsito y montaje de estructuras.	F10-11. Mitigación. Si un ejemplar resulta lesionado, atrapado o se encuentra en riesgo inmediato, se evitará su manipulación por personal ajeno a las acciones de manejo de fauna y se aplicará el procedimiento correspondiente. F10-12. Prevención; Mitigación. Cuando se trate o presumiblemente se trate de una especie en categoría de riesgo, se protegerá temporalmente el punto mientras el responsable ambiental determina la acción aplicable. F10-13. Seguimiento y control; Mitigación. La supervisión ambiental realizará inspecciones sistemáticas en frentes de obra clave, como excavaciones abiertas, zonas de acopio de materiales, susceptibles de funcionar como refugio, barreras perimetrales temporales y espacios bajo estructuras elevadas, con el fin de identificar y liberar de manera inmediata ejemplares de fauna atrapados o corregir obstrucciones físicas innecesarias que puedan interferir con el desplazamiento.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 038 Construcción		
Justificación: El manejo especializado y la respuesta diaria ante hallazgos reducirán riesgos derivados por manipulación inadecuada, atrapamiento o confinamiento. Los registros de esfuerzo y hallazgos permiten localizar riesgos; la maniobra se detiene ante fauna atrapada o lesionada y nidos activos hasta resolver su atención. Frecuencia: F10-11: Inmediata ante fauna lesionada, atrapada o en riesgo. F10-12: Ante cada hallazgo de especie en riesgo o de identificación incierta. F10-13: Diaria en excavaciones, acopios y pasos; inmediata ante atrapamiento. Control complementario: Diaria y antes de mover acopios o cerrar excavaciones. Responsable: Especialista en fauna; responsable ambiental; residente de obra. Verificación: F10-11: Ficha de atención, manejo por especialista y destino documentado del ejemplar. F10-12: Protección del punto y dictamen de identificación y manejo antes de intervenir. F10-13: Lista de inspección, rescates y retiro de obstáculos; cierre de incidencias. Control complementario: Registro de esfuerzo, hallazgos y pasos; fauna atendida antes de reanudar maniobras.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 039 Operación y mantenimiento		
FQ-3	Negativo ligero (-A) Riesgo de contaminación por lodos residuos e insumos. Fuente Operación mantenimiento pretratamiento y limpieza de la PTAR; manejo de reactivos y corrientes especiales.	F12-01. Prevención. Durante la operación de la PTAR continuarán aplicándose, en lo que resulte procedente, los criterios de almacenamiento, contención y atención de derrames establecidos durante la construcción; las medidas siguientes atenderán específicamente los residuos, lodos e insumos propios del sistema de tratamiento. F12-02. Prevención; Mitigación. La PTAR operará como un sistema de tratamiento terciario para las aguas residuales domésticas generadas por los componentes turísticos, suburbano y de servicios. Como referencia de diseño, se considera un escenario medio de 416.60 m^3/día y una capacidad de diseño de 500 m^3/día; la operación efectiva deberá mantenerse dentro de la capacidad hidráulica y de tratamiento comprobada del sistema. F12-03. Mitigación. La operación mantendrá funcionales las etapas previstas del tren de tratamiento: pretratamiento, ecualización, proceso biológico mediante aireación extendida, clarificación secundaria, pulimiento o filtración terciaria y desinfección, así como la línea de tratamiento de lodos. Los ajustes operativos se realizarán conforme a la carga real que ingrese al sistema.
Justificación: Mantener contención y operar la PTAR dentro de su capacidad hidráulica y orgánica de diseño reducirá el riesgo de rebosamientos, pérdida de eficiencia y manejo inadecuado de lodos o sustancias. La continuidad de todas las etapas del tratamiento permitirá evitar trasladar sólidos, nutrientes o microorganismos hacia el reúso y la disposición. Frecuencia: F12-01: Permanente; revisión por turno en áreas de sustancias y residuos. F12-02: En cada turno; revisión ante aumentos de ocupación o carga. F12-03: Durante la operación del sistema, revisión por turno y tras ajustes derivados de variaciones en el caudal o recarga recibida. Responsable: Operador de la PTAR; encargado de residuos, responsable de mantenimiento y responsable ambiental cuando corresponda. Verificación: F12-01: Lista de contención y almacenamiento; controles de obra mantenidos en operación. F12-02: Registro de Caudal y carga registrados frente a capacidad comprobada; ausencia de sobrecargas y reboses. F12-03: Bitácora por unidad, equipos funcionales y resultados de calidad del efluente.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
		Ficha 040 Operación y mantenimiento
FQ-3	Negativo ligero (-A) Riesgo de contaminación por lodos residuos e insumos. Fuente Operación mantenimiento pretratamiento y limpieza de la PTAR; manejo de reactivos y corrientes especiales.	F12-04. Prevención. La red sanitaria se mantendrá físicamente separada de la red pluvial, de la corriente de rechazo de la POI, del agua producto, del agua tratada para reúso y de las demás corrientes que no correspondan al tratamiento sanitario. F12-05. Prevención; Mitigación. Las cocinas deberán conservar los elementos de retención de grasas previstos para evitar aportes excesivos de aceites y grasas hacia la PTAR; de igual manera, se mantendrá el control de fibras y sólidos gruesos procedentes de lavandería, limpieza y otras actividades de servicio. Los aceites usados de cocina se retirarán como corriente segregada. No se verterán solventes, medicamentos, biocidas concentrados o corrientes salinas de proceso a la red; las trampas se limpiarán según acumulación y sus residuos tendrán destino documentado. F12-06. Prevención; Mitigación. La ecualización se utilizará para amortiguar variaciones de caudal y carga antes del tratamiento biológico, evitando en lo posible condiciones sépticas y entradas abruptas que desestabilicen la aireación extendida.
Justificación: Separar corrientes incompatibles y retener grasas, fibras y sólidos reduce obstrucciones y perturbaciones del tratamiento biológico. El control de cargas y aportaciones ayuda a prevenir pérdida de eficiencia, condiciones anaerobias y deterioro del efluente. Frecuencia: F12-04: P Permanente; inspección mensual y después de intervenir, modificar o darles mantenimiento a las redes. F12-05: Inspección diaria; limpieza según acumulación de grasas y sólidos; y antes de saturación. F12-06: Por turno y ante variaciones de caudal o carga recibidos. Responsable: Operador de la PTAR; responsable de mantenimiento; encargado de servicios. Verificación: F12-04: Planos y pruebas de conexión; redes identificadas sin cruces entre corrientes. F12-05: Bitácora de trampas y filtros; retiro de grasas y sólidos sin obstrucciones. F12-06: Registros de nivel y alimentación al reactor; ajustes de ecualización documentados.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
		Ficha 041 Operación y mantenimiento
FQ-3	Negativo ligero (-A) Riesgo de contaminación por lodos residuos e insumos. Fuente Operación mantenimiento pretratamiento y limpieza de la PTAR; manejo de reactivos y corrientes especiales.	F12-07. Mitigación. El reactor biológico mantendrá las condiciones operativas necesarias de aireación, mezcla y biomasa; la clarificación conservará la separación adecuada de sólidos y la recirculación y purga de lodos se ajustarán conforme al comportamiento real del proceso. El control por turno incluirá caudal, pH, oxígeno disuelto, sedimentación y condición de biomasa. La purga, recirculación, aireación y alcalinidad se ajustarán al manual validado y a las cargas de materia orgánica y nutrientes, distinguiendo aportación externa de retornos internos. F12-08. Prevención; Mitigación. El efluente destinado a reúso deberá haber concluido las etapas de tratamiento y desinfección previstas y cumplir las condiciones de calidad que correspondan al uso específico. Para el reúso en riego de áreas jardinadas y limpieza de exteriores se observarán las disposiciones aplicables de la NOM-003-SEMARNAT-1997. F12-09. Mitigación. Cuando el agua tratada no reúna temporalmente la calidad requerida para un uso previsto, no será enviada a la red de reúso mientras se identifica y corrige la causa. La corriente deberá mantenerse dentro del sistema o dirigirse al manejo contingente que corresponda conforme al diseño y a las condiciones autorizadas.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 041 Operación y mantenimiento		
Justificación: El control del proceso y la comprobación de calidad antes del reúso evitan trasladar fallas de tratamiento a jardines, exteriores o superficies permeables. Bloquear corrientes fuera de especificación limita la exposición de usuarios y el aporte de contaminantes al suelo y al agua. Frecuencia: F12-07: Por turno; ajustes conforme al control del proceso biológico. F12-08: Antes de habilitar reúso; control operativo por turno y análisis según uso autorizado. F12-09: Inmediata ante incumplimiento; mantener bloqueo hasta verificar recuperación. Responsable: Operador de la PTAR; responsable ambiental; laboratorio competente. Verificación: F12-07: Registros de aireación, biomasa, sedimentación y purga conforme al manual operativo. F12-08: Resultados por destino y registro de desinfección; liberar sólo efluente compatible. F12-09: Registro de bloqueo, manejo contingente y resultados que sustenten el reinicio.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 042 Operación y mantenimiento		
FQ-3	Negativo ligero (-A) Riesgo de contaminación por lodos residuos e insumos. Fuente Operación mantenimiento pretratamiento y limpieza de la PTAR; manejo de reactivos y corrientes especiales.	F12-10. Prevención. Los reactivos y productos utilizados para tratamiento, desinfección, limpieza y mantenimiento de la PTAR se conservarán en recipientes compatibles, cerrados e identificados, dentro de los espacios destinados para su manejo y protegidos de la lluvia. F12-11. Prevención. Cuando se manejen productos líquidos con posibilidad de fuga o derrame se dispondrá de contención secundaria o de elementos equivalentes capaces de mantener una liberación dentro del área de manejo. F12-12. Prevención; Mitigación. La dosificación de coagulantes, floculantes, reactivos para control de fósforo, desinfectantes y productos de limpieza se ajustará a la demanda comprobada del proceso, mediante medición y pruebas según corresponda. Se registrarán dosis, consumo y calidad obtenida; no se incrementará rutinariamente la dosificación sin justificación técnica. La remoción de nitrógeno se demostrará mediante balance y las etapas que el diseño validado requiera; la aireación extendida no la acredita por sí sola. La dosificación para fósforo se respaldará con pruebas y análisis, incorporando los lodos químicos al manejo diferenciado. F12-13. Mitigación. Los lodos generados por la PTAR serán conducidos hacia la línea de manejo prevista para su espesamiento, estabilización y deshidratación, evitando su descarga o depósito directo sobre el suelo, áreas jardinadas, vegetación natural, zonas de conservación.
Justificación: El almacenamiento y la contención de reactivos evitan fugas y mezclas accidentales. Dosificar según necesidades comprobadas y mantener los lodos en su línea de manejo limita residuos químicos y la reincorporación al suelo de los constituyentes retirados del agua. Frecuencia: F12-10: En cada recepción y revisión diaria del almacén. F12-11: Antes de manejar líquidos; revisión diaria y después de derrames. F12-12: En cada ajuste de dosis y por turno; pruebas según proceso. F12-13: En cada purga y transferencia de lodos. Responsable: Operador de la PTAR; encargado de residuos; responsable de mantenimiento. Verificación: F12-10: Inventario, identificación y estado de envases; sustancias resguardadas sin fugas. F12-11: Inspección de contención secundaria; capacidad disponible y ausencia de grietas o conexiones al terreno. F12-12: Dosis, consumos y resultados registrados; ajuste sustentado en demanda comprobada. F12-13: Bitácora de lodos y recorrido de conducciones; sin depósitos sobre suelo natural.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 043 Operación y mantenimiento		
FQ-3	Negativo ligero (-A) Riesgo de contaminación por lodos residuos e insumos. Fuente Operación mantenimiento pretratamiento y limpieza de la PTAR; manejo de reactivos y corrientes especiales.	F12-14. Prevención. Los lodos deshidratados permanecerán temporalmente en recipientes o superficies acondicionadas que eviten pérdidas, lixiviados y arrastre por lluvia hasta determinar su aprovechamiento o disposición final conforme a sus características y a la normativa aplicable. Se diferenciarán lodos biológicos y químicos, cribados, arenas y grasas conforme a su manejo. Los filtrados sólo retornarán al tratamiento si su compatibilidad y carga están previstas; se impedirá acceso de fauna y arrastre por lluvia. F12-15. Prevención; Seguimiento y control. La caracterización y el manejo de los lodos o biosólidos atenderán las disposiciones aplicables de la NOM-004-SEMARNAT-2002 cuando corresponda. Su eventual aprovechamiento como mejorador de suelo sólo procederá cuando sus características y el uso pretendido resulten compatibles con dicha regulación y con las condiciones aplicables. F12-16. Prevención; Mitigación. Los cribados, sólidos retenidos y demás residuos separados durante el tratamiento se manejarán de acuerdo con sus características, evitando su acumulación sobre el terreno o su reincorporación a la red sanitaria.
Justificación: Los lodos y residuos del tratamiento concentran materiales que deben mantenerse fuera del suelo y del drenaje. Su contención, caracterización y retiro evitan lixiviados y arrastre; cualquier aprovechamiento depende de sus características y del destino compatible. Frecuencia: F12-14: En cada ingreso de lodo; inspección diaria hasta su retiro. F12-15: Antes de definir destino; caracterización con periodicidad aplicable y ante cambios. F12-16: En cada retiro del pretratamiento y al cierre de turno. Responsable: Operador de la PTAR; encargado de residuos; responsable ambiental; laboratorio competente. Verificación: F12-14: Registro de almacenamiento, capacidad y lixiviados; recipientes y superficies íntegros. F12-15: Informes de caracterización y aceptación del receptor; aptitud acreditada para el destino. F12-16: Registro por residuo y destino; cribados contenidos sin retorno al drenaje.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 044 Operación y mantenimiento		
FQ-3	Negativo ligero (-A) Riesgo de contaminación por lodos residuos e insumos. Fuente Operación mantenimiento pretratamiento y limpieza de la PTAR; manejo de reactivos y corrientes especiales.	F12-17. Prevención; Mitigación. Los tanques, tuberías, bombas, conexiones y elementos de la línea de lodos se mantendrán en condiciones de operación que eviten fugas, derrames o rebosamientos. Cuando se detecte una pérdida, se aislará el punto afectado y se corregirá antes de restablecer su funcionamiento normal. F12-18. Prevención. Los cárcamos, tanques y unidades con riesgo de rebosamiento deberán disponer de los elementos de control operativo previstos en el diseño, tales como medición o señalización de nivel, alarmas u otros dispositivos equivalentes que permitan detectar condiciones anormales antes de una liberación. F12-19. Prevención. Los equipos críticos del tratamiento, particularmente bombeo, aireación y desinfección, se mantendrán dentro del programa de mantenimiento preventivo y con la capacidad de respaldo que contemple el diseño definitivo de la PTAR. Se calculará la autonomía de contingencia con volumen realmente libre y caudal de aportación durante la falla. El mantenimiento o indisponibilidad de un módulo exigirá ajustar ocupación, demanda y aportaciones a la capacidad restante comprobada, con una ruta habilitada para retención o retiro externo. F12-20. Prevención. Las operaciones de mantenimiento que impliquen retiro de aceites, grasas, productos químicos o residuos de equipos se realizarán dentro de superficies donde los materiales puedan recuperarse y contenerse, evitando efectuarlas directamente sobre suelo natural.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 044 Operación y mantenimiento		
Justificación: La integridad de tanques, líneas y equipos constituye la barrera frente a fugas, derrames y rebosamientos. Los sistemas de control, las alarmas, el mantenimiento preventivo y el respaldo permiten identificar y atender las fallas y sostener el tratamiento; contener sustancias durante los servicios evita que la reparación origine contaminación. Frecuencia: F12-17: Inspección por turno; inmediata ante fugas o reboses. F12-18: Control de niveles por turno; pruebas según manual y tras reparaciones. F12-19: Según programa del fabricante; comprobación tras mantenimiento o falla. F12-20: En cada mantenimiento con manejo de aceites o sustancias. Responsable: Operador de la PTAR; responsable de mantenimiento; encargado de residuos. Verificación: F12-17: Lista de integridad, orden de reparación y prueba de funcionamiento sin pérdida. F12-18: Registro de niveles y prueba funcional de alarmas o dispositivos equivalentes. F12-19: Programa y órdenes de servicio; prueba de equipos críticos y respaldo previsto. F12-20: Orden de trabajo, medios de contención y registro de recuperación de residuos.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 045 Operación y mantenimiento		
FQ-3	Negativo ligero (-A) Riesgo de contaminación por lodos residuos e insumos. Fuente Operación mantenimiento pretratamiento y limpieza de la PTAR; manejo de reactivos y corrientes especiales.	F12-21. Mitigación; Corrección. Ante un derrame o fuga de lodos, reactivos u otras sustancias, se contendrá la fuente y se recuperará el material liberado; los absorbentes o materiales afectados se manejarán de acuerdo con las características del residuo generado. El área involucrada será revisada antes de restablecer la actividad que originó el evento. F12-22. Prevención. No se utilizarán las áreas de conservación-rehabilitación, la vegetación hidrófila, las depresiones naturales ni las superficies próximas a cuerpos de agua como zonas de almacenamiento temporal, secado o disposición de lodos, insumos o residuos de la PTAR. F12-23. Prevención. Las purgas y retrolavados de albercas permanecerán segregados del drenaje sanitario mientras no se haya demostrado su compatibilidad con el tratamiento de la PTAR. El balance del proyecto identifica como referencia aproximadamente 32.21 m^3/día de purgas/retrolavados recolectados; su posible incorporación al sistema deberá considerar, al menos, su salinidad, concentración de desinfectante, productos utilizados y carga hidráulica. Se medirán por separado llenado, reposición, purgas y retrolavados, sin atribuir a evaporación los volúmenes que retornan a tratamiento. Cualquier acondicionamiento o incorporación gradual se sustentará en la compatibilidad química e hidráulica, en la capacidad disponible del sistema con aceptación del responsable de proceso.
Justificación: La respuesta inmediata a derrames y la exclusión de corrientes de áreas sensibles limitan su infiltración y dispersión. Las purgas y retrolavados requieren comprobar composición, caudal instantáneo y capacidad de regulación antes de incorporarse a la PTAR. Frecuencia: F12-21: Inmediata ante cada derrame; seguimiento hasta cierre. F12-22: Permanente; recorridos semanales y en cada retiro de residuos. F12-23: Antes de aceptar purgas; verificar cada evento y cambios de productos. Responsable: Operador de la PTAR; encargado de residuos; responsable ambiental; responsable de mantenimiento. Verificación: F12-21: Parte del evento, material recuperado y destino; evaluación del área afectada. F12-22: Inspección de zonas sensibles; ausencia de lodos, insumos y residuos fuera de instalaciones. F12-23: Caudal, composición y dictamen de compatibilidad; incorporación sólo con capacidad y calidad comprobadas.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 045 Operación y mantenimiento		
FQ-3	Negativo ligero (-A) Riesgo de contaminación por lodos residuos e insumos. Fuente Operación mantenimiento pretratamiento y limpieza de la PTAR; manejo de reactivos y corrientes especiales.	F12-24. Prevención; Mitigación. Cuando las purgas o retrolavados no resulten compatibles con la PTAR, permanecerán segregados y se manejarán mediante la alternativa técnica y autorizada que corresponda a sus características, evitando su descarga directa sobre suelo natural, superficies de conservación, sistema pluvial o Laguna de Bacalar. F12-25. Mitigación. La presencia recurrente de olores anormales en la PTAR se investigará como señal de posible acumulación de residuos, formación de condiciones sépticas, deficiencia de aireación, almacenamiento inadecuado de lodos o alteración del proceso. La atención se dirigirá a corregir la causa y no a ocultarla mediante aromatizantes. F12-26. Prevención; Mitigación. Los cribados, grasas retenidas y lodos no permanecerán expuestos por periodos innecesarios dentro de la PTAR; se mantendrán contenidos y se retirarán conforme a las necesidades operativas del sistema.
Justificación: Segregar corrientes incompatibles, corregir la causa de olores y retirar residuos oportunamente reduce contaminación, lixiviados y atracción de fauna. El tratamiento o retiro alternativo exige caracterización, capacidad y destino habilitado; no se presume autorizado un sistema no evaluado. Frecuencia: F12-24: En cada corriente incompatible y antes de contratar su destino. F12-25: Revisión por turno e inmediata ante olores persistentes. F12-26: Revisión diaria y retiro según acumulación y capacidad. Responsable: Operador de la PTAR; encargado de residuos; responsable ambiental; responsable de mantenimiento. Verificación: F12-24: Registro de segregación, volumen y comprobantes de entrega a destino habilitado. F12-25: Bitácora de olor, diagnóstico y ajustes; comprobación de reducción al corregir la causa. F12-26: Registro de contención y retiro; ausencia de exposición, lixiviados o atracción de fauna.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 046 Operación y mantenimiento		
FQ-3	Negativo ligero (-A) Riesgo de contaminación por lodos residuos e insumos. Fuente Operación mantenimiento pretratamiento y limpieza de la PTAR; manejo de reactivos y corrientes especiales.	F12-27. Mitigación. Ante pérdida de energía, rotura de tubería, sobrecarga hidráulica, falla de bombeo, alteración significativa del proceso biológico, falla de desinfección, derrame de reactivos o riesgo de rebosamiento se reducirá o interrumpirá, en la medida técnicamente posible, la corriente asociada al elemento afectado, se aislará la falla y se evitará enviar agua fuera de especificación hacia reúso o disposición hasta recuperar las condiciones de operación. F12-28. Prevención; Seguimiento y control. El reinicio normal de la unidad afectada se realizará una vez corregida la causa y verificado que el tratamiento, la conducción y el destino de la corriente puedan restablecerse bajo las condiciones previstas. F12-29. Seguimiento y control. La operación y mantenimiento de la PTAR incluirán el control de los lodos generados, su manejo y el destino aplicado, conforme a los registros y requerimientos que correspondan. Los registros deberán permitir relacionar la generación, transferencia y retiro de los lodos sin requerir balances independientes con una periodicidad fija cuando no resulten necesarios.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 046 Operación y mantenimiento		
Justificación: Aislar la fuente durante contingencias evita transferir la falla al suelo o a los destinos del efluente. El reinicio requiere recuperación del proceso y de la calidad, además de reparación mecánica; los registros de lodos permiten comprobar su salida por las vías previstas. sin generar controles documentales redundantes. Frecuencia: F12-27: Inmediata ante falla o riesgo de rebose; seguimiento durante la contingencia. F12-28: Antes de cada reinicio posterior a una contingencia. F12-29: En cada generación, transferencia y retiro; consolidación mensual. Responsable: Operador de la PTAR; responsable de mantenimiento; responsable ambiental; encargado de residuos. Verificación: F12-27: Parte de contingencia, aislamiento y destino de corrientes; sin liberación fuera de control. F12-28: Acta de reinicio con pruebas de proceso, conducción y calidad por destino. F12-29: Balance de lodos y comprobantes de entrega; cantidades y destino trazables.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 047 Operación y mantenimiento		
FQ-3	Negativo ligero (-A) Riesgo de contaminación por lodos residuos e insumos. Fuente Operación mantenimiento pretratamiento y limpieza de la PTAR; manejo de reactivos y corrientes especiales.	F12-30. Seguimiento y control. Seguimiento y verificación: La operación de la PTAR deberá mantener registros de los caudales relevantes del sistema, condiciones operativas de las principales unidades, mantenimiento de equipos, manejo de lodos y residuos, consumo o manejo de reactivos, incidencias, olores persistentes, resultados de calidad del efluente y volúmenes destinados a reúso. Los análisis de calidad se efectuarán conforme a los requerimientos del uso, destino y autorizaciones aplicables, utilizando los métodos y condiciones de muestreo que correspondan. F12-31. Seguimiento y control. Como indicadores de desempeño se considerarán, según corresponda: caudal recibido y tratado; evidencia de funcionamiento de las etapas de tratamiento; ausencia de fugas o rebosamientos; manejo documentado de lodos y residuos; calidad del efluente para el uso previsto; volumen efectivamente reutilizado; número y causa de incidencias; y evidencia de su corrección. F12-32. Seguimiento y control. La operación y seguimiento del correcto funcionamiento de la PTAR corresponderán al personal responsable en coordinación con mantenimiento y con el responsable ambiental del proyecto. Las funciones y responsabilidades deberán mantenerse definidas durante la operación del sistema y actualizarse cuando existan cambios relevantes de personal o de organización.
Justificación: Relacionar caudales, calidad, mantenimiento e incidencias permite distinguir variaciones normales de fallas y comprobar la eficacia de la PTAR. Los indicadores y responsables definidos sustentan la atención de desviaciones y los informes de cumplimiento. Frecuencia: F12-30: Registros por turno y por evento; análisis conforme al programa aplicable. F12-31: Revisión mensual de tendencias y ante desviaciones. F12-32: Antes de operar, al cambiar personal y en la revisión mensual. Responsable: Operador de la PTAR; responsable ambiental; laboratorio competente; administración del proyecto. Verificación: F12-30: Bitácora integrada, informes analíticos y expediente de incidencias completos. F12-31: Tablero de caudal, calidad, reúso e incidencias; acciones con responsables y cierre. F12-32: Designación de responsables, capacitación y cobertura de turnos documentadas.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 048 Operación y mantenimiento		
FQ-3 FQ-12	(-A) Control del efluente y	F14-01. Mitigación. El agua residual generada por el proyecto deberá completar el tren de tratamiento previsto para la PTAR antes de destinarse a reúso o disposición.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 048 Operación y mantenimiento		
	prevención de contaminación. FQ-12 (+A) es el beneficio asociado al tratamiento y reúso. Fuente Red sanitaria; tratamiento terciario; reúso; excedente tratado e infraestructura de disposición de la PTAR.	El sistema considerará, de acuerdo con su diseño definitivo, pretratamiento, ecualización, tratamiento biológico mediante aireación extendida, clarificación, pulimiento o filtración terciaria y desinfección. Se validará la desinfección según la tecnología instalada: dosis efectiva, transmitancia y estado de lámparas para UV, o contacto y residual cuando se utilice cloro. Una falla de filtración o desinfección bloqueará el destino afectado hasta restablecer calidad. F14-02. Mitigación. El reúso del agua tratada se mantendrá como primera alternativa para los usos no potables previstos, siempre que la calidad del efluente resulte compatible. El balance considera un efluente neto de 416.18 m^3/día, de agua tratada y un reúso interno medio de 20.86 m^3/día de agua para riego y 158.13 m3/día de agua para lavado de exteriores y resguardo de emergencias, dejando un remanente de 237.19 m3/día para inyección. Estos valores constituyen referencias de balance y no sustituyen los caudales que finalmente sean autorizados por la CONAGUA.
Justificación: Completar el tratamiento y verificar la calidad del efluente antes de asignar su destino reducirá el riesgo de contaminación asociado con FQ-3; permite el reúso y la disposición controlada. El reúso de una fracción del agua tratada sustituye parte del agua de primer uso y constituye el mecanismo sustento del beneficio FQ-12 Frecuencia: F14-01: Durante toda la operación; comprobación por turno. F14-02: Programación diaria de reúso y cierre mensual del balance. Responsable: Operador de la PTAR; encargado de servicios. Verificación: F14-01: Bitácora de las etapas y control de calidad; tratamiento completo previo al destino. F14-02: Lecturas de reúso y excedente; volúmenes diferenciados y calidad compatible.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 049 Operación y mantenimiento		
FQ-3 FQ-12	(-A) Control del efluente y prevención de contaminación. FQ-12 (+A) es el beneficio asociado al tratamiento y reúso. Fuente Red sanitaria; tratamiento terciario; reúso; excedente tratado e infraestructura de disposición de la PTAR.	F14-03. Prevención; Seguimiento y control. El agua tratada destinada a riego de áreas jardinadas, limpieza de exteriores u otros usos compatibles deberá cumplir las condiciones aplicables de la NOM-003-SEMARNAT-1997 antes de incorporarse a la red de reúso. La red no potable estará identificada, separada físicamente y protegida contra retorno. La limpieza exterior se realizará a baja presión, con acceso controlado y evitando aerosoles y escurrimiento hacia conservación. El retorno de limpieza se identificará y contabilizará según su ruta efectiva. F14-04. Prevención. Únicamente el excedente que haya recibido el tratamiento previsto y cumpla las condiciones de calidad establecidas para su disposición podrá ser enviado a la infraestructura de inyección correspondiente a la PTAR. No se permitirá la inyección de agua residual cruda, parcialmente tratada o fuera de las condiciones autorizadas. F14-05. Prevención. La infraestructura de inyección destinada al excedente tratado de la PTAR será exclusiva para esta corriente y permanecerá físicamente independiente del pozo de rechazo de la POI, del pozo de aprovechamiento de agua salobre, de la red pluvial, de la red sanitaria y de las redes de agua producto y reúso.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 049 Operación y mantenimiento		
Justificación: La calidad exigible para el agua tratada depende del destino y de la exposición. Verificarla previo al reúso y disposición subterránea y segregar conducciones reduce el riesgo de mezclas entre corrientes incompatibles y aportes inadecuados al subsuelo; la separación física de instalaciones debe complementarse con estudios que sustenten el comportamiento hidráulico del receptor. Las medidas asociadas con el reúso contribuirán a mantener el beneficio FQ-12, mientras que los controles sobre calidad y disposición atenderán el riesgo de contaminación asociado con FQ-3. Frecuencia: F14-03: Antes de habilitar reúso; muestreo según uso y condiciones aplicables. F14-04: Durante toda la disposición; control por turno y ante anomalías. F14-05: Permanente; revisión mensual y después de modificar conducciones. Responsable: Operador de la PTAR; responsable ambiental; laboratorio competente; responsable de mantenimiento; especialista en hidrología e hidrogeología. Verificación: F14-03: Informes analíticos por uso y evidencia de desinfección; corriente conforme antes de su aplicación. F14-04: Registro de calidad y destino; bloqueo de efluente sin tratamiento completo o no conforme. F14-05: Planos y pruebas de trazado; línea de PTAR exclusiva sin conexiones cruzadas.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 050 Operación y mantenimiento		
FQ-3 FQ-12	(-A) Control del efluente y prevención de contaminación. FQ-12 (+A) es el beneficio asociado al tratamiento y reúso. Fuente Red sanitaria; tratamiento terciario; reúso; excedente tratado e infraestructura de disposición de la PTAR.	F14-06. Prevención. El número, ubicación, construcción, horizonte receptor, capacidad y condiciones de operación de la infraestructura de inyección destinada al excedente tratado de la PTAR serán los que resulten técnicamente sustentados y, en su caso, autorizados por la CONAGUA. Como referencia del diseño actualmente considerado para el proyecto, se prevé que esta infraestructura alcance profundidades de hasta -100 m; no obstante, la profundidad definitiva deberá establecerse con base en las condiciones hidrogeológicas del sitio, las características del horizonte receptor, el proyecto ejecutivo y las determinaciones de la autoridad competente. F14-07. Prevención; Seguimiento y control. Antes de la puesta en servicio de la infraestructura de inyección se verificará su integridad constructiva, estanqueidad de las conducciones, correcta identificación de las líneas y correspondencia entre el punto de descarga y el horizonte receptor autorizado.
Justificación: La aptitud del horizonte receptor, el aislamiento de estratos y la ausencia de comunicaciones no previstas se acreditan mediante estudios y pruebas. Verificar construcción, conexiones y estanqueidad antes del servicio reduce fugas y disposición fuera del intervalo considerado. Frecuencia: F14-06: Antes de construir o poner en servicio; revisar ante cambios del diseño. F14-07: Antes del primer servicio y después de reparaciones que afecten integridad. Responsable: Especialista en hidrología e hidrogeología; promovente; responsable de mantenimiento; operador de la PTAR. Verificación: F14-06: Estudio, proyecto ejecutivo y autorización concordantes en ubicación, capacidad y horizonte receptor. F14-07: Actas de estanqueidad, identificación y terminación; correspondencia con horizonte autorizado.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 051 Operación y mantenimiento		
FQ-3 FQ-12	(-A) Control del efluente y prevención de contaminación. FQ-12 (+A) es el beneficio	F14-08. Prevención. La conducción entre la PTAR y la infraestructura de inyección permanecerá cerrada y diferenciada. No se utilizará la red pluvial, registros sanitarios, superficies permeables, depresiones naturales o trayectorias de escurrimiento como vías alternativas para disponer el excedente tratado.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 051 Operación y mantenimiento		
	asociado al tratamiento y reúso. Fuente Red sanitaria; tratamiento terciario; reúso; excedente tratado e infraestructura de disposición de la PTAR.	F14-09. Prevención. El excedente tratado no será descargado directamente sobre suelo natural, vegetación hidrófila, áreas de conservación-rehabilitación, escurrimientos superficiales ni hacia la Laguna de Bacalar. F14-10. Seguimiento y control; Prevención. Previo a la disposición subterránea se verificará la calidad del efluente mediante los parámetros que establezcan la autorización y las disposiciones aplicables. El programa de control considerará los parámetros representativos del tratamiento y del riesgo ambiental, tales como pH, sólidos suspendidos, materia orgánica, grasas y aceites, nutrientes, conductividad o sólidos disueltos e indicadores microbiológicos, así como aquellos adicionales que determine la autoridad o la caracterización definitiva del efluente.
Justificación: Mantener el efluente en la conducción y destino previstos evita trasladarlo a suelo, vegetación o agua superficial. La comprobación analítica permite verificar la calidad real del tratamiento antes de disponerlo al subsuelo y detectar desviaciones oportunamente. Frecuencia: F14-08: Durante cada periodo de disposición; inspección diaria de trazos accesibles. F14-09: Permanente; recorrido diario durante la operación. F14-10: Antes de iniciar disposición y conforme al programa analítico y autorización. Responsable: Operador de la PTAR; responsable de mantenimiento; responsable ambiental; laboratorio competente. Verificación: F14-08: Conducción cerrada y registro de destino; ausencia de derivaciones a redes o terreno. F14-09: Inspección de áreas sensibles y puntos de conducción; ausencia de descargas superficiales. F14-10: Resultados representativos con cadena de custodia; comparación por parámetro con condiciones aplicables.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 052 Operación y mantenimiento		
FQ-3 FQ-12	(-A) Control del efluente y prevención de contaminación. FQ-12 (+A) es el beneficio asociado al tratamiento y reúso. Fuente Red sanitaria; tratamiento terciario; reúso; excedente tratado e infraestructura de disposición de la PTAR.	F14-11. Prevención; Seguimiento y control. La calidad requerida para reúso y la calidad exigida para disposición subterránea se verificarán conforme al destino correspondiente. F14-12. Prevención; Mitigación. Los retrolavados de la filtración terciaria y retornos internos del tratamiento se reincorporarán al proceso conforme al diseño de la PTAR, particularmente hacia ecualización cuando corresponda, y no se descargarán directamente a la infraestructura de inyección sin completar nuevamente las etapas necesarias de tratamiento. F14-13. Prevención. Las corrientes generadas durante limpiezas especiales, mantenimiento de equipos o actividades en las que se utilicen productos químicos se mantendrán segregadas mientras no se demuestre su compatibilidad con el proceso de la PTAR. No se incorporarán directamente al sistema de inyección por el solo hecho de haberse generado dentro de la planta. F14-14. Prevención. Las purgas y retrolavados de albercas permanecerán diferenciados conforme a lo establecido en las medidas F12 de la Tabla VI-2. Sólo podrán incorporarse a la PTAR cuando se haya comprobado su compatibilidad hidráulica y química; en ese supuesto deberán atravesar el tren de tratamiento correspondiente antes de formar parte del efluente susceptible de reúso o disposición. F14-15. Seguimiento y control; Prevención. La línea de disposición del excedente tratado contará con medición del volumen enviado a la infraestructura de inyección, de forma que pueda relacionarse con el

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 052 Operación y mantenimiento		
		volumen tratado, el agua reutilizada y el balance hídrico del desarrollo. El balance de efluente neto, reúso, disposición y variación de almacenamiento se cerrará para el mismo periodo. Las recirculaciones se tratarán como flujos internos; una diferencia persistente se investigará con lecturas, calibración, fugas y retornos, sin asignarla automáticamente a evaporación. F14-16. Prevención. El volumen efectivamente inyectado no deberá exceder el excedente tratado disponible ni las condiciones de gasto y volumen que establezca la autorización correspondiente.
Justificación: Los criterios de calidad deben corresponder al destino de cada corriente. El retorno controlado de retrolavados y la segregación de limpiezas evita enviar al subsuelo sólidos o sustancias que difieren del efluente ordinario evaluado. Las corrientes de albercas requieren compatibilidad y tratamiento antes de cualquier incorporación al efluente. Medir el volumen dispuesto y limitarlo al excedente disponible y autorizado permite detectar desbalances y evita utilizar la capacidad del pozo como vía general de descarga. Frecuencia: F14-11: Al definir cada destino y en cada evaluación de calidad. F14-12: En cada retrolavado o retorno interno. F14-13: En cada limpieza especial y antes de decidir su manejo. F14-14: En cada purga o retrolavado de albercas y ante cambios de químicos. F14-15: Medición durante disposición; lectura diaria y mantenimiento según fabricante. F14-16: Control diario de caudal y acumulados en los periodos autorizados. Responsable: Operador de la PTAR; responsable ambiental; responsable de mantenimiento. Verificación: F14-11: Matriz de parámetros por destino; dictamen separado de reúso y disposición subterránea. F14-12: Bitácora de lavado y trazado de retorno; reincorporación al tratamiento sin derivación directa. F14-13: Caracterización o evaluación de compatibilidad y registro de segregación y destino. F14-14: Dictamen de compatibilidad y registro de incorporación; paso por tratamiento completo. F14-15: Lecturas volumétricas y calibración; correspondencia entre excedente y volumen dispuesto. F14-16: Comparativo de volumen disponible, dispuesto y autorizado; corrección de excedencias.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 053 Operación y mantenimiento		
FQ-3 FQ-12	(-A) Control del efluente y prevención de contaminación. FQ-12 (+A) es el beneficio asociado al tratamiento y reúso. Fuente Red sanitaria; tratamiento terciario; reúso; excedente tratado e infraestructura de disposición de la PTAR.	F14-17. Mitigación. Cuando los resultados analíticos indiquen que el efluente no reúne temporalmente las condiciones requeridas para su disposición, se suspenderá su envío a la infraestructura de inyección y se aplicará el manejo contingente previsto para el sistema, que podrá incluir recirculación, retención temporal, reducción de la generación o una alternativa autorizada, según la naturaleza de la desviación y la capacidad disponible. La retención y el destino alternativo se comprobarán también para lluvias con riego nulo y para suspensión total del reúso. Se activará el ajuste de aportaciones y la respuesta externa antes de saturar almacenamiento; el descenso temporal del nivel no bastará para declarar resuelta la falla. F14-18. Prevención; Seguimiento y control. No se restablecerá la disposición subterránea hasta verificar la recuperación del proceso y la calidad de la corriente conforme a las condiciones aplicables. F14-19. Prevención; Seguimiento y control. La operación de la infraestructura de inyección incluirá revisión de la integridad del cabezal, conducciones, válvulas y conexiones, así como la detección de fugas, retornos de flujo, obstrucciones o variaciones anormales de presión o caudal que puedan indicar un funcionamiento diferente al previsto.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 053 Operación y mantenimiento		
		F14-21. Seguimiento y control. El seguimiento ambiental del sistema considerará de manera conjunta la calidad del efluente tratado y la respuesta del receptor subterráneo asociado con la infraestructura de inyección de la PTAR. Los puntos de control, parámetros y frecuencia de seguimiento se definirán con base en el estudio geohidrológico del predio, la ubicación y características del horizonte receptor autorizado, las condiciones de operación de la infraestructura y el Programa de Vigilancia Ambiental. Como referencia se considerarán las condiciones previas del agua subterránea, el comportamiento estacional del nivel freático y el flujo preferencial identificado de oeste a este, hacia la Laguna de Bacalar. Se establecerán puntos de referencia y de posible influencia con profundidad e intervalo definidos y una línea base representativa de secas y lluvias. El muestreo tendrá calibración, cadena de custodia y controles de calidad; las tendencias se contrastarán con lluvia y nivel lagunar antes de atribuirlas al proyecto.
Justificación: Suspender la disposición ante calidad no conforme o anomalías hidráulicas evita trasladar la falla al receptor. El reinicio debe acreditar recuperación del tratamiento, calidad e integridad, porque la reparación de un equipo no demuestra por sí sola el restablecimiento del sistema. La estratigrafía, fracturas y circulación subterránea descritas para el sitio requieren evaluar conjuntamente efluente y respuesta del receptor. Comparar con una línea base estacional permite identificar cambios que excedan la variación natural y orientar la atención correctiva. Frecuencia: F14-17: Inmediata al detectar calidad no conforme; mantener suspensión hasta corregir. F14-18: Antes de cada reinicio de disposición tras incumplimiento. F14-19: Por turno y después de mantenimiento o variaciones anormales. Responsable: Operador de la PTAR; responsable ambiental; laboratorio competente; responsable de mantenimiento. Verificación: F14-17: Registro de suspensión, capacidad de retención y manejo contingente sin descarga indebida. F14-18: Resultados y pruebas de recuperación; autorización interna de reinicio sustentada. F14-19: Registros de presión, caudal e integridad; fugas y retornos atendidos. Series de calidad y nivel con referencia estacional; evaluación conjunta de efluente y receptor.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 054 Operación y mantenimiento		
FQ-3 FQ-12	(-A) Control del efluente y prevención de contaminación. FQ-12 (+A) es el beneficio asociado al tratamiento y reúso. Fuente Red sanitaria; tratamiento terciario; reúso; excedente tratado e infraestructura de disposición de la PTAR.	F14-23. Seguimiento y control. El balance hídrico operativo mantendrá identificadas y diferenciadas las principales entradas, usos, recirculaciones y salidas del sistema, incluyendo: captación de agua salobre para la POI; alimentación y producción de agua producto; consumo del desarrollo; agua residual generada y tratada en la PTAR; volumen destinado a reúso; excedente de agua tratada conducido a la infraestructura de inyección propia de la PTAR; y concentrado y corrientes asociadas a la POI manejadas mediante su infraestructura independiente. Como escenario medio de 416.60 m3/día, el proyecto considera un efluente neto de 416.18 m^3/día, de agua tratada y un reúso interno medio de 20.86 m^3/día de agua para riego y 158.13 m3/día de agua para lavado de exteriores y resguardo de emergencias, dejando un remanente de 237.19 m3/día para inyección. En el escenario de diseño de 500 m^3/día, considera un efluente neto aproximado de 499.49 m^3/día y un reúso interno medio de 20.86 m^3/día de agua para riego y 158.13 m3/día de agua para lavado de exteriores y resguardo de emergencias, dejando un remanente de 320.5 m^3/día. Los valores operativos reales deberán actualizarse

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 054 Operación y mantenimiento		
		conforme a la demanda efectiva, el desempeño de los sistemas y las condiciones del proyecto en funcionamiento. F14-24. Seguimiento y control. Seguimiento y verificación: Se integrarán registros del caudal tratado, volumen reutilizado, volumen del excedente y volumen dispuesto; resultados de calidad del efluente; operación y mantenimiento de la infraestructura de inyección; incidencias; suspensiones y acciones correctivas. Los registros se incorporarán a la bitácora y a los informes de cumplimiento ambiental que correspondan. F14-25. Seguimiento y control. El encargado de la aplicación de estas medidas corresponderá al responsable de la operación de la PTAR y de la infraestructura hidráulica, en coordinación con el responsable ambiental del proyecto y con el personal especializado que resulte necesario para el seguimiento hidrogeológico. F14-26. Mitigación. Ante una desviación de calidad, fuga, falla hidráulica o respuesta anómala del receptor, se suspenderá o reducirá la disposición según corresponda, se identificará la causa y se revisarán el proceso de tratamiento, las conducciones y la infraestructura de inyección. La operación normal sólo se restablecerá cuando se haya corregido la condición que originó la desviación y se cuente con elementos suficientes para confirmar el manejo seguro de la corriente.
Justificación: Un balance integrado permite comprobar extracción, producción, consumo, tratamiento, reúso y disposición sin duplicar recirculaciones. Mantener separados el excedente de la PTAR y el concentrado de la POI permite detectar pérdidas y evaluar eficiencia conservando la calidad y destino propios de cada corriente. La trazabilidad de calidad y volumen, junto con la coordinación de operadores y mantenimiento, permite demostrar el control del sistema. Atender la causa de las desviaciones y verificar la corrección antes del reinicio evita su acumulación o recurrencia. Frecuencia: Lecturas diarias y balance mensual; actualizar al variar ocupación o sistemas. F14-24: Registros por turno y evento; integración mensual e informes según autorización. F14-25: Antes de operar y al cambiar responsables o configuración. F14-26: Inmediata ante desviación; seguimiento hasta recuperar condiciones. Responsable: Operador de la PTAR; operador de la POI; responsable ambiental, especialista en hidrología e hidrogeología; responsable de mantenimiento. Verificación: Balance conciliado sin duplicar recirculaciones; explicación de diferencias y pérdidas. F14-24: Expediente de caudales, calidad, mantenimiento e incidencias con fechas y responsables. F14-25: Designaciones y coordinación documentada; cobertura técnica de operación y vigilancia. F14-26: Diagnóstico, reducción o suspensión y pruebas de recuperación; cierre antes de operar normalmente.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 055 Operación y mantenimiento		
FQ-7 FQ-11	Negativos ligeros (-A) Captación de agua salobre y calidad del receptor del concentrado. Fuente Aprovechamiento de agua; ósmosis inversa; manejo segregado de rechazo y corrientes de mantenimiento.	F15-01. Prevención. La captación de agua salobre para alimentación de la POI se realizará exclusivamente mediante el pozo de aprovechamiento y bajo los volúmenes, gastos y condiciones que, en su caso, autorice la CONAGUA. El proyecto considera una extracción total de 1,147.59 m^3/día, con un agua producto después de permeado de 490.12 m^3/días a una eficiencia del 45%, se tiene un rechazo de 599.04 m3/día. F15-02. Prevención. La extracción será del horizonte salobre previsto para el proyecto, -25 m de profundidad y con características compatibles con el proceso de ósmosis inversa, quedando el intervalo definitivo de aprovechamiento sujeto a la caracterización del pozo, las pruebas correspondientes y las condiciones que establezca la CONAGUA.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 055 Operación y mantenimiento		
		F15-03. Seguimiento y control; Prevención. El pozo de aprovechamiento dispondrá de medición volumétrica y de los elementos de control operativo previstos para el sistema, incluyendo seguimiento del caudal extraído y, cuando corresponda al diseño definitivo, nivel y conductividad del agua captada. Los registros permitirán comparar la extracción efectiva con los volúmenes autorizados y con el balance hídrico del desarrollo. F15-04. Prevención; Mitigación. La POI central se operará en función de la demanda real del desarrollo y no de su capacidad nominal máxima. La extracción ordinaria equivale a 13.28 l/s como promedio de 24 horas. El diseño considera dos trenes de ósmosis que operan a su capacidad nominal conjunta, la alimentación a membranas alcanza 55.56 m^3/h, equivalente a 15.43 L/s; para la demanda media de 490.12 m^3/día de agua producto. Los periodos efectivos de bombeo y producción podrán ajustarse conforme a la ocupación, el almacenamiento disponible y las condiciones autorizadas.
Justificación: Ajustar la captación a las necesidades y condiciones autorizadas evita extracciones innecesarias. El aprovechamiento debe mantenerse en el horizonte salobre sustentado por las condiciones hidrogeológicas y compatible con el diseño de la POI. Medir caudal, calidad y variables del pozo permite detectar cambios de extracción y funcionamiento. Programar la producción según demanda y almacenamiento evita operar continuamente a capacidad nominal cuando el consumo efectivo no lo requiere. Frecuencia: F15-01: Control diario y acumulados por periodo autorizado; ante cambios de demanda. F15-02: Antes de habilitar captación y cuando se modifique el pozo. F15-03: Lectura por turno y cierre diario; control instrumental según programa. F15-04: Programación diaria y ajuste ante cambios de ocupación o almacenamiento. Responsable: Operador de la POI; responsable ambiental; especialista en hidrología e hidrogeología. Verificación: F15-01: Lecturas del pozo y comparación con concesión; extracción dentro de gasto y volumen permitidos. F15-02: Perfil constructivo, pruebas y caracterización; intervalo de captación técnicamente sustentado. F15-03: Registros de volumen, caudal y variables previstas; medidores funcionales y calibrados. F15-04: Horas de bombeo, producción y demanda; operación ajustada al consumo efectivo.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 056 Operación y mantenimiento		
FQ-7 FQ-11	Negativos ligeros (-A) Captación de agua salobre y calidad del receptor del concentrado. Fuente Aprovechamiento de agua; ósmosis inversa; manejo segregado de rechazo y corrientes de mantenimiento.	F15-05. Prevención; Mitigación. Las cisternas, redes de distribución, bombas y conexiones asociadas con el agua producto se mantendrán en condiciones que permitan detectar y corregir fugas o pérdidas. Cuando se presenten incrementos de consumo que no correspondan con la ocupación o con los usos previstos, se revisará primero la infraestructura y los patrones de consumo antes de incrementar de manera sostenida la captación. Se instalará submedición por sectores de vivienda, turismo y servicios conforme al proyecto ejecutivo. El consumo se normalizará por ocupación y se investigarán consumos nocturnos anómalos; la reposición de albercas y jacuzzis se comprobará con medición específica. F15-06. Mitigación. El agua residual tratada por la PTAR, será la corriente destinada al reúso no potable previsto por el proyecto. El balance considera un afluente medio a la PTAR de 416.60 m^3/día y una inyección del efluente de 237.19 m^3/día, del cual se prevé reutilizar en promedio 20.86 m^3/día para riego y 158.13 m3/día par lavado de exteriores y resguardo de emergencias, siempre que cumpla con la calidad requerida para esos usos, y el remanente de inyección de 320.50 m3/día. F15-07. Prevención; Mitigación. Para los 0.077 ha de jardines con flora nativa considerados por el proyecto y los 0.339 ha de rehabilitación con flora nativa, el balance adopta un requerimiento medio de aproximadamente 20.86 m^3/día de agua

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
		Ficha 056 Operación y mantenimiento
		de reúso. La aplicación se ajustará a las necesidades reales de la vegetación y a las condiciones meteorológicas y de humedad del suelo, evitando riego durante lluvias o cuando el terreno se encuentre saturado. La dosis considerará además sales y nutrientes aportados. Cualquier reúso en Rehabilitación-restauración terrestre requerirá polígono y necesidad de establecimiento expresamente sustentados, principalmente en secas; se excluirán manglar, petén, vegetación hidrófila y suelo saturado. No se ampliará el riego para disponer excedentes. F15-08. Seguimiento y control. El balance hídrico operativo mantendrá identificadas y diferenciadas las principales entradas, usos, recirculaciones y salidas del sistema. Como escenario de referencia para la POI, con una captación total de 1,147.59 m^3/d; a eficiencia del 45% alimentación 1,089.16 m^3/d; producto 490.12 m^3/d; concentrado 599.04 m^3/d. Asimismo, se diferenciarán el agua residual tratada, el volumen destinado a reúso, el excedente tratado conducido hacia la infraestructura propia de la PTAR y el concentrado de la POI conducido exclusivamente hacia su pozo de rechazo.
Justificación: Las fugas de agua producto aumentan simultáneamente la extracción y la generación de concentrado. Su corrección y el reúso compatible del efluente de la PTAR reducen parte de la demanda de agua nueva y de la presión sobre el horizonte salobre. Ajustar el riego a superficie, humedad y necesidades vegetales evita sobreriego y desperdicio. El balance de corrientes permite comprobar la sustitución de agua producto y mantener diferenciados el reúso, el excedente de la PTAR y el concentrado de la POI. Frecuencia: F15-05: Inspección diaria de equipos accesibles y ante consumos anormales. F15-06: En cada uso no potable; registro diario de volumen y control de calidad. F15-07: Antes de cada riego; ajustar por lluvia, humedad y estación. F15-08: Lecturas diarias y balance mensual; actualizar ante cambios del sistema. Responsable: Responsable de mantenimiento; operador de la POI; operador de la PTAR; encargado de servicios. Especialista en flora; responsable ambiental. Verificación: F15-05: Registro de fugas y reparaciones; balance restablecido antes de aumentar captación. F15-06: Origen PTAR, calidad compatible y volumen reutilizado; sustitución de agua producto documentada. F15-07: Volumen por polígono, humedad, lluvia y calidad; carga de nutrientes calculada y ausencia de escurrimiento, acumulación salina o daño vegetal. F15-08: Balance conciliado de alimentación, producto, rechazo y lavados; corrientes sin doble conteo.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
		Ficha 057 Operación y mantenimiento
FQ-7 FQ-11	Negativos ligeros (-A) Captación de agua salobre y calidad del receptor del concentrado. Fuente Aprovechamiento de agua; ósmosis inversa; manejo segregado de rechazo y corrientes de mantenimiento.	F15-09. Prevención. La corriente ordinaria de rechazo de la POI se mantendrá físicamente separada del agua producto, agua residual, agua tratada y agua pluvial. Para el escenario de referencia de recuperación del 45%; captación total 1,147.59 m^3/d; alimentación 1,089.16 m^3/d; producto 490.12 m^3/d; concentrado 599.04 m^3/d. Este último será conducido exclusivamente mediante la línea destinada al rechazo. F15-10. Seguimiento y control. Para una recuperación de 45%, el factor teórico de concentración de sales sería aproximadamente 1.82, suponiendo retención prácticamente total y paso de sales al permeado despreciable. Se medirán caudal, conductividad y, cuando corresponda, sólidos disueltos y composición iónica en alimentación y rechazo para verificar el balance y la compatibilidad con el escenario autorizado. La recuperación real se calculará con permeado y alimentación medidos en el mismo intervalo. Se controlarán presión diferencial, turbiedad y ensuciamiento conforme a la garantía del equipo; cualquier aumento de recuperación exigirá revisar incrustación, presión y calidad.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 057 Operación y mantenimiento		
		F15-11. Prevención. La corriente de rechazo no será descargada sobre el suelo natural, áreas de conservación-rehabilitación, vegetación hidrófila, escurrimientos superficiales ni directamente hacia la Laguna de Bacalar, y tampoco se incorporará a las redes pluvial o sanitaria. F15-12. Prevención. La infraestructura de disposición del rechazo de la POI será exclusiva para dicha corriente y permanecerá físicamente independiente de la infraestructura destinada a la inyección del excedente tratado de la PTAR. No se permitirá la interconexión, intercambio o disposición indistinta entre ambos sistemas
Justificación: La ósmosis inversa separa las sales entre permeado y concentrado; la segregación evita mezclas con otras redes. El balance teórico debe verificarse con caudales y calidad reales, porque la composición depende de la alimentación, recuperación, membranas y reactivos. El concentrado salino requiere el receptor específico previsto para su disposición. Evitar descargas superficiales y mantenerlo separado del excedente de la PTAR reduce afectaciones al suelo, vegetación y agua y permite aplicar controles propios a cada corriente. Frecuencia: F15-09: Durante operación; inspección por turno y después de intervenir redes. F15-10: Variables operativas por turno; caracterización según programa y ante cambios. F15-11: Permanente; recorrido diario durante disposición. F15-12: Permanente; inspección mensual y después de modificar redes. Responsable: Operador de la POI; responsable de mantenimiento; especialista en hidrología e hidrogeología; laboratorio competente. Verificación: F15-09: Líneas identificadas, caudales registrados y ausencia de mezclas con otras corrientes. F15-10: Mediciones y balance de sales; recuperación efectiva y calidad del concentrado comprobadas. F15-11: Inspección de conducción y áreas sensibles; ausencia de descargas al terreno o laguna. F15-12: Plano y prueba de continuidad; rechazo POI separado del excedente PTAR.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 058 Operación y mantenimiento		
FQ-7 FQ-11	Negativos ligeros (-A) Captación de agua salobre y calidad del receptor del concentrado. Fuente Aprovechamiento de agua; ósmosis inversa; manejo segregado de rechazo y corrientes de mantenimiento.	F15-13. Prevención. La disposición del concentrado se realizará únicamente mediante la infraestructura y el horizonte receptor que, en su caso, sean autorizados por la CONAGUA. Como configuración de referencia, se considera un pozo de rechazo de aproximadamente 60 m de profundidad, con aislamiento de los primeros 45 m y un intervalo receptor aproximado entre 45 y 60 m; la profundidad, construcción, sellado y condiciones finales de operación deberán ajustarse a los resultados del estudio geohidrológico y a la autorización correspondiente. F15-14. Prevención; Seguimiento y control. Antes de iniciar la operación ordinaria de la POI se verificará la correcta identificación y continuidad de las líneas correspondientes a captación, agua producto, rechazo y corrientes de limpieza, así como la integridad de las conducciones y conexiones asociadas con el pozo de rechazo. F15-15. Prevención; Mitigación. Los elementos del pozo de rechazo, su conducción y conexiones permanecerán en condiciones que eviten fugas, ingreso de escurrimientos externos o comunicación no controlada con el terreno. Cuando se detecten pérdidas, retorno de flujo u otra condición anormal en la conducción o disposición, se suspenderá la operación del elemento afectado hasta corregir la causa. La línea contará con aislamiento, protección antirretorno y control de presión conforme al diseño. Si el receptor no está disponible se detendrá la generación que dependa de él, sin desviar concentrado a otros destinos ni exceder el almacenamiento útil. F15-16. Prevención. Las corrientes generadas durante limpiezas químicas de membranas, enjuagues especiales, mantenimiento del pretratamiento o actividades

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 058 Operación y mantenimiento		
		en las que se utilicen productos que modifiquen de manera relevante el pH, la salinidad o la composición del agua deberán mantenerse diferenciadas del concentrado ordinario hasta determinar su forma de manejo. No se conducirán automáticamente al pozo de rechazo cuando sus características no sean compatibles con la corriente considerada para la disposición normal. Cada ciclo de retrolavado, limpieza en sitio o enjuague registrará volumen, reactivos y composición relevante. La neutralización o acondicionamiento sólo se realizará en instalaciones previstas, con caracterización del residuo resultante; oxidantes, biocidas y corrientes salinas no se enviarán indiscriminadamente al reactor biológico.
Justificación: El aislamiento y la configuración del pozo deben responder al subsuelo real para evitar comunicaciones no previstas. Las pruebas de identificación, continuidad y estanqueidad antes del arranque permiten detectar cruces o fugas antes de una disposición continua. Las limpiezas y corrientes de mantenimiento pueden diferir en sólidos, pH y reactivos; segregarlas permite comprobar su compatibilidad antes de asignarles un destino. Frecuencia: F15-13: Antes de construir o usar el pozo y ante modificaciones. F15-14: Antes del primer arranque y después de reparaciones o cambios. F15-15: Inspección por turno; inmediata ante fuga, retorno o anomalía. F15-16: En cada limpieza química, enjuague especial o mantenimiento. Responsable: Especialista en hidrología e hidrogeología; promovente; operador de la POI; responsable de mantenimiento. Verificación: F15-13: Estudio, perfil de sellos y autorización; receptor y configuraciones concordantes. F15-14: Actas de prueba de líneas, estanqueidad e identificación; destinos correctos. F15-15: Lista de integridad, suspensión y prueba posterior; cabezal y conducción sin pérdidas. F15-16: Registro de productos, volumen y segregación; corriente diferenciada del rechazo ordinario.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 059 Operación y mantenimiento		
FQ-7 FQ-11	Negativos ligeros (-A) Captación de agua salobre y calidad del receptor del concentrado. Fuente Aprovechamiento de agua; ósmosis inversa; manejo segregado de rechazo y corrientes de mantenimiento.	F15-17. Prevención; Seguimiento y control. Cuando las condiciones de una corriente de limpieza permitan incorporarla al sistema de rechazo, dicha compatibilidad deberá sustentarse en sus características y en las condiciones técnicas y administrativas aplicables; cuando no resulte compatible, se manejará de manera diferenciada conforme a su composición. F15-18. Seguimiento y control; Prevención. Los registros operativos integrarán, de manera correlacionada, el volumen captado, horas de bombeo, agua alimentada a membranas, volumen de agua producto, recuperación del sistema, volumen de rechazo, consumo del desarrollo y volumen de agua tratada reutilizada. Cuando alguno de estos componentes presente variaciones que no se expliquen por cambios en la ocupación o en la demanda, se revisarán fugas, desempeño de las membranas, condiciones del pozo y funcionamiento de los sistemas antes de incrementar de manera sostenida la extracción. F15-19. Seguimiento y control. El seguimiento de las captaciones registrará volumen, caudal, horas de bombeo, nivel estático y dinámico con protocolo comparable y conductividad. El control del rechazo registrará volumen, caudal, presión de disposición y salinidad mediante conductividad y análisis representativos. La instrumentación y sus rangos se definirán en el diseño definitivo y se mantendrán calibrados. F15-20. Seguimiento y control. El seguimiento ambiental de la disposición del rechazo considerará las condiciones hidrogeológicas específicas del predio. Los puntos, parámetros y frecuencia de control del agua subterránea se definirán conforme al estudio geohidrológico, la configuración definitiva del pozo de rechazo, las condiciones de autorización y el Programa de Vigilancia Ambiental, tomando como referencia las condiciones previas y las variaciones estacionales del sistema.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 059 Operación y mantenimiento		
Justificación: Caracterizar las corrientes auxiliares evita asumir una calidad uniforme para todas las aguas de la POI. Revisar conjuntamente captación, producción y consumo distingue aumentos de demanda de pérdidas de eficiencia y evita compensar fallas mediante mayor bombeo. El seguimiento simultáneo de captación, rechazo y receptor permite relacionar cambios hidráulicos y de calidad. con las condiciones específicas del subsuelo, incluyendo la presencia de fracturas, unidades calcáreas y circulación subterránea identificadas para el sitio, considerando también su variación natural y estacional. Frecuencia: F15-17: Antes de admitir cada tipo de corriente de limpieza o al cambiar productos. F15-18: Registro por turno; revisión diaria y mensual de tendencias. F15-19: Caudal y presión por turno; niveles y análisis conforme al protocolo técnico. F15-20: Línea base previa; campañas según estudio, PVA y autorización. Responsable: Operador de la POI; especialista en hidrología e hidrogeología; responsable ambiental, responsable de mantenimiento; laboratorio competente. Verificación: F15-17: Evaluación documentada de compatibilidad y destino; manejo alternativo si no es admisible. F15-18: Series de captación, producción, rechazo y demanda; causas de variación investigadas. F15-19: Series comparables y calibración; niveles estático y dinámico medidos en condiciones identificadas. F15-20: Resultados del receptor comparados con condición previa y estacionalidad; tendencias evaluadas.		

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 060 Operación y mantenimiento		
FQ-7 FQ-11	Negativos ligeros (-A) Captación de agua salobre y calidad del receptor del concentrado. Fuente Aprovechamiento de agua; ósmosis inversa; manejo segregado de rechazo y corrientes de mantenimiento.	F15-21. Seguimiento y control; Mitigación. Cuando el seguimiento identifique cambios persistentes en las variables del pozo de aprovechamiento, del concentrado o del receptor subterráneo que no puedan explicarse por la variación estacional, la ocupación del proyecto o las condiciones normales de operación, se realizará una revisión técnica del sistema antes de mantener o incrementar el régimen de captación o disposición. F15-22. Seguimiento y control; Prevención. La supervisión ambiental verificará que permanezcan diferenciados los flujos correspondientes a captación de agua salobre, agua producto, rechazo de la POI, corrientes de limpieza, agua residual tratada y excedente de la PTAR, así como la operación independiente de sus respectivas infraestructuras de disposición. F15-23. Seguimiento y control. Seguimiento y verificación: Se mantendrán registros de los volúmenes captados y producidos, horas de bombeo, recuperación de la POI, volumen y características del rechazo, actividades de limpieza y mantenimiento, integridad del pozo y conducciones, incidencias detectadas y acciones correctivas. Los resultados del seguimiento hidrogeológico que corresponda se incorporarán a la bitácora y a los informes de cumplimiento ambiental aplicables. F15-24. Seguimiento y control. Como indicadores de desempeño se considerarán, según corresponda: volumen de agua salobre extraído; horas de bombeo; volumen de agua producto; porcentaje de recuperación; volumen de concentrado; conductividad o SDT del agua de alimentación y del rechazo; número de fugas, retornos o fallas registradas; número de incidencias atendidas; y condición operativa de las líneas y del pozo de rechazo. F15-25. Seguimiento y control. El encargado de la aplicación de las medidas corresponderá al responsable de operación de la POI y de la infraestructura hidráulica, en coordinación con el responsable ambiental del proyecto y, cuando corresponda, con personal especializado en hidrogeología.

No y código	Impacto ambiental	Medida ambiental
Ficha 060 Operación y mantenimiento		
Justificación: La evaluación conjunta del agua de alimentación, proceso, infraestructura y receptor permite identificar el origen de desviaciones. Separar corrientes y conservar registros de operación y mantenimiento sustenta la trazabilidad del balance y la atención de los cambios detectados. Los indicadores de captación, recuperación, calidad y fallas permiten evaluar los mecanismos asociados con presión extractiva y rechazo. La coordinación técnica integra resultados para atender desviaciones con referencias sustentadas y condiciones aplicables. Frecuencia: F15-21: Ante cambios persistentes; antes de mantener o aumentar el régimen afectado. F15-22: Inspección mensual y después de intervenir conducciones. F15-23: Registros por turno y evento; integración mensual. F15-24: Consolidación mensual y ante desviaciones relevantes. F15-25: Antes de operar y al cambiar responsables o configuración. Responsable: Especialista en hidrología e hidrogeología; operador de la POI; responsable ambiental; operador de la PTAR. Verificación: F15-21: Dictamen causal y ajuste documentado; revisión de captación, proceso y receptor. F15-22: Plano actualizado y prueba de identificación; corrientes y destinos independientes. F15-23: Bitácora de operación, mantenimiento, calidad e incidencias con seguimiento hidrogeológico. F15-24: Indicadores de recuperación, caudal, calidad y fallas; acciones y cierres verificables. F15-25: Designaciones y coordinación documentadas; cobertura de operación y asistencia técnica.		

VI. 1.2 Aplicación y verificación de las medidas.

El responsable ambiental verificará el cumplimiento, integrará los registros y dará seguimiento a las desviaciones; la validación especializada corresponderá al profesional o laboratorio competente. La bitácora identificará clave de medida, frente o instalación, fecha, ejecutor, evidencia, resultado y acción pendiente. La ejecución se acreditará con registros y la eficacia con la condición verificada; una fotografía o una firma aislada no demostrarán ambas.

Ante una desviación se controlará la fuente y se documentarán causa, alcance, corrección y comprobación posterior. La actividad afectada se reanudará únicamente cuando se satisfaga la condición de reinicio indicada en la medida. Las frecuencias de las tablas específicas precisan la programación general de la Tabla VI-3.

La supervisión ambiental coordinará su ejecución con residentes de obra, contratistas, operadores de la PTAR y de la POI, mantenimiento y especialistas, según corresponda. Cada responsable deberá documentar la aplicación de los controles y atender las desviaciones detectadas. La supervisión tendrá acceso a frentes y registros y facultad interna para detener actividades con invasión de conservación, daño a flora, vertidos o controles inoperantes. El cierre de cada incidencia comprobará tanto la ejecución de la corrección como la recuperación de la condición ambiental.

La aplicación de las medidas deberá ser congruente con las obras y capacidades del capítulo II, la vinculación del capítulo III y la caracterización del capítulo IV.

Las medidas se proponen para su evaluación resueltas en los programas de vigilancia ambiental. Su eficacia se verificará mediante registros de campo, indicadores de funcionamiento, resultados analíticos y comprobación de las acciones correctivas.

La gestión ambiental seguirá la secuencia de prevención, mitigación, rehabilitación-Rehabilitación-restauración y, cuando resulte técnica y jurídicamente procedente, compensación. La prevención actuará antes de la actividad que pueda causar el daño; la mitigación reducirá su magnitud, extensión, duración o probabilidad; la rehabilitación-Rehabilitación-restauración atenderá las superficies alteradas susceptibles de recuperación. La compensación deberá generar un beneficio adicional y verificable, sin sustituir las obligaciones preventivas.

Las medidas serán transversales cuando controlen un mismo mecanismo de afectación en varios factores o etapas, y específicas cuando correspondan a una obra, instalación o receptor particular. Su ejecución deberá vincularse con el frente o sistema que origina el impacto para evitar registros genéricos de cumplimiento.

Las medidas ambientales se integrarán en un Programa de Vigilancia Ambiental conformado por once componentes: 1) Supervisión y seguimiento ambiental; 2) Protección y manejo del suelo; 3) Protección del recurso hídrico, continuidad hidráulica e infraestructura hidráulico-sanitaria; 4) Control de emisiones atmosféricas, partículas y ruido; 5) Manejo integral de residuos y sustancias; 6) Manejo y protección de la vegetación y flora sensible; 7) Manejo y protección de fauna, hábitat y conectividad; 8) Conservación y Rehabilitación-restauración de ambientes sensibles; 9) Integración paisajística e iluminación exterior; 10) Educación, capacitación y reglamentación ambiental y 11) Programa de compensación. Restauración de la cadena trófica en 20 hectáreas de humedal con manglar chaparro en el municipio de Othón P. Blanco.

Estos componentes permitirán organizar, ejecutar y verificar las medidas aplicables durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento del proyecto. Su aplicación será transversal o específica, según el mecanismo causal, el componente ambiental receptor y la etapa de manifestación de cada impacto, manteniendo correspondencia con los impactos identificados y valorados en el Capítulo V.

La preparación comprende delimitación y topografía (P1), trazo y limpieza (P2), desmonte y despalme (P3) y nivelación (P4). Las medidas se aplicarán antes y durante la apertura gradual de los frentes. La liberación ambiental previa constituye el punto de control para impedir daños a especies sensibles y evitar una afectación mayor a la necesaria.

La construcción mantendrá los controles de preparación y verificará la huella de cimentaciones, plataformas, redes y ocupaciones temporales. Antes de liberar cada frente se comprobará la aplicación de las medidas ambientales, las condiciones técnicas y, cuando corresponda, las autorizaciones aplicables, así como la protección de la vegetación y fauna, el manejo de materiales y la continuidad del agua.

La comprobación incluirá las rutas superficiales, las depresiones y el flujo subterráneo en los escenarios sustentados de lluvia y nivel del agua. Los estudios definirán el método de apoyo y las condiciones ante cavidades; durante la obra se registrarán estratos, cotas y maniobras. El espacio bajo las estructuras permanecerá libre de rellenos o cierres que obstruyan agua o fauna.

La aplicación de estas medidas permitirá conservar durante la operación el esquema de manejo pluvial considerado para el proyecto, basado principalmente en la permanencia de superficies permeables, la conducción independiente de las aguas de cubierta mediante bajantes, la infiltración distribuida y el mantenimiento de los patrones naturales de escurrimiento. El seguimiento se orientará a evitar que la operación cotidiana del desarrollo genere obstrucciones, impermeabilización progresiva, concentraciones artificiales de flujo o incorporación de contaminantes a las superficies de infiltración, manteniendo diferenciadas las aguas pluviales respecto de las corrientes sanitarias, tratadas y de proceso de la PTAR y la POI.

De esta manera, las medidas propuestas conforman un esquema integral de prevención, mitigación y control, orientado a limitar espacialmente las superficies de intervención; proteger el suelo y conservar las condiciones de infiltración y escurrimiento; prevenir la contaminación del suelo y del agua; controlar la generación de partículas, emisiones y ruido; proteger la flora y fauna silvestres y sus condiciones de hábitat y movilidad; contener la modificación paisajística; y mantener bajo control la captación, uso, tratamiento, reúso y disposición de las distintas corrientes de agua asociadas con la operación del proyecto.

Particularmente durante la etapa operativa, las medidas incorporan controles específicos para la PTAR y la POI, el manejo de lodos e insumos, la captación de agua salobre, la producción de agua mediante ósmosis inversa, el reúso del efluente tratado y el manejo diferenciado de la corriente de rechazo, de forma que las entradas, usos, recirculaciones y salidas del sistema hídrico puedan mantenerse identificadas y sujetas a las condiciones técnicas y autorizaciones que resulten aplicables.

La aplicación coordinada de las medidas deberá mantener la ejecución y operación dentro de las superficies, capacidades y condiciones evaluadas y autorizadas. La supervisión comprobará que las afectaciones no se extiendan fuera de las huellas previstas y que los componentes sensibles conserven las funciones que sustentan su protección.

Seguimiento y documentación

La aplicación de las medidas de prevención, mitigación, control, corrección y compensación establecidas para el proyecto estará sujeta a seguimiento durante las etapas en que resulten aplicables; el seguimiento tendrá como finalidad verificar no sólo la ejecución material de las acciones previstas, sino también su funcionamiento y eficacia respecto del componente ambiental que se pretende proteger.

La supervisión se realizará mediante un esquema de trazabilidad que permita relacionar la actividad generadora, el impacto o aspecto ambiental asociado, la medida aplicada, el indicador correspondiente, la evidencia de ejecución y, cuando se detecte una desviación, la acción correctiva implementada.

Tabla VI-3. Criterios de seguimiento y documentación.

Elemento de seguimiento	Criterio de aplicación
Verificación de la ejecución	Se comprobará que cada medida sea aplicada en la etapa, frente de obra, instalación o actividad para la cual fue establecida. La sola inclusión de una medida en el presente capítulo no será considerada evidencia de cumplimiento; deberá existir registro de su aplicación cuando corresponda.
Verificación de eficacia	Cuando la naturaleza de la medida lo permita, se comprobará que la acción haya producido el efecto esperado sobre el componente ambiental. Por ejemplo, no bastará con registrar la instalación de un dispositivo de control si éste se encuentra obstruido, fuera de servicio o no cumple la función para la cual fue colocado.
Indicadores	Se utilizarán los indicadores establecidos en las fichas y medidas complementarias del presente capítulo. Éstos se seleccionaron en función del mecanismo de afectación y podrán ser físicos, operativos, documentales o ambientales, según corresponda. No se establecerán valores o metas adicionales que no cuenten con sustento técnico o normativo.
Temporalidad	Cada medida se verificará durante la etapa en que resulte aplicable. Las medidas asociadas con preparación y construcción permanecerán mientras existan los frentes o actividades que las generen; las correspondientes a PTAR, POI, manejo pluvial, ruido, residuos, conservación y demás componentes operativos se mantendrán durante la vida útil en tanto permanezca la fuente o condición que les dio origen.

Elemento de seguimiento	Criterio de aplicación
Frecuencia de seguimiento	La frecuencia se establecerá de acuerdo con el tipo de medida, la etapa del proyecto, la sensibilidad del receptor, las condiciones de operación y, en su caso, las disposiciones contenidas en las autorizaciones correspondientes y en el Programa de Vigilancia Ambiental. Además del seguimiento ordinario, se realizarán verificaciones extraordinarias cuando se presenten incidencias, fallas operativas, eventos meteorológicos relevantes o cualquier condición que pueda modificar el desempeño de una medida ambiental.
Registros de campo	Las medidas relacionadas con vegetación, fauna, suelo, superficies de conservación de vegetación hidrófila, Petén, manglar, zonas bajas, depresiones, escurrimientos y demás elementos ambientales susceptibles de verificación directa se documentarán mediante fichas o formatos de campo, memoria fotográfica y, cuando resulte pertinente, ubicación georreferenciada.
Registros operativos	Las medidas relacionadas con la POI, PTAR, pozos, redes hidráulicas y sanitarias, reúso, disposición de corrientes, equipos electromecánicos y demás infraestructura de servicio se verificarán mediante bitácoras de operación y mantenimiento, registros de caudal o volumen, resultados analíticos cuando correspondan, incidencias y evidencia de las acciones correctivas realizadas.
Registros de construcción	Durante la preparación del sitio y construcción se documentarán, según corresponda, la delimitación de frentes, liberación ambiental de áreas, instalación de controles, manejo de suelo y materiales, ejecución de pilas o pilotes, construcción de pozos y redes, manejo de residuos y restitución o rehabilitación de superficies de ocupación temporal.
Incidencias ambientales	Cuando se detecte una desviación se registrará, al menos, la fecha, ubicación, actividad asociada, condición observada, medida ambiental relacionada, causa identificada cuando sea posible, acción aplicada, responsable de atención y evidencia de cierre.
Acciones correctivas	La acción correctiva se dirigirá prioritariamente a eliminar o controlar la causa de la desviación. Cuando resulte necesario, podrá incluir suspensión temporal de la actividad o del elemento afectado, contención, limpieza, reparación, mantenimiento, reposición, modificación operativa, rehabilitación o alguna acción técnicamente equivalente.
Verificación del cierre	Una incidencia no se considerará atendida únicamente por haberse iniciado una acción correctiva. El cierre se documentará una vez que se compruebe que la causa fue corregida y que la medida o condición ambiental correspondiente ha recuperado el funcionamiento esperado, cuando ello resulte verificable.
Trazabilidad documental	La documentación mantendrá correspondencia entre la medida aplicada y la obra, actividad o instalación que la genera, evitando utilizar registros genéricos que no permitan identificar dónde, cuándo o sobre qué componente se realizó la verificación.

Elemento de seguimiento	Criterio de aplicación
Responsables	El promovente mantendrá la responsabilidad general del cumplimiento de las medidas ambientales. La ejecución corresponderá, según la naturaleza de la acción, al residente de obra, contratistas, personal de mantenimiento, administración, operadores de PTAR y POI u otros responsables técnicos, bajo coordinación y seguimiento del responsable ambiental del proyecto.
Especialistas	Cuando la naturaleza del seguimiento requiera conocimientos específicos —por ejemplo, flora, fauna, vegetación hidrófila, Petén, manglar, zonas bajas, depresiones, hidrogeología, calidad del agua o funcionamiento especializado de PTAR y POI— se contará con personal técnico competente para realizar o interpretar las verificaciones correspondientes.
Informes de seguimiento	La información obtenida se integrará a las bitácoras e informes ambientales del proyecto, incorporando la evidencia necesaria para demostrar la ejecución y, cuando corresponda, la eficacia de las medidas, así como las incidencias detectadas y las acciones correctivas aplicadas.
Actualización del seguimiento	Cuando la operación real, los resultados del seguimiento o las condiciones establecidas por la autoridad evidencien que una medida requiere ajuste, éste deberá realizarse sin reducir el nivel de protección ambiental establecido y conservando la trazabilidad respecto del impacto o aspecto que motivó su aplicación.

La Tabla VI-4 establece una programación de gestión propuesta para convertir las medidas en verificaciones concretas. Las frecuencias se ajustarán al riesgo y a las condiciones de autorización; los muestreos reglamentarios conservarán sus métodos y periodicidades aplicables. Ante una falla no se esperará al siguiente recorrido o informe para actuar. La programación específica se completa con las medidas MA-01 a MA-08, el monitoreo MC-01 a MC-10 y las condiciones de avance de las Tablas VI-6 a VI-8.

Tabla VI-4. Responsables frecuencias y evidencia de ejecución.

Componente	Responsable y frecuencia propuesta	Evidencia y respuesta
Preparación y desmonte	Supervisor y especialistas en flora/fauna. Antes de cada frente y durante su apertura.	Acta de liberación, inventario, rescate y plano de exclusión; detener afectaciones no previstas.
Suelo y drenaje de obra	Residente y supervisor. Cada jornada con movimiento de suelo y tras lluvias que produzcan arrastre.	Huella, acopios, barreras y rutas de agua; cierre con estabilidad y función restituida.
Residuos sustancias y sanitarios	Responsable de residuos y contratistas. Inspección durante uso y conciliación por retiro.	Contención, capacidad, segregación, comprobantes de transporte y destino; respuesta inmediata a derrames.

Componente	Responsable y frecuencia propuesta	Evidencia y respuesta
Pozos redes y CU-16	Topografía, estructurista e hidrogeólogo. Antes de ejecutar y en pruebas previas al servicio.	Cotas, estudios, sellos, integridad, corrientes y planos concordantes; no liberar componentes sin sustento.
PTAR y reúso	Operador. Revisión por turno de variables críticas y seguimiento analítico según uso y autorización.	Caudal, carga, nutrientes, sólidos, desinfección, lodos y calidad por destino; bloquear corriente no conforme.
POI captación y rechazo	Operador e hidrogeólogo. Registro durante operación y balance mensual; vigilancia del receptor según estudio.	Volúmenes, recuperación, conductividad, niveles, presiones y composición; investigar tendencias y detener fallas.
Pluvial y superficies permeables	Mantenimiento y supervisor. Mensual y después de eventos con obstrucción o contaminación.	Inventario de dispositivos, estado del receptor, limpieza y prueba de función; cero conexiones incompatibles.
Paisaje ruido fauna y vegetación	Administración y especialistas. Recorridos mensuales y ante modificaciones o incidencias.	Fotografías comparables, condición de equipos, pasos, mortalidad y cobertura; corrección por causa identificada.
Manglar, vegetación hidrófila, Petén y compensación	Especialista y supervisor. Línea base previa; recorridos mensuales propuestos y verificación extraordinaria tras eventos.	Polígono, beneficio adicional, cobertura vegetal, regeneración, microrelieve e hidroperiodo; informe anual de resultados.

VI. 1.3 Compensación ambiental en beneficio 4.16 de la NOM-022-SEMARNAT-2003.

VI. 1.3.1 Compensación en Beneficio de las comunidades de mangle en el predio y su entorno funcional.

.

Justificación de la medida.

El diseño del proyecto fue planteado procurando evitar la ocupación directa de las superficies con vegetación de manglar presentes en el predio. De acuerdo con la caracterización realizada, se identificaron 0.173 ha asociadas con individuos dispersos de *Rhizophora mangle* y *Conocarpus erectus*, superficie para la cual el proyecto no contempla aprovechamiento directo y que será conservada al 100 %. De igual manera, el proyecto conservará la mayor parte de las comunidades vegetales funcionalmente relacionadas, incluyendo 3.744 ha de vegetación hidrófila, equivalentes al 93.86 % de su superficie original, y 1.057 ha de Petén, correspondientes al 99.72 % de esta comunidad. La superficie de 0.003 ha de Petén incluida espacialmente dentro del aprovechamiento corresponde exclusivamente a la proyección aérea de una porción del puente colgante y no implica su desmonte o remoción directa.

La conservación íntegra del manglar no se elimina, sin embargo, la necesidad de atender la relación espacial existente entre determinadas obras del proyecto y esta vegetación. Algunos senderos, andadores y elementos lineales de circulación, incluidos componentes elevados y apoyados de manera puntual, se localizarán dentro de la franja de 100 m respecto del límite de la vegetación de manglar considerada en la

especificación 4.16 de la NOM-022-SEMARNAT-2003; en consecuencia, la medida compensatoria no se plantea como respuesta a una pérdida o desmonte de manglar, sino como parte del esquema ambiental propuesto para atender la proximidad de dichas obras y la excepción prevista en la especificación 4.43 de la propia Norma.

La solución constructiva prevista para los sectores ambientalmente sensibles reducirá la ocupación directa del terreno mediante estructuras elevadas y apoyos puntuales, manteniendo espacios para la circulación superficial del agua y el desplazamiento de fauna. No obstante, aún bajo este esquema permanecen mecanismos potenciales de afectación indirecta que deberán prevenirse y controlarse, entre ellos el tránsito fuera de las áreas previstas, la disposición temporal de materiales o residuos, la compactación localizada del sustrato, la alteración de la microtopografía, la obstrucción de trayectorias de escurrimiento y el deterioro de la vegetación existente en los sectores próximos a las obras.

Estos mecanismos adquieren particular relevancia por la relación funcional existente entre el manglar, la vegetación hidrófila y el Petén presentes en el predio. La conservación de estas comunidades no depende únicamente de evitar la remoción de individuos, sino también de mantener las condiciones físicas e hidrológicas que sustentan su permanencia, particularmente la microtopografía, la circulación y permanencia temporal del agua, la continuidad de la cobertura vegetal y la conectividad entre los distintos ambientes del humedal; por esta razón, el alcance ecológico de la compensación deberá considerar el humedal como un sistema funcional y no únicamente los puntos donde se encuentran los ejemplares de manglar.

En este contexto, y sin sustituir las medidas de prevención y mitigación establecidas para las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, se propone implementar una medida de compensación ambiental que genere un beneficio adicional, medible y verificable para el humedal asociado con las agrupaciones de manglar presentes en el predio. Su finalidad será reforzar la protección de un sector ambientalmente funcional, mantener sus condiciones hidrológicas y de cobertura vegetal, eliminar o reducir factores de perturbación y, únicamente cuando el diagnóstico del sitio lo justifique, desarrollar acciones de rehabilitación ecológica compatibles con la comunidad vegetal naturalmente presente.

La medida compensatoria no implicará la plantación indiscriminada de manglar ni la sustitución de vegetación hidrófila o de Petén por especies de manglar; las acciones que, en su caso, impliquen rehabilitación, enriquecimiento o revegetación deberán responder a las condiciones reales del sitio, privilegiando la conservación de la vegetación existente, la regeneración natural y la eliminación de factores de deterioro, sin modificar artificialmente el nivel, dirección, permanencia o velocidad de circulación del agua con el propósito de favorecer una comunidad vegetal distinta de la que naturalmente corresponde.

Por lo anterior, la compensación se concibe como una acción adicional a la conservación del 100 % de la vegetación de manglar y a las medidas preventivas aplicables a las obras cercanas, orientada a proporcionar un beneficio ambiental específico sobre el humedal y a fortalecer su permanencia funcional durante la vida útil del proyecto. Su aplicación permitirá además contar con elementos verificables para demostrar la conservación de la cobertura vegetal, la ausencia de ocupación directa del manglar, el mantenimiento de la conectividad hidrológica y la atención de factores de perturbación dentro del área de aplicación de la medida.

La medida se propone en el marco de la especificación 4.43 de la NOM-022-SEMARNAT-2003 respecto de la proximidad a la vegetación de manglar prevista en 4.16. Su procedencia y suficiencia estarán sujetas a la determinación de la autoridad, incluyendo la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente exigida por 4.43. La propuesta no autoriza remover, rellenar, podar, trasplantar o afectar manglar ni dispensa las obligaciones del artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre.

VI. 1.3.2. Objetivo general.

Generar un beneficio ambiental compensatorio asociado con las agrupaciones de manglar presentes en el predio, en favor del humedal asociado a las agrupaciones de manglar presentes en el predio, en atención a la ubicación de determinados senderos, andadores y elementos lineales del proyecto dentro de la franja de 100 m considerada por la especificación 4.16 de la NOM-022-SEMARNAT-2003, mediante acciones adicionales, medibles y verificables que fortalezcan la conservación de la conectividad hidrológica y ecológica y contribuyan a mantener la integridad funcional de las comunidades de manglar, Petén y vegetación hidrófila.

VI. 1.3.3. Objetivos específicos.

Mantener libres de ocupación, depósito de materiales, residuos y tránsito no autorizado las superficies con vegetación de manglar y Petén.

Evitar modificaciones en la microtopografía y en los patrones de circulación, permanencia e intercambio del agua que sostienen el funcionamiento de escurrimientos hídricos.

Establecer una delimitación física y operativa que impida la ampliación de las obras hacia las comunidades vegetales ambientalmente sensibles.

Fortalecer la protección y vigilancia de las áreas con manglar, Petén y vegetación hidrófila durante la construcción y operación del proyecto.

Atender oportunamente procesos de deterioro, acumulación de residuos, erosión, azolvamiento o afectación de la cobertura vegetal que pudieran presentarse dentro del área de aplicación de la medida.

Generar evidencia documental y de campo que permita verificar la ejecución, permanencia y eficacia de las acciones de compensación.

VI. 1.3.4. Alcance y criterios técnicos.

La medida de compensación comprenderá las agrupaciones de manglar presentes en el predio, incluyendo los sectores que mantengan relación ecológica e hidrológica con éstas y que, por sus condiciones de cobertura vegetal, microtopografía, circulación del agua o proximidad a las obras, resulten adecuados para generar un beneficio ambiental adicional mediante acciones de conservación reforzada y, cuando resulte técnicamente necesario, de rehabilitación ecológica.

La delimitación del polígono deberá sustentarse en la integración de la cartografía de vegetación, el levantamiento de las obras y elementos del proyecto, la ubicación de los individuos y agrupaciones de manglar y la verificación directa de las condiciones ambientales del sitio, prestando especial atención a los sectores próximos a los senderos, andadores y demás elementos lineales localizados dentro de la franja de 100 m considerada por la especificación 4.16 de la NOM-022-SEMARNAT-2003.

La inclusión de sectores con Petén o vegetación hidrófila dentro del área de aplicación de la medida responderá a su vinculación funcional y las agrupaciones de manglar, y no implicará considerar que la distancia prevista en la especificación 4.16 resulta aplicable de manera indistinta a todas estas comunidades vegetales.

Las acciones que integren la medida deberán observar los siguientes criterios técnicos:

Se priorizará la conservación de las condiciones naturales existentes y de los procesos de regeneración natural. No se realizará la plantación de manglar en superficies ocupadas naturalmente por Petén, vegetación hidrófila u otras comunidades en las que dicha vegetación no corresponda con las condiciones ecológicas del sitio.

Cualquier acción de rehabilitación, enriquecimiento o revegetación deberá sustentarse en un diagnóstico previo del sector a intervenir, mediante el cual se confirme la presencia de deterioro susceptible de corrección, la aptitud ecológica del sitio y la correspondencia de las especies propuestas con la comunidad vegetal naturalmente presente.

No se modificarán artificialmente el nivel, la permanencia, dirección o velocidad de circulación del agua con el propósito de favorecer el establecimiento de manglar o de cualquier otra comunidad vegetal distinta de la que corresponda naturalmente al sitio. Las acciones deberán mantener la microtopografía y las condiciones de intercambio y circulación hídrica que sustentan el funcionamiento natural.

Se privilegiará la eliminación o reducción de factores de perturbación, la protección de la cobertura vegetal existente y el favorecimiento de la regeneración natural antes que la sustitución o establecimiento artificial de vegetación.

El área destinado a la compensación se mantendrá libre de obras, rellenos, excavaciones, depósitos temporales de materiales o residuos, tránsito vehicular y demás actividades incompatibles con su función de conservación durante la vida útil del proyecto. Esta condición no modificará las superficies de aprovechamiento ya consideradas para el proyecto fuera de dicho polígono.

Las obras del proyecto cercanas al humedal deberán mantenerse dentro de las superficies y dimensiones previstas, sin extender áreas de maniobra, acopio, circulación o instalaciones auxiliares hacia el polígono de compensación ni hacia las superficies de manglar que serán conservadas al 100 %.

Se promoverán acciones de conservación reforzada, protección y vigilancia correspondientes, las cuales continuarán durante la construcción y operación del proyecto.

Las acciones de rehabilitación ecológica únicamente se ejecutarán en aquellos sectores donde el diagnóstico identifique compactación, pérdida de cobertura, erosión, acumulación de residuos, obstrucciones u otros procesos de deterioro susceptibles de corrección; no se realizarán intervenciones sobre sectores conservados únicamente con el propósito de justificar una acción compensatoria.

No se utilizará maquinaria pesada para las actividades ordinarias de conservación, limpieza o rehabilitación dentro del polígono cuando su ingreso pueda generar compactación, alteración de la microtopografía o afectación de la vegetación. Las intervenciones se realizarán mediante procedimientos compatibles con la sensibilidad del sitio.

La eficacia de la compensación se verificará mediante indicadores que permitan documentar, según la acción correspondiente, la permanencia de la cobertura vegetal, la ausencia de nuevas ocupaciones dentro del polígono, el mantenimiento de las rutas y condiciones de circulación del agua, el control de residuos y factores de perturbación, la atención de incidencias y, cuando se efectúen acciones de rehabilitación, la evolución de las condiciones ambientales del sector intervenido.

Los resultados del diagnóstico inicial, la delimitación del polígono, las acciones realizadas y su seguimiento deberán quedar documentados mediante registros de campo, evidencia fotográfica y cartográfica y los demás medios de verificación previstos en el programa de compensación, de manera que pueda demostrarse la permanencia y eficacia de la medida.

Para materializar los objetivos y criterios señalados, se implementará un Programa de monitoreo de zonas bajo conservación asociado a las agrupaciones de manglar presentes en el predio, orientado a generar un beneficio adicional, medible y verificable respecto de las acciones ordinarias de prevención y mitigación del proyecto; su aplicación será complementaria a las medidas establecidas para las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, y no sustituirá la obligación de conservar in situ el 100 % de las 0.173 ha de vegetación de manglar identificadas, ni las medidas destinadas a mantener la funcionalidad de las comunidades de Petén y vegetación hidrófila relacionadas con el sistema de existente.

La rehabilitación ecológica tendrá carácter condicionado y no automático y no implicará la plantación indiscriminada de manglar ni la sustitución de comunidades de Petén o vegetación hidrófila. Las acciones se definirán con base en el diagnóstico específico del sector y privilegiarán la eliminación o reducción de factores de perturbación, la conservación de la vegetación existente y el favorecimiento de los procesos de regeneración natural. Únicamente cuando se identifiquen superficies con deterioro susceptible de corrección y con aptitud ecológica comprobada podrán realizarse acciones de enriquecimiento o revegetación con especies nativas correspondientes a la comunidad vegetal naturalmente presente en el sitio.

De esta manera, la compensación propuesta no se sustenta en la creación artificial de nuevas superficies de manglar, sino en el fortalecimiento de la conservación y funcionalidad de un sector del humedal directamente relacionado con las agrupaciones existentes, procurando mantener la cobertura vegetal, la microtopografía y la conectividad hidrológica que sostienen estos ambientes. Las acciones, metas, indicadores, temporalidad y mecanismos de verificación que integrarán el programa se presentan en la tabla siguiente:

Tabla VI-5. Programa de compensación ambiental en beneficio de los individuos de mangle y su entorno funcional.

Elemento	Acción y criterio de verificación
Acción 1. Diagnóstico y delimitación	Seguimiento y control de la compensación. Realizar la verificación de campo del polígono propuesto para determinar su cobertura vegetal, estado de conservación, condiciones microtopográficas, presencia de residuos, indicios de alteración y continuidad hidrológica. El diagnóstico considerará además su relación funcional con las agrupaciones de manglar, Petén y vegetación hidrófila, así como la proximidad de los senderos, andadores y demás elementos lineales del proyecto ubicados dentro de la franja de 100 m respecto de la vegetación de manglar. Su delimitación en campo podrá realizarse mediante señalización discreta u otros elementos de función equivalente que no interfieran con el flujo del agua ni con el desplazamiento de fauna. **Frecuencia:** Antes de obras que dependan de la medida; actualizar ante cambios. **Responsable:** especialista en flora; especialista en hidrología e hidrogeología; responsable ambiental. **Verificación:** Diagnóstico, plano georreferenciado, línea base y delimitación; condiciones de partida comprobadas.

Elemento	Acción y criterio de verificación
Acción 2. Conservación reforzada	Compensación mediante conservación adicional. Mantener el polígono libre de obras, rellenos, excavaciones, depósitos de materiales, apertura de caminos, circulación de vehículos, descarga de residuos y cualquier otra actividad incompatible con la conservación de la zona baja durante la vida útil del proyecto. Exclusión de obras y la conservación in situ de los individuos de mangle son controles preventivos. El expediente distinguirá el beneficio adicional que se pretende acreditar como compensación. **Frecuencia:** Desde la delimitación y durante obra y operación; recorridos mensuales y ante incidencias. **Responsable:** promovente; responsable ambiental; especialista en flora. **Verificación:** Polígono sin ocupaciones nuevas; acciones adicionales diferenciadas de la conservación obligatoria.
Acción 3. Eliminación de factores de deterioro	Compensación mediante corrección de deterioro. Retirar manualmente los residuos sólidos y materiales ajenos al ambiente que se detecten. Cuando el diagnóstico o las actividades de seguimiento identifiquen especies exóticas o invasoras cuya presencia represente un factor de deterioro, su control podrá realizarse mediante procedimientos selectivos técnicamente adecuados, evitando afectar la vegetación nativa o modificar las condiciones hidrológicas del sitio. **Frecuencia:** Ante factores identificados en el diagnóstico o seguimiento; comprobar cada intervención. **Responsable:** especialista en flora; encargado de residuos; responsable ambiental. **Verificación:** Registro del factor eliminado, destino de residuos y evolución del sector sin daños colaterales.
Acción 4. Rehabilitación ecológica	Compensación mediante rehabilitación ecológica. En los sectores donde el diagnóstico confirme pérdida de cobertura, compactación, erosión u otra alteración susceptible de corrección, se aplicarán acciones compatibles con el tipo y grado de deterioro identificado, privilegiando la eliminación de la causa de perturbación y la recuperación natural del sitio. No se intervendrán sectores conservados únicamente con el propósito de generar una acción de rehabilitación. El enriquecimiento vegetal solamente se realizará cuando resulte técnicamente necesario y utilizará especies nativas propias de la comunidad vegetal identificada. No se realizará plantación indiscriminada de manglar ni se sustituirá vegetación de Petén o vegetación hidrófila por especies correspondientes a otra comunidad. **Frecuencia:** Sólo cuando el diagnóstico justifique intervenir; revisión mensual durante recuperación. **Responsable:** especialista en flora; especialista en hidrología e hidrogeología; responsable ambiental. **Verificación:** Diagnóstico y técnica aplicada; cobertura y condición recuperadas respecto de la línea base.

Elemento	Acción y criterio de verificación
Acción 5. Protección de la conectividad hidrológica	Prevención y seguimiento de la conectividad dentro del programa. Mantener libres de obstrucciones los escurrimientos, depresiones y zonas de intercambio superficial de agua existentes dentro del polígono. No se realizarán bordos, rellenos, canalizaciones ni modificaciones que alteren deliberadamente el nivel, permanencia o dirección del agua. En los sectores próximos a senderos, andadores y estructuras elevadas se verificará particularmente que los apoyos, materiales, residuos o actividades de mantenimiento no generen barreras continuas, represamientos u obstrucciones que reduzcan la circulación del agua bajo o entre las estructuras. No se efectuarán modificaciones hidráulicas destinadas a transformar artificialmente las condiciones del sitio para favorecer el establecimiento de manglar. **Frecuencia:** Durante obras próximas; recorridos mensuales en operación y después de eventos hidrológicos. **Responsable:** especialista en hidrología e hidrogeología; residente de obra; responsable de mantenimiento; responsable ambiental. **Verificación:** Rutas de agua y espacios bajo apoyos libres; comparación con la condición de referencia.
Acción 6. Vigilancia ambiental	Seguimiento y control de la compensación. Incorporar el polígono al recorrido de supervisión ambiental para detectar oportunamente ingresos no autorizados, disposición de residuos, daños a la vegetación, obstrucciones al flujo del agua o cualquier otra incidencia que pueda comprometer su conservación. La vigilancia comprenderá también la verificación de que las superficies con vegetación de manglar permanezcan sin remoción, poda, trasplante, relleno u ocupación directa atribuible al proyecto, así como el control de las actividades realizadas en los tramos de obras ubicados en su proximidad. Cuando se detecte una incidencia atribuible a las actividades del proyecto se identificará su causa y se aplicarán las acciones correctivas que correspondan. **Frecuencia:** Diaria en frentes próximos durante construcción; mensual en operación y ante incidencias. **Responsable:** responsable ambiental; especialista en flora. **Verificación:** Recorridos, reportes y cierre de daños o ingresos; integridad del polígono comprobada.
Acción 7. Seguimiento de la eficacia	Seguimiento de la eficacia de la compensación. Realizar el seguimiento de la cobertura vegetal, estado general de la vegetación, presencia de regeneración natural cuando ésta resulte aplicable, presencia de residuos o factores de deterioro, ocupaciones no previstas y permanencia de las condiciones de conectividad hidrológica. En los sectores rehabilitados, cuando existan, se dará seguimiento adicional a la evolución de la condición que motivó la intervención. Los resultados deberán registrarse mediante fotografías tomadas desde puntos de referencia, formatos de campo y bitácoras de supervisión. **Frecuencia:** Línea base previa; revisión mensual e informe anual propuestos; extraordinaria tras eventos. **Responsable:** especialista en flora; especialista en hidrología e hidrogeología; responsable ambiental. **Verificación:** Indicadores y fotografías comparables; evolución y adicionalidad documentadas respecto de la línea base.
Meta general	Mantener el 100 % de la superficie delimitada como polígono de compensación libre de nuevas obras y actividades incompatibles con su función ambiental; conservar in situ el 100 % de las 0.173 ha de vegetación de manglar identificadas en el predio; y mantener la cobertura vegetal y la conectividad hidrológica funcional del polígono, considerando las variaciones naturales propias ecosistema presente. Cuando el diagnóstico determine la necesidad de rehabilitación, se buscará corregir el factor de deterioro identificado y favorecer la recuperación del sitio.

Elemento	Acción y criterio de verificación
Indicadores	Superficie total delimitada del polígono de compensación (m² y ha); porcentaje del polígono libre de nuevas obras u ocupaciones incompatibles; superficie de manglar conservada respecto de las 0.173 ha identificadas; presencia o ausencia de afectación directa a individuos de manglar; condición de la cobertura vegetal respecto de la línea base; presencia de regeneración natural cuando corresponda; superficie sujeta a rehabilitación, cuando resulte aplicable; presencia o ausencia de residuos y materiales ajenos; presencia o ausencia de obstrucciones atribuibles al proyecto en rutas de circulación del agua; número y tipo de incidencias detectadas; y proporción de incidencias atendidas.
Temporalidad	La delimitación y el diagnóstico se realizarán antes del inicio de las obras ubicadas dentro de la franja de 100 m respecto del manglar. La conservación reforzada y las medidas de protección serán aplicables desde ese momento y se mantendrán durante la construcción y la operación y mantenimiento del proyecto. Las acciones de rehabilitación se ejecutarán únicamente cuando el diagnóstico o seguimiento determinen su procedencia.
Frecuencia de seguimiento	Los recorridos se realizarán conforme al esquema de supervisión ambiental establecido para las obras durante la construcción y, durante la operación, de acuerdo con el calendario del Programa de Vigilancia Ambiental. Se efectuarán además verificaciones extraordinarias cuando se presenten eventos meteorológicos que pudieran modificar las condiciones del polígono o cuando se registre una incidencia con potencial de afectar la vegetación o la conectividad hidrológica.
Medios de verificación	Plano georreferenciado y cuadro de coordenadas del polígono; registro de su superficie; diagnóstico o ficha de línea base; memoria fotográfica; fichas de campo; bitácoras de supervisión; registros de incidencias y atención; informes de seguimiento y, en su caso, evidencia cartográfica, fotográfica y de campo de las acciones de rehabilitación realizadas.
Responsable de ejecución	El promovente, por conducto del responsable de la supervisión ambiental y del personal técnico o especializado que resulte necesario para la ejecución y seguimiento de las acciones.
Criterio de cumplimiento	El seguimiento verificará delimitación y línea base, ausencia de nuevas ocupaciones, conservación del manglar, mantenimiento de conectividad, atención de incidencias y resultados de rehabilitación cuando proceda. La suficiencia de la compensación deberá demostrarse con el beneficio adicional definido para el polígono y las condiciones de la resolución. La ejecución de actividades o el inicio de una corrección no constituyen por sí solos cierre ambiental.
Adicionalidad y presupuesto	Antes de las obras sujetas a la solicitud se integrarán diagnóstico, superficie y coordenadas, situación jurídica del polígono, beneficio adicional esperado, metas por comunidad, calendario, presupuesto, responsable y mantenimiento. Si no se identifica una mejora verificable, se reformulará la propuesta para evaluación sin alterar sectores conservados con el fin de justificar una intervención.

Los resultados derivados de la implementación y seguimiento del programa se integrarán a los informes de cumplimiento ambiental del proyecto, acompañados de la evidencia cartográfica, fotográfica y documental correspondiente, incluyendo el plano georreferenciado y cuadro de coordenadas del polígono, los registros de supervisión, las incidencias detectadas y atendidas y, en su caso, la evidencia de las acciones de rehabilitación ejecutadas. Se aplicará además MA-08 para financiar y sostener la medida y se evaluarán semestralmente la condición vegetal e hídrica y anualmente los resultados. las superposiciones espaciales se contabilizarán separadamente del beneficio adicional al ecosistema presente.

VI. 1.3.1 Restauración de la Cadena trófica en 20 hectáreas de humedal con manglar chaparro en el municipio de Othón P. Blanco.

La propuesta anexa al presente plantea la **restauración de 20 hectáreas de humedal**, ubicadas en el kilómetro 9 de la carretera Cafetal–Mahahual, Quintana Roo, dentro de una superficie de **462.35 hectáreas afectada por un incendio forestal en 2020**, según los antecedentes del documento. Su objetivo es favorecer la regeneración de la vegetación y recuperar interacciones ecológicas mediante la incorporación de manglar, caracol chivita y abejas nativas.

El diagnóstico identifica vegetación dominada por ciperáceas, plantas carbonizadas y escasa presencia de caracoles vivos. Aunque no se registró mangle rojo chaparro dentro del polígono muestreado, el documento reporta su presencia en áreas colindantes y propone establecerlo en sectores seleccionados del humedal.

Los componentes principales de la propuesta de compensación se exponen a continuación.

Reforestación del humedal. Las acciones que se pretenden son producción en vivero y plantación de mangle rojo chaparro (*Rhizophora mangle*), distribuido en agrupaciones conforme a las condiciones del terreno, con una meta de plantación de 10,000 individuos, con una supervivencia objetivo del 80 %, equivalente a 8,000 plantas vivas.

Recuperación del caracol chivita. Producción de *Pomacea flagellata* en cuatro geotanques de la UMA «Reserva Ecológica Otoch Peepen» y liberación después de la plantación y al inicio de las lluvias. Liberar 5,000 ejemplares, equivalentes a 250 individuos por hectárea, con aproximadamente seis meses de edad.

Incorporación de polinizadores. Preparación e instalación de colonias de abejas nativas sin aguijón, de las especies *Trigona fulviventris* y *Frieseomelitta nigra*. Introducir 10 colmenas para favorecer la polinización de la vegetación del área.

La preparación del sitio contempla **desazolve manual de canales existentes**, manejo de vegetación muerta y utilización del material extraído para conformar pequeñas islas de plantación. El diseño se ajustaría en campo a la distribución de la vegetación y las condiciones de inundación.

El programa tiene una duración prevista de **15 meses** y estaría a cargo de la sociedad cooperativa **«Mujeres Produciendo y Conservando»**, vinculada con la UMA mencionada. Incluye monitoreo bimestral, informes de avance y un informe final. La verificación se apoyaría en bitácoras de producción y campo, fotografías, videos, cartografía y evaluaciones de supervivencia.

Como actividades complementarias, se propone instalar una estación meteorológica, colocar tres letreros informativos y elaborar una publicación de divulgación. El componente social contempla participación comunitaria, generación de empleos y fortalecimiento de la producción de plantas y caracoles, con una participación prevista del **80 % de mujeres**. Los beneficios ecológicos descritos constituyen resultados esperados que deberán comprobarse mediante el seguimiento del programa.

Los resultados derivados de la implementación del programa se integrarán a los informes de cumplimiento ambiental del proyecto, acompañados de la evidencia cartográfica, fotográfica y documental correspondiente.

VI. 1.4. Evidencias fotográficas ilustrativas.

Las fotografías siguientes muestran situaciones y medidas aplicadas en otros proyectos. Con fines exclusivamente ilustrativos, a continuación se presenta una secuencia fotográfica de situaciones de impacto y de medidas de prevención, control y mitigación aplicadas en otros proyectos; su finalidad es únicamente mostrar ejemplos prácticos de acciones equivalentes a algunas de las medidas ambientales propuestas en este capítulo. La evidencia propia del proyecto deberá identificar fecha, ubicación, frente y medida verificada.



Contaminación del suelo por fuga de hidrocarburo en maquinaria con falla mecánica.



Protección contra fugas de hidrocarburos de maquinaria estacionada.



Protección de equipos contra fuga de hidrocarburos



Recolección de suelo contaminado por derrame de hidrocarburos para disposición en el almacén temporal de residuos peligrosos



Contaminación de suelo por derrame de concreto durante el colado.



Protección de suelo contra derrames de concreto al momento de colados.



Contaminación de suelo por disposición incorrecta de residuos de mezcla y lavado de ollas.



Habilitado de área para la disposición temporal de residuos de mezcla.



Contaminación por dispersión de residuos sólidos urbanos en los frentes de trabajo.



Instalación de contenedores para la colecta temporal de residuos sólidos urbanos.



Retiro de residuos sólidos urbanos por una empresa autorizada para su manejo y disposición final.



Retiro de residuos sólidos urbanos por una empresa autorizada para su manejo y disposición final.



Área delimitada para la disposición temporal de chatarra.



Retiro de residuos de madera de su sitio de disposición temporal.



Suspensión de partículas de polvo en un camino de terracería por donde se transporta material de construcción.



Aplicación de riegos para reducir la suspensión de partículas de polvo en el aire en los frentes de trabajo y circulación vehicular.



Mantenimiento de fosa séptica temporal por personal de una empresa especializada.



Barrera absorbente a base de musgo y musgo suelto (en la bolsa de plástico), dentro de kit contra derrames.

Figura VI-1. Ilustración de las medidas para aplicación.

VI.2. Impactos ambientales residuales.

Los impactos ambientales residuales corresponden a aquellos efectos adversos que, aun después de aplicar las medidas de prevención, mitigación, control, Rehabilitación-restauración y, cuando resulte procedente, compensaciones establecidas en el presente capítulo, podrán permanecer total o parcialmente debido a la naturaleza de las obras, a la ocupación permanente de determinadas superficies o a la continuidad de ciertas actividades durante la vida útil del proyecto.

Su identificación se realizó a partir de los impactos adversos evaluados en el Capítulo V, considerando el mecanismo que los origina, su duración, reversibilidad, relación con las obras y actividades previstas y las medidas ambientales establecidas para su manejo. En este sentido, no se considera residual todo impacto adverso originalmente identificado, sino únicamente aquella fracción del efecto que razonablemente podrá mantenerse una vez aplicadas las medidas correspondientes.

Para efectos del presente análisis se distinguen: a) modificaciones físicas que permanecerán mientras exista la infraestructura; b) efectos operativos que continuarán mientras se mantenga activa la fuente que los genera; y c) riesgos ambientales cuya probabilidad podrá reducirse mediante medidas preventivas y de control, pero que no podrá eliminarse totalmente mientras continúe el manejo de las sustancias, residuos o corrientes que los originan.

No se efectúa en este apartado una nueva valoración numérica mediante RIAM-M, ya que ello requeriría una evaluación específica posterior a la aplicación de las medidas y sustentada en resultados de seguimiento. Por tanto, se conserva como referencia la valoración efectuada en el Capítulo V y se analiza cualitativamente la fracción residual que podrá permanecer bajo las condiciones previstas para el desarrollo del proyecto.

Los principales impactos ambientales residuales previstos son los siguientes:

VI.2.1. Suelo e infiltración en superficies de ocupación permanente.

Impactos relacionados: FQ-2 y FQ-13

Las actividades de despalme, excavación, conformación, compactación, cimentación y establecimiento de las obras modificarán de manera directa la estructura y propiedades del suelo en las superficies donde exista intervención física. En las áreas utilizadas exclusivamente de manera temporal, el retiro de materiales, descompactación, recuperación del sustrato aprovechable y rehabilitación permitirán favorecer la recuperación de sus condiciones una vez concluidas las obras.

Sin embargo, dicha recuperación no será posible en igual grado dentro de las huellas ocupadas permanentemente por edificaciones, cimentaciones, vialidades, plataformas, instalaciones y demás componentes que mantengan contacto físico con el terreno durante la vida útil del proyecto. En estos sitios permanecerá una modificación localizada de las propiedades del suelo y de su capacidad inmediata para infiltrar y redistribuir el agua.

El carácter residual se restringirá a las superficies efectivamente ocupadas, compactadas o selladas y no deberá extrapolarse a la totalidad de la superficie de aprovechamiento. El proyecto conservará 26.710 ha bajo conservación-rehabilitación, equivalentes al 80.08 % del predio, mientras que aproximadamente 31.986 ha, equivalentes al 95.894 % de la superficie total, conservarán condiciones de permeabilidad mediante áreas naturales, jardines, materiales permeables, espacios libres y superficies asociadas con elementos elevados. Estas cifras representan conceptos distintos y no deberán utilizarse indistintamente como superficie de conservación o superficie de aprovechamiento.

Asimismo, en las estructuras elevadas deberá conservarse la diferencia entre su proyección horizontal y el contacto físico real con el suelo, debido a que la presencia de pilas o pilotes no implica el sellamiento completo de la superficie localizada bajo las plataformas.

Durante la operación, las medidas complementarias para el manejo pluvial —incluyendo el mantenimiento de las superficies permeables, bajantes independientes, puntos de infiltración distribuida y elementos de control de sólidos— contribuirán a conservar la funcionalidad de las superficies no ocupadas y a evitar que la compactación, obstrucción o concentración artificial de los escurrimientos incremente el efecto inicialmente generado.

Permanecerá una modificación localizada y de larga duración de las propiedades del suelo y de la infiltración en las huellas efectivamente transformadas. Su extensión se verificará mediante planos de obra ejecutada y seguimiento del drenaje. La superficie permeable declarada no demuestra por sí sola ausencia de alteración de los flujos superficiales o subterráneos.

El incremento del riesgo de erosión identificado como FQ-1 no se considera un impacto residual independiente, debido a que su expresión estará asociada principalmente con la exposición temporal del terreno durante las obras. Una vez estabilizadas o rehabilitadas las superficies correspondientes, la fuente principal del riesgo disminuirá, mientras que las modificaciones físicas permanentes quedarán representadas por FQ-2 y FQ-13. Si persisten erosión o aportes de sedimentos después de la estabilización, se mantendrá el seguimiento y la corrección hasta controlar la causa y verificar el receptor; no se cerrará la medida por el solo término de la construcción.

VI. 2.2 Abundancia y cobertura vegetal en las huellas de intervención.

Impactos relacionados: BE-1 y BE-2

La ejecución del proyecto requerirá la remoción de vegetación exclusivamente en aquellas superficies donde ésta resulte incompatible con el establecimiento físico de las obras. Las medidas de delimitación de los frentes, protección de vegetación colindante, rescate y reubicación cuando resulte procedente,

conservación de las superficies no intervenidas, utilización de estructuras elevadas y rehabilitación de las áreas temporales permitirán limitar la extensión de este efecto.

No obstante, en las huellas donde exista remoción efectiva de vegetación y posteriormente se establezca infraestructura permanente, la cobertura retirada no podrá recuperarse mientras permanezca la obra; el rescate y reubicación de ejemplares susceptibles de manejo permitirá conservar una parte de los individuos involucrados, pero no equivale a mantener en el mismo sitio la estructura y cobertura de la comunidad vegetal original.

De acuerdo con la distribución evaluada para el proyecto, se conservarán aproximadamente 15.710 ha de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, 2.912 ha de selva baja subperennifolia, 3.744 ha de vegetación hidrófila, 1.057 ha de Petén y la totalidad de las 0.173 ha identificadas con vegetación de manglar. La superficie de 0.003 ha de Petén que coincide espacialmente con el aprovechamiento corresponde a la proyección aérea de una porción del puente y no representa remoción directa de dicha comunidad; de igual manera, las superficies situadas bajo la proyección horizontal de plataformas y demás elementos elevados no deberán contabilizarse automáticamente como pérdida de cobertura, debido a que el contacto físico con el terreno estará concentrado en los puntos ocupados por pilas, pilotes u otros apoyos.

Por lo anterior, permanecerá un impacto residual adverso y localizado correspondiente a la pérdida de individuos y cobertura vegetal únicamente en las superficies donde ocurra remoción efectiva y ocupación permanente.

El proyecto no contempla remoción directa de las 0.173 ha identificadas como manglar. Esta condición de diseño deberá comprobarse en campo e incluir a los individuos dispersos. Se mantendrá vigilancia de raíces, cobertura, hidroperiodo y perturbaciones para detectar afectaciones indirectas, además de aplicar el programa del apartado VI-1.3.

VI. 2.3 Hábitat y utilización del predio por la fauna silvestre.

Impactos relacionados: BE-4, BE-5 y BE-7

Durante la preparación y construcción, la remoción localizada de vegetación, presencia de personal y maquinaria, ruido, tránsito y apertura progresiva de frentes producirán desplazamientos temporales de fauna y cambios en la utilización de determinados sectores del predio; las medidas de revisión previa de los frentes, ahuyentamiento dirigido, rescate cuando resulte necesario, protección de nidos o refugios, control del tránsito, manejo seguro de excavaciones, conservación de la vegetación remanente y mantenimiento de espacios funcionales bajo las estructuras elevadas permitirán reducir la probabilidad de lesiones o mortalidad y favorecerán el desplazamiento de los organismos hacia áreas no intervenidas.

Al concluir las obras disminuirán las fuentes específicamente asociadas con los frentes constructivos, por lo que no se prevé que toda la disminución temporal de abundancia o modificación de movilidad observada durante la preparación y construcción permanezca con la misma intensidad durante la operación.

El componente residual estará relacionado principalmente con la transformación permanente de aquellos sitios donde la vegetación sea sustituida por infraestructura, debido a que en esas huellas disminuirá la disponibilidad del hábitat original y cambiarán las condiciones bajo las cuales determinadas especies utilizaban dichos espacios. La respuesta será diferenciada entre grupos y especies en función de su movilidad, requerimientos ecológicos y tolerancia a la presencia humana y de infraestructura.

Durante la operación, las medidas complementarias para controlar fuentes innecesarias de ruido y mantener las actividades de servicio dentro de las zonas previstas contribuirán a reducir la propagación de

perturbaciones hacia las áreas conservadas; sin embargo, la presencia permanente de infraestructura, usuarios y actividades asociadas al desarrollo determinará que algunos sectores ya no presenten las mismas condiciones de utilización por la fauna que existían antes de la ejecución del proyecto.

El efecto estará espacialmente limitado por la permanencia de 26.710 ha bajo conservación-rehabilitación, la vegetación remanente, las superficies permeables y los espacios existentes bajo las estructuras elevadas. De manera complementaria, los efectos benéficos de la conservación funcional de las superficies permeables y la recuperación y mantenimiento de las condiciones de hábitat para la fauna silvestre favorecerán el mantenimiento de condiciones locales para la movilidad y disponibilidad de hábitat, pero no deberán interpretarse como cancelación de los efectos adversos residuales generados en las huellas permanentemente transformadas.

Se prevé una reducción localizada y de larga duración del hábitat en las huellas transformadas, acompañada de cambios en el uso de sectores próximos a la infraestructura. La permanencia de áreas vegetadas ofrece condiciones para refugio y movilidad; su funcionalidad deberá comprobarse por grupo faunístico, sin inferirla únicamente de la superficie conservada.

VI. 2.4. Calidad paisajística y contraste visual.

Impactos relacionados: SC-1 y SC-3

La modificación del paisaje constituye el componente residual adverso de mayor relevancia relativa del proyecto, debido a que la incorporación de edificaciones, vialidades, estacionamientos, plataformas, albercas, pasarelas, andador-mirador, instalaciones de servicio y demás elementos construidos transformará de manera permanente la configuración visual de los sectores intervenidos.

La expresión del efecto estará relacionada con la altura, volumen, distribución espacial y visibilidad de los componentes arquitectónicos. El componente residencial estará integrado por nueve módulos con una altura máxima de 14 m; las demás edificaciones mantendrán alturas menores, con un máximo general aproximado de 7 m, mientras que las villas turísticas, villas suites, Casa Club y BOH alcanzarán aproximadamente 6 m; teniéndose una superficie techada de aproximadamente 2.06 ha, equivalente al 6.16 % del predio.

Las medidas de integración paisajística, conservación de vegetación, respeto de las alturas evaluadas, manejo de acabados, disminución de superficies reflectantes, ordenamiento de instalaciones exteriores, paisajismo y control de la iluminación permitirán reducir parcialmente la expresión visual de la infraestructura; sin embargo, estas acciones no restituirán la configuración paisajística previa, ya que las edificaciones y demás componentes permanecerán incorporados físicamente al sitio durante la vida útil del proyecto.

La permanencia del 80.08 % del predio bajo conservación-rehabilitación conservará una matriz predominantemente vegetal alrededor y entre diferentes componentes construidos, limitando espacialmente la transformación; no obstante, desde aquellos sectores donde existan líneas de visión hacia las edificaciones permanecerá un contraste perceptible respecto de la condición actual.

En consecuencia, la modificación del paisaje conservará una expresión residual adversa, permanente y perceptible, particularmente en los sectores donde se concentren las edificaciones de mayor altura y volumen; siendo esta condición consistente con la evaluación del Capítulo V, donde ambos impactos

alcanzaron la categoría de negativos significativos (-C), constituyendo los efectos adversos de mayor relevancia relativa identificados mediante RIAM-M.

Los efectos benéficos derivados de la integración paisajística y terminación arquitectónica contribuirán a moderar la percepción de la transformación, pero no deberán interpretarse como restitución de la condición paisajística previa ni como eliminación del impacto residual.

VI.2.5 Presión sobre el agua subterránea por la operación de la POI.

Impacto relacionado: FQ-7

Durante la operación del proyecto, el abastecimiento del proyecto requerirá la producción de agua mediante la Planta de Ósmosis Inversa. Para el escenario evaluado, con una eficiencia del 45% se obtiene un agua producto de 490.12 m^3/d, y un agua de rechazo (salobre) de 599.04 m^3/año de la POI. Para producir el volumen de agua producto se ha considerado una captación de agua salobre de aproximadamente 1,147.59 m^3/día, equivalente a 418,870.35 m^3/año, bajo el escenario de recuperación adoptado.

Las medidas orientadas a operar la POI en función de la demanda efectiva, controlar fugas en las redes, mantener la eficiencia de los equipos, registrar los volúmenes extraídos y reutilizar agua residual tratada en usos no potables permitirán reducir extracciones innecesarias.

El reúso del agua tratada en jardines y limpieza exterior constituirá una acción favorable debido a que sustituirá parcialmente agua producto en actividades que no requieren calidad potable; sin embargo, dicho reúso constituye un flujo interno del balance hídrico y no elimina la extracción de agua salobre necesaria para satisfacer la demanda del desarrollo.

Por tanto, mientras opere la POI existirá una extracción efectiva del sistema subterráneo y su expresión dependerá del volumen realmente bombeado, las horas de operación, la respuesta hidráulica del pozo y del horizonte salobre y las condiciones que finalmente establezca la autoridad competente.

En consecuencia, permanecerá un impacto residual adverso de larga duración sobre la disponibilidad de agua subterránea asociado con la operación del pozo de aprovechamiento. Las medidas establecidas permitirán controlar su magnitud y evitar extracciones innecesarias, pero no podrán eliminar la presión extractiva mientras continúe el abastecimiento mediante la POI.

VI.2.6. Calidad del agua subterránea y concentrado de la POI.

Impacto relacionado: FQ-11

La ósmosis inversa concentrará en el rechazo una parte de los constituyentes del agua de alimentación. En el escenario de este capítulo, 1,147.59 m^3/d; con una eficiencia del 45% alimentación 1,089.16 m^3/d; producto 490.12 m^3/d; concentrado 599.04 m^3/d.
Las medidas establecidas mantendrán el concentrado físicamente separado del agua producto, red sanitaria, efluente tratado, red pluvial y demás corrientes del desarrollo; asimismo, el rechazo será conducido mediante infraestructura propia e independiente de la infraestructura destinada al excedente tratado de la PTAR.

Como configuración de referencia se considera para la POI un pozo de rechazo de aproximadamente -60 m de profundidad, con aislamiento de los primeros 45 m y un intervalo receptor aproximado entre 45 y 60

m, sujeto a la configuración definitiva que resulte del estudio geohidrológico, el proyecto ejecutivo y las condiciones que establezca la autoridad competente.

Mientras continúe la disposición del concentrado se incorporará una corriente con composición distinta de la alimentación al horizonte receptor autorizado. La diferencia respecto del agua del receptor, su transporte y su extensión deberán sustentarse en caracterización hidrogeológica y seguimiento. La segregación de redes y la integridad de los pozos reducen liberaciones no previstas.

Las condiciones del subsuelo identificadas en el predio, incluyendo unidades calcáreas con fracturas y rasgos de disolución y la circulación del agua subterránea hacia la Laguna de Bacalar, justifican mantener el seguimiento asociado con la operación y disposición, utilizando como referencia las condiciones hidrogeológicas del sitio y las variaciones naturales del sistema.

Se reconoce un potencial residual de modificación de la calidad del agua subterránea asociado con la disposición recurrente del concentrado. Su alcance espacial y temporal dependerá de la composición de ambas aguas, el caudal, la conectividad del medio y las condiciones de operación.

VI.2.7 Riesgo contingente de contaminación del suelo.

Impacto relacionado: FQ-3

La operación de la PTAR requerirá el manejo continuo de lodos, reactivos, insumos, residuos de pretratamiento y mantenimiento, además de equipos, tanques y conducciones que podrían constituir fuentes potenciales de derrame o liberación accidental.

El almacenamiento compatible, la contención secundaria, el manejo de lodos, la revisión de conducciones y la respuesta a derrames reducirán la probabilidad de contacto de las sustancias con el suelo. La generación ordinaria de residuos del tratamiento debe distinguirse de la contaminación efectiva, que se produciría ante una liberación o manejo inadecuado.

La primera constituye una condición propia del funcionamiento de la PTAR; la segunda únicamente se produciría ante una fuga, derrame, dispersión o disposición inadecuada. Por esta razón, no se prevé como condición residual la existencia permanente de suelo contaminado. Lo que permanecerá durante la etapa de operación será un riesgo residual contingente, derivado de la necesidad continua de almacenar, manipular y retirar estas corrientes.

Mientras las medidas preventivas, de contención y respuesta funcionen adecuadamente, el riesgo no deberá materializarse como una afectación permanente. En caso de un evento accidental, se controlará la fuente, se recuperará el material liberado y se aplicarán las acciones correctivas necesarias para impedir que la condición se convierta en una fuente persistente de contaminación.

VI.2.8 Consideraciones finales sobre los efectos residuales.

Con base en el análisis anterior, los principales efectos residuales del proyecto estarán asociados con:

a. La modificación física del suelo y de las condiciones locales de infiltración dentro de las huellas de ocupación permanente;
b. La pérdida localizada de individuos y cobertura vegetal exclusivamente en las superficies con remoción efectiva;
c. La disminución localizada de hábitat y los cambios en la utilización de determinados sectores por la fauna silvestre;

d. La modificación permanente de la calidad estético-paisajística y la persistencia del contraste visual;
e. La presión extractiva sobre el agua subterránea mientras opere la POI;
f. El potencial de modificación de la calidad del agua subterránea por la disposición del concentrado de la POI, cuya extensión deberá verificarse mediante estudios y seguimiento; y
g. El riesgo contingente de contaminación del suelo asociado con el manejo operativo de lodos, reactivos, residuos e insumos.

La expresión espacial de estos efectos estará condicionada por la configuración definitiva del proyecto y por la aplicación de las medidas establecidas. La permanencia de 26.710 ha bajo conservación-rehabilitación, equivalentes al 80.08 % del predio, la conservación íntegra de las 0.173 ha de vegetación de manglar, la conservación predominante del Petén y de la vegetación hidrófila, la utilización de estructuras elevadas con apoyos puntuales y el mantenimiento de aproximadamente 31.986 ha con condiciones de permeabilidad contribuirán a limitar la extensión de las modificaciones permanentes.

Entre los impactos residuales identificados, la transformación paisajística permanecerá como el efecto adverso de mayor relevancia relativa, debido a que la infraestructura arquitectónica continuará físicamente incorporada al sitio durante la vida útil del proyecto y no será posible restituir la configuración visual previa mientras ésta permanezca.

Los impactos vinculados con la disponibilidad y calidad del agua subterránea requerirán seguimiento durante la operación, debido a que la captación de agua salobre y la generación y disposición de la corriente de rechazo permanecerán activas mientras opere la POI.

De manera paralela, la PTAR requerirá seguimiento de la calidad, reúso y manejo de su efluente tratado, así como de la infraestructura destinada al excedente que no pueda reutilizarse, manteniéndose completamente independiente del sistema de rechazo de la POI.

La permanencia de efectos residuales refleja modificaciones inherentes al establecimiento y operación del proyecto que no pueden eliminarse totalmente mediante las medidas previstas. El seguimiento deberá impedir que aumenten su magnitud, extensión o duración por fallas de ejecución, mantenimiento o control, y sustentar ajustes cuando los resultados difieran de lo evaluado.

El seguimiento, verificación y documentación establecidos en el presente capítulo permitirán comprobar la aplicación y eficacia de las medidas, identificar oportunamente desviaciones y establecer las acciones correctivas correspondientes, manteniendo la trazabilidad entre las obras y actividades ejecutadas, los impactos evaluados en el Capítulo V y las medidas ambientales previstas para el proyecto.

VI.3 Instrumentación complementaria y condiciones de cumplimiento.

La ejecución de las tablas por etapa se complementa con controles de aceptación, vigilancia del receptor y respuesta a contingencias. Las claves MA identifican medidas adicionales de alcance transversal; las claves MC identifican verificaciones específicas. Sus registros se vincularán con las fichas F01 a F16 para evitar duplicar obligaciones o contabilizar dos veces un mismo resultado.

VI.3.1 Medidas complementarias de aplicación transversal.

Tabla VI-6. Medidas complementarias con aplicación y verificación por etapa.

Clave etapa e impactos relacionados	Medida ambiental
MA-01 Inducción y control de contratistas Preparación, construcción y operación Control transversal de los impactos adversos; seguimiento de EO-1 a EO-3.	Prevención; Seguimiento y control. Antes de ingresar, todo trabajador y proveedor recibirá instrucciones sobre límites, residuos, fauna, ahorro de agua y reporte de incidentes. Las reglas se incorporarán a contratos y al reglamento para usuarios. Se comprobará la procedencia de materiales y la habilitación de servicios; se registrarán empleo y compras locales efectivas sin atribuirles compensación ecológica. Se habilitará un canal de quejas con responsable, plazo según riesgo y cierre documentado. **Frecuencia:** Inducción al ingreso y ante tareas nuevas; refuerzo mensual en obra y trimestral en operación; registro inmediato de incidentes. **Responsable:** Promovente, administración, recursos humanos y responsable ambiental. **Verificación:** 100% del personal activo con inducción; padrón de proveedores, comprobantes, revisión de prácticas y registro de quejas con causa y cierre.
MA-02 Achiques y agua en excavaciones Construcción FQ-1, FQ-10 y FQ-13; complementa F06 y F07.	Prevención; Mitigación. Antes de bombear agua de excavación se determinarán calidad, volumen, tratamiento y destino compatible. No se realizará descarga directa y no controlada hacia la Laguna de Bacalar, vegetación hidrófila, zonas bajas o depresiones naturales, suelo natural o pozos. El especialista evaluará el posible abatimiento local por achique prolongado y su efecto en vegetación y flujos. Las zanjas de servicios se cerrarán por tramos, sin convertirlas en drenajes permanentes de depresiones ni barreras no previstas. Ante arrastre o cambio hídrico atribuible al achique se suspenderá y corregirá el manejo. **Frecuencia:** Antes y durante cada achique; inspección diaria mientras opere y después de lluvias con escurrimiento. **Responsable:** Residente de obra, especialista en hidrología e hidrogeología y responsable ambiental. **Verificación:** Ficha de calidad, volumen, horas de bombeo, conducción y destino; registros de nivel y prueba de restitución del flujo antes del cierre.

Clave etapa e impactos relacionados	Medida ambiental
MA-03 Aceptación ambiental de cada fase Transición de construcción a operación FQ-3, FQ-7, FQ-9 a FQ-14; complementa F07, F12, F14 y F15.	Prevención; Seguimiento y control. Antes de abrir cada fase al uso se probarán hermeticidad y separación de redes, instrumentación, alarmas, respaldo, tratamiento y destinos de corrientes con caudal y carga representativos. La ocupación habilitada quedará limitada por la menor capacidad efectiva de abastecimiento, tratamiento, retención y disposición. Se entregarán planos de obra ejecutada, manuales, capacitación y contratos de contingencia, y se documentará retiro de temporales y Rehabilitación-restauración pendiente. El acta interna de aceptación no sustituirá autorizaciones. **Frecuencia:** Antes de abrir cada fase o ampliar ocupación; repetir tras modificaciones críticas o cambio de capacidad. **Responsable:** Promovente, dirección de obra, operadores de POI y PTAR, mantenimiento y responsable ambiental. **Verificación:** 100% de pruebas críticas aprobadas; balance y capacidad por fase, operadores capacitados y pendientes con responsable y fecha; sin apertura con destino incompleto.
MA-04 Calidad del producto de la POI Operación y mantenimiento FQ-7, FQ-9 y FQ-11; complementa F15.	Prevención; Seguimiento y control. Se validarán pretratamiento, membranas, estabilización y desinfección conforme al diseño y a la calidad requerida para el uso del agua. Se muestrearán salida de planta, cisternas y puntos representativos de red. La baja conductividad no demostrará por sí sola calidad sanitaria. Se bloqueará la entrega de producto no conforme y se aislará el lote o sector, con retención, reproceso compatible o suministro contingente habilitado. El reinicio requerirá calidad verificada, causa corregida y alarmas probadas. **Frecuencia:** Variables críticas durante operación con registro por turno; control sanitario conforme al programa aplicable y MC-03; inmediato ante desviación. **Responsable:** Operador de POI, responsable sanitario, mantenimiento y laboratorio competente. **Verificación:** Resultados identificados por punto y lote, registros de desinfección y conductividad, comprobación de bloqueo y acta de recuperación de calidad antes de distribución.
MA-05 Residuos y sustancias de todo el conjunto Preparación, construcción y operación FQ-3 y FQ-10; complementa F07 y F12.	Prevención; Mitigación. Los controles de separación, contención y destino se aplicarán desde el ingreso de personal y durante el uso de viviendas, servicios, comercios y áreas turísticas. Se separarán orgánicos, valorizables y rechazo, además de aceites, baterías, lámparas, envases y otras corrientes de manejo específico. El centro de acopio tendrá superficies lavables, drenaje controlado y recipientes cerrados contra fauna. Los residuos con requisitos especiales conservarán identificación, compatibilidad y trazabilidad por categoría. **Frecuencia:** Recolección diaria y antes de saturación; revisión por retiro y conciliación mensual. **Responsable:** Contratistas durante obra; administración, encargado de residuos y responsable ambiental durante operación. **Verificación:** Cantidad generada, almacenada y entregada con unidades homogéneas; 100% de retiros respaldados; ausencia de dispersión, lixiviados y acceso de fauna.

Clave etapa e impactos relacionados	Medida ambiental
MA-06 Conservación y convivencia con fauna Operación y mantenimiento BE-1 a BE-8 y SC-1 a SC-4; complementa F03, F04, F10, F11 y F16.	Prevención; Rehabilitación-restauración; Conservación y mantenimiento. Se mantendrán áreas naturales, refugios y pasos sin nuevas ocupaciones, podas para vistas o conversión a césped. Se evaluarán cobertura, regeneración, condición fitosanitaria y plantas reubicadas, diferenciando originales y reposiciones. Las invasoras se controlarán sólo tras identificación y con métodos selectivos; se mantendrá el compromiso de no emplear fertilizantes ni plaguicidas sintéticos y se evaluará también la compatibilidad de productos biológicos. Se regularán mascotas Cuando el reglamento de operación contemple el ingreso de mascotas, se establecerán medidas para evitar su acceso a las áreas de conservación y su interacción con fauna silvestre; además se registrarán atropellamientos, colisiones con cristales y uso de corredores; se corregirán luz, cerramientos o tránsito asociados a incidentes. **Frecuencia:** Recorridos mensuales diurnos y nocturnos; evaluación semestral de parcelas y anual de cobertura; atención inmediata a daños. **Responsable:** Administración, especialistas en flora y fauna, mantenimiento y responsable ambiental. **Verificación:** Parcelas y puntos fijos, esfuerzo de observación comparable, mapas de cobertura y pasos, incidentes con causa y corrección; sin reducción de conservación ni iluminación directa a sitios sensibles.
MA-07 Contingencias y reinicio seguro Preparación, construcción y operación FQ-1, FQ-3, FQ-7, FQ-10 a FQ-13 y componentes bióticos; complementa las medidas correctivas.	Prevención; Mitigación. El plan identificará responsables, comunicaciones, equipos, capacidad de retención y destinos alternativos para derrames, fallas eléctricas o de tratamiento, saturación de receptores, huracán, inundación e incendio. Antes de eventos meteorológicos se asegurarán reactivos y residuos y se protegerán tableros y equipos; se mantendrán pasos libres. En incendio se aplicará el protocolo con personal competente y se contendrá agua de extinción contaminada cuando sea seguro. Se documentarán sitio, causa, volumen o superficie, respuesta y receptor. No se habilitarán desvíos al terreno o laguna. El reinicio requerirá integridad, capacidad y calidad comprobadas. **Frecuencia:** Equipos críticos probados mensualmente según manual; simulacro semestral propuesto; revisión antes y después de tormentas y ante cada incidente. **Responsable:** Promovente o administración, protección civil interna, jefes de frente, operadores y responsable ambiental. **Verificación:** Autonomía con volumen libre real, inventario y pruebas, simulacros, trazabilidad de residuos y aguas de respuesta, criterio de reinicio firmado y comprobado.
MA-08 Financiamiento y permanencia de la Rehabilitación-restauración y compensación Previo a obras vinculadas y durante construcción y operación BE-1 a BE-8 y FQ-13; programa de la Tabla VI-6.	Seguimiento y control de Rehabilitación-restauración y compensación. El promovente formalizará polígono, diagnóstico, metas, calendario, responsables y presupuesto por personal, mantenimiento, análisis y contingencias. Se distinguirá rehabilitación-restauración terrestre de compensación ambiental prevista en el apartado VI.1.5 y se representarán sus superposiciones sin doble contabilización. Se propone seguimiento de establecimiento durante al menos tres años, o el periodo mayor que resulte aplicable; el vencimiento de ese plazo no extingue mantenimiento ni seguimiento de metas pendientes. La adicionalidad se demostrará frente a línea base y escenario sin medida; si no existe mejora verificable se reformulará la propuesta para evaluación. **Frecuencia:** Programa y presupuesto antes de las obras dependientes; revisión semestral de resultados, informe anual y actualización ante desviaciones. **Responsable:** Promovente, administración, responsable ambiental y especialistas en vegetación, Rehabilitación-restauración e hidrología. **Verificación:** Presupuesto y recursos asignados, metas por comunidad, superficie y coordenadas verificadas; comparación de cobertura, perturbaciones y función hídrica con línea base, resultados y correcciones financiados.

VI.3.2 Monitoreo de agua procesos y receptores.

Las frecuencias trimestrales, mensuales y semestrales siguientes son propuestas de seguimiento que se validarán en el PVA con el diseño y el riesgo de cada sistema. Se cumplirán además los métodos, tipos de muestra, parámetros y frecuencias exigibles por destino, permiso, programa sanitario y manual; esta tabla no reduce esas obligaciones. La mayor frecuencia analítica no sustituye la respuesta inmediata a fallas. Los puntos definitivos, el control de calidad y la incertidumbre de medición quedarán documentados antes del arranque.

Tabla VI-7. Verificación específica de corrientes y ambiente receptor.

Punto y medidas vinculadas	Control propuesto y evidencia
MC-01 Captaciones F15-01 a F15-05 y F15-19	Seguimiento y control. Medir caudal y volumen por captación, nivel dinámico y conductividad durante bombeo; obtener nivel estático con reposo comparable. Caracterizar inicialmente salinidad e intervalos y evaluar interferencia cuando existan varias captaciones. **Frecuencia:** Volumen diario; variables durante bombeo; química básica e iones trimestrales el primer año como propuesta. **Responsable:** Operador de POI e hidrogeólogo. **Verificación:** Medidores calibrados, series comparables y cotejo con título y envolvente técnica; reducir bombeo e investigar nivel o salinidad anómalos.
MC-02 Corrientes de POI F15-08 a F15-10 y F15-16 a F15-20	Seguimiento y control. Medir por tren y total alimentación, permeado y concentrado en el mismo periodo; revisar presión diferencial, pH y conductividad. Caracterizar por separado concentrado, retrolavados y limpiezas químicas. **Frecuencia:** Caudal, presión y conductividad durante operación; registro por turno; análisis trimestral inicial del concentrado y tras cambios de insumos o fuente. **Responsable:** Operador de POI y laboratorio competente. **Verificación:** Balance dentro de incertidumbre de medición definida, recuperación real y composición por corriente; investigar diferencias y suspender disposición incompatible.
MC-03 Agua producto MA-04 y F15-14	Seguimiento y control. Comprobar calidad sanitaria en salida, cisterna y red representativa, además de desempeño de estabilización y desinfección. **Frecuencia:** Control operativo diario; microbiología mensual propuesta en arranque, sin reducir la frecuencia exigible por el programa sanitario. **Responsable:** responsable sanitario, operador de POI y laboratorio competente. **Verificación:** Puntos, métodos, resultados y desinfección trazables; agua no conforme bloqueada hasta demostrar corrección.
MC-04 PTAR y nutrientes F12-03, F12-06, F12-07 y F12-12	Seguimiento y control. Registrar caudal externo, pH, temperatura, oxígeno disuelto, sedimentación y biomasa según manual; comprobar carga de materia orgánica, sólidos, nitrógeno y fósforo en entrada y salida. **Frecuencia:** Caudal durante operación; revisión por turno; DBO5, SST y nutrientes mensuales propuestos para seguimiento de carga. **Responsable:** Operador de PTAR, responsable de proceso y laboratorio competente. **Verificación:** Balance sin duplicar retornos internos; estabilidad y remoción verificadas, ajustes documentados de aireación, purga y dosificación.

Punto y medidas vinculadas	Control propuesto y evidencia
MC-05 Efluente y reúso F12-08, F14-02 a F14-04 y F15-07	Seguimiento y control. Muestrear efluente antes de distribuir y en punto terminal representativo. Comprobar calidad por uso, microorganismos, sólidos, materia orgánica, grasas y parámetros de salinidad y nutrientes pertinentes; distinguir siempre reúso de disposición. **Frecuencia:** Desinfección por turno; muestreo reglamentario por destino; sales, N y P mensuales propuestos el primer año. **Responsable:** Operador de PTAR, responsable ambiental y laboratorio competente. **Verificación:** Muestras sin dilución con otras corrientes; calidad apta y volumen medido por destino; suspensión del uso no conforme.
MC-06 Pozos de disposición F14-06 a F14-22 y F15-13 a F15-21	Seguimiento y control. Vigilar individualmente caudal, presión, niveles e integridad del sistema de efluente y del concentrado. Verificar calidad frente al receptor y al permiso correspondiente. **Frecuencia:** Variables hidráulicas durante operación; inspección diaria; análisis según permiso y, como propuesta complementaria, trimestral inicial. **Responsable:** Operadores de PTAR y POI, mantenimiento e hidrogeólogo. **Verificación:** Registro independiente por corriente y pozo; detener alimentación ante falla de integridad, capacidad, presión o calidad; prueba favorable antes del reinicio.
MC-07 Red subterránea F14-21, F14-22 y F15-20	Seguimiento y control. Establecer referencia y puntos de posible influencia con ubicación, profundidad e intervalo definidos. Comparar niveles, conductividad, pH, temperatura, composición iónica, nutrientes y microbiología según rutas de riesgo. **Frecuencia:** Línea base previa que represente secas y lluvias; campañas trimestrales propuestas el primer año y extraordinarias ante anomalías. **Responsable:** Hidrogeólogo, responsable ambiental y laboratorio competente. **Verificación:** Calibración, cadena de custodia y controles de calidad; contraste con referencia, lluvia y operación. Confirmar anomalías y controlar fuente plausible sin esperar al informe periódico.
MC-08 Manglar, Petén, vegetación hidrófila y franja ribereña F03-11, F03-12, F16 y Tabla VI-6	Seguimiento y control. Mantener puntos fijos de nivel e hidroperiodo y referencias vegetales; comparar lluvia y nivel lagunar. Evaluar turbiedad, conductividad, oxígeno, nutrientes y parámetros vinculados al riesgo o incidente en puntos representativos. **Frecuencia:** Inspección mensual y tras lluvias relevantes; calidad trimestral inicial propuesta; condición vegetal e hídrica semestral. **Responsable:** Especialistas en hidrología y flora, responsable ambiental y laboratorio cuando proceda. **Verificación:** Series y fotografías comparables; investigar cambios mayores que la variación de referencia, sin atribuir causalidad a un registro aislado.
MC-09 Suelo con reúso F15-07 y MA-06	Seguimiento y control. Revisar humedad antes de regar y escurrimiento durante aplicación; evaluar conductividad del suelo, condición foliar y carga mensual de nutrientes con concentración y volumen reales. **Frecuencia:** En cada aplicación; carga mensual; suelo y follajes semestrales propuestos y ante síntomas. **Responsable:** Especialista en flora, mantenimiento, operador de PTAR y responsable ambiental. **Verificación:** Polígono, dosis y masa aplicada en unidades homogéneas; suspender ante saturación, acumulación salina o daño y comprobar recuperación antes de reanudar.

Punto y medidas vinculadas	Control propuesto y evidencia
MC-10 Lodos y auxiliares F12-13 a F12-17, F15-16 y F15-17	Seguimiento y control. Medir cantidad por lote y diferenciar lodos, cribados, grasas, filtrados y limpiezas; caracterizar según proceso, insumos, clasificación y destino. **Frecuencia:** Registro por purga, ciclo o retiro; caracterización conforme a destino y ante cambios de insumos o proceso. **Responsable:** Operadores, encargado de residuos y laboratorio competente. **Verificación:** Masa o volumen, caracterización, almacenamiento y comprobantes por corriente; ningún aprovechamiento en suelo ni mezcla sin compatibilidad demostrada.

VI.3.4 Condiciones de avance e indicadores.

El calendario se establece por hitos para mantener los controles durante el tiempo efectivo de cada actividad. La liberación será específica del frente, apoyo, instalación o fase. Los indicadores de ejecución se acompañarán de evidencia de eficacia: un acta, una compra o una fotografía aislada no demostrarán recuperación ambiental. Las metas propuestas de supervivencia y establecimiento se validarán por especie y comunidad, sin contabilizar reposiciones como individuos originales.

Tabla VI-8. Condiciones de avance y comprobación de resultados.

Momento	Medidas y productos	Condición e indicador
Antes de movilizar y abrir frentes	Delimitación, línea base, censo y rescates, saneamiento, residuos, inducción y controles de sedimentos: F01–F05, MA-01 y MA-05.	Acta por frente y 100% de controles disponibles. Indicadores: frentes liberados/activos × 100; superficie fuera de huella = 0 m^2.
Antes de cimentar	Expediente CU-16, cotas en un datum, estudio geotécnico, memoria de cargas y continuidad superficial y subterránea; F06-04 y F06-05.	100% de apoyos y edificios aplicables con diseño y liberación sustentados; suspensión ante cavidad o pérdida de fluido no resuelta.
Antes de perforar y poner pozos en uso	Memoria conciliada de Tabla VI-7, planos, permisos, caracterización, sellos y pruebas; F07-12 a F07-24 y MC-01/MC-06/MC-07.	Expediente de cada pozo y receptor aceptado; puntos de vigilancia instalados y línea base suficiente antes de operar.
Antes de abrir cada fase	MA-03, MA-04 y MA-07: calidad, redes, capacidad por ocupación, retención, respaldo y destino.	100% de pruebas críticas aprobadas; volumen de retención realmente disponible y ausencia de conexiones cruzadas. No abrir con pendientes críticos.
Durante obra y operación	Inspecciones de cada ficha y MC-01 a MC-10; supervisión y acciones correctivas.	Revisión semanal de pendientes en obra y mensual en operación. Medir residuos acreditados/retirados, dispositivos funcionales/inspeccionados y cierres con eficacia/total de incidencias; no cerrar sólo por iniciar una reparación.
Rehabilitación-restauración y compensación	F03-17, F05-07, F06-09, MA-06, MA-08 y Tabla VI-6.	100% del área comprometida atendida y resultados verificados. Supervivencia original por lote separada de reposiciones; cobertura y función hídrica frente a referencia; beneficio adicional y mantenimiento financiado.

Momento	Medidas y productos	Condición e indicador
Cambio sustantivo o cierre anticipado	Revisar superficie, ocupación, capacidad, método, receptor y efectos en los capítulos relacionados. Para cierre, definir retiro, residuos, estabilización, pozos y Rehabilitación-restauración.	Programa y trámites que correspondan antes del cambio; responsabilidades y seguimiento definidos. El cese de actividades no permite dejar equipos, residuos o pozos sin atención.

Los informes internos mensuales reunirán avance por clave, indicadores, resultados analíticos, residuos, incidencias y pendientes, con identificación de responsables, acciones de atención y plazos. La entrega oficial seguirá la periodicidad que establezca la resolución correspondiente. Las incidencias críticas se atenderán de inmediato; las restantes tendrán plazo según riesgo, revisión semanal en obra y mensual en operación. El cierre exigirá causa controlada, acción ejecutada, condición restituida y ausencia de recurrencia cuando corresponda.

VII. Pronósticos Ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas

VII.1 Pronóstico del escenario

El pronóstico relaciona las obras descritas en el Capítulo II, la vinculación territorial y jurídica del Capítulo III, el diagnóstico ambiental del Capítulo IV, la evaluación de impactos del Capítulo V y las medidas del Capítulo VI. Su propósito es explicar cómo podrían evolucionar los componentes ambientales y cuáles condiciones deberán mantenerse para que los efectos del desarrollo correspondan con los evaluados.

El predio presenta una cobertura ambiental heterogénea integrada por vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, selva baja subperennifolia, vegetación hidrófila, vegetación de petén y manglar, además de superficies sin vegetación aparente, cuerpo de agua y áreas asociadas con usos preexistentes. Estas coberturas se distribuyen en condiciones topográficas e hidrológicas diferenciadas, de manera que la relevancia ambiental de cada sector no depende únicamente de la superficie que ocupa, sino también de su relación con la infiltración, el escurrimiento, la inundación temporal, la movilidad de la fauna y la continuidad de los procesos ecológicos del predio.

Las condiciones hidrológicas adquieren especial relevancia debido al gradiente general del terreno hacia el oriente, la presencia de las microcuencas identificadas dentro del predio y la circulación subterránea hacia la Laguna de Bacalar; por ello, el análisis de escenarios considerará tanto las modificaciones derivadas de la ocupación física de las superficies como la permanencia de las funciones de infiltración, conducción y almacenamiento temporal del agua en las áreas que conservarán dichas características.

De manera similar, la evaluación del componente biótico distinguirá entre las superficies donde se producirá remoción efectiva de vegetación y aquellas donde la infraestructura tendrá únicamente proyección aérea o contacto puntual mediante pilas o pilotes. La superficie de aprovechamiento no se interpretará automáticamente como superficie de desmonte, debido a que dentro de ella existen formas de ocupación con diferente grado de interacción con el terreno y la cobertura vegetal; establece que permanecerán 26.710 ha bajo conservación-rehabilitación, equivalentes al 80.08 % del predio, incluyendo la totalidad de las 0.173 ha de vegetación de manglar, 1.057 ha de Petén y 3.744 ha de vegetación hidrófila.

Asimismo, durante la operación el pronóstico deberá considerar conjuntamente el abastecimiento de agua, el funcionamiento independiente de la POI y la PTAR, el tratamiento y reúso de las aguas residuales, el manejo del excedente tratado de la PTAR, la disposición de la corriente de rechazo de la POI, el mantenimiento de las superficies permeables, el manejo distribuido del agua pluvial, la generación y manejo de residuos, el ruido asociado con equipos y actividades y la permanencia de las edificaciones dentro del paisaje.

Para efectos del análisis se considerarán cuatro escenarios:

a. Escenario ambiental actual; que representa la condición de referencia del predio previa a la ejecución del proyecto;

b. Escenario sin proyecto, que representa la evolución razonablemente esperable del predio en ausencia de las obras y actividades del proyecto, considerando tanto los procesos naturales como las presiones externas que efectivamente pudieran presentarse;

c. Escenario con proyecto sin aplicación eficaz de las medidas ambientales, utilizado exclusivamente como escenario analítico de contraste para identificar cómo podrían incrementarse la magnitud, extensión, duración o probabilidad de los impactos si las medidas establecidas no fueran aplicadas o no resultaran funcionales; y

d. Escenario con proyecto y aplicación de las medidas ambientales, correspondiente a la ejecución del proyecto conforme a las obras, superficies, procedimientos y condiciones evaluadas, acompañado de las medidas establecidas en el Capítulo VI y de las condicionantes que, en su caso, determine la autoridad ambiental.

La comparación entre estos escenarios permitirá identificar las diferencias esperadas en la evolución del suelo, agua, vegetación, fauna, paisaje y componentes socioeconómicos, así como reconocer cuáles modificaciones podrán ser prevenidas o reducidas, cuáles requerirán seguimiento permanente y cuáles permanecerán como impactos residuales durante la vida útil del proyecto.

El escenario con proyecto y medidas no será interpretado como una condición de ausencia de impactos ni necesariamente como una condición ambiental superior al escenario sin proyecto; su análisis tendrá como finalidad determinar si las modificaciones atribuibles al proyecto podrán mantenerse dentro del ámbito espacial y funcional evaluado, evitando su expansión hacia áreas no previstas y conservando los componentes y procesos cuya permanencia resulta relevante para la funcionalidad ambiental del predio

VII.1.1 Escenario ambiental actual

El escenario ambiental actual representa la condición de referencia del predio previa a la ejecución de las obras y actividades del proyecto. Su función dentro del pronóstico consiste en establecer las características ambientales respecto de las cuales podrán reconocerse posteriormente las modificaciones atribuibles al proyecto, por lo que su descripción se concentra en los componentes y procesos directamente relacionados con los impactos identificados en el Capítulo V.

El predio presenta una cobertura heterogénea en la que domina la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, con aproximadamente 21.336 ha, equivalentes al 63.966 % de su superficie; también se encuentran 3.369 ha de selva baja subperennifolia, 3.989 ha de vegetación hidrófila, 1.060 ha de Petén y 0.173 ha de vegetación de manglar, además de superficies sin vegetación aparente, cuerpo de agua y sectores asociados con usos preexistentes; la distribución de estas coberturas no es homogénea: la vegetación secundaria de selva ocupa principalmente los sectores interiores, mientras que hacia la porción oriental se concentran la vegetación hidrófila, el Petén, el manglar y las superficies vinculadas con las condiciones de mayor humedad y proximidad a la Laguna de Bacalar.

La condición actual del predio tampoco corresponde a un espacio completamente carente de intervención humana ya que durante los trabajos de campo se identificaron elementos preexistentes asociados con el uso histórico de la antigua parcela ejidal, entre ellos una cabaña rural y una brecha o acceso antiguo que atraviesa el predio en sentido general oeste-este; estas preexistencias forman parte de la condición de referencia y deberán distinguirse de las modificaciones que, en su caso, sean atribuibles al proyecto.
La topografía constituye uno de los principales elementos que explican el funcionamiento hidrológico actual; esto es, el terreno presenta una transición general desde el sector occidental, relativamente más elevado, hacia la planicie baja y el sector ribereño oriental; esta pendiente general se combina con depresiones interiores y sectores donde el agua puede concentrarse temporalmente.

El análisis hidrológico reconoce cuatro microcuencas dentro del predio: M1, localizada hacia el extremo oriental; M2, asociada con la transición hacia la zona baja; M3, que contiene una depresión interior de almacenamiento; y M4, localizada hacia el oeste, donde también se identifica una depresión interna; estas condiciones determinan que la precipitación no se desplace de manera uniforme a través del predio ya que parte del agua se infiltrará en las superficies permeables, otra podrá almacenarse temporalmente en depresiones naturales y los excedentes continuarán su desplazamiento conforme al relieve hacia las zonas de menor elevación y el sistema lagunar. Asimismo, el estudio geohidrológico identifica una dirección preferencial del flujo subterráneo hacia la Laguna de Bacalar, por lo que los procesos superficiales y subterráneos deberán entenderse de manera conjunta al interpretar la funcionalidad hídrica del sitio.

El componente florístico presenta una estructura asociada con las distintas comunidades vegetales reconocidas en el predio; entre las especies de particular interés ambiental se encuentran *Thrinax radiata*, *Conocarpus erectus* y *Rhizophora mangle*, incluidas en categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. La vegetación cumple además funciones de cobertura, regulación microambiental, retención del suelo, disponibilidad de refugio y provisión de recursos para la fauna; por esta razón, la condición actual no debe describirse únicamente mediante la superficie de cada comunidad, sino también por las funciones que éstas desempeñan y por su continuidad espacial dentro del predio.

Los muestreos realizados registraron una riqueza de 79 especies de fauna silvestre, integrada por 45 especies de aves, 12 de mamíferos, 12 de reptiles y 10 de anfibios; asimismo, se identificaron especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, lo que incrementa la relevancia del seguimiento de los frentes donde pudiera existir coincidencia con refugios, sitios de desplazamiento o microhábitats utilizados por estas especies.
El paisaje actual mantiene una expresión predominantemente natural, determinada principalmente por la continuidad de la vegetación y por la presencia de los ambientes húmedos y del frente lagunar.

De manera integral, el escenario ambiental actual se caracteriza por la coexistencia de una matriz vegetal dominante, sectores con diferente grado de intervención previa, una microtopografía que controla la infiltración, almacenamiento temporal y desplazamiento del agua, comunidades asociadas con condiciones de humedad diferenciadas, fauna silvestre que utiliza distintos recursos del predio y una expresión paisajística todavía predominantemente natural.

VII.1.2 Escenario sin proyecto.

La alternativa representa la evolución razonablemente esperable del predio en ausencia de las obras y actividades propuestas para el proyecto. Su análisis parte de la condición ambiental actual descrita en el numeral anterior y considera tanto la continuidad de los procesos naturales como la posibilidad de cambios derivados de factores externos.

La cobertura vegetal existente permanecería inicialmente bajo las condiciones actuales de distribución, por lo que, en ausencia de nuevas perturbaciones dentro del predio, las comunidades de vegetación secundaria podrían continuar procesos de regeneración y sucesión cuya velocidad y trayectoria dependerían de la disponibilidad de suelo, humedad, propagación de especies y demás condiciones ecológicas presentes. Las áreas actualmente ocupadas por vegetación hidrófila, Petén y manglar continuarían sujetas principalmente a las variaciones hidrológicas y ecológicas propias del sitio.

La permanencia del predio sin el desarrollo del proyecto conservaría inicialmente una mayor superficie bajo las condiciones actuales y permitiría la continuidad de los procesos de regeneración natural donde éstos sean posibles; sin embargo, la creciente interacción del predio con el entorno transformado podría favorecer, de manera progresiva, presiones como el ingreso de personas, apertura o utilización de accesos informales, tránsito sobre superficies naturales, extracción ocasional de material vegetal, disposición irregular de residuos u otras formas de perturbación asociadas con una mayor presencia humana en el corredor. Estas presiones no se plantean como hechos aislados o inevitables, sino como una trayectoria ambientalmente plausible derivada de la tendencia territorial documentada en el área de influencia.

El predio permanecería expuesto a variaciones naturales y a las presiones territoriales del corredor de la Carretera Federal 307 y del entorno de Bacalar. El crecimiento habitacional y turístico, tránsito, iluminación y necesidades de servicios pueden modificar sus condiciones de borde.

Desde el componente socioeconómico, la no ejecución implicaría que no se generarían los efectos benéficos directamente asociados el proyecto relativos a oportunidades de empleo, derrama económica por adquisición de bienes, insumos, equipos y contratación de servicios, ni el incremento de la oferta de servicios turísticos, residenciales, comerciales.

Esta condición resulta ambientalmente favorable, sin embargo, no permite asegurar que el predio permanecerá invariable durante toda la vida, debido a la variabilidad natural y a la posible influencia de factores externos.

VII.1.3 Escenario con proyecto sin medidas ambientales.

Este escenario representa, únicamente para efectos comparativos, la ejecución del proyecto con la misma configuración, obras, superficies e infraestructura evaluadas, pero sin la aplicación de las medidas de prevención, mitigación, control, restauración, compensación y seguimiento previstas en el Capítulo VI. Por tanto, no supone un proyecto diferente, sino la evolución ambiental que podría presentarse si las actividades se desarrollaran sin los mecanismos establecidos para contener y controlar sus efectos.

Este escenario mantiene las obras, dimensiones y sistemas previstos, pero analiza la ausencia o falla de las medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación y seguimiento. Su función es identificar los mecanismos por los cuales una afectación localizada podría extenderse o persistir. No constituye una opción de ejecución propuesta.

Durante la preparación y construcción, una delimitación insuficiente facilitaría el tránsito, acopio y ocupación fuera de las huellas necesarias. Se incrementaría la posibilidad de compactación, exposición del suelo, daño a vegetación remanente, arrastre de sedimentos y prolongación de las perturbaciones. Las áreas designadas para conservación podrían conservar su nombre en planos y perder funcionalidad por usos temporales no controlados.

Las estructuras elevadas no asegurarían, por sí solas, el libre paso del agua o fauna. Rellenos, residuos, materiales y cierres bajo las plataformas podrían obstruir trayectorias de escurrimiento, alterar almacenamiento en depresiones y dificultar el desplazamiento de organismos. La remoción y el ruido sin supervisión aumentarían la exposición de fauna de baja movilidad y de ejemplares ubicados en refugios próximos a las obras.

Durante la operación, la presencia de una planta de ósmosis inversa (POI) y una PTAR no garantizaría su desempeño continuo. La ausencia de medición, mantenimiento, control de calidad y capacidad de

respuesta podría generar fugas, pérdidas de eficiencia, reúso de efluente fuera de especificación o disposición inadecuada. La corriente concentrada de la POI y el excedente tratado de la PTAR seguirían requiriendo manejo diferenciado.

La falta de manejo de residuos, sustancias y lodos incrementaría el riesgo de derrames y afectación del suelo o agua. Una iluminación inadecuada y el uso no regulado de áreas naturales mantendrían perturbaciones durante la operación. El deterioro de la vegetación de borde haría más perceptibles las edificaciones y aumentaría el contraste del paisaje.

El resultado sería una menor capacidad para mantener las transformaciones dentro de las huellas y mecanismos evaluados. Las medidas y el seguimiento son, por tanto, componentes necesarios del escenario propuesto; su eficacia se deberá demostrar mediante resultados y correcciones, además del registro de actividades realizadas.

VII.1.5 Escenario con proyecto y aplicación de medidas ambientales.

El escenario con proyecto y aplicación de las medidas ambientales representa la condición futura esperada del predio una vez que el proyecto sea desarrollado conforme a la configuración evaluada y las acciones de prevención, mitigación, control, restauración, compensación y seguimiento establecidas en la presente MIA-P formen parte de su preparación, construcción, operación y mantenimiento.

Con la aplicación de medidas, el predio evolucionaría hacia una configuración mixta de áreas construidas, apoyos puntuales, superficies permeables modificadas y áreas naturales bajo conservación-rehabilitación. La ocupación no sería homogénea en las 33.355 ha. Persistirían cambios en las huellas permanentes y en la percepción del paisaje, mientras que las áreas restantes deberían conservar funciones ecológicas e hidrológicas verificables.

Para interpretar esta configuración se distinguen la superficie de aprovechamiento, la remoción efectiva de vegetación, el contacto físico con el terreno, la impermeabilización y la conservación. Las áreas bajo una estructura elevada pueden mantener suelo permeable y, a la vez, experimentar sombreado, cambios en la distribución de lluvia, perturbación constructiva o limitaciones para la vegetación.

Tabla VII-1. Control de superficies y alcance de los indicadores del diseño

Concepto	Superficie (ha)
Superficie del predio	33.355
Aprovechamiento	6.645
Conservación-rehabilitación	26.71

El proyecto solo pretende el aprovechamiento de 6.645 ha contempla aproximadamente 31.986 ha bajo condiciones de permeabilidad, equivalentes al 95.894 % dentro de las que se encuentran las áreas de bajo conservación-rehabilitación con 26.71 ha equivalente al 80.08% del predio; los que cuentan con vegetación natural, jardines nativos, elementos con materiales permeables y espacios asociados con estructuras elevadas donde su importancia ambiental radicará en evitar una ocupación impermeable continua y en permitir que una proporción mayoritaria de la precipitación continúe relacionándose directamente al flujo hidrológico del sistema.

De esta forma, el funcionamiento hidrológico del predio continuará determinado por su relieve, la distribución de las depresiones naturales, las zonas bajas y la dirección general del flujo hacia el oriente. La presencia del proyecto modificará localmente las condiciones de infiltración y desplazamiento del agua en las superficies intervenidas, pero la permanencia de áreas permeables distribuidas y de espacios libres a nivel del terreno permitirá que la precipitación continúe infiltrándose y desplazándose de manera predominantemente difusa hacia las zonas de menor elevación.

La utilización de estructuras elevadas y apoyos puntuales adquiere especial importancia en esta configuración, ya que permite diferenciar entre la proyección horizontal de una obra y su contacto físico efectivo con el terreno; en consecuencia, la presencia de plataformas, pasarelas y otros componentes elevados no deberá traducirse automáticamente en una superficie continua de sellamiento, lo que contribuirá a mantener espacios donde continúen operando la infiltración, el desplazamiento superficial del agua y parte de las funciones ecológicas asociadas con el suelo y la vegetación remanente.
En términos hidrológicos, esta condición será particularmente relevante para evitar que las modificaciones puntuales evolucionen hacia una alteración generalizada de los patrones de escurrimiento, infiltración o almacenamiento temporal reconocidos para el sitio.

En cuanto a la vegetación y la fauna; la protección física de las áreas excluidas de intervención, el rescate de ejemplares cuando proceda y la rehabilitación de áreas temporales reducirán pérdidas evitables. La remoción efectiva ocasionará pérdida de individuos y cobertura en las superficies incompatibles con la obra. El rescate, los jardines y la reforestación aportan funciones de manejo y recuperación de áreas desprovistas de vegetación.
El diseño reporta conservación in situ de las 0.173 ha de manglar y permanencia predominante del petén y vegetación hidrófila. Para el puente cuya proyección coincide con 0.003 ha de petén, se verificará que los apoyos y procedimientos constructivos no introduzcan una afectación directa diferente de la evaluada, y se vigilarán los posibles efectos de sombreado y mantenimiento.

La fauna responderá de manera distinta según movilidad y requerimientos. Durante la construcción cabe esperar desplazamientos temporales y reducción del uso de frentes activos; durante la operación persistirán cambios asociados con presencia humana, iluminación y pérdida localizada de hábitat. La conservación de sectores conectados, regulación de accesos y control de luz y ruido favorecerán el mantenimiento de espacios utilizables.

La revisión previa a cada frente, los registros de incidentes y los muestreos comparables en áreas de conservación permitirán valorar su utilización.

En consecuencia, el escenario futuro no representará la sustitución de un entorno vegetal por uno edificado continuo; sino que la condición resultante será la coexistencia de infraestructura y vegetación, con pérdidas permanentes localizadas en las huellas de desplante y un entorno natural que continuará ocupando la mayor proporción del predio y en la que se producirá una redistribución de individuos hacia sectores con mayor cobertura y menor presencia humana, particularmente durante la preparación del sitio y la construcción.

Una vez concluida la etapa constructiva desaparecerán las fuentes temporales de perturbación asociadas con maquinaria pesada, excavaciones, movimiento intensivo de materiales y apertura de frentes, mientras que durante la operación permanecerán otras presiones relacionadas con presencia humana, circulación interna, iluminación, mantenimiento e infraestructura.

Respecto al agua subterránea y sistemas de tratamiento. El abastecimiento mediante ósmosis inversa mantendrá una extracción efectiva de agua salobre y generará una corriente concentrada. La PTAR tratará las aguas residuales domésticas para su reúso compatible y el manejo del excedente. El escenario requiere mantener la separación funcional y documental entre agua de alimentación, agua producto, rechazo de la POI, influente sanitario, efluente tratado, reúso y disposición final.

El tratamiento terciario y el reúso pueden reducir cargas contaminantes y sustituir parte del consumo de agua producto en usos compatibles. Su beneficio depende de la calidad obtenida, la demanda efectiva y la operación continua. El almacenamiento para emergencias no representa un consumo diario constante, y el riego en temporada seca no justifica aplicar efluente cuando el suelo se encuentre saturado o no exista demanda. La aplicación deberá evitar escurrimientos y cargas de nutrientes incompatibles con las áreas receptoras.

Las corrientes de rechazo y de limpieza de la POI requieren caracterización y manejo específico. La inyección o disposición subterránea no equivale a desaparición del efluente ni garantiza confinamiento por su profundidad. La evaluación del receptor debe considerar estratigrafía, integridad del pozo, calidad del agua, presiones de operación y posibles conexiones.

La captación, el tratamiento, el reúso y la disposición se comprobarán mediante medición de caudales, balance de agua y resultados analíticos. La capacidad de almacenamiento y respuesta deberá permitir manejar interrupciones o efluentes fuera de especificación. El sistema no podrá sostener el pronóstico favorable si su continuidad depende de descargas no controladas durante fallas.

El cambio paisajístico será permanente durante la vida útil del desarrollo. Las áreas vegetadas, el tratamiento de bordes, materiales y control de iluminación podrán moderar la percepción, pero las edificaciones seguirán presentes. Los impactos SC-1 y SC-3 conservarán su relevancia relativa; su seguimiento debe incluir puntos fotográficos fijos desde los que las obras resulten perceptibles y no limitarse al mantenimiento de jardines.

La generación de residuos y lodos continuará durante la operación. Con almacenamiento adecuado, separación, retiro y trazabilidad de destinos. Se mantendrá el programa de vigilancia ambiental para respuesta ante incidentes.

Los empleos, adquisiciones y servicios asociados con el desarrollo se manifestarán como beneficios socioeconómicos. Asimismo, la conservación prevista dentro del diseño es una condición para limitar afectaciones; sólo se reconocerán mejoras ambientales adicionales cuando exista evidencia de recuperación respecto de la línea base.

VII.1.6 Escenario ambiental modificado e impactos residuales

El escenario modificado resultará de la coexistencia de transformaciones permanentes, perturbaciones temporales y funciones naturales que deberán mantenerse. La Tabla VII-4 sintetiza las diferencias entre escenarios; la Tabla VII-2 identifica los mecanismos que pueden persistir aun con medidas y la evidencia necesaria para vigilar su evolución.

Tabla VII-2. Escenario ambiental modificado e impactos residuales

Componente	Sin proyecto	Con proyecto sin medidas	Con proyecto y con medidas
Suelo	Se evitan las huellas y compactación.	Mayor exposición a ocupación adicional, erosión y compactación.	Huellas delimitadas y rehabilitación de áreas temporales; cambios permanentes localizados.
Agua superficial	Permanece el relieve sin interferencias de las obras.	Riesgo de obstrucción de pasos y alteración de depresiones.	Conservación de rutas y almacenamiento natural, y escurrimiento pluvial.
Agua subterránea	No hay captación ni corrientes residuales atribuibles al proyecto.	Mayor probabilidad de fugas, disposición deficiente y detección tardía.	Operación medida y controlada; persisten extracción y manejo de efluentes.
Vegetación	Se conserva inicialmente la cobertura actual; posible regeneración.	Pérdidas evitables y daño indirecto en áreas excluidas.	Protección de remanentes y comunidades sensibles; pérdida donde exista remoción.
Fauna	Se mantiene la configuración del hábitat sin perturbación adicional del proyecto.	Mayor exposición a daño, desplazamiento y barreras.	Protección de frentes y conectividad; permanece reducción localizada de hábitat.
Paisaje	No se incorporan los volúmenes previstos.	Contraste visual más intenso por deterioro de bordes y falta de control.	Integración parcial con vegetación; transformación visual permanente.
Residuos aire y ruido	No se generan las fuentes propias del desarrollo.	Riesgo de dispersión, manejo deficiente y molestias prolongadas.	Manejo y mantenimiento reducen emisiones y riesgos; permanecen fuentes operativas.
Medio social y económico	No se generan empleos y servicios específicos del proyecto.	Beneficios posibles junto con costos por fallas e incidentes.	Empleo y servicios, sujetos a gestión ambiental y operación sostenida.

Por tanto, el escenario futuro deberá entenderse como una transformación espacialmente localizada dentro de un entorno ambiental mayoritario que conservará funciones naturales relevantes, y no como la sustitución integral del sistema ambiental presente en el predio.

Tabla VII-2. Efectos residuales y condiciones para contener su evolución

Efecto o presión	Permanencia y ámbito	Verificación determinante
Modificación del suelo	Persistente en huellas permanentes; recuperación parcial en áreas temporales.	Comparación de huellas ejecutadas con planos y evidencia de rehabilitación.
Pérdida de vegetación y hábitat	Persistente donde exista remoción u ocupación incompatible con su función.	Superficie realmente removida y condición de las comunidades remanentes.
Cambio del uso del espacio por fauna	Variable durante obras; puede persistir durante operación.	Registros comparables, incidentes, continuidad de pasos y presión humana.
Modificación del paisaje	Permanente durante la presencia de las edificaciones.	Fotografías, conservación de bordes y control de iluminación.
Extracción de agua subterránea	Recurrente durante operación, según demanda y eficiencia.	Volúmenes medidos, niveles y tendencias de calidad del agua.
Disposición de concentrado y excedente tratado	Recurrente, con alcance dependiente del receptor y desempeño.	Calidad y volumen de cada corriente; integridad de infraestructura y respuesta del receptor.
Riesgos de falla derrames e inundación	Contingentes; no equivalen a contaminación permanente comprobada.	Incidentes, capacidad de respuesta, corrección y verificación posterior.

La comparación permite prever que los controles pueden reducir la probabilidad de que impactos localizados se extiendan hacia áreas no previstas o se prolonguen innecesariamente. No permite afirmar que todos los efectos quedarán contenidos dentro del predio, especialmente los asociados con agua subterránea y percepción del paisaje. La extensión efectiva deberá contrastarse con los resultados del seguimiento.

Las presiones externas y las generadas por el proyecto pueden coincidir en el uso del territorio, pérdida de hábitat, captación de agua, calidad del medio receptor y paisaje ribereño. Se deberán reconocer tendencias y posibles fuentes concurrentes, sin atribuir automáticamente al proyecto toda variación ni descartar su contribución por la existencia de otras fuentes.

La confianza del pronóstico depende de la eficacia de las medidas, el comportamiento hidrológico estacional y el desempeño continuo de la infraestructura; la respuesta ecológica se atenderá con seguimiento y revisión del diseño cuando proceda.

VII.2 Evaluación de alternativas

La evaluación de alternativas para el proyecto se realiza a partir de las opciones que cuentan con sustento dentro de la información técnica disponible y de las decisiones de localización, distribución y diseño que integran la configuración sometida a evaluación. Asimismo, el escenario con proyecto sin aplicación de medidas ambientales analizado en el numeral anterior no constituye una alternativa de ejecución se mantiene como contraste analítico. La no ejecución evita los efectos directos del desarrollo y es la referencia ambiental de comparación.

VII.3 Conclusión.

El análisis de los escenarios y de las alternativas permite concluir que la cuestión ambiental determinante para el proyecto no radica en evitar toda modificación del predio, condición incompatible con la naturaleza misma del proyecto, sino en establecer si las transformaciones previstas pueden mantenerse dentro de límites espaciales y funcionales definidos sin provocar una pérdida progresiva de los procesos ambientales que sustentan al sitio.

Los resultados obtenidos muestran que los efectos del proyecto tendrán distinta permanencia y relevancia. Una parte importante de las alteraciones asociadas con la preparación y construcción será temporal y podrá disminuir al concluir los frentes de obra; otras modificaciones serán inherentes a la presencia permanente de la infraestructura y, por tanto, persistirán durante la vida útil del desarrollo; entre estas últimas, la transformación del paisaje constituye el efecto adverso de mayor relevancia relativa, mientras que durante la operación el manejo del agua subterránea representa el aspecto que requerirá mayor continuidad de control y seguimiento. La evaluación no identificó impactos clasificados en la categoría adversa de mayor magnitud de la metodología aplicada.

Desde el punto de vista ecológico, el aspecto fundamental será que la ocupación del proyecto no interrumpa la funcionalidad de las superficies que permanecerán fuera de las huellas permanentes; esto porque su importancia no dependerá únicamente de conservar físicamente dichas áreas, sino de que continúen participando en la infiltración y circulación del agua, mantengan cobertura vegetal, permitan la

utilización del predio por la fauna y conserven las relaciones existentes entre los sectores húmedos y las comunidades ambientalmente sensibles.

En consecuencia, la permanencia de impactos residuales no constituye por sí misma un elemento que determine la inviabilidad ambiental del proyecto; lo relevante será que éstos correspondan a los mecanismos y ámbitos evaluados, permanezcan espacialmente contenidos y no evolucionen hacia procesos de afectación de mayor extensión o intensidad. Esta condición es particularmente importante para las modificaciones permanentes del suelo y la vegetación, la reducción localizada del hábitat, el paisaje y las presiones asociadas con la operación de la infraestructura hídrica.

El análisis efectuado también permite establecer que la configuración ambiental del proyecto dependerá de mantener, durante toda su vida útil, la congruencia entre el proyecto autorizado y el realmente ejecutado. La ampliación no evaluada de huellas de ocupación, la pérdida de funcionalidad de superficies conservadas o permeables, la modificación de las condiciones hidrológicas consideradas o la incorporación de obras distintas podría alterar las premisas bajo las cuales fueron valorados los impactos y formulado el presente pronóstico.

Por lo anterior, se considera que el proyecto presenta condiciones para ser ambientalmente compatible dentro del predio evaluado, siempre que su ejecución se mantenga dentro de las características, superficies y formas de ocupación analizadas y que las medidas ambientales y el seguimiento formen parte efectiva de la construcción y operación.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INTRUMENTOS METEDOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.

La integración de la MIA-P se sustentó en el análisis conjunto de la información técnica del proyecto, los instrumentos jurídicos y de regulación territorial aplicables, la caracterización ambiental del sitio y su entorno, los estudios específicos realizados para el predio, los levantamientos y verificaciones de campo, la información cartográfica y geoespacial disponible, así como en metodologías de identificación, descripción y evaluación de impactos ambientales acordes con las características del proyecto y de los componentes ambientales susceptibles de modificación.

Para la descripción y análisis del proyecto se consideró la información contenida en el plan maestro, planos, cuadros de superficies, características constructivas, infraestructura de servicios y demás documentación técnica utilizada para definir la configuración sometida a evaluación. Esta información constituyó la referencia para determinar la distribución espacial de las obras, distinguir sus formas de ocupación y relacionarlas posteriormente con las condiciones ambientales identificadas dentro del predio.

La delimitación del sistema ambiental y área de influencia puede realizarse tomando en consideración diversas regionalizaciones para definir características o condiciones ecológicas o urbanas prexistentes delimitadas, la mayoría de las veces, por la autoridad basados en estudios de campo. Para la delimitación de estas áreas existen diversos procedimientos y criterios bien establecidos que, cuando se siguen estrictamente y bajo los lineamientos establecidos para ello, ayudan a dimensionar y entender el impacto global y específico que tendría en un momento dado el desarrollo del proyecto en el ecosistema donde incide.

La caracterización ambiental se desarrolló mediante la integración de información documental, cartográfica y de campo, empleando diferentes escalas de análisis conforme a la naturaleza de cada componente. La información regional permitió establecer el contexto físico, biológico, territorial y socioeconómico en el que se inserta el proyecto, mientras que la información obtenida específicamente para el predio permitió precisar la distribución y condiciones de la vegetación, fauna, relieve, escurrimientos, zonas de acumulación temporal de agua y demás elementos relevantes para la evaluación ambiental.

El análisis espacial se apoyó en Sistemas de Información Geográfica, incluyendo QGIS 3.44.14 y ESRI ArcGIS 10, mediante los cuales se integraron y analizaron capas cartográficas, información vectorial, imágenes satelitales, información generada durante los trabajos de campo y demás insumos geográficos utilizados para representar el sistema ambiental, el área de influencia, el predio y la distribución de los componentes del proyecto. La cartografía regional fue utilizada como marco de referencia, mientras que para la evaluación de las condiciones particulares del predio se consideró información de mayor detalle, incluyendo verificaciones y levantamientos específicos realizados en campo.

Entre los estudios y procedimientos técnicos que proporcionaron sustento a la caracterización ambiental se encuentran los correspondientes a vegetación y flora, fauna silvestre, hidrología superficial y geohidrología, así como el análisis de las características físicas, territoriales, socioeconómicas y paisajísticas consideradas en el Capítulo IV. La información obtenida mediante estos instrumentos permitió establecer la línea base ambiental utilizada posteriormente para reconocer los componentes susceptibles de modificación por las obras y actividades propuestas.

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se empleó una secuencia metodológica que comprendió la identificación de las acciones potencialmente generadoras de modificaciones, la selección de los factores y subfactores ambientales receptores, el uso de listas de verificación y matrices genéricas como instrumentos iniciales de reconocimiento, la construcción de una matriz de relación causa–efecto tipo Leopold, el análisis cartográfico y espacial de las interacciones, la integración de relaciones de naturaleza semejante mediante cadenas causa–efecto y, finalmente, la descripción, valoración y jerarquización de los impactos mediante el Método Rápido de Evaluación de Impactos modificado (RIAM-M).

La integración entre la información técnica del proyecto y los instrumentos jurídicos y territoriales permitió establecer una base documental común para los capítulos subsecuentes; de esta forma, las obras y superficies descritas en el Capítulo II, las disposiciones analizadas en el Capítulo III y las condiciones ambientales caracterizadas en el Capítulo IV fueron consideradas conjuntamente para identificar y evaluar las interacciones ambientales desarrolladas en el Capítulo V.

VIII. 7. Bibliografía.

Cabrera C.E., Sousa S.M. y Téllez V.O. 1982. Imágenes de la Flora Quintanarroense. Challenger A. 1999. Seminario, introducción a los servicios ambientales, INE SEMARNAT.

Canter, L. W., 1998. Manual de evaluación de impacto ambiental: técnica para la elaboración de estudios de impacto. 2ª. Edición. Edt. McGraw-Hill – Interamericana. Madrid, España. 841 p.

CESOP (Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública), 2016. La morbilidad y la mortalidad en las entidades federativas de México en años recientes. En: http://www5.diputados.gob.mx/index.php/camara/Centros-de Estudio/CESOP/Estudios-e-Investigaciones/Documentos-de-Trabajo/Num.-213. La-morbilidad-y-la-mortalidad-en-las-entidades-federativas-de-Mexico-en-anos recientes. Consultado: Agosto, 2019.

CONAGUA. http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica Acuerdo que adiciona la especificación 4.43 a la Norma Oficial Mexicana NOM 022-SEMARNAT-2003. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de mayo de 2004.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), 2012. Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México: Informe final. En: www.researchgate.net/profile/Gloria_Soto2/publication/274053633. Consultado: Octubre, 2018.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), 2014. Estadísticas del Agua en México. En: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM201 4.pdf. Consultado: Agosto, 2018.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Península de Yucatán (3105), Estado de Yucatán. Diario Oficial de la Federación, 21 de abril de 2015. En: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103392/DR_3105.pdf. Consultado: Agosto, 2018.

CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2012. Anuario de migración y remesas México 2013. 1ra. Edición. México. 111 p. CONAPO (Consejo Nacional de Población), Fundación BBVA Bancomer y BBVA Research, 2015. Anuario de migración y remesas. México 2016.

CONAPO-Fundación BBVA Bancomer-BBVA Research. 1ra edición. México.160 p. Cuanalo de la C., H., 1981. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Centro de Edafología, Colegio de Posgraduados. 40 p.

Flores J.S. y I. Espejel Carvajal. 1994. Etnoflora Yucatanense. Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. Universidad autónoma de Yucatán Sostenibilidad Maya.

Gates E. CH. 1983. Line Transect and Related Issues. Institute of statics Texas A&M University College Station, Texas, USA.

García, E.1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 3ª Ed. Instituto de Geografía. UNAM., México, D. F.

Gómez Orea, D. (2002). Evaluación de Impacto Ambiental. Edición Mundi-Prensa. Madrid, España. p.p. 749.

INEGI 2002 Estudios hidrológicos del estado de Quintana Roo México D.F. p.p. 79.

Ley General de Vida Silvestre, Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000.
Ley General de Vida Silvestre. Última reforma Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de abril de 2010.
Martínez, M. Mario. 2005. Estimación de la Erosión del Suelo. SAGARPA-INCA Rural CP. 30 pp.
Miranda, F. y E. Hernández X. 1958. Los Tipos de Vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28:29-179.
Miranda, F. 1959. La vegetación de la Península Yucateca. En. Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Tomo II. IMERNAR, México, D.F. p.p. 215-271.
Moreno-Casasola Patricia, E, Peresbarbosa y A. C. Travieso-Bello. Editores. 2006. Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología A. C. - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT. Xalapa, Ver., México. Volumen I. ISBN 970-709-039-1
Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio – lista de especies en riesgo. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010.
Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de abril de 2003.
Pennington T.D., y Sarukhán, J.1963. Árboles Tropicales de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. 413 p.p.
Pennington, T.D., Sarukhán, J. 2005. Árboles Tropicales de México, Manual para la identificación de las principales especies. Tercera Edición. Ediciones Científicas Universitarias UNAM. 523 p.p.
Quero J. Hermilo 1992 Las palmas silvestres de la Península de Yucatán. Instituto de Biología México D. F. p.p. 63.
Ralph, J., C. y J.S. Michael (Editors). 1981. Estimating Numbers of Terrestrial Birds Studies in Avian Biology No .6 .Department of Biology New Mexico State University Las Cruces, New Mexico.
Rzedowski, J. 1979. La vegetación de México. Ed. LIMUSA.
Reuter, M., C. Schulz y C. Marrufo. 1998. Manual Técnico Forestal, Información básica, métodos y procedimientos. Acuerdo México – Alemania.
Semarnat-Cecadesu-Hombre Naturaleza, A.C., 2003. Introducción a los Servicios Ambientales. Cruzada por los Bosques y el Agua. 71 pp.
SEMARNAT, Serie ¿y el medio ambiente? Biodiversidad conocer para conservar; 2011.
Sosa V., J. S. Flores, V. Rico Gray, R. Lira, J. Ortiz, 1985. Etnoflora Yucatanense. Lista Florística y Sinonimia Maya. p.p. 225.
UQROO 2006.- Revista Caos conciencia, vol 1 año 2016, PP 31 tema Agua y Población en la Península de Yucatán: caso Quintana Roo.
WWW.conafor.gob.mx
WWW.conabio.gob.mx
WWW.cicy.mx
WWW.inecc.gob.mx
www.geenpeace.org
http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/07_agua/cap7_2.html
http://tecnoceano.wordpress.com/2013/03/12/vulnerabilidad-del-agua-en-el-estado-de quintana-roo/