2026

Manifestación de Impacto Ambiental Particular Banco de Materiales Pétreos “Buenavista”, Municipio de Tolimán, Querétaro.

Promovente

C. JORGE NUÑEZ PESQUERA

Representante legal

INMOBILIARIA RANCHO

EL TORNERO, S. A. DE C. V.

Agosto, 2026.

ÍNDICE GENERAL

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. 1
I.1 Datos generales del proyecto. 1
I.1.1 Nombre del proyecto. 1
I.2 Datos generales del promovente 1
I.2.1 Nombre o razón social 1
I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente 1
I.2.3 Nombre y cargo del representante legal 1
C. Jorge Nuñez Pesquera. Representante legal de la persona moral y Administrador Único. ..1
I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones 1
I.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental 1
I.3.1 Nombre o razón social 1
I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP 1
I.3.3 Nombre del Responsable Técnico del estudio 1
I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio 1
I.4 Ubicación del proyecto 2
I.4.1 Representación gráfica local del proyecto. 2
I.4.2 Ubicación y delimitación geográfica del predio donde se localiza el proyecto. 2
I.4.3 Ubicación y delimitación geográfica de la superficie del proyecto (S-CUSAF). 4
I.4.4 Ubicación y delimitación geográfica de los principales componentes del proyecto. 7
I.4.5 Planeación y programación del CUSAF del área destinada a actividades extractiva. 10
I.4.6 Ubicación y delimitación de polígonos destinados a mitigación y compensación de impactos ambientales. 11
I.5 Descripción de las obras temporales previstas. 17
I.6 Características del proyecto. 17
I.6.1 Inversión total requerida del proyecto. 17
I.6.2 Duración del proyecto 18
I.6.2.1 Preparación del sitio (A-CUSAF). 20
I.6.3 Superficies generales del proyecto. 22

I.6.31. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera 24
II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO. 26
II.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiental (LGEEPA). 26
II.1.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiental en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. 27
II.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).....27
II.3 Código Ambiental de Estado de Querétaro. CAEQ. 29
II.4 Vinculación del proyecto con la Norma Técnica Ambiental Estatal que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción, demolición y economía circular para el Estado de Querétaro (NTAE-002-QRO-2023).....37
II.5 Vinculación del proyecto con la Ley de Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Querétaro (LPGIECREQ).....38
II.6 Programas de Ordenamiento Ecologico (general del territorio, regional, local y marino).....39
II.6.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 39
II.6.2 Programa de Ordenamiento Ecológico del Regional del Estado de Querétaro. (POEREQ). 45
II.6.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Tolimán. 170
Il.7 Programa Municipal de Desarrollo Urbano Actualizado 2023 del Municipio de Tolimán, Querétaro. 238
Il.8 Decretos y Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas 244
II.9 Normas Oficiales Mexicanas 249
II.10 Vinculación del proyecto con pueblos indígenas. 253
III. DESCRIPCIÓN DE LA REGION ECOLOGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA.....254
III. 1 Delimitación del área de influencia del proyecto.....254
III.1.1 Criterios para determinar el área de influencia. 254
III.1.2. Problemática en el área de influencia del proyecto. 266
III.2 Delimitación del área de estudio o sistema ambiental (SA).....268
III.3 Caracterización y análisis del sistema ambiental.....282
III.3.1. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SA.....282
III.3.1.1 Aspectos abióticos.....282
III.3.1.2 Aspectos bióticos.....391

III.3.2 Medio socioeconómico 580
III.3.3 Diagnóstico ambiental 585
IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCION, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN. 593
IV.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales. 593
IV.1.1 Metodología de evaluación y justificación de metodología seleccionada.....593
IV.2 Indicadores de impacto 595
IV.2.1 Lista indicativa de indicadores de impacto. 595
IV.3 Identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales 600
IV.4 Criterios y metodologías de evaluación. 604
IV.4.1 Criterios. 604
IV.5 Impactos ambientales del proyecto y medidas prevención, mitigación, compensación y restauración.....613
IV.5.1 Descripción de medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración a implementar en con el Proyecto. 617
IV.6 Impactos residuales.....821
IV.7 Pronósticos ambientales y en su caso, evaluación de alternativas 823
IV.7.1 Pronóstico del escenario 823
IV.7.2 Programa de vigilancia ambiental. 826
IV.8 Conclusiones 835
V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES 838
V.1 Formatos de presentación.....838
V.1.1 Planos definitivos.....838
V.1.2 Fotografías.....842
V.1.3 Lista de flora en el sitio del proyecto.....845
V.2 Glosario de términos 846
V.3 Bibliografía.....849
V.4 Otros anexos 853

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Representación gráfica local del proyecto. 2
Imagen 2. Croquis de ubicación del proyecto 3
Imagen 3. Delimitación geográfica de los usos propuestos.....9
Imagen 4. Diseño de terrazas y secuencia descendente de explotación en la superficie destinada a actividades extractivas.....10
Imagen 5. Delimitación geográfica del área de rescate y reubicación de flora silvestre.....13
Imagen 6. Delimitación geográfica de la franja de protección que será destinada para rescate y reubicación de flora silvestre. 14
Imagen 7. Ubicación geográfica de la bodega provisional de resguardo. 15
Imagen 8. Ubicación geográfica UTM WGS84 de los sanitarios portátiles. 16
Imagen 9. Ubicación del proyecto en el POEGT. UAB 44 Sierra y llanuras del norte de Guanajuato. 45
Imagen 10. Distribución de la superficie propuesta a CUSAF por unidad de gestión ambiental en el POEREQ 2022. 46
Imagen 11. Superficie propuesta CUSAF en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Tolimán POELT. 170
Imagen 12. Distribución de la superficie propuesta a CUSAF conforme el PMDU-TA. 239
Imagen 13. Delimitación geográfica UTM WGS84 de la superficie aprobada a cambio de uso de suelo por el H. Ayuntamiento de Tolimán de fecha 28 de febrero de 2021. 244
Imagen 14. Áreas Naturales Protegidas en el área de influencia del proyecto. 245
Imagen 15. Regiones Hidrológicas Prioritarias RHP's 246
Imagen 16. Mapa de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves 248
Imagen 17. Mapa de Regiones Terrestres Prioritarias RTP'S 249
Imagen 18. Delimitación geográfica de las áreas de influencia directa e indirecta (AID – AII). 265
Imagen 19. Regiones Ecológicas de Mexico. 268
Imagen 20. Clasificación Ecológica del proyecto y del sistema ambiental. 270
Imagen 21. Delimitación de la microcuenca como Sistema Ambiental (SA) 273
Imagen 22. Tipos de climas en el SA 283
Imagen 23. Regímenes de lluvias en el SA. 284
Imagen 24. Ubicación de Estaciones climatológicas. 285
Imagen 25. Isotermas medias anuales en el SA. 287

Imagen 26. Isoyetas medias anuales en el SA 288
Imagen 27. Días con granizo en el SA. 289
Imagen 28. Riesgo por granizo en el SA. 290
Imagen 29. Provincias fisiográficas del SA. 292
Imagen 30. Tipos de rocas en el SA. 294
Imagen 31. Clases de rocas en el SA. 295
Imagen 32. Rangos altitudinales presentes en el SA 297
Imagen 33. Pendientes presentes en el SA 298
Imagen 34. Mapa de pendientes de la S-CUSAF 299
Imagen 35. Fallas y fracturas presentes en el SA.....301
Imagen 36. Regionalización sísmica de la República Mexicana. 302
Imagen 37. Riesgo sísmico.....303
Imagen 38. Zonas de riesgo por derrumbes. 304
Imagen 39. Zonas vulnerables a inundación.....305
Imagen 40. Zonas vulnerables a la temporada invernal. 306
Imagen 41. Tipos de suelos en el SA. Fuente: INEGI – FAO.....308
Imagen 42. Clase textural de los suelos en el SA. Fuente: INEGI – FAO.....309
Imagen 43. Fases físicas de los suelos en el SA. 310
Imagen 44. Fases química de los suelos en el SA. 311
Imagen 45. Mapa de regiones con igual erosividad en la República Mexicana. 314
Imagen 46. Causas de degradación de los suelos en el SA. 336
Imagen 47. Tipo de degradación de los suelos en el SA.....337
Imagen 48. Grado de erosión de los suelos en el SA. 338
Imagen 49. Clasificación hidrológica del SA. 341
Imagen 50. Mapa de hidrología superficial del SA. 342
Imagen 51. Hidrología superficial en la S-CUSAF 348
Imagen 52. Mapa de unidades geohidrológicas.....389
Imagen 53. Acuíferos en el SA 391
Imagen 54. Mapa de vegetación y uso actual del suelo del SA. 393
Imagen 55. Estado de conservación de la vegetación en el SA. 394
Imagen 56. Mapa de pre-muestreo en la microcuenca sobre matorral crasicaule. 399
Imagen 57. Características de los sitios de muestreo en la microcuenca. 402
Imagen 58. Pasos y parámetros de entrada de datos del Sistema EstimateS. 408

Imagen 59. Parámetros de EstimateS para agregar 3 muestreos más para la extrapolación de la curva. 408
Imagen 60. Mapa de diseño de muestreo florístico. 445
Imagen 61. Características de los sitios de muestreo en el área a CUSAF. 448
Imagen 62. Ciclo del carbono en ecosistemas terrestre. 488
Imagen 63. Mapa de distribución de puntos de conteo de aves. 503
Imagen 64. Mapa de transectos para mamíferos y reptiles. 508
Imagen 65. Diseño de muestreo para aves (puntos de conteo) S-CUSAF. 517
Imagen 66. Diseño de muestreo para mamíferos en la S-CUSAF. 520
Imagen 67. Identificación de corredores biológicos de fauna silvestre en el SA y cercanos a la S-CUSAF. 524
Imagen 68. Sitios de congregación de especies de fauna silvestre cercanos a la S – CUSAF. ...525
Imagen 69. Áreas dedicadas a la conservación cercanas a la S – CUSAF. 526
Imagen 70. Ubicación geográfica de las barreras de piedra acomodada en curvas de nivel. 627
Imagen 71. Delimitación geográfica del área de almacenamiento de suelo o materia orgánica rescatado de la S-CUSAF 629
Imagen 72. Ubicación geográfica de las barreas vivas y terrazas individuales. 653
Imagen 73. Número de yemas vegetativas. 656
Imagen 74. Tipos de sustrato de enraizamiento. 657
Imagen 75. Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento. 657
Imagen 76. Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento. 658
Imagen 77. Sistema de cepa común a utilizar. 661
Imagen 78. Delimitación geográfica del derecho federal, márgenes derecho e izquierdo de los arroyos Barrosal y Bernal respectivamente cercanos a la S-CUSAF 707
Imagen 79. Delimitación geográfica de la franja de protección entre el límite de la zona federal de los cauces. 710
Imagen 80. Delimitación geográfica de las áreas de rescate y reubicación de flora silvestre. 711
Imagen 81. Ubicación geográfica de las obras de regulación, control y protección de los arroyos colindantes. 717
Imagen 82. Mapa de clima en los polígonos de rescate y reubicación de flora silvestre. 730
Imagen 83. Mapa de suelos en los polígonos de rescate y reubicación de flora silvestre. 731
Imagen 84. Mapa de uso de suelo y vegetación en los polígonos de rescate y reubicación de flora silvestre. 733
Imagen 85. Numero de yemas vegetativas. 743

Imagen 86. Tipos de sustrato de enraizamiento. 743
Imagen 87. Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento. 744
Imagen 88. Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento. 744
Imagen 89. Área de acopio, reproducción y rescate de especies. 746
Imagen 90. Franja de protección que será destinada para rescate y reubicación de especies de flora silvestre. 748
Imagen 91. Especie de biznaga asiento de suegra o acitrón Echinocactus platyacanthus Link & Otto 757
Imagen 92. Rótulos alusivos a la protección de fauna silvestre en la superficie a CUSAF. 766
Imagen 93. Lazo montado en una vara o caña de pescar y lagartija lazada por el cuello (tomado de Vanzonlini y Nelson 1990. 772
Imagen 94. Algunos instrumentos y trampas para captura de anfibios y reptiles, ganchos herpetológicos, lazos y nasas (modificado de Conant 1958). 773
Imagen 95. Manipulación de una serpiente para inmovilizarla (tomado de Ferri 1992). 773
Imagen 96. Embolsado de una serpiente para transportarla (tomado de Knudsen 1072). 774
Imagen 97. Trampa terrestre de acero de desvió en combinación con trampas de fosos (bote) y de cilindro (modificado de Heyer et al 2001). 775
Imagen 98. Instalación de una barrera de desvió (foto: M. A. De la Torre-Loranca). 775
Imagen 99. Trampa de foso bajo la barrera de desvío y organismos capturados en la trampa (foto: M. A. De la Torre-Loranca). 776
Imagen 100. Posibles arreglos de cercas de desvío con trampas de foso y su ubicación alrededor de un cuerpo de agua (modificado por Vogt y Hine 1982). 777
Imagen 101. Ejemplo de codificación para el corte de falanges en anfibios y lagartijas (tomado de Donnelly et al 1994). 778
Imagen 102. Medidas biométricas de lagartijas y salamandras (a) longitud hocico-cloaca, (b) longitud de la cola (modificado de Casas-Andreu y McCoy 1979). 778
Imagen 103. Redes ornitológicas para captura de aves. 780
Imagen 104. Jaula para el traslado de aves 780
Imagen 105. Trampa de acero y resorte con jaula. 781
Imagen 106. Trampa – caja 781
Imagen 107. Tampa - corral para mamíferos. 782
Imagen 108. Redes – trampa para capturar mamíferos. 782
Imagen 109. Cebo para trampas para capturar mamíferos. 783
Imagen 110. Siluetas 787

Imagen 111. Reflectores.....787
Imagen 112. Cintas de papel metalizado.....788
Imagen 113. Ahuyentamiento con humo.....789
Imagen 114. Ahuyentamiento mediante sonidos.....790
Imagen 115. Zona de ahuyentamiento y reubicación de fauna silvestre. 792

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación administrativa del proyecto.....2
Tabla 2. Delimitación georreferenciada del predio denominado Fracción I de El Barrosal. 3
Tabla 3. Delimitación geográfica de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales (S-CUSAF). 5
Tabla 4. Delimitación geográfica del área propuesta a actividades extractivas. 7
Tabla 5 Delimitación geográfica del área de trituración. 7
Tabla 6 Delimitación geográfica del área propuesta a camino de acceso. 8
Tabla 7. Delimitación geográfica del área de rescate y reubicación de flora silvestre. 11
Tabla 8. Delimitación geográfica de la franja de protección que será destinada para rescate y reubicación de flora silvestre. 11
Tabla 9. Delimitación geográfica del área de bodega provisional del resguardo. 15
Tabla 10. Coordenadas geográfica UTM WGS84 de los sanitarios portátiles. 16
Tabla 11. Inversión total requerida del proyecto. 17
Tabla 12. Cronograma de actividades del cambio de uso de suelo en áreas forestales durante el primer año. 18
Tabla 13. Cronograma de actividades del cambio de uso de suelo en áreas forestales de los años consecutivos.....18
Tabla 14. Superficies generales del proyecto. 23
Tabla 14. Vinculación del proyecto con la Ley (LGDFS) 28
Tabla 15. Vinculación del proyecto con el Código Ambiental del Estado de Querétaro. 31
Tabla 16. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio de la UAB 44. 40
Tabla 17. Vinculación del proyecto con las Estrategias del POEGT de la UAB 44. 40
Tabla 18. Distribución de la superficie propuesta a CUSAF por unidad de gestión ambiental en el POEREQ 2022. 46

Tabla 19. Resumen por UGA, Política Ambiental, Lineamientos y Estrategias establecidos en el POEREQ para cada una de las UGAs donde se localiza la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales. 47
Tabla 20. Identificación de problemática ambiental y conflictos ambientales en las unidades de gestión ambiental 322 y 34. 48
Tabla 21. Obras o acciones propuestas para la vinculación y cumplimiento de los lineamientos establecidos para la Unidad de Gestión Ambiental 322 del POEREQ 2022. 66
Tabla 22. Obras o acciones propuestas para la vinculación y cumplimiento de los lineamientos establecidos para la Unidad de Gestión Ambiental 34 del POEREQ 2022. 84
Tabla 23. Matriz de medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales para lograr acreditar el objetivo de la política ambiental del Conservación. 101
Tabla 24. Relación de géneros y especies por familia en el SA. 103
Tabla 25. Riqueza de muestreo por género y especie por familia en el SA. 105
Tabla 26. Listado de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 identificadas en el SA. 107
Tabla 27. Cuadro comparativo entre el Índice de Shannon y Valor de Importancia (IVI) en el SA. 107
Tabla 28. Riqueza e Índice de diversidad del SA. 110
Tabla 29. Relación de géneros y especies por familia en la S-CUSAF. 112
Tabla 30. Riqueza por género y especie por familia en la S-CUSAF. 113
Tabla 31. Especiales en la NOM-059-SEMARNAT-2010 identificadas en la S-CUSAF. 115
Tabla 32. Cuadro comparativo entre el Índice de Shannon y de Valor de Importancia (IVI) en la superficie propuesta cambio de uso de suelo. 115
Tabla 33. Índices estimados para la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales y sus estratos. 117
Tabla 34. Comparativo de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF. 118
Tabla 35. Comparativo de riqueza por general y por estrato CHF vs S-CUSAF. 120
Tabla 36. Comparativo de Índices de diversidad en el SA vs S-CUSAF. 122
Tabla 37. Lista comparativa de presencia-ausencia de especies en el SA vs S-CUSAF. 125
Tabla 38. Relación de géneros y especies por familia del grupo de aves en el SA. 128
Tabla 39. Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en el SA. 129
Tabla 40. Riqueza y diversidad de aves en el sistema ambiental. 130
Tabla 41. Relación de géneros y especies por familia del grupo de mamíferos en el SA. 131
Tabla 42. Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en el SA. 132

Tabla 43. Riqueza y diversidad de mamíferos en la microcuenca. 133
Tabla 44. Riqueza por género y especie por familia del grupo de reptiles en el SA. 134
Tabla 45. Riqueza y diversidad de reptiles en la microcuenca. 135
Tabla 46. Relación de géneros y especies por familia del grupo de aves en el SA. 136
Tabla 47. Riqueza por género y especie por familia del grupo de reptiles en la S-CUSAF. 137
Tabla 48. Riqueza y diversidad de aves en la superficie de cambio de uso de suelo. 138
Tabla 49. Relación de géneros y especies por familia del grupo de aves en el SA. 139
Tabla 50. Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en la S-CUSAF. 139
Tabla 51. Riqueza y diversidad de mamíferos en la superficie de cambio de uso de suelo. 140
Tabla 52. Relación de géneros y especies por familia del grupo de reptiles en el SA. 141
Tabla 53. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de aves. SA vs S-CUSAF. 142
Tabla 54. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de mamíferos. SA vs S-CUSAF. 143
Tabla 55. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de reptiles. SA vs S-CUSAF. 144
Tabla 56. Comparativo faunístico entre riqueza e índices de diversidad por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF. 145
Tabla 57. Check List de presencia – ausencia de especies entre el SA vs S-CUSAF. 147
Tabla 58. Resultados estimados de erosión hídrica y eólica por hectárea y total en la S-CUSAF. 149
Tabla 59. Memoria de cálculo de volumen de obras de conservación de suelo. 150
Tabla 60. Textura del suelo y densidad aparente. 150
Tabla 61. Estimación del volumen de obras de conservación en la S-CUSAF. 151
Tabla 62. Estimación de volumen retenido con las obras de conservación en la S-CUSAF. 151
Tabla 63. Comparativo de erosión hídrica y eólica, actual sin proyecto, con proyecto sin medidas y con proyecto con medidas de prevención. 151
Tabla 64. Balance hídrico actual en la S - CUSAF. 153
Tabla 65. Balance hídrico Con CUSAF. 154
Tabla 66. Comparativo entre el balance hídrico Sin Proyecto y Con Proyecto. 155
Tabla 67. Balance hídrico con las medidas de mitigación. 156
Tabla 68. Eficiencia de las medidas de mitigación. 157
Tabla 69. Capacidad de almacenamiento de carbono de las especies propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre. 160

Tabla 70. Contenido de carbono total por individuo y por especie reforestada y capacidad total de almacenamiento de la reforestación. 160
Tabla 71. Contenido de carbono total con la aplicación de medidas de mitigación que se logra retener. 161
Tabla 72. Vinculación del proyecto con los Criterios de las UGAs 34 y 322 del POEREQ. 163
Tabla 73. Ficha técnica de la UGA 8 La Campana. 171
Tabla 74. Vinculación del proyecto con los lineamientos del POEL. 176
Tabla 75. Vinculación del proyecto con las Estrategias Generales EG del PEOL. 179
Tabla 76. Vinculación del proyecto con las Estrategias para Protección y Conservación EPC del POEL. 181
Tabla 77. Vinculación del proyecto con las Estrategias para Restauración ER del POEL. 184
Tabla 78. Vinculación del proyecto con las Estrategias para el Aprovechamiento Sustentable AES del POEL. 186
Tabla 79. Vinculación del proyecto con las Estrategia Urbanas EU del POEL. 188
Tabla 80. Vinculación del proyecto con los Criterios Generales CG del POEL. 189
Tabla 81. Vinculación del proyecto con los Criterios Agrícolas-Pecuarios CAP del POEL. 192
Tabla 82. Vinculación del proyecto con los Criterios para los Asentamientos Humanos y Actividades Urbanas CAH del POEL. 193
Tabla 83. Vinculación del proyecto con los Criterios para la Extracción de Materiales CE del POEL. 194
Tabla 84. Vinculación del proyecto para los Criterios Forestales CF del POEL. 200
Tabla 85. Vinculación del proyecto con los Criterios para el Manejo de Residuos CMR del POEL. 202
Tabla 86. Vinculación del proyecto con los Criterios Manejo Sustentable del Agua CMA del POEL. 204
Tabla 87. Vinculación del proyecto con los Criterios Protección de la Biodiversidad (flora y fauna) CB del POEL. 207
Tabla 88. Vinculación del proyecto con los Criterios de regeneración, recuperación y rehabilitación del suelo CS del POEL. 209
Tabla 89. Vinculación del proyecto con los Criterios para el Turismo Alternativo CT del POEL. ..210
Tabla 90. Comparativo de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF. 212
Tabla 91. Comparativo de riqueza por general y por estrato SA vs S-CUSAF. 213
Tabla 92. Comparativo de Índices de diversidad en el SA vs S-CUSAF. 215

Tabla 93. Lista comparativa de presencia-ausencia de especies en la S-CUSAF vs SA sin medidas de mitigación. 217
Tabla 94. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de aves. SA vs S-CUSAF. 220
Tabla 95. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de mamíferos. SA vs S-CUSAF. 221
Tabla 96. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de reptiles. SA vs S-CUSAF. 222
Tabla 97. Comparativo faunístico entre riqueza e índices de diversidad por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF. 224
Tabla 98. Check-List de presencia – ausencia de especies entre el SA vs S-CUSAF. 225
Tabla 99. Resultados estimados de erosión hídrica y eólica por hectárea y total en la S-CUSAF. 228
Tabla 100. Memoria de cálculo de volumen de obras de conservación de suelo. 229
Tabla 101. Textura del suelo y densidad aparente. 230
Tabla 102. Estimación del volumen de obras de conservación en la S-CUSAF. 231
Tabla 103. Estimación de volumen retenido con las obras de conservación en la S-CUSAF. 231
Tabla 104. Comparativo de erosión hídrica y eólica, actual sin proyecto, con proyecto sin medidas y con proyecto con medidas de prevención. 231
Tabla 105. Balance hídrico actual en la S - CUSAF. 233
Tabla 106. Balance hídrico Con CUSAF. 234
Tabla 107. Comparativo entre el balance hídrico Sin Proyecto y Con Proyecto. 235
Tabla 108.Distribución de la superficie propuesta a CUSAF conforme el PMDU-TA. 238
Tabla 109. Anexo C Tabla de compatibilidad de uso de suelo del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Tolimán Actualizado. 240
Tabla 110. Descripción del acuerdo de cabildo de fecha 28 de febrero de 2021 aprobado por el H. Ayuntamiento de Tolimán, Qro. 241
Tabla 111. Delimitación geográfica UTM WGS84 de la superficie aprobada a cambio de uso de suelo por el H. Ayuntamiento de Tolimán de fecha 28 de febrero de 2021. 241
Tabla 112. Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto. 250
Tabla 112. Vinculación del proyecto con pueblos originarios. 253
Tabla 113. Delimitación geográfica del área de influencia directa (AID) 255
Tabla 114. Delimitación geográfica del área de influencia indirecta (AII) 257

Tabla 115. Delimitación geográfica en coordenadas UTM WGS84 del sistema ambiental. 273
Tabla 116.Estación climatológica de influencia en el sistema ambiental. 284
Tabla 117. Temperaturas máximas en el SA. 285
Tabla 118. Temperatura media. 286
Tabla 119. Temperatura mínima (valores máximos y mínimos). 286
Tabla 120. Precipitación. 288
Tabla 121. Número de días con lluvia. 288
Tabla 122. Días con niebla. 289
Tabla 123. Días con granizo. 289
Tabla 124. Días con tormentas eléctricas. 290
Tabla 125. Principales fenómenos climatológicos en el sistema ambiental. 291
Tabla 126.Principales elevaciones en el sistema ambiental 295
Tabla 127. Rangos de pendientes del sistema ambiental. 297
Tabla 128 Tipo de suelo y su extensión en el sistema ambiental. 308
Tabla 129. Ecuaciones y distribución para estimar la Erosividad de la lluvia "R" en la República Mexicana. 313
Tabla 130. Valores de erosionabilidad de los suelos (K) estimado en función de la textura y el contenido de materia orgánica (Morgan 1985). 315
Tabla 131. Determinación del Factor K para el sistema ambiental. 316
Tabla 132. Valores de C que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo. 320
Tabla 133. Ponderación del valor de C para el sistema ambiental. 321
Tabla 134. Calificación de textura y fase para CATEX. 323
Tabla 135. Calificación por uso de suelo para CAUSOE. 324
Tabla 136. Determinación del Facto K para la S-CUSAF (Morgan 1985). 326
Tabla 137. Ponderación del valor de C para la superficie a cambio de uso de suelo. 328
Tabla 138. Modificación del Factor C. 330
Tabla 139. Calificación de textura y fase para CATEX. 331
Tabla 140. Calificación por uso de suelo para COUSOE. 332
Tabla 141. Resultados de erosión total en el área a CUSAF. 334
Tabla 142. Estimación del volumen de obras de conservación en la S-CUSAF. 335
Tabla 143. Estimación de volumen retenido con las obras de conservación en la S-CUSAF. 335
Tabla 144. Clasificación hidrográfica del predio y el sistema ambiental. 339
Tabla 145. Numero de bordos intermitentes en el sistema ambiental. 341
Tabla 146. *Gastos para la delimitación de los arroyos federales.* 343

Tabla 147. Delimitación geográfica de la zona federal del margen derecho del arroyo Barrosal..344
Tabla 148. Delimitación geográfica de la zona Federal del margen izquierdo del arroyo Bernal..346
Tabla 149. Factor de intercepción para matorrales. 351
Tabla 150. Intercepción de la vegetación en el sistema ambiental. 351
Tabla 151. Evapotranspiración en el sistema ambiental.....353
Tabla 152. Valores del Coeficiente de escurrimiento "C". *Schwab et al, 1981*. 354
Tabla 153. Determinación del Valor de C para el sistema ambiental. 355
Tabla 154 Agua precipitada actual en S- CUSAF. 357
Tabla 155. Coeficiente de intercepción por tipo de vegetación 358
Tabla 156. Intercepción de agua actual la S - CUSAF. 358
Tabla 157. Cálculo del gradiente hidráulico en las áreas de CUSAF. 359
Tabla 158. Parámetros de infiltración de Green-Ampt para varias clases de suelo. 359
Tabla 159**.** Parámetros físicos de acuerdo a la clase de suelo la S - CUSAF. 360
Tabla 160**.** Velocidad de descarga en la S - CUSF. 360
Tabla 161**.** Velocidad de infiltración en la S - CUSAF.....361
Tabla 162**.** Área de vacíos por hectárea en la S - CUSAF. 361
Tabla 163**.** Área de vacíos en la S - CUSF. 362
Tabla 164**.** Volumen infiltrado en el área de vacíos por hectárea en las áreas de CUSF. 362
Tabla 165**.** Número de días con precipitación efectiva de las estaciones de influencia 363
Tabla 166**.** Volumen total infiltrado en el suelo en las áreas de CUSF. 363
Tabla 167**.** Estimación de la ETP mensual y anual en la S -CUSAF.....363
Tabla 168**.** Porciento de horas de sol mensual de acuerdo a la latitud. 365
Tabla 169**.** Coeficientes globales de desarrollo por uso de suelo. 365
Tabla 170**.** Estimación de la ETR para uso actual del suelo por el método de Blanney-Criddle...365
Tabla 171**.** Agua evapotranspirada en la S - CUSAF. 367
Tabla 172**.** Grupos de suelos y descripción. 368
Tabla 173**.** Valores de curvas numéricas (CN) para estimar escorrentía (SCS- USDA, 1964).....368
Tabla 174**.**Valores de curvas numéricas (CN) con la cobertura actual en la S - CUSF.....369
Tabla 175**.** Cálculo de la retención máxima potencial actual en la S - CUSAF.....369
Tabla 176**.** Cálculo del escurrimiento medio actual en la S - CUSF. 370
Tabla 177**.** Determinación de los coeficientes de escurrimiento actual en las áreas de CUSF.....370
Tabla 178**.** Escurrimiento actual en las áreas de CUSF. 370
Tabla 179**.** Balance hídrico actual en la S - CUSAF. 371
Tabla 180**.** Agua precipitada actual en S- CUSAF. 373

Tabla 181**.** Coeficiente de intercepción por tipo de vegetación 373
Tabla 182**.** Intercepción de agua Con CUSAF. 373
Tabla 183**.** Cálculo del gradiente hidráulico en las áreas de CUSF. 374
Tabla 184**.** Parámetros de infiltración de Green-Ampt para varias clases de suelo. 375
Tabla 185**.** Parámetros físicos de acuerdo a la clase de suelo la S - CUSAF. 375
Tabla 186**.** Velocidad de descarga en la S - CUSF. 376
Tabla 187**.** Velocidad de infiltración en la S - CUSAF.....376
Tabla 188**.** Área de vacíos por hectárea en la S - CUSAF. 377
Tabla 189**.** Área de vacíos en la S - CUSAF. 377
Tabla 190**.** Volumen infiltrado en el área de vacíos por hectárea en las áreas de CUSAF. 377
Tabla 191**.** Número de días con precipitación efectiva de las estaciones de influencia 378
Tabla 192 Volumen total infiltrado en el suelo en las áreas de CUSAF. 378
Tabla 193**.** Estimación de la ETP mensual y anual en la S -CUSAF.....379
Tabla 194**.** Porciento de horas de sol mensual de acuerdo a la latitud. 380
Tabla 195**.** Coeficientes globales de desarrollo por uso de suelo. 380
Tabla 196**.** Estimación de ETR para escenario sin vegetación. 381
Tabla 197**.** Agua evapotranspirada en la S - CUSAF. 382
Tabla 198**.** Grupos de suelos y descripción. 382
Tabla 199**.** Valores de curvas numéricas (CN) para estimar escorrentía (SCS- USDA, 1964).....383
Tabla 200**.** Valores de curvas numéricas (CN) con la cobertura actual en la S - CUSAF. 384
Tabla 201**.** Cálculo del escurrimiento medio actual en la S - CUSAF. 385
Tabla 202**.** Determinación de los coeficientes de escurrimiento actual en las áreas de CUSAF. .385
Tabla 203**.** Escurrimiento actual en las áreas de CUSAF.....385
Tabla 204**.** Balance hídrico con S - CUSAF. 386
Tabla 205**.** Comparativo entre el balance hídrico Sin Proyecto y Con Proyecto. 387
Tabla 206. Características de los acuíferos presentes en el sistema ambiental. 389
Tabla 207. Tipo de vegetación y uso actual del suelo en el SA. 392
Tabla 208. Especies potenciales y observaciones realizadas en el muestreo de flora silvestre en campo del SA. 395
Tabla 209. Características dasométricas y morfológicas de apoyo para clasificar las especies por estratos. 398
Tabla 210. Características particulares de los sitios de muestreo para el tipo de vegetación matorral crasicaule en la microcuenca. 399
Tabla 211. Ubicación geográfica de los sitios de pre-muestreo en el SA. 400

Tabla 212. Resumen y metodología del muestreo de flora silvestre en el sistema ambiental SA. 402
Tabla 213. Variables para el cálculo de confiabilidad de la muestra. 403
Tabla 214. Valores estadísticos para caracterización estadística de la muestra 404
Tabla 215. Valor de Z en tablas para .9750 (1.96) Extraído de Triola, 2009 406
Tabla 216. Datos tabulares de abundancia para ingreso al Sistema EstimateS. 407
Tabla 217. Resultados de Estímate para generar la curva de acumulación de especies. 409
Tabla 218. Resultados de EstimateS en hoja de Excel para generar la curva de acumulación de especies. 409
Tabla 219. Resultados obtenidos de los estimadores para generar la curva de acumulación de especies. 410
Tabla 220. Índices de diversidad del sistema ambiental. 415
Tabla 221. Índice de diversidad del estrato herbáceo del sistema ambiental. 418
Tabla 222. Índice de diversidad del estrato arbustivo del sistema ambiental. 420
Tabla 223. Índice de diversidad del estrato arbóreo del sistema ambiental. 422
Tabla 224. Índice de diversidad de las cactáceas del sistema ambiental. 424
Tabla 225. Riqueza e Índices de diversidad de la microcuenca. 426
Tabla 226. Datos para el Índice de Valor de Importancia del sistema ambiental. 429
Tabla 227. Datos para el Índice de Valor de Importancia del estrato herbáceo. 434
Tabla 228. Datos para el Índice de Valor de Importancia del estrato arbustivo. 437
Tabla 229. Datos para Índice de Valor de Importancia del estrato arbóreo. 440
Tabla 230. Datos para Índice de Valor de Importancia de las Cactáceas. 441
Tabla 231. Listado de especies identificadas en campo endémicas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el sistema ambiental. 444
Tabla 232. Distribución y condición de la vegetación presente en la S-CUSAF. INEGI. 2017. 444
Tabla 233. Características particulares de los sitios de muestreo para el tipo de vegetación matorral crasicaule en el proyecto 445
Tabla 234. Ubicación geográfica UTM de los sitios de muestreo. 445
Tabla 235. Variables para el cálculo de confiabilidad de la muestra. 449
Tabla 236. Variables para el cálculo de confiabilidad de la muestra. 450
Tabla 237. Valor de Z en tablas para .9750 (1.96) Extraído de Triola, 2009 451
Tabla 238. Datos tabulares de abundancia para ingreso al Sistema EstimateS. 453
Tabla 239. Pasos y parámetros de entrada de datos del Sistema EstimateS. 454

Tabla 240. Parámetros de EstimateS para agregar 3 muestreos más para la extrapolación de la curva. 454
Tabla 241. Datos procesados en EstimateS para generar la curva de acumulación de especies. 455
Tabla 242. Resultados obtenidos de los promedios de los estimadores y las observaciones para generar la curva de acumulación de especies. 455
Tabla 243. Resumen y metodología del muestreo de flora silvestre en el sistema ambiental SA. 458
Tabla 244. Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad de la superficie a CUSAF. 459
Tabla 245. Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad del estrato herbáceo. 461
Tabla 246. Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad del estrato arbustivo. 463
Tabla 247. Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad del estrato arbóreo. 466
Tabla 248. Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad de Cactáceas. 468
Tabla 249. Índices estimados para la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales y sus estratos. 471
Tabla 250. Datos para Índice de Valor de Importancia general de las especies en la superficie de CUSAF. 474
Tabla 251. Datos para Índice de Valor de Importancia de las especies del estrato herbáceo. 478
Tabla 252. Datos para Índice de Valor de Importancia de las especies del estrato arbustivo. 480
Tabla 253. Datos para Índice de Valor de Importancia de las especies del estrato arbóreo. 482
Tabla 254. Datos para Índice de Valor de Importancia de Cactáceas. 483
Tabla 255. Especiales identificadas en campo endémicas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la S-CUSAF. 485
Tabla 256. Estimación del número de individuos a remover por hectárea y totales en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales. 486
Tabla 257. Contenido de biomasa y carbono en la biomasa y suelo (0-300cm) en los ecosistemas terrestres (Schlesinger y Bernhardt, 2013). 488
Tabla 258. Comparativo de estimaciones de captura de carbono para los matorrales mexicanos con diferentes metodologías, instituciones y autores. 491

Tabla 259. Capacidad de almacenamiento de carbono en el sistema ambiental. 492
Tabla 260. Cantidad de biomasa aérea total por individuo y especie en (kg) en la S-CUSAF.....494
Tabla 261. Contenido de carbono total por individuo y por especie y capacidad total de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales. 497
Tabla 262. Ubicación geográfica de los puntos de conteo de aves. 504
Tabla 263. Resumen y metodología del muestreo de fauna silvestre para aves en el sistema ambiental SA. 504
Tabla 264. Coordenadas UTM de los transectos en el SA. 508
Tabla 265. Resumen y metodología del muestreo de fauna silvestre para mamíferos y reptiles en el sistema ambiental SA. 509
Tabla 266. Abundancia por punto de conteo de aves en el SA. 512
Tabla 267. Riqueza y diversidad de aves en el SA. 513
Tabla 268. Riqueza e índice de diversidad de mamíferos en sistema ambiental. 514
Tabla 269. Riqueza e índice de diversidad de reptiles en el sistema ambiental. 515
Tabla 270. Coordenadas UTM WGS84 de los puntos de conteo de aves. 517
Tabla 271. Resumen y metodología del muestreo de fauna silvestre para aves en la S-CUSAF.518
Tabla 272. Parámetros y evidencias de apoyo para la identificación de las especies de aves presentes en la S – CUSAF. 518
Tabla 273. Aves identificadas en la S-CUSAF, densidad relativa, inclusión o no dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 e Índice de Shannon-Wiener. 518
Tabla 274. Resumen y metodología del muestreo de fauna silvestre para mamíferos y reptiles en la S-CUSAF. 521
Tabla 275. Mamíferos identificados en la superficie de afectación del proyecto, número de individuos, densidad relativa, inclusión o no dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 e Índice de Shannon-Wiener. 521
Tabla 276. Reptiles identificados en la superficie de afectación del proyecto, número de individuos, densidad relativa, inclusión o no dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 e Índice de Shannon-Wiener. 522
Tabla 277. Comparativo de riqueza especifica por grupo entre el SA y el área del proyecto. 523
Tabla 278. Criterios ecológicos de las especies de fauna silvestre identificada en el SA. 527
Tabla 279. Relación de géneros y especies por familia del SA. 529
Tabla 280. Riqueza por género y especie por familia en el SA. 532

Tabla 281. Listado de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 identificadas en el SA. 533
Tabla 282. Cuadro comparativo entre el Índice de Shannon y Valor de Importancia (IVI) en el sistema ambiental. 534
Tabla 283. Riqueza e Índice de diversidad en el sistema ambiental. 537
Tabla 284. Relación de géneros y especies por familia en la S-CUSAF. 538
Tabla 285. Riqueza por género y especie por familia en la S-CUSAF. 540
Tabla 286. Especiales en la NOM-059-SEMARNAT-2010 identificadas en la S-CUSAF. 541
Tabla 287. Cuadro comparativo entre el Índice de Shannon y de Valor de Importancia (IVI) en la superficie propuesta cambio de uso de suelo. 541
Tabla 288. Índices estimados para la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales y sus estratos. 544
Tabla 289. Comparativo de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF. 545
Tabla 290. Comparativo de riqueza por general y por estrato SA vs S-CUSAF. 546
Tabla 291. Comparativo de Índices de diversidad del SA vs S-CUSAF. 548
Tabla 292. Lista comparativa de presencia-ausencia de especies en el SA vs S-CUSAF. 550
Tabla 293. Relación de géneros y especies por familia del grupo de aves en el SA. 553
Tabla 294. Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en el SA. 554
Tabla 295. Riqueza y diversidad de aves en el sistema ambiental. 555
Tabla 296. Relación de géneros y especies por familia del grupo de mamíferos en el SA. 556
Tabla 297. Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en el SA. 557
Tabla 298. Riqueza y diversidad de mamíferos en el SA. 558
Tabla 299. Riqueza por género y especie por familia del grupo de reptiles en el SA. 559
Tabla 300. Riqueza y diversidad de reptiles en el SA. 560
Tabla 301. Relación de géneros y especies por familia del grupo de aves en la CUSAF. 561
Tabla 302. Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en la S-CUSAF. 561
Tabla 303. Riqueza y diversidad de aves en la superficie de cambio de uso de suelo. 562
Tabla 304. Relación de géneros y especies por familia del grupo de mamíferos en la S-CUSAF. 564
Tabla 305. Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en la S-CUSAF. 564
Tabla 306. Riqueza y diversidad de mamíferos en la superficie de cambio de uso de suelo. 565
Tabla 307. Relación de géneros y especies por familia del grupo de reptiles en la S - CUSAF. 566
Tabla 308. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de aves. SA vs S-CUSAF. 567

Tabla 309. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de mamíferos. SA vs S-CUSAF. 568
Tabla 310. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de reptiles. SA vs S-CUSAF. 569
Tabla 311. Comparativo faunístico entre riqueza e índices de diversidad por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF. 570
Tabla 312. Check List de presencia – ausencia de especies entre el SA vs S-CUSAF. 572
Tabla 313. Precios unitarios por producto a obtener de flora silvestre. 574
Tabla 314. Modelos matemáticos para determinar el volumen por especie. 575
Tabla 315. Estimación del volumen maderable en la S-CUSAF 576
Tabla 316. Volumen y valor maderable 576
Tabla 317. Estimación del valor económico de los recursos forestales no maderables de la flora silvestre en le S-CUSAF. 576
Tabla 318. Estimación del valor económico de los recursos faunísticos en le S-CUSAF. 578
Tabla 319. Distribución de la población por grupos de edades 581
Tabla 320. Distribución de la población por grupos de sexo y edades. 581
Tabla 321. Información general de la población, condición de pobreza, marginación y rezago social. 582
Tabla 322. Riqueza de especies del SA vs Proyecto. 586
Tabla 323. Comparativo de riqueza especifica por grupo entre el SA y el área del proyecto. 586
Tabla 324. Resultados de erosión total en el área del proyecto. 587
Tabla 325. Balance hídrico actual en la S - CUSAF. 588
Tabla 326. Balance hídrico Con CUSAF. 589
Tabla 327. Comparativo entre el balance hídrico Sin Proyecto y Con Proyecto. 590
Tabla 328. Reporte general de incidencia del proyecto. 592
Tabla 329. Indicadores de impactos ambientales. 596
Tabla 330. Actividades del proyecto a valorar. 597
Tabla 331. Identificación de impactos ambientales. 597
Tabla 332. Matriz cuantitativa de impactos ambientales sin la aplicación de medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración. 610
Tabla 333. Programa de medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación a implementar durante la etapa de Preparación del sitio. 618
Tabla 334. Estimación de erosión hídrica y eólica total con proyecto. 623
Tabla 335. Memoria de cálculo de volumen de obras de conservación de suelo. 624

Tabla 336. Textura del suelo y densidad aparente. 624
Tabla 337. Estimación del volumen de obras de conservación en la S-CUSAF.....625
Tabla 338. Déficit de erosión del suelo con la aplicación de las obras de conservación en la S-CUSAF. 625
Tabla 339. Coordenadas UTM de la ubicación de las barreras de piedra acomodada. 626
Tabla 340. Delimitación geográfica del área de almacenamiento de suelo o materia orgánica rescatado de la S-CUSAF.....628
Tabla 341. Cantidad de biomasa aérea por individuo y especie en (kg) en la S-CUSAF.....631
Tabla 342. Contenido de carbono total por individuo y por especie y capacidad total de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales. 634
Tabla 343. Número de individuos propuestos a rescate. 640
Tabla 344. Capacidad de almacenamiento de carbono de las especies propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre. 641
Tabla 345. Especies y número de individuos a reforestar para fines de restauración y mitigación de la capacidad de almacenamiento de carbono por la remoción de la vegetación forestal. 642
Tabla 346. Características dasométricas proyectadas a alcanzar de las especies reforestadas para mitigar la capacidad de almacenamiento de carbono por la remoción de la vegetación forestal. .643
Tabla 347. Cantidad de biomasa aérea total por individuo y especie en (kg) proyectada alcanzada con la reforestación. 648
Tabla 348. Contenido de carbono total por individuo y por especie reforestada y capacidad total de almacenamiento de la reforestación. 650
Tabla 349. Contenido de carbono total con la aplicación de medidas de mitigación que se logra retener. 651
Tabla 350. Ubicación geográfica de la reforestación (barreras vivas y terrazas individuales). 652
Tabla 351. Técnicas y métodos de propagación de las especies a utilizar. 653
Tabla 352. Diseño de la reforestación de auxilio. 659
Tabla 353. Cronograma de actividades del programa de reforestación. 663
Tabla 354. Bitácora de actividades. 664
Tabla 355. Formato de levantamiento de datos de campo. 665
Tabla 356. Comparativo entre el balance hídrico Sin Proyecto y Con Proyecto. 667
Tabla 357. Nivel de afectación de la recarga subterránea con proyecto CUSAF. 667
Tabla 358. Agua precipitada con las medidas de mitigación. 668

Tabla 359. Cálculo de la distancia horizontal de las barreras de piedra acomodada en el polígono de mitigación. 669
Tabla 360. Cálculo del área del triángulo en el polígono de mitigación. 670
Tabla 361. Cálculo del volumen unitario en el polígono de mitigación. 670
Tabla 362. Cálculo de densidad de obras "Barreras de piedra acomodada" en el polígono de mitigación. 670
Tabla 363. Capacidad de retención de las tinas ciegas o zanjas trincheras. 671
Tabla 364. Cálculo de densidad de obras "Terrazas Individuales" en el polígono de mitigación. .672
Tabla 365. Lámina de Capacidad de Retención en el polígono de mitigación. 672
Tabla 366. Volumen retenido en las obras en el polígono de mitigación. 674
Tabla 367. Cálculo de la distancia horizontal de las barreras vivas en la Restauración. 675
Tabla 368. Cálculo del área del triángulo en la Restauración. 676
Tabla 369. Cálculo del volumen unitario en la restauración. 676
Tabla 370. Cálculo de densidad de obras "Barreras Vivas" en la Restauración. 676
Tabla 371. Cálculo de densidad de obras "Terrazas Individuales" en la restauración. 677
Tabla 372. Lámina de capacidad de retención de las obras en la restauración del sitio. 678
Tabla 373. Volumen retenido en las obras en la Restauración. 680
Tabla 374. Coeficiente de intercepción por tipo de vegetación. 681
Tabla 375. Intercepción de agua con las medidas de mitigación. 682
Tabla 376. Cálculo del gradiente hidráulico en los polígonos de mitigación. 685
Tabla 377. Parámetros de infiltración de Green-Ampt para varias clases de suelo. 686
Tabla 378. Parámetros físicos de acuerdo con la clase de suelo en los polígonos de mitigación. 686
Tabla 379. Velocidad de descarga en los polígonos de mitigación. 687
Tabla 380. Velocidad de infiltración en los polígonos de mitigación. 688
Tabla 381. Área de vacíos por hectárea en los polígonos de mitigación. 688
Tabla 382. Área de vacíos en los polígonos de mitigación. 689
Tabla 383. Volumen infiltrado en el área de vacíos por hectárea en los polígonos de mitigación. 689
Tabla 384. Número de días con precipitación efectiva de las estaciones de influencia 690
Tabla 385. Volumen total infiltrado en el suelo en los polígonos de mitigación. 690
Tabla 386. Estimación de la ETP mensual y anual en los polígonos de mitigación. 691
Tabla 387. Porciento de horas de sol mensual de acuerdo a la latitud. 692
Tabla 388. Coeficientes globales de desarrollo por uso de suelo. 692

Tabla 389. Estimación de la ETR para uso actual del suelo por el método de Blanney-Criddle...692
Tabla 390. Agua evapotranspirada en los polígonos de mitigación. 694
Tabla 391. Grupos de suelos y descripción. 694
Tabla 392.Valores de curvas numéricas (CN) para estimar escorrentía (SCS- USDA, 1964).....695
Tabla 393. Valores de curvas numéricas (CN) con la cobertura en los polígonos de mitigación..696
Tabla 394. Cálculo de la retención máxima potencial en los polígonos de mitigación. 696
Tabla 395. Cálculo del escurrimiento medio con las medidas de mitigación. 697
Tabla 396. Determinación de los coeficientes de escurrimiento con las medidas de mitigación. .697
Tabla 397. Escurrimiento con las medidas de mitigación.....697
Tabla 398. Balance hídrico con las medidas de mitigación. 698
Tabla 399. Eficiencia de las medidas de mitigación. 699
Tabla 400. Delimitación geográfica de la zona federal del margen derecho del arroyo Barrosal..703
Tabla 401. Delimitación geográfica de la zona Federal del margen izquierdo del arroyo Bernal..705
Tabla 402. Delimitación geográfica de la franja de protección de 20 metros, a fin de proteger los cauces federales. 708
Tabla 403. Delimitación geográfica de las áreas de rescate y reubicación de flora silvestre. 711
Tabla 404. Incremento del escurrimientos en las Subcuencas 1 Bernal y 2 Barrosal. 715
Tabla 405. Ubicación geográfica de las obras de regulación de escurrimiento consistentes en la construcción de presas de gaviones, subcuenca 1 Bernal. 717
Tabla 406. Ubicación geográfica de las obras de regulación de escurrimiento consistentes en la construcción de presas de gaviones, subcuenca 2 El Barrosal. 718
Tabla 407. Número de individuos propuestos a rescate. 721
Tabla 408. Capacidad de almacenamiento de carbono de las especies propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre. 734
Tabla 409. Densidades promedio recomendadas por tipo de ecosistema. CONAFOR, 2010. 735
Tabla 410. Número de individuos por hectárea de las especies propuesta a rescate y reubicación. 735
Tabla 411. Estimación de la superficie requerida para establecer el total de individuos propuestos a reubicación. 737
Tabla 412. Dimensiones de tronco y cepellón para las especies a reubicar. 740
Tabla 413. Delimitación geográfica del área de acopio, reproducción y rescate de especies. 746
Tabla 414. Franja de protección que será destinada para rescate y reubicación de especies de flora silvestre. 747
Tabla 415. Cronograma de actividades para el programa de rescate y reubicación. 750

Tabla 416. Metas proyectadas a rescate y reubicación.....755
Tabla 417. Cálculo de capacidad de carga de la superficie que albergara el total de los individuos a rescate y trasplante.....755
Tabla 418. Dimensiones de tronco y cepellón para las especies a reubicar. 760
Tabla 419. Cronograma de actividades para el programa de rescate y reubicación biznaga asiento de suegra o acitrón *Echinocactus platyacanthus*.....761
Tabla 420. Metas planteadas en el programa de rescate.....768
Tabla 421. Ubicación geográfica del área de reubicación y/o ahuyentamiento de fauna silvestre. 791
Tabla 422. Cronograma de actividades para el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre. 793
Tabla 423. Indicadores de seguimiento y evaluación de las acciones de rescate y reubicación. .794
Tabla 424. Relación de especies de fauna silvestre a rescate, reubicación o pots – liberación. ..796
Tabla 425. Exámenes paraclínicos y diagnóstico de agentes patógenos, previo a la liberación de mamíferos, de aves y de reptiles.....798
Tabla 426. Tipos de marcaje en animales silvestre. 802
Tabla 427. Formato de evaluación clínica rutinaria en la fase de seguimiento y monitoreo de mamíferos, aves y reptiles, en su caso. 805
Tabla 428. Estrategias divulgativas en el área de reubicación y/o ahuyentamiento de fauna silvestre. 807
Tabla 429. Indicadores de evaluación de la fase de liberación, de seguimiento y de monitoreo de especies silvestres. 809
Tabla 430. Matriz cuantitativa de la aplicación de las medidas de prevención y mitigación a los posibles impactos ambientales generados por el proyecto. 814
Tabla 431. Caracterización de impactos ambientales en distintos escenarios, sin y con la aplicación de prevención, mitigación, restauraciòn y compensación ambiental.....820
Tabla 432. Matriz de impactos residuales y propuesta de medidas de mitigación. 822
Tabla 433. Matriz de interacción de las medidas de prevención y mitigación de impactos.....827
Tabla 434. Calendarización de aplicación y vigilancia de las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales.....831
Tabla 435. Calendarización de aplicación y vigilancia de las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales residuales.....832

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Composición florística; géneros y especies por familia. SA.....106
Grafica 2**.** Gráfica comparativa entre el Índice de Shannon y Valor de Importancia (IVI) en el sistema ambiental.....110
Grafica 3**.** Índices de diversidad de la microcuenca.....111
Grafica 4**.** Composición florística; géneros y especies por familia S-CUSAF. 114
Grafica 5**.** Gráfica comparativa entre el Índice de Shannon y Valor de Importancia (IVI) en la superficie a cambio de uso de suelo en áreas forestales. 117
Grafica 6**.** Índices estimados para la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales por estratos.....118
Grafica 7**.** Gráfica comparativa de la composición florística entre la SA vs S-CUSAF. 120
Grafica 8**.** Comparativo de general riqueza de especies del SA vs S-CUSAF. 121
Grafica 9**.** Comparativo de riqueza de especies del SA vs S-CUSAF por estratos. 121
Grafica 10**.** Comparativo de Índices de diversidad en el SA vs S-CUSAF.....123
Grafica 11**.** Comparativo de Índices de diversidad generales en el SA vs S-CUSAF.....123
Grafica 12**.** Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en el SA. 130
Grafica 13**.** Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en el SA. 131
Grafica 14**.** Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en el SA.....133
Grafica 15**.** Riqueza y diversidad de mamíferos en la microcuenca.....134
Grafica 16**.** Riqueza por género y especie por familia del grupo de reptiles en el SA. 135
Grafica 17**.** Riqueza y diversidad de reptiles en el sistema ambiental. 135
Grafica 18**.** Riqueza por género y especie por familia del grupo de reptiles en la S-CUSAF. 137
Grafica 19**.** Riqueza y diversidad de aves en la superficie de cambio de uso de suelo. 138
Grafica 20**.** Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en la S-CUSAF. .140
Grafica 21**.** Riqueza y diversidad de mamíferos en la superficie de cambio de uso de suelo. 140
Grafica 22**.** Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de aves. SA vs S-CUSAF. 142
Grafica 23**.** Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de mamíferos. SA vs S-CUSAF. 143
Grafica 24**.** Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de reptiles. SA vs S-CUSAF. 144
Grafica 25**.** Comparativo faunístico de riqueza por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF. 145

Grafica 26**.** Comparativo faunístico de índices de diversidad por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF. 146
Grafica 27**.** Comparativo de erosión hídrica y eólica, sin proyecto, con proyecto sin medidas y con proyecto con medidas de prevención. 152
Grafica 28**.** Balance hídrico actual. 154
Grafica 29**.** Balance hídrico Con CUSAF. 155
Grafica 30**.** Grafica del balance hídrico con aplicación de medidas de mitigación. 157
Grafica 31**.** Grafica comparativa de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF. 213
Grafica 32**.** Comparativo de riqueza general SA vs S-CUSAF. 214
Grafica 33**.** Comparativo de riqueza por estrato SA vs S-CUSAF. 214
Grafica 34**.** Comparativo de Índices de diversidad en el SA vs S-CUSAF. 215
Grafica 35**.** Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de aves. SA vs S-CUSAF. 221
Grafica 36**.** Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de mamíferos. SA vs S-CUSAF. 222
Grafica 37**.** Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de reptiles. SA vs S-CUSAF. 223
Grafica 38**.** Comparativo faunístico de riqueza por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF. 224
Grafica 39**.** Comparativo faunístico de índices de diversidad por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF. 224
Grafica 40**.** Comparativo de erosión hídrica y eólica, sin proyecto, con proyecto sin medidas y con proyecto con medidas de prevención. 232
Grafica 41**.** Balance hídrico actual. 233
Grafica 42**.** Balance hídrico Con CUSAF. 234
Grafica 43**.** Balance hídrico actual. 372
Grafica 44**.** Balance hídrico Con CUSAF. 387
Grafica 45**.** Curva de acumulación de especies en el SA. 411
Grafica 46. Curva de acumulación de especies en el SA. Se muestra en línea punteada la curva logarítmica de cada uno de los indicadores. 412
Grafica 47. Índices de diversidad generales del muestreo en el SA 426
Grafica 48. Índices de diversidad por estratos del muestreo en el SA 427
Grafica 49. Riqueza por estratos del muestreo en el SA 427
Grafica 50. Índice del Valor de Importancia de la microcuenca. 433
Grafica 51. Índice del Valor de Importancia del estrato herbáceo. 436

Grafica 52. Índice del Valor de Importancia del estrato arbustivo. 439
Grafica 53. Índice del Valor de Importancia del estrato arbóreo. 441
Grafica 54. Índice del Valor de Importancia de las Cactáceas. 443
Grafica 55. Curva de acumulación de especies del área a CUSAF. 457
Grafica 56. Curva de acumulación de especies en la S-CUSAF. Datos observados y estimadores no paramétricos. Se muestra en línea punteada la curva logarítmica de cada uno de los indicadores. 458
Grafica 57. Índice de diversidad del cambio de uso de suelo de áreas forestales. 461
Grafica 58. Índice de diversidad de Shannon del estrato **herbáceo** de las especies de S-CUSAF. 463
Grafica 59 Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad del estrato arbustivo. 465
Grafica 60 Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad del estrato arbóreo. 467
Grafica 61. Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad de Cactáceas. 470
Grafica 62. Índices estimados para la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales por estratos. 471
Grafica 63. Índices estimados por estratos en la S-CUSAF. 472
Grafica 64. Índice de Valor de Importancia general de las especies en la superficie de CUSAF. 477
Grafica 65. Índice de Valor de Importancia de las especies del estrato **herbáceo**. 479
Grafica 66. Índice de Valor de Importancia de las especies del estrato **arbustivo**. 481
Grafica 67. Índice de Valor de Importancia de las especies del estrato **arbóreo**. 482
Grafica 68. Índice de Valor de Importancia de **Cactáceas**. 484
Grafica 69. Comparativo de estimaciones de captura de carbono para los matorrales mexicanos con diferentes metodologías, instituciones y autores. 492
Grafica 70. Cantidad de biomasa aérea total por individuo y especie en (kg) en la S-CUSAF. 495
Grafica 71. Contenido de carbono total por individuo y por especie y capacidad total de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales. 499
Grafica 72 Índices de diversidad y equidad de Shannon para aves en el SA. 514
Grafica 73 Índices de diversidad y equidad de Shannon para mamíferos y reptiles en el SA. 515
Grafica 74 Riqueza e índice de diversidad de reptiles en el sistema ambiental. 516
Grafica 75. Índice de Shannon de aves identificadas en la S-CUSAF. 519

Grafica 76 Índice de Shannon para mamíferos identificadas en la S-CUSAF. 521
Grafica 77 Composición florística; géneros y especies por familia. SA.....533
Grafica 78 Grafica comparativa entre el Índice de Shannon y Valor de Importancia (IVI) en el sistema ambiental. 536
Grafica 79 Riqueza e Índice de diversidad del sistema ambiental. 537
Grafica 80 Composición florística; géneros y especies por familia S-CUSAF. 540
Grafica 81 Grafica comparativa entre el Índice de Shannon y Valor de Importancia (IVI) en la superficie a cambio de uso de suelo en áreas forestales. 543
Grafica 82 Índices estimados para la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales por estratos.....544
Grafica 83 Grafica comparativa de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF. 546
Grafica 84 Comparativo de riqueza de especies general y por estrato SA vs S-CUSAF. 547
Grafica 85. Comparativo de riqueza de especies de SA vs S-CUSAF por estratos. 547
Grafica 86 Comparativo de Índices de diversidad en el SA vs S-CUSAF. 548
Grafica 87 Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en el SA. 555
Grafica 88 Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en el SA. 556
Grafica 89 Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en el SA. 557
Grafica 90 Riqueza y diversidad de mamíferos en el SA. 558
Grafica 91 Riqueza por género y especie por familia del grupo de reptiles en el SA. 559
Grafica 92 Riqueza y diversidad de reptiles en el SA. 560
Grafica 93 Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en la S-CUSAF. 562
Grafica 94 Riqueza y diversidad de aves en la superficie de cambio de uso de suelo. 563
Grafica 95 Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en la S-CUSAF. ..564
Grafica 96 Riqueza y diversidad de mamíferos en la superficie de cambio de uso de suelo. 565
Grafica 97 Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de aves. SA vs S-CUSAF. 567
Grafica 98 Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de mamíferos. SA vs S-CUSAF. 568
Grafica 99 Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de reptiles. SA vs S-CUSAF. 569
Grafica 100 Comparativo faunístico de riqueza por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF. 570
Grafica 101 Comparativo faunístico de índices de diversidad por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF. 571
Grafica 102 Población en condición de pobreza multidimensional, 2020. 583

Grafica 103 Principales lenguas indígenas habladas por la población de 3 años y más en Tolimán. 584
Grafica 104. Balance hídrico actual.....588
Grafica 105. Balance hídrico Con CUSAF. 589
Grafica 106 Cantidad de biomasa aérea por individuo y especie en (kg) en la S-CUSAF.....633
Grafica 107. Contenido de carbono total por especie y total en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.....636
Grafica 108. Grafica del balance hídrico con aplicación de medidas de mitigación. 699

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

I.1 Datos generales del proyecto.

I.1.1 Nombre del proyecto.

Banco de Materiales Pétreos ***"Buenavista".***

I.2 Datos generales del promovente

I.2.1 Nombre o razón social

INMOBILIARIA RANCHO EL TORNERO, S. A. DE C. V. ***(Anexo V.4.1).***

I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente

[redacted]

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal

C. Jorge Nuñez Pesquera. Representante legal de la persona moral y Administrador Único.

I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

[redacted]

I.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental

Declaración bajo protesta de decir verdad (Artículo 36 del Reglamento de la LEGEEPA – MEIA).

I.3.1 Nombre o razón social

Gestión Ambiental e Infraestructura S.A. de C.V.

I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes o CURP

[redacted]

I.3.3 Nombre del Responsable Técnico del estudio

Ing. Jaime García Camacho [redacted]

I.3.4 Dirección del responsable técnico del estudio

[redacted]

I.4 Ubicación del proyecto.

Tabla 1. Ubicación administrativa del proyecto.

Entidad Federativa	Municipio	Localidad	Predio	[redacted]
Querétaro	Tolimán	Buenavista	Fracción I El Barrosal	

I.4.1 Representación gráfica local del proyecto.



Imagen 1. Representación gráfica local del proyecto.

I.4.2 Ubicación y delimitación geográfica del predio donde se localiza el proyecto.

Específicamente el proyecto, motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales (CUSAF), se ubica en el predio denominado ***"El Barrosal",*** hoy ***"Fracción I El Barrosal",*** con superficie total de 50.00 hectáreas, identificado con la [redacted] propiedad del

Inmobiliaria Rancho El Tornero, S. A. de C. V., ***(Anexo V.4.1)***, ubicado la Localidad de Buenavista, Delegación Municipal de San Antonio de La Cal, municipio de Tolimán, Querétaro.

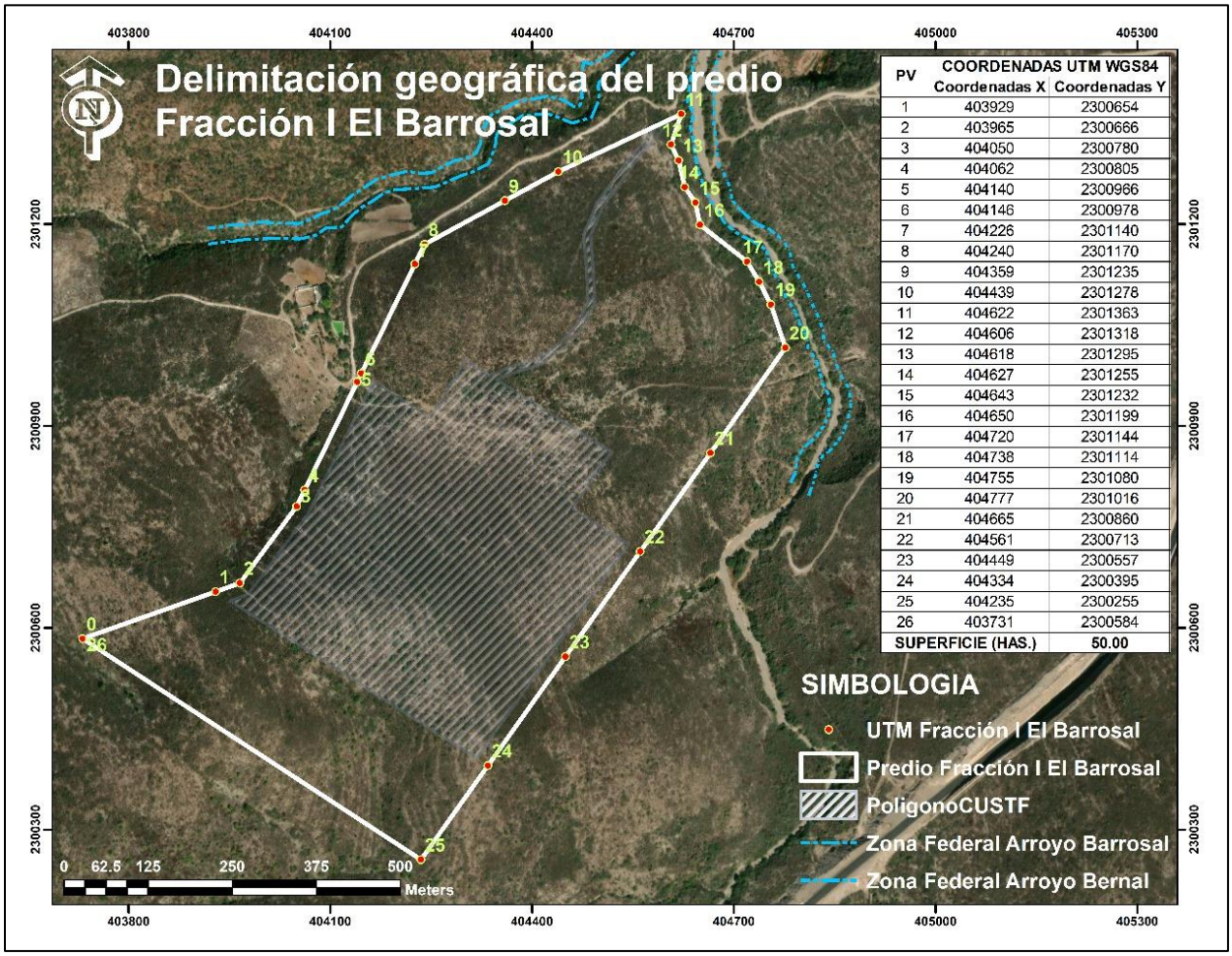


Imagen 2. Croquis de ubicación del proyecto

Tabla 2. Delimitación georreferenciada del predio denominado Fracción I de El Barrosal.

Vértices	COORDENADAS GEOGRAFICAS UTM WGS84	
	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	403929	2300654
2	403965	2300666
3	404050	2300780
4	404062	2300805
5	404140	2300966
6	404146	2300978
7	404226	2301140

8	404240	2301170
9	404359	2301235
10	404439	2301278
11	404622	2301363
12	404606	2301318
13	404618	2301295
14	404627	2301255
15	404643	2301232
16	404650	2301199
17	404720	2301144
18	404738	2301114
19	404755	2301080
20	404777	2301016
21	404665	2300860
22	404561	2300713
23	404449	2300557
24	404334	2300395
25	404235	2300255
26	403731	2300584
SUPERFICIE (HAS.)		**50.00**

I.4.3 Ubicación y delimitación geográfica de la superficie del proyecto (S-CUSAF).

En congruencia con el Dictamen de uso de suelo que autoriza el cambio de uso de suelo de conservación a actividades extractivas (Banco de materiales pétreos y trituración) en una superficie inicial de 20.0 hectáreas, aprobado y autorizado en Sesión de Cabildo el fecha 23 de febrero de 2021 por el H. Ayuntamiento de Tolimán, Querétaro, publicado en el Periódico Oficial La Sombra de Arteaga el 14 de mayo de 2021 e inscrito en el Registro Público de la Propiedad. Subdirección Tolimán con fecha 13 de julio de 2021, con el Folio Inmobiliario No: 00005362/0003 ***(Anexo V.4.3)***, la superficie total del proyecto, es decir, las 19.71 hectáreas estarán distribuidas en tres componentes principales;

En referencia a lo anterior, dichas áreas se encuentran delimitadas mediante las siguientes coordenadas geográficas UTM, las cuales se enlistan a continuación.

Tabla 3. Delimitación geográfica de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales (S-CUSAF).

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	404347	2300969
2	404519	2300861
3	404460	2300778
4	404544	2300724
5	404433	2300568
6	404317	2300406
7	403951	2300640
8	403972	2300647
9	403975	2300649
10	403977	2300650
11	403979	2300652
12	403981	2300654
13	404066	2300768
14	404067	2300770
15	404068	2300772
16	404079	2300794
17	404163	2300967
18	404249	2300912
19	404300	2300998
20	404337	2300975
21	404340	2300977
22	404367	2300988
23	404367	2300988
24	404368	2300988
25	404404	2300999
26	404445	2301026
27	404466	2301050
28	404483	2301084
29	404481	2301130

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
30	404477	2301183
31	404477	2301184
32	404477	2301185
33	404477	2301185
34	404496	2301231
35	404496	2301231
36	404497	2301232
37	404543	2301295
38	404543	2301295
39	404587	2301347
40	404608	2301357
41	404551	2301289
42	404505	2301226
43	404487	2301183
44	404491	2301130
45	404493	2301083
46	404493	2301082
47	404493	2301082
48	404492	2301081
49	404474	2301045
50	404474	2301044
51	404474	2301044
52	404452	2301019
53	404451	2301018
54	404451	2301018
55	404409	2300990
56	404408	2300989
57	404407	2300989
58	404371	2300978
	Superficie (Has)	**19.71**

I.4.4 Ubicación y delimitación geográfica de los principales componentes del proyecto.

La superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales se va destinar a tres usos de suelo, es decir, a actividades extractivas (Banco de materiales), área de trituración y camino de acceso, cuyas áreas se encuentran delimitadas con las siguientes coordenadas geográficas UTM WGS84.

Tabla 4. Delimitación geográfica del área propuesta a actividades extractivas.

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	404543.81	2300724.00
2	404432.59	2300567.87
3	404317.21	2300405.90
4	403950.63	2300639.90
5	403971.99	2300647.43
6	403974.68	2300648.63
7	403977.16	2300650.20
8	403979.39	2300652.12
9	403981.31	2300654.35
10	404065.85	2300768.46
11	404067.10	2300770.37
12	404078.61	2300793.82
13	404163.20	2300966.95
	Superficie	**16.65 Has**

Tabla 5 Delimitación geográfica del área de trituración.

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	404248.79	2300912.32
2	404300.19	2300998.09
3	404518.69	2300861.37
4	404459.52	2300777.80
	Superficie	**2.57 Has**

Tabla 6 Delimitación geográfica del área propuesta a camino de acceso.

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	404347	2300969
2	404337	2300975
3	404340	2300977
4	404367	2300988
5	404367	2300988
6	404368	2300988
7	404404	2300999
8	404445	2301026
9	404466	2301050
10	404483	2301084
11	404481	2301130
12	404477	2301183
13	404477	2301184
14	404477	2301185
15	404477	2301185
16	404496	2301231
17	404496	2301231
18	404497	2301232
19	404543	2301295
20	404543	2301295
21	404587	2301347
22	404608	2301357
23	404551	2301289
24	404505	2301226
25	404487	2301183
26	404491	2301130
27	404493	2301083
28	404493	2301082
29	404493	2301082
30	404492	2301081

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
31	404474	2301045
32	404474	2301044
33	404474	2301044
34	404452	2301019
35	404451	2301018
36	404451	2301018
37	404409	2300990
38	404408	2300989
39	404407	2300989
40	404371	2300978
	Superficie (Has.)	**0.49**



Imagen 3. Delimitación geográfica de los usos propuestos.

I.4.5 Planeación y programación del CUSAF del área destinada a actividades extractiva.

Es importante precisar que la superficie total solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales se va ejecutar en un periodo de 16 (dieciséis), dentro de este mismo periodo se encuentra la superficie destinada a actividades extractivas, misma que se va explotar por medio de terrazas diseñadas de forma descendente, es decir, de la parte con mayor altitud a la de menor altitud, esto va permitir el acceso a la totalidad de la superficie destinada a explotación, evitando dejar islas de vegetación sin remover y en su caso sin explotación, generando desorden al momento de realizar las actividades de restauración y facilitando una mejor operatividad en la explotación del banco de roca caliza, como se ilustra en la siguiente imagen.

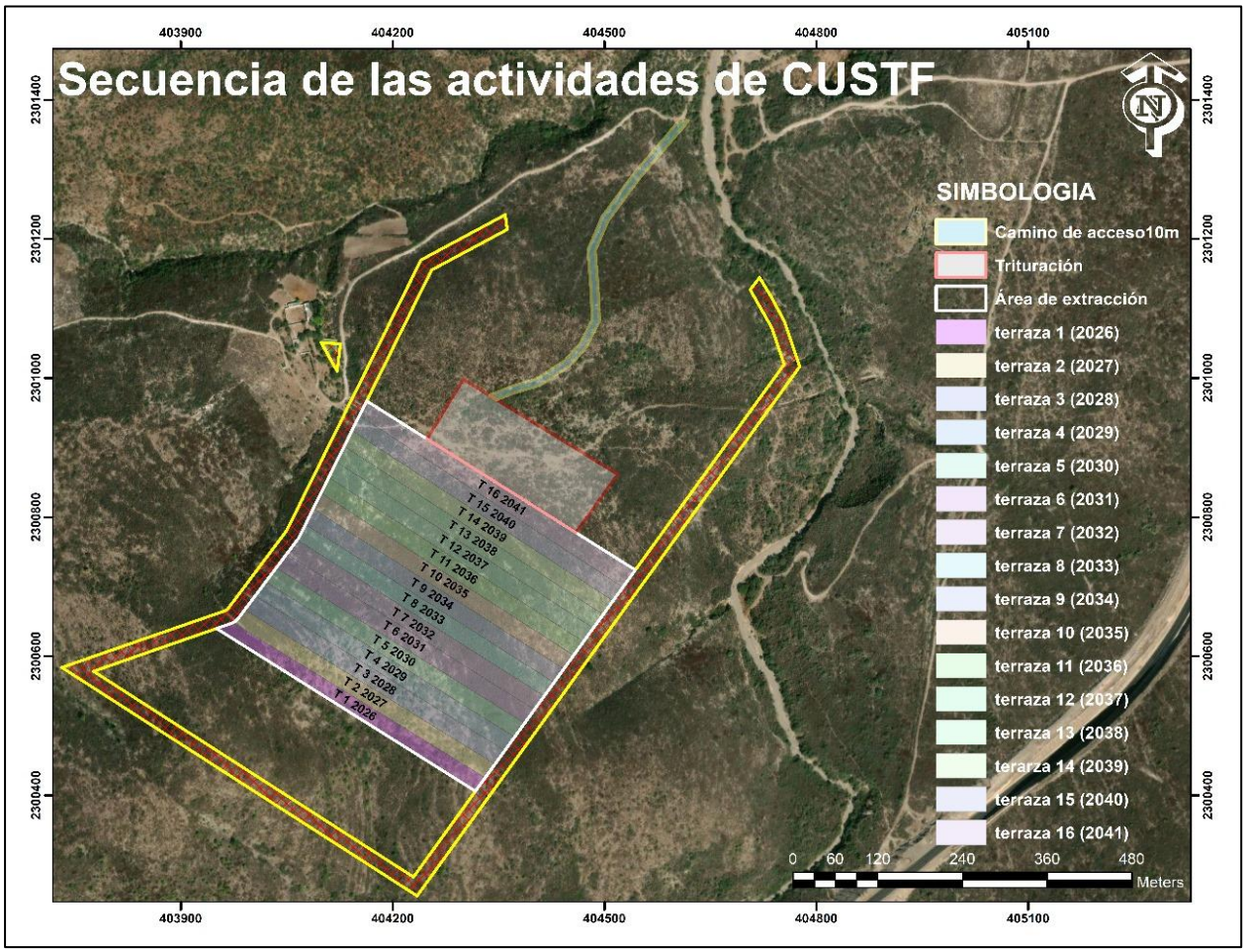


Imagen 4. Diseño de terrazas y secuencia descendente de explotación en la superficie destinada a actividades extractivas.

Este diseño de terraceo de forma descendente, también va permitir ir restaurando cada una de las terrazas agotadas con su explotación, toda vez que se está proyectado explotar una terraza por año, esto nos va permitir que el año subsecuente la terraza agotada sea factible de

restauración sin ocasionar ningún tipo de problemas en las maniobras de explotación de roca caliza.

I.4.6 Ubicación y delimitación de polígonos destinados a mitigación y compensación de impactos ambientales.

Dentro del polígono definido del predio se dejó una superficie total del 9.12 hectáreas destinadas a medidas de mitigación y compensación de impactos ambientales, conformadas en dos polígonos; uno de 4.00 hectáreas y otro de 5.12 hectáreas, que se destinaràn para la reubicación de flora silvestre, las cuales se encuentran delimitadas con las siguientes coordenadas UTM WGS84.

Tabla 7. Delimitación geográfica del área de rescate y reubicación de flora silvestre.

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	404737	2301072
2	404754	2301020
3	404544	2300724
4	404460	2300778
	SUPERFICIE (HAS)	**4.00**

Tabla 8. Delimitación geográfica de la franja de protección que será destinada para rescate y reubicación de flora silvestre.

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	404738	2301114
2	404755	2301080
3	404777	2301016
4	404235	2300255
5	403731	2300584
6	403965	2300666
7	404050	2300780
8	404240	2301170
9	404359	2301235
10	404362	2301213
11	404255	2301155

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
12	404068	2300772
13	404067	2300770
14	404066	2300768
15	403981	2300654
16	403979	2300652
17	403977	2300650
18	403975	2300649
19	403972	2300647
20	403776	2300578
21	404229	2300283
22	404317	2300406
23	404433	2300568
24	404544	2300724
25	404754	2301020
26	404737	2301072
27	404706	2301127
28	404720	2301144
	Superficie	**5.12 Has.**

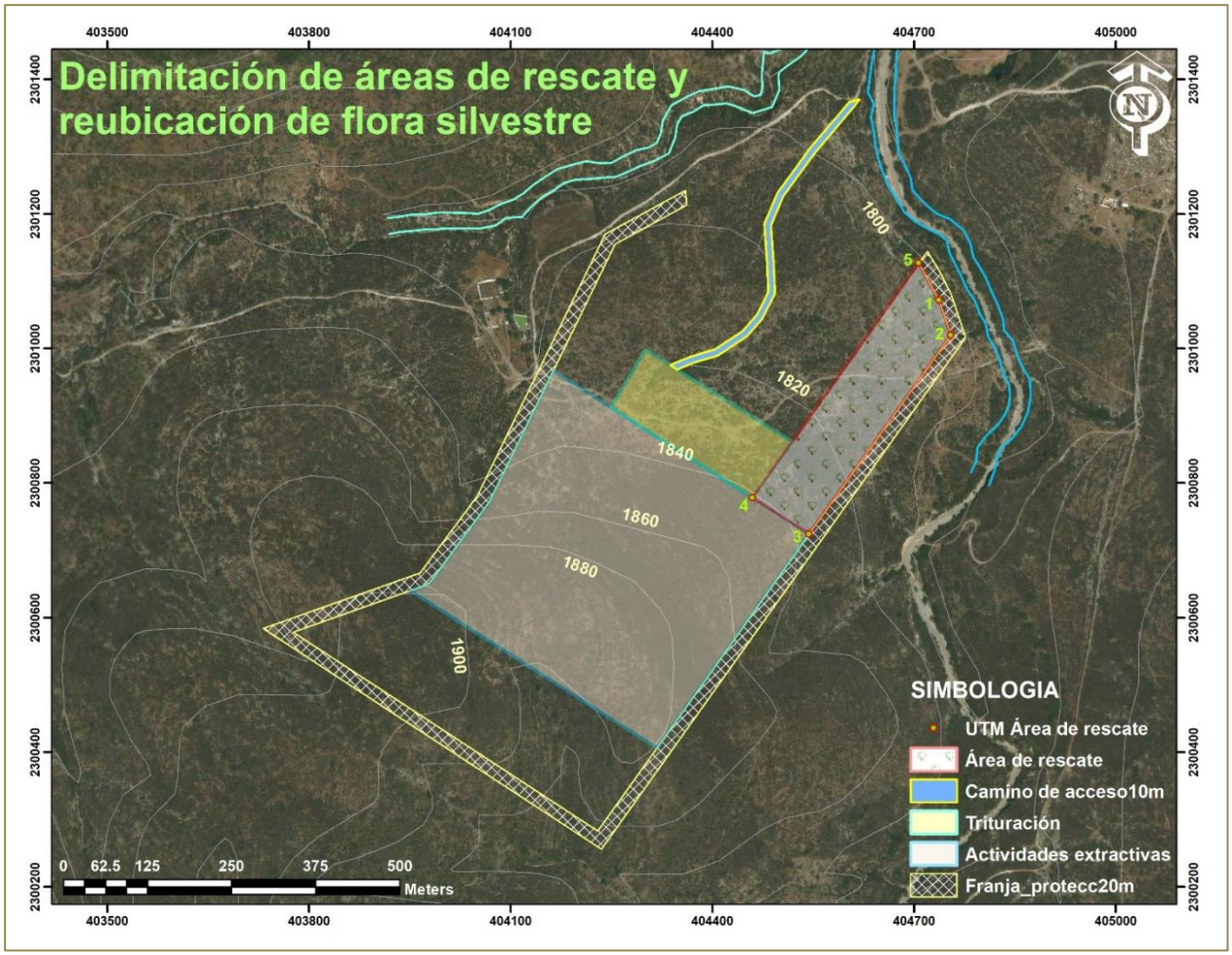


Imagen 5. Delimitación geográfica del área de rescate y reubicación de flora silvestre.

Con relación al área que será destinada para rescate y reubicación de flora silvestre, esta fue definida estratégicamente conjuntamente con la franja de protección con el objetivo de proteger los arroyos El Barrosal y Bernal, aunque la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales no afecta ni colinda el arroyo, tal como se puede apreciar en dichas imágenes.



Imagen 6. Delimitación geográfica de la franja de protección que será destinada para rescate y reubicación de flora silvestre.

I.4.6 Ubicación y delimitación geográfica de bodega temporal de resguardo.

Debido a que el área del proyecto se encuentra en una zona de alta marginación y con un alto grado de degradación, será necesario habilitar una pequeña bodega para resguardo de herramienta menor-básica en pequeñas cantidades para las actividades de cambio de uso de suelo y dado que no se construirá obra civil al interior del área del proyecto no será necesario el suministro de los materiales industrializados. Dicha bodega será de 6 m de ancho por 6 m de largo construida con materiales ligeros que no implique la edificación de obra civil y su uso será exclusivamente para resguardo de herramienta menor, cuya ubicación geográfica de enlista e ilustra a continuación.

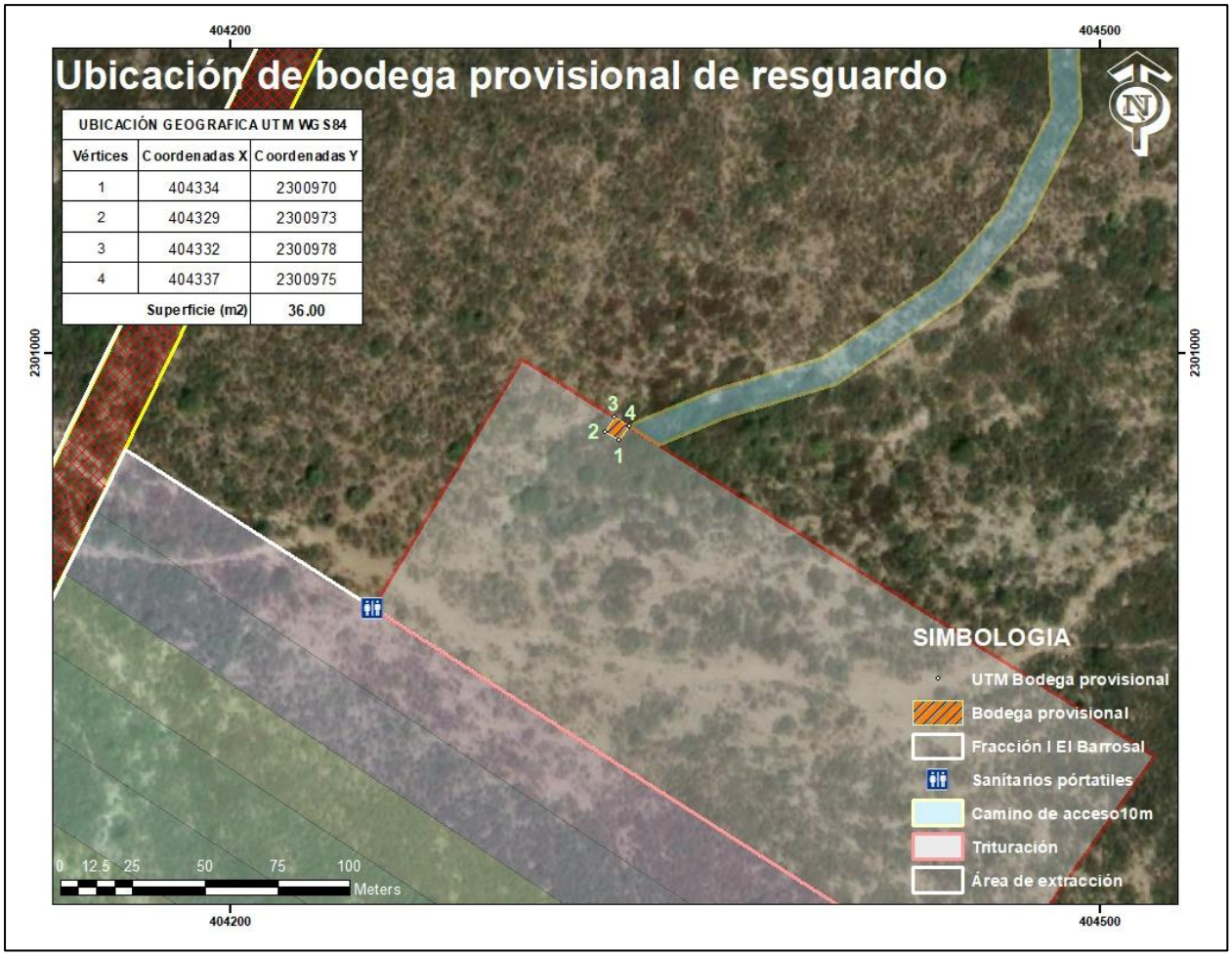


Imagen 7. Ubicación geográfica de la bodega provisional de resguardo.

Tabla 9. Delimitación geográfica del área de bodega provisional del resguardo.

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	404334	2300970
2	404329	2300973
3	404332	2300978
4	404337	2300975
	Superficie (m2)	**36.00**

En este mismo sentido no se contempla la instalación de campamentos temporales, toda vez que estará prohibido pernoctar en el área del proyecto, a fin de evitar daños a la fauna silvestre principalmente a aquellas especies de comportamiento diurno.

Como parte de las obras y actividades provisionales, se colocarán sanitarios portátiles para la disposición y manejo de aguas residuales, los cuales estarán ubicados en las siguientes coordenadas geográficas UTM WGS84, que se relacionan e ilustran a continuación.

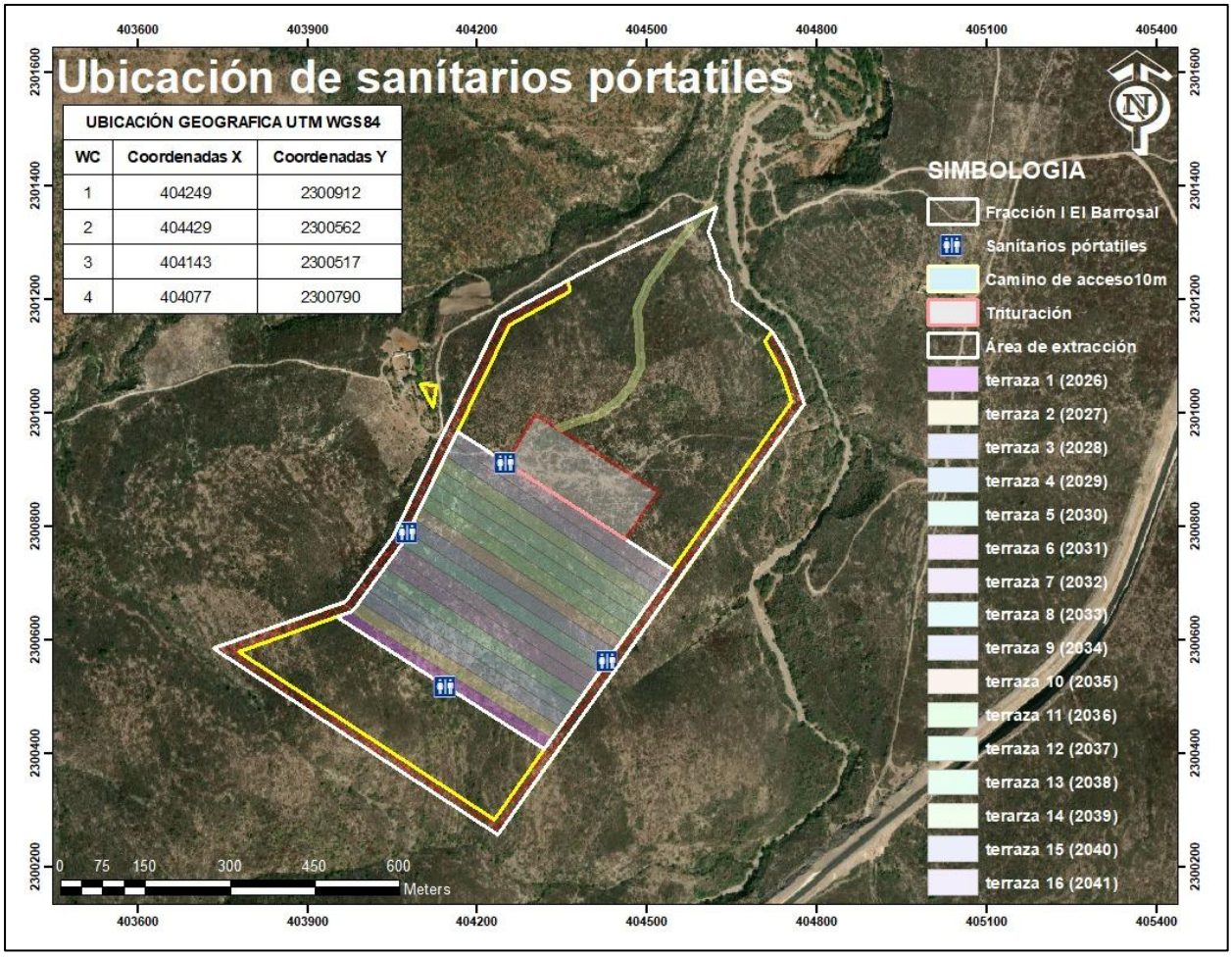


Imagen 8. Ubicación geográfica UTM WGS84 de los sanitarios portátiles.

Tabla 10. Coordenadas geográfica UTM WGS84 de los sanitarios portátiles.

WC	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	404249	2300912
2	404429	2300562
3	404143	2300517
4	404077	2300790

I.5 Descripción de las obras temporales previstas.

I.5.1 Bodega temporal de resguardo (Almacén).

Debido a que el área del proyecto se encuentra en una zona de alta marginación y con un alto grado de degradación, se habilitará una pequeña bodega para resguardo de herramienta menor-básica en pequeñas cantidades para las actividades de cambio de uso de suelo y dado que no se construirá obra civil al interior del área del proyecto no será necesario el suministro de materiales industrializados. Dicha bodega será de 6 m de ancho por 6 m de largo, construida con materiales ligeros que no implique la edificación de obra civil y su uso será exclusivamente para resguardo de herramienta menor.

No se contempla la construcción e instalación de campamentos con fines de pernoctar o áreas de comedor y oficinas administrativas, ya que las actividades del proyecto, estarán acotadas exclusivamente en las actividades de preparación del sitio, es decir, delimitación de la superficie del proyecto, instalación de obras provisionales, desmonte y despalme, es decir, las indicadas en artículo 5 inciso O del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, por lo que dichas actividades se realizaran en jornadas laborales marcadas en la legislación laboral vigente, por lo que los trabajadores abandonaran el sitio del proyecto al termino de cada jornada retomando sus actividades nuevamente la siguiente jornada y así sucesivamente.

I.6 Características del proyecto.

I.6.1 Inversión total requerida del proyecto.

Se tiene proyectada una inversión total de ***26,558,916.23 (Veintiséis millones, quinientos cincuenta ocho mil, novecientos dieciséis mil pesos, 23/100),*** que involucra la adquisición del predio, equipo y maquinaria a emplear y el costo de las actividades de restauración, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11. Inversión total requerida del proyecto.

Costo de inversión del Proyecto ($)	Costo de medidas de prevención, mitigación y/o restauración ($)	Total ($)
24´310,000.00	2'248,916.23*	26,558,916.23

* Oficio No. F.22.01.02/0533/2026 de fecha 7 de abril de 2026 emitido por la ORE – SEMARNAT en el Estado de Querétaro, Solicitud de depósito al Fondo Forestal Mexicano.

I.6.2 Duración del proyecto

Las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales se ejecutarán en un periodo de quince (16) años que es la vigencia solicitada y se apegarán a los siguientes cronogramas de actividades.

Tabla 12. Cronograma de actividades del cambio de uso de suelo en áreas forestales durante el primer año.

ACTIVIDADES/AÑOS	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12
IMPLEMENTACION DE MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTALES.													
Delimitación de superficie autorizada (total y por terraza).													
Ejecución de programas de rescate y reubicación de flora silvestre.													
Ejecución de programas de rescate y reubicación de fauna silvestre.													
Construcción de barreras de piedra acomodada en curvas de nivel.													
Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras.													
Rescate y almacenamiento de suelo fértil.													
PREPARACION DEL SITIO (CUSAF)													
Remoción de vegetación forestal.													
Despalmen de la capa fértil.													
OPERACION Y FUNCIONAMIENTO													
Extracción de roca caliza y trituración.													

Se prevé que en cada año consecutivo se realice la restauración total de la superficie correspondiente a la terraza explotada en el año inmediato anterior, sin embargo, la ejecución de medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales será continua, como se muestra en el siguiente cronograma.

Tabla 13. Cronograma de actividades del cambio de uso de suelo en áreas forestales de los años consecutivos.

ACTIVIDADES/AÑOS	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12
IMPLEMENTACION DE MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTALES.													
Delimitación de superficie autorizadas (total y por terraza).													
Ejecución de programas de rescate y reubicación de flora silvestre.													
Ejecución de programas de rescate y reubicación de fauna silvestre.													
Construcción de barreras de piedra acomodada en curvas de nivel.													
Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras.													
Rescate y almacenamiento de suelo fértil.													
PREPARACION DEL SITIO (CUSAF)													
Remoción de vegetación forestal.													

Despalmen de la capa fértil.													■
OPERACION Y FUNCIONAMIENTO													
Extracción de roca caliza y trituración (Competencia estatal).	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ACTIVIDADES DE RESTAURACION													
Nivelación de la superficie explotada.	■	■	■	■									
Reincorporación del suelo fértil almacenado.				■									
Riego con agua tratada del área.				■									
Reforestación con especies nativas.					■	■	■	■	■				
Riegos periódicos.					■	■	■	■	■				
Evaluación de sobrevivencia.										■	■		
Reposición del ejemplares muertos.										■	■		
Protección de la reforestación (cercados del área).	■	■											
Mantenimiento	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Las actividades de cambio de uso de suelo se van ejecutar de forma paulatina y progresiva conforme el diseño de tarrazas, con el propósito de distribuir mejor las actividades a desarrollar, de acuerdo a lo anterior durante toda la preparación del sitio se estarán aplicando medidas de prevención y mitigación, dentro de la cuales están contempladas el ahuyentamiento de fauna silvestre y la ejecución del programa de rescate y reubicación de flora silvestre, estas dos medidas se ejecutarán el primer trimestre de cada año previo a las actividades de desmonte y despalme, cabe señalar que estas actividades se llevarán a cabo con el uso de maquinaria pesada propiedad de la empresa, el propósito es mezclar los desperdicios de la vegetación y la capa fértil con el objetivo de extraerla y almacenarla, la cual servirá para la restauración del área explotada.

También es importante precisar que las actividades de extracción se llevaran a cabo conforme lo establece la licencia de explotación de materiales pétreos, bajo supervisión del perito responsable del banco de materiales en coordinación con la Secretaria de Desarrollo Sustentable de Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro, con fundamento en el artículo 7 fracción VII del Código Ambiental del Estado de Querétaro (CAEQ), en este sentido de haber algún tipo de restricción para la extracción en el periodo mencionado (junio – octubre) será acatado tal cual y se dará cumplimiento a las restricciones ordenadas por dicha dependencia, sin menoscabo del cumplimiento de las condicionantes ordenadas en la autorización en materia de impacto ambiental emitida por la SEMARNAT y las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales propuestas en la MIA autorizada, con fundamento en el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

Una vez limpias las áreas se procederá a la operación y funcionamiento, que propiamente es realizar cortes, abundar materiales pétreos, cargar y transpórtalos a la trituradora móvil.

Es importante señalar que el aprovechamiento será gradual, la demanda de materiales pétreos irá marcando la pauta del avance del cambio de uso de suelo, es decir, el desmonte y despalme de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo no se realizará mientras tanto no haya una demanda de materiales que abastecer, esto nos permitirá evitar tener grandes áreas desprovista de vegetación y suelos por tiempos prologados y con ello vamos a garantizar reducir a su mínima expresión la erosión del suelo, la infiltración y por consecuencia mantener un paisaje sin cambios bruscos al escenario actual.

Las actividades de restauración se irán realizando año con año, es decir, una vez agotada la terraza correspondiente, sin embargo, también existe la posibilidad de irse realizando conforme el avance de las actividades de extracción, previa valoración de la autoridad competente y las condiciones que en su momento prevalezcan en el área del proyecto, siempre y cuando dichas acciones no obstaculicen las actividades principales del proyecto como lo son la extracción de roca caliza y su proceso de trituración, en este tenor dichas actividades de restauración se apegaran a lo indicado en la licencia de explotación emitida por la SEDESU del Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro y al programa de reforestación con fines de restauración que se describe en el apartado de medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales

Al final o durante el proceso de explotación, las áreas susceptibles de restauración deberán reunir las características antes descritas con el objetivo de facilitar las actividades de restauración, las cuales consisten en la reincorporación del suelo fértil en una capa de 20 centímetros, donde serán plantados el total del ejemplares considerados en el programa de reforestación cuyas características y especificaciones técnicas se describen en el dicho programa.

Es importante señalar que se llevará a cabo la misma dinámica en la ejecución del programa de rescate y reubicación de flora silvestre y las obras de conservación de suelo y agua que se propondrán para no comprometer dichos recursos naturales como parte de la excepcionalidad en la obtención de dicha autorización de cambio de uso de suelo.

I.6.2.1 Preparación del sitio (A-CUSAF).

Por la naturaleza y dimensiones del proyecto, propiamente no requiere acciones extraordinarias o sofisticadas, estas están limitadas a la delimitación del área, ejecución del programa de rescate

y reubicación de fauna y flora silvestre, construcción de barrera de piedra a curvas de nivel, eliminación y/o remoción de vegetación y despalme para dar paso a la etapa de extracción de materiales pétreos del subsuelo y colocación de equipo de construcción y obra civil, sin embargo, previo a estas actividades se ejecutarán todas aquellas medidas de prevención y mitigación condicionadas en las diferentes autorizaciones de las distintas competencias de gobierno.

a) Delimitación del área autorizada a CUSAF y terrazas o bermas.

Con el objetivo de evitar daños a la vegetación aledaña o áreas fuera de la superficie autorizada para cambio de uso de suelo, la delimitación se realizará con el uso de las coordenadas geográficas UTM reportadas en esta manifestación de impacto ambiental y autorizadas en el resolutivo correspondiente, primeramente se delimitará el área autorizada para ello se señalizará y acordonará con el uso de cinta de **PRECAUCION** para de esta manera prevenir a los trabajadores que realizan la actividad de desmonte y despalme que no deben sobrepasar dichos límites y así cumplir con los objetivos planteados.

b) Ejecución del programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.

Una vez delimitada el área de cambio de uso de suelo en áreas forestales se procederá a vigilar e identificar la presencia de fauna silvestre, lo anterior a fin de ser ahuyentada o en su caso capturada y reubicada para evitar causar algún daño incluso la muerte, estas actividades estarán apegadas al programa de rescate incluido como una medida de prevención en el apartado correspondiente.

c) Ejecución del programa de rescate y reubicación de flora silvestre.

A la par con el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre, también se ejecutará el programa de rescate y reubicación de flora silvestre, este programa se prevé ejecutarlo previo a las actividades de desmonte y/o eliminación de la vegetación forestal y al despalme del suelo en la capa fértil con la idea de identificar, censar y extraer (individuos, esquejes, pencas y semillas o material vegetativo) y confinar las especies consideradas en dicho programa, hasta en tanto no se haya cumplido la meta establecida no se podrá dar paso con las siguientes actividades, que propiamente son las que involucran el cambio de uso de suelo en áreas forestales.

d) Construcción de barrera de piedra acomodada en curvas de nivel.

Las obras de conservación del suelo propuestas son una parte fundamental y se construirán previo a las actividades de desmonte, considerando principalmente los tiempos atípicos como los que hoy en día se presentan, ya que estas tienen como objetivo retener el suelo por agentes erosivos como el agua y el aire, el volumen de obra propuesta debe estar en un cien por ciento

terminada antes de la eliminación y despalme del área autorizada para que estas entren en función en caso de lluvias o fuertes vientos y así retener la pérdida de suelo estimado que se perdería con las actividades de cambio de uso de suelo. El diseño, dimensiones y ubicación se muestran en el apartado correspondiente a las medidas de prevención y mitigación de impacto ambientales.

e) Eliminación y/o remoción de la vegetación.

Esta actividad consiste en despejar el área que será intervenida mediante la eliminación de la vegetación forestal presente, esta actividad se prevé realizarla con el uso de herramienta manual como machete, hacha, motosierra, y en su caso con el uso de maquinaria pesada todo ello depende de la demanda que se tenga de los materiales por extraer, bajo ninguna consideración se hará uso del fuego y productos químicos para dicha actividad a fin de prevenir daños a la vegetación aledaña y contaminación de subsuelo o fuentes de agua para la fauna silvestre.

Considerando la superficie del proyecto, se propone realizar la eliminación de la vegetación de manera paulatina conforme las necesidades de extracción de materiales pétreos, respetando la calendarización de aprovechamiento, esto con el objetivo de no exponer por tiempos prolongados el área a agentes erosivos como agua y aire, de tal manera que se llevara a cabo por medio de fajas inferiores a 10 m.

f) Despalme.

Una vez desprovista la franja de vegetación forestal, con el uso de maquinaria se procederá a realizar el despalme, en aquellas áreas donde sea necesario, esta actividad consiste en retirar la capa fértil del suelo a una profundidad en la cual inicie la presencia de los materiales pétreos a extraer, el avance del despalme también se hará de manera gradual a fin de evitar la exposición de partículas a los agentes erosivos y con ellos evitar la dispersión de grandes cantidades de las mismas a la atmósfera y de esa manera reducir los niveles de contaminación a la misma. Propiamente con esta actividad se da paso a la etapa de operación y funcionamiento del banco de materiales pétreos y el proceso de trituración y construcción del camino de acceso.

I.6.3 Superficies generales del proyecto.

Como se dijo líneas arriba, la superficie que comprende el predio es de 50.00 hectáreas de las cuales 19.71 hectáreas se van a destinar al proyecto equivalente al 39.42%, de estas, el 84.35%, es decir, 16.65 hectáreas van a ser destinadas a banco de materiales pétreos, mientras que el 13.02% o 2.57 hectáreas serán utilizadas para área de trituración y el resto 2.49% como camino de acceso a la superficie del proyecto,

La superficie total del proyecto, es decir, 19.71 hectáreas será intervenida, es decir, se ejecutará cambio de uso de suelo en áreas forestales, pero no contará con construcciones o instalaciones definitivas como construcciones, almacenes, bodegas, entre otros, las maniobras que implican las actividades de cambio de uso de suelo se realizarán dentro de la superficie autorizada sin considerar afectaciones adicionales no contempladas en el presente proyecto.

El cambio de uso de suelo de áreas forestales, se llevará a cabo en el tipo de vegetación de matorral crasicaule, mientras que dicho proyecto no tiene ningún tipo de incidencia en cuerpos de aguas, zonas federales y/o marítimo terrestre temporales y/o permanentes, como se puede verificar en la siguiente tabla.

Tabla 14. Superficies generales del proyecto.

Concepto	**Superficie (ha)**	
Superficie del predio o superficie total del proyecto.	**Del Predio (ha)**	**Del Proyecto (ha)**
	50.00	19.71
Superficie de desplante de construcciones, obras y/o instalaciones.	0.00	
Superficie a intervenir sin construcciones o instalaciones proyectadas.	19.71	
Superficie total de vegetación.	19.71	
Superficie de vegetación forestal total.	19.71	
Tipo de vegetación única.	Matorral crasicaule	
Superficie de incidencia en Cuerpos de agua (temporal y/o permanente)	0.00	
Superficie de incidencia en Zona Federal (temporal y/o permanente)	0.00	
Superficie de incidencia en Zona Federal Marítimo Terrestre (temporal y/o permanente)	0.00	

I.6.31. Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

Concepto		Preparación del sitio	
		Cantidad	Unidad
Consumo de energía electrónica		0	kWh
Emisiones de gases de efecto invernadero (tCO_{2e})		290	ton
Aprovechamiento de otros recursos naturales.		No aplica	
Generación de residuos	**Peligrosos[1]**	0.00	ton
	Manejo Especial (biomasa vegetal)	216.9955	kg
	Sólidos Urbanos	10	kg
Descargas de agua residual y/o de proceso, indicando el cuerpo receptor y ubicación del sitio específico de descarga, georreferenciado UTM Datum WGS84.		1.08	m^3 sanitarios portátiles
Otros en su caso (especificar)		0.00	NA

Las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo mayor de la maquinaria y vehículos pesados se realizarán de manera externa en talleres autorizados fuera de la poligonal del proyecto. Por lo tanto, no se prevé la generación ni el almacenamiento sistemático de aceites gastados, filtros ni acumuladores dentro del predio forestal. Para atender fallas mecánicas de emergencia no trasladables, se dispondrá de kits de control de derrames en los frentes de desmonte, canalizando los residuos incidentales resultantes a través de un recolector autorizado por la SEMARNAT.

Lo residuos de manejo especial como; ramas y el follaje se trituran mecánicamente para esparcirse en las áreas en proceso de restauración, sirviendo como capa protectora contra la erosión y retenedor de humedad.

Para la estimación de desperdicios domésticos, se consideró únicamente alimentos elaborados con empaque propio (topers, termos, santen) es decir, únicamente comida sobrante durante la jornada laboral, en este sentido calculo que cada trabajador podría desperdiciar de 100 a 200 grs diarios de comida, es decir, 600 grs por semana, por lo que multiplicado por 16 trabajadores se estima 9 kg por semana.

El proyecto no contempla la descarga de aguas residuales en cuerpos receptores, estas serán manejadas vía la colocación de sanitarios portátiles cuya ubicación geográfica y cantidad ya quedo especificada.

Para estimar el volumen de aguas residuales generados por los trabajadores durante las actividades de cambio de uso de suelo y la aplicación de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales, se calculó a razón de un gasto promedio por descarga por trabajador diario, en este sentido si consideramos dos descargas diarias por trabajador multiplicadas por 5 días laborales y este a su vez lo multiplicamos por el total de trabajadores, nos da como resultado la cantidad de m^3 por semana.

Volumen por descarga = 6 litros.
Descargas por trabajador diarias = 2 descargas.
Total de descargas por semana por trabajadores = 10 descargas.
Total del trabajadores en CUSAF = 15 empleados.

Equivalencias: 1 litro = 0.001 m^3

Volumen en m^3 de aguas residuales generadas = 1.80 m^3 por semana.

II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO.

Con el objetivo de cumplir y hacer cumplir los distintos criterios establecidos en los programa de ordenamiento ecológico en sus diferentes categorías, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables en materia de cambio de uso de suelo en áreas forestales, se realizó una investigación y revisión exhaustiva de dichos instrumentos, con respecto a la superficie del proyecto, concluyendo que de los programas de ordenamiento ecológico aplicables al proyecto son; el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), el Programa de Ordenamiento Ecológico del Regional del Estado de Querétaro, (POEREQ), el Programa de Ordenamiento Ecologico Local (POEL) y su vez con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Tolimán Actualizado, los cuales son vinculados y justificados con la naturaleza del proyecto.

II.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiental (LGEEPA).

Con base en el muestreo de flora silvestre y el análisis de los resultados de campo se determinó que la superficie del proyecto está cubierta de vegetación secundaria de matorral crasicaule, es decir, de vegetación forestal. Por lo que de acuerdo con la naturaleza del proyecto en este caso la explotación de piedra caliza del subsuelo, es necesario la remoción de la vegetación forestal para lo cual es necesario contar previamente con autorización en materia de impacto ambiental para cambio de uso de suelo en áreas forestales, enmarcado en el artículo 28 fracción VII de la presente Ley, misma que establece lo siguiente.

> ***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:* ***Párrafo reformado DOF 23-02-2005***
>
> ***VII.-*** *Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;*

II.1.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiental en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

De acuerdo al Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el cambio de uso de suelo en áreas forestales tiene su fundamento el artículo 5, Inciso O), fracciones II y/o III, tal cual se describe a continuación.

> ***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:*
>
> ***O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:***
>
> ***II.*** *Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso, con excepción de las actividades agropecuarias de autoconsumo familiar, que se realicen en predios con pendientes inferiores al cinco por ciento, cuando no impliquen la agregación ni el desmonte de más del veinte por ciento de la superficie total y ésta no rebase 2 hectáreas en zonas templadas y 5 en zonas áridas, y*
> ***III.*** *Los demás cambios de uso del suelo, en áreas o áreas con uso de suelo forestal, con excepción de la modificación de suelos agrícolas o pecuarios en forestales, agroforestales o silvopastoriles, mediante la utilización de especies nativas.*

Con el propósito de reforzar dicha vinculación en importante precisar que dicho proyecto, ya cuenta con la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, procedimiento administrativo concluido ante la ORE de la SEMARNAT en el Estado de Querétaro.

II.2. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

Toda vez que la superficie total del proyecto Banco de Materiales Pétreos "Buenavista" pretende la remoción y/o eliminación de vegetación en terrenos forestales, caemos bajo el supuesto del articulo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, por lo que cuya vinculación se vierte en la siguiente tabla.

Tabla 15. Vinculación del proyecto con la Ley (LGDFS)

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	Vinculación con el Proyecto
Artículo 93. La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. *Párrafo reformado DOF 26-04-2021* En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate. La Secretaría podrá emitir criterios y lineamientos en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en el ámbito de sus atribuciones y de conformidad con lo establecido en esta Ley y su Reglamento. *Párrafo adicionado DOF 11-04-2022* Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas	Con fecha 7 de julio de 2026 la Oficina de Representación en el Estado de Querétaro de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, notificó al Promovente C. Jorge Núñez Pesquera Representante legal de la persona moral INMOBILIARIA RANCHO EL TORNEO, S. A. DE C. V., el Oficio No. F.22.01.02/0815/2026 de fecha 28 de mayo de 2026. Bitácora 22/DS-0040/09/25 que autoriza el cambio de uso de suelo en terrenos forestales para el proyecto denominado BANCO DE MATERIALES PÉTREOS "BUENAVISTA" con ubicación en el municipio de Tolimán, Querétaro. Con lo cual se acredita que se ha dado cumplimiento al artículos 93 que nos ocupa y 94, 95, 96, 97, 98, 100, 139 y 140 del instrumento invocado. Así como los artículos 143, 144 y 152 de su Reglamento. Por lo que ha quedado demostrado mediante dicho procedimiento administrativo por separado, que que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantiene, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitigan en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.

y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. Tratándose de terrenos ubicados en territorios indígenas, la autorización de cambio de uso de suelo además deberá acompañarse de medidas de consulta previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe, en los términos de la legislación aplicable. Para ello, la Secretaría se coordinará con el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.	

II.3 Código Ambiental de Estado de Querétaro. CAEQ.

Tomando en cuenta que la actividad principal del proyecto que nos ocupa, es la explotación de materiales pétreos, es decir, la extracción de rocas del subsuelo, caemos bajo el supuesto, de que para llevar a cabo dichas actividades requerimos previamente contar con la ***Licencia de Explotación de Banco de Materiales Pétreos*****.** Por lo tanto, para obtener dicha Licencia debemos apegarnos a lo establecido en el *Código Ambiental del Estado de Querétaro,* la cual faculta al Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro, a través de la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU), como la autoridad competente para resolver la naturaleza de las actividades que se pretenden llevar a cabo con el proyecto, conforme al siguiente fundamento:

> ***Artículo 6.*** *Son autoridades en materia ambiental y responsables de aplicar el presente Código:*
>
> ***I.*** *La Secretaría;*
> ***II.*** *La Procuraduría; y*
> ***III.*** *Los Municipios.*
>
> ***Artículo 7.*** *Son facultades y atribuciones de la Secretaría:*
>
> ***VII.*** *Autorizar y regular el aprovechamiento, explotación y restauración de bancos de materiales de construcción y ornamento no reservados a la Federación y de aquellas actividades donde se exploten o beneficien productos derivados de la descomposición o fragmentación de las rocas, mediante trabajos a cielo abierto;*

Si bien el *Reglamento de la Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro en Materia de Explotación de Bancos de Materiales* abrogado, no se encuentra vigente, sin embargo, con fines de vinculación se considera indicativo, mientras tanto se expide dicho Reglamento, por lo que los requisitos para obtener la licencia de explotación son los siguientes:

Artículo 5. *Para explotar bancos de materiales en el Estado, se requiere de una licencia de explotación, misma que será expedida por la Secretaría.*

Artículo 6. *Para el otorgamiento de la licencia de explotación, el interesado deberá cumplir los siguientes requisitos:*

I.- Entregar a la Secretaría un informe preventivo de impacto ambiental, con base en la guía proporcionada por la Secretaría;
II.- Presentar una solicitud de licencia signada por el interesado; y
III.- Hacer el pago de derechos correspondiente.
En el caso de que se solicite la licencia para explotar un terreno de aptitud forestal o preferentemente forestal, se anexará el informe preventivo de impacto ambiental, así como los respectivos dictámenes de ***impacto ambiental y cambio de uso de suelo, emitidos por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.***

Conforme el último párrafo del artículo 6 del Reglamento en comento y estando bajo el supuesto de que la superficie que comprende el proyecto está catalogada como terreno forestal, es innegable que para estar en condiciones de extraer los materiales pétreos del subsuelo se tenga que contar previamente con la autorización de cambio de uso de suelo en áreas forestales, motivo por el cual se presenta el presente estudio técnico justificativo para cambio de uso de suelo en áreas forestales y en un procedimiento por separado la solicitud de autorización en materia de impacto ambiental ante a Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Lo anterior en cumplimiento al Artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. y los relativo de su Reglamento.

La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en áreas forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.

En este sentido y toda vez que del análisis y resultados del presente estudio de impacto ambiental, ha quedado demostrado que se mantiene la biodiversidad y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua y la disminución en su captación se mitigan, lo que nos permite continuar con el procedimiento de solicitud de autorización de impacto ambiental ante la SEMARNAT, el cual una vez autorizado se continuaría con el trámite de Licencia de explotación ante la SEDESU para dar cabal cumplimiento con dicho ordenamiento jurídico estatal.

Atendiendo al cumplimiento y vinculación de los artículos 97, 98, 99, 101 y 102 del Código Ambiental del Estado de Querétaro referentes a la regulación ambiental de los asentamiento humanos, a continuación se desahoga la vinculación y como el proyecto dará cumplimiento a cada uno de estos.

Tabla 16. Vinculación del proyecto con el Código Ambiental del Estado de Querétaro.

Código Ambiental del Estado de Querétaro	Vinculación con el proyecto
Artículo 97. La regulación ambiental de los asentamientos humanos consiste en el conjunto de normas, disposiciones, criterios, lineamientos, programas, acciones, políticas y medidas de desarrollo urbano, social y vivienda, a cargo del Poder Ejecutivo del Estado, de los gobiernos municipales y de los particulares, cuyos objetivos son reducir la huella ecológica, mejorar los resultados medioambientales y la calidad del entorno en las zonas urbanas y garantizar un medio de	Con el objetivo de no contravenir y en su caso, dar cumplimiento al artículo 97 del CAEQ, para la ejecución del proyecto se ejecutarán diversas medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental que tiene como objetivo reducir al mínimo los impactos ambientales generados al ecosistema en sus componentes flora, fauna, suelo, agua y aire. Entre dichas medidas se encuentran las siguientes orientadas específicamente a

Código Ambiental del Estado de Querétaro	Vinculación con el proyecto
vida sano para la ciudadanía, reforzando la contribución del medio ambiente al desarrollo urbano sostenible y dando respuesta oportuna y eficaz a los desafíos de competitividad, equidad, y sustentabilidad por medio de la gestión de los asentamientos.	prevenir la contaminación del agua, suelo y atmósfera: - Se delimitarán las áreas de trabajo conforme al diseño de ejecución del cambio de uso de suelo en terrenos forestales y de explotación de roca caliza de acuerdo a lo autorizado con el objetivo de evitar afectar las áreas colindantes. - Se colocarán sanitaros portátiles para que los trabajadores no realicen sus necesidades biológicas al aire libre y con ello evitar la contaminación del agua superficial y subterránea, el suelo y evitar focos de infección al aire libre. - Se colocarán contenedores para almacenar temporalmente los residuos sólidos urbanos que se generen por el personal que participa en el proyecto y con ello evitar verter residuos al aire libre y la proliferación de fauna nociva, la contaminación del agua superficial y subterránea y la generación de malos olores. - El mantenimiento preventivo y correctivo a la maquinaria y equipo se realizará en talleres autorizados en la medida de lo posible, para evitar derrames de combustibles y lubricantes y la contaminación del suelo, agua superficial y subterránea y posible envenenamiento de fauna silvestre.
Artículo 98. Para la regulación ambiental en los asentamientos humanos que se ubiquen en el Estado, las dependencias y entidades del Estado y de los municipios, en sus respectivos ámbitos de competencia, considerarán los siguientes lineamientos: **Fracciones I a XIII**	
Artículo 99. Los criterios de regulación ambiental de los asentamientos humanos serán considerados en: **I.** La formulación y aplicación de las políticas locales de desarrollo urbano y vivienda; **II.** Los programas sectoriales de desarrollo urbano y vivienda en el Estado; **III.** Los programas de desarrollo urbano estatal, municipal y de centros de población; y **IV.** Las normas de diseño, la tecnología de construcción, el uso y el aprovechamiento de vivienda y el desarrollo urbano.	

Código Ambiental del Estado de Querétaro	Vinculación con el proyecto
	- Todos vehículos automotores, equipo y maquinaria que participen en el proyecto contarán con sistemas de eliminación de gases y cumplir con los programas de verificación de emisiones contaminantes. - Se realizarán regos periódicos a fin mantener húmedas las áreas de trabajo y vías internas para evitar la generación de polvos fugitivos y la contaminación del aire por la expansión de Partículas PM2.5 y Pm10. - Los residuos del desmonte y despalme, serán irán volteando hacia las áreas sin remoción de vegetación a fin de proteger las tierras frágiles a la erosión mientras tanto se realizan actividades de cambio de uso de suelo. - Se colocarán lonas a los camiones que transporten materiales pétreos, a fin de evitar la proliferación de partículas contaminantes hacia la atmosfera. - Se impartirán capacitaciones a los trabajadores que participen en la ejecución del proyecto para generar consciencia sobre prácticas adecuadas encaminadas al cuidado de los recursos naturales. - Se evitará el uso de fogatas para prevenir incendios.
Artículo 101. En los programas de desarrollo urbano Estatal, municipal y de centros de población, así como en los dictámenes de uso de suelo se considerarán, además de los	Como se puede observar, el **Artículo 101** enumera los elementos ambientales que **deben considerar tanto las dependencias como las entidades del Estado y**

Código Ambiental del Estado de Querétaro	Vinculación con el proyecto
requisitos exigidos por la ley en la materia, los siguientes elementos ambientales: **VIII. <u>En los predios urbanos que presenten una masa continua con vegetación forestal, en términos de la legislación aplicable, se deberá respetar al menos el 30 por ciento de ésta, con la finalidad de establecer medios de conexión de flora y fauna, precepto que deberá estar considerado en la densidad asignada, así como en los coeficientes de uso y de ocupación del suelo que el ordenamiento urbano asigne.</u>**	**municipios** para la elaboración de "*los programas de desarrollo urbano Estatal, municipal y de centros de población*", adicionales a los requisitos exigidos por la ley en la materia. En tal sentido, la aplicación de los elementos ambientales enumerados en el **Artículo 101** no son directamente responsabilidad del promovente de este estudio, el cual se limita a implementar lo dictado por los instrumentos de planeación y ordenamiento, como son los *"programas de desarrollo urbano a nivel estatal, municipal y de centros de población*". En el mismo tenor, el proyecto se ubica dentro de un predio del Municipio de Tolimán, Qro. al que le son aplicables los siguientes instrumentos de planeación y ordenamiento territorial: - **Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro** (POEREQ), publicado en el periódico oficial "La Sombra de Arteaga" el día 5 de septiembre de 2022. - **Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Tolimán** (POEL), publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Querétaro "***La Sombra de Arteaga***" el **25 de septiembre de 2018**.

Código Ambiental del Estado de Querétaro	Vinculación con el proyecto
	Conforme a lo anterior, y tomando en cuenta el nuevo uso propuesto que plantea el proyecto, ninguno de estos instrumentos de planeación, que se encuentran vigentes para el área del proyecto, replica como criterio o elemento ambiental lo estipulado en el párrafo VIII del Artículo 101 del referido CAEQ, por lo que NO se puede asumir que el contenido de dicho párrafo es directamente aplicable al proyecto entre tanto no sea parte del contenido de los instrumentos de planeación vigentes, específicamente en los *"programas de desarrollo urbano a nivel estatal, municipal y de centros de población*". No obstante lo anterior, a fin de evitar la fragmentación del ecosistema y mantener la conexión de los macizos de flora forestal que colindan con el proyecto, se establecerá una franja de amortiguamiento en la periferia del área propuesta para CUSAF (5.15 has.,) y un polígono de reubicación de flora silvestre (4.00 ha), en las cuáles será reubicada la vegetación que se rescatará del área propuesta para CUSAF, superficie que acumula 9.15 has., lo que equivale al 46.42% de la superficie propuesta para cambio de uso de suelo forestal (19.71 hectáreas), la cual representa el 39.42% de la superficie del predio.

Código Ambiental del Estado de Querétaro	Vinculación con el proyecto
	En tal sentido, la franja de amortiguamiento y el polígono de rescate y reubicación de flora silvestre, mantendrán su vegetación forestal original, por lo cual no forman parte del área propuesta para CUSAF, pero sí son parte del proyecto en su conjunto. Asimismo, dicha área se verá beneficiada con la reubicación de individuos rescatados, cuyas áreas también contribuirán a la recarga de agua subterránea que servirá para mitigar el índice de infiltración que se va generar con el proyecto. Por otra parte, cabe hacer mención del total de la superficie del predio en el que se ejecutará el proyecto, 30.29 hectáreas mantendrá con su cobertura vegetal, que de igual manera contribuirá a mantener los servicios ambientales que pudieran ser afectados con el cambio de uso de suelo**.**
Artículo 102. En los programas de vivienda, las acciones de compatibilización ambiental y las acciones que se emprendan en esta materia, por lo menos, deberán incluir disposiciones relativas a: **I.** El empleo de dispositivos y sistemas de ahorro de agua potable, así como de captación, almacenamiento y utilización de aguas pluviales; **II.** El aprovechamiento óptimo de la energía renovable, tanto para la iluminación como para la climatización;	La aplicación de los elementos descrito en este artículo escapa a los objetivos y plazos del proyecto en cuanto al cambio de uso de suelo forestal. Ya que están directamente dirigidos a la construcción de vivienda, actividades que por su naturaleza son ajenos al propósito del proyecto que nos ocupa.

Código Ambiental del Estado de Querétaro	Vinculación con el proyecto
III. La previsión de sistemas de limpia, recolección y separación de residuos; **IV.** El fomento de diseños que faciliten la ventilación natural; **V.** El uso de materiales de construcción apropiados al ambiente y a las condiciones de la región en que se encuentra ubicado el asentamiento humano; y **VI.** El establecimiento de áreas verdes comunes, que representen al menos un 10 por ciento del total de la superficie del desarrollo, que deberán ser registradas en el Sistema Municipal de Parques, Áreas Verdes Urbanas y Áreas de Reserva Ecológica de Predios Urbanos, que corresponda.	

Conforme a lo anteriormente descrito, se concluye que el proyecto no contraviene lo señalado en el articulado que nos ocupa, por lo que el proyecto cumple de manera idónea con el Código Ambiental del Estado de Querétaro que ha dado origen a esta información adicional.

II.4 Vinculación del proyecto con la Norma Técnica Ambiental Estatal que establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción, demolición y economía circular para el Estado de Querétaro (NTAE-002-QRO-2023).

La NTAE-002-QRO-2023 es la **Norma Técnica Ambiental Estatal** de Querétaro que establece los requisitos para el **manejo de los residuos de la construcción y demolición** y su economía circular, publicada en el periódico oficial "La Sombra de Arteaga" el 12 de mayo de 2023, es de observancia obligatoria en el estado para quienes generan y manejan este tipo de residuos y tiene como objetivos;

- **Clasificar** los residuos de construcción y demolición.
- **Establecer especificaciones técnicas** para su manejo adecuado.

- Definir las **obligaciones** para generadores y prestadores de servicios ambientales de RCD.
- Evaluar el proceso de conformidad con la norma.

En estricto sentido para el cumplimiento de dicha Norma, de ser necesario el promovente tramitará su registro como prestador de servicios ambientales en materia de residuos ya sea como generador o en su caso como sitio de disposición final. Sin embargo, se hace la aclaración que por las características del proyecto no se pretende realizar ningún tipo de construcción u obra civil, ya que el proceso de trituración se llevará a cabo con equipo móvil, por lo que no se prevé generar Residuos de Construcción o Demolición (RCD) y el área será restaurada una vez terminada la vida útil con la restitución del suelo fértil rescatado, por lo que no será necesario destinar el área como sitio de disposición final. Sin embargo, como se dijo al inicio si fuera necesario se harán las gestiones pertinente para dar cabal cumplimiento a la Norma en comento.

II.5 Vinculación del proyecto con la Ley de Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Querétaro (LPGIECREQ).

La Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Querétaro (LPGIECREQ) es el marco legal que regula el manejo de residuos en el estado, con un enfoque en la economía circular, y fue publicada originalmente en el Periódico Oficial del Estado de Querétaro el **3 de diciembre de 2021**. Esta ley abrogó la legislación anterior sobre la materia.

Objetivos y aspectos clave

- **Objeto de la Ley:** Establecer las disposiciones regulatorias para la gestión integral de los residuos (peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial) con el fin de reducir su generación, prevenir la contaminación y garantizar que su recolección, aprovechamiento y disposición final se realice de forma sanitaria y ambientalmente segura.
- **Enfoque en Economía Circular:** La ley incorpora el concepto de economía circular, buscando la valorización de los residuos a través de actividades como la reutilización, el reciclaje, el co-procesamiento y el tratamiento, antes de su disposición final.
- **Responsabilidad Compartida y Trazabilidad:** Establece la responsabilidad del productor y generador sobre los residuos que generan, desde su origen hasta que se completa su tratamiento y destino final. Exige una mayor trazabilidad para saber en todo momento dónde se encuentra el residuo.

- **Instrumentos de Política:** Contempla instrumentos como los programas estatales y municipales, la promoción de investigación científica e incentivos fiscales para lograr sus objetivos.
- **Sanciones:** El incumplimiento de la ley puede conllevar sanciones como multas, clausuras, suspensión de permisos y la reparación del daño ambiental.

Para dar cumplimiento con dicha ley, el promovente contratará los servicios de un prestador de servicios en materia de residuos peligroso y de manejo especial con registro en el Sistema Estatal de Información en Materia de Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Querétaro (Portal SIREQ), quien será la responsable desde su origen, hasta que se completé su tratamiento y destino final. Mientras que los residuos sólidos urbanos serán clasificados en los contenedores dispuesto para tal fin y su recolección y destino final estará a cargo de servicios municipales del municipio de Tolimán, Querétaro.

De esta manera es como se dará cumplimiento con dicho ordenamiento, en este mismo sentido se acatarán las condicionantes que establezcan las autoridades en la materia, en las resoluciones y/o autorizaciones correspondientes, esto con la finalidad de disminuir la problemática ambiental y los posibles conflictos sectoriales identificados en el territorio.

II.6 Programas de Ordenamiento Ecologico (general del territorio, regional, local y marino).

II.6.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

El POEGT tiene su fundamento en el artículo 26 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico (RLGEEPA, última reforma DOF. 28 de septiembre de 2010), la propuesta del programa de ordenamiento ecológico está integrada por la **regionalización ecológica** (que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial) y los **lineamientos y estrategias ecológicas** para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, aplicables a esta regionalización.

Es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y tiene como propósito vincular las acciones y programas de la administración pública federal que deberán observar la variable ambiental en términos de la Ley.

El POEGT está divido en 145 Unidades Ambientales Biofísicas, agrupadas en 80 Regiones a las cuales se les diseñaron 10 lineamiento generales. De lo anterior se desprende que la superficie

de cambio de uso de suelo del proyecto en mención se ubica dentro de la Unidad Ambiental Biofísica No. 44 denominada Sierra y Llanuras del Norte de Guanajuato la cual se clasifica de la siguiente manera.

Tabla 17. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio de la UAB 44.

UAB	NOMBRE UAB	RECTORES DEL DESARROLLO	COADYUBANTES DEL DESARROLLO	ASOCIADOS DEL DESARROLLO	OTROS SECTORES DE INTERES	POLITICA AMBIENTAL	NIVEL DE ATENCION PRIORITARIA	ESTRATEGIAS
44	Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato	Agricultura, Preservación de Flora y Fauna	Ganadería y Minería	Poblacional	Pueblos indígenas	Restauración y aprovechamiento sustentable	Alta	1,2,3,4,5,6,7,8,12,13,14,15, 15BIS,28,29,31,33,34,35,36,37,38,40,41,42,43,44

Tabla 18. Vinculación del proyecto con las Estrategias del POEGT de la UAB 44.

POLITICA	ESTRATEGIAS	VINCULACION Y CUMPLIMIENTO
1. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del territorio.		
A) Preservación	1. Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad.	Se propone el rescate y reubicación de 18 especies, con un total de 1,268 ejemplares de flora silvestre, poniendo especial énfasis en una especie que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y un programa de rescate y reubicación de fauna silvestre que incluye 13 especies con un total de 27 individuos de tres grupos faunísticos cuyo objetivo de garantizar la conservación dentro del ecosistema por afectar con el cambio de uso de suelo en áreas forestales.
	2. Recuperación de especies en riesgo.	Se propone un subprograma de rescate y reubicación de la especie, biznaga asiento de suegra ***Echinocactus platyacanthus, Link & Otto*** enlistada en la categoría de (En peligro de extinción (P), de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Así mismo es importante precisar que, aunque la totalidad de especies de fauna silvestre se proponen en el programa de rescate y reubicación, ninguna de las registradas e identificadas se encuentra bajo alguna categoría de riesgo conforma la norma oficial mexicana antes mencionada.

POLITICA	ESTRATEGIAS	VINCULACION Y CUMPLIMIENTO
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	Con el presente proyecto, se tiene conocimiento de al menos de 75 especies en el sistema ambiental y en la superficie de cambio de uso de suelo, lo que facilito su análisis y permitirá un mejor monitoreo en cuanto a su permanencia en el ecosistema, aun con el impacto ambiental que causará el proyecto.
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, recursos genéticos y recursos naturales.	El objetivo del estudio de impacto ambiental, es someter a un sistema de regulación ambiental las especies identificadas y propuestas para su remoción sin comprometer la biodiversidad y garantizando su permanencia.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	Dicha estrategia no se vincula con la naturaleza del proyecto.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	Dicha estrategia no se vincula con la naturaleza del proyecto.
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	El esquema que plantea el estudio de impacto ambiental, es con esa finalidad de manejar de manera sustentable los recursos forestales presentes en la superficie de cambio de uso de suelo, que tiene como objetivo mantener la biodiversidad de las especies por afectar.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	En la valoración de los servicios ambientales, se determinó su grado de afectación, concluyendo que los mismos no se ponen en riesgo con el proyecto.
C) Protección de los recursos naturales	12. Protección de los ecosistemas.	Con base en el análisis de los recursos biológicos en el área propuesta a cambio de uso de suelo, ha quedado demostrado que se mantiene la biodiversidad aun y con la ejecución del cambio de uso de suelo solicitado.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	No se está considerando el empleo de agroquímicos o en su caso fertilizante, como una medida extraordinaria para garantizar la supervivencia de las especies a rescatar.
D) Restauración	14. Restauración de ecosistemas forestales y suelos agropecuarios.	Se propone un programa de reforestación con varios objetivos uno de ellos es auxiliar las actividades de restauración del área explotada

POLITICA	ESTRATEGIAS	VINCULACION Y CUMPLIMIENTO
		en conjunto con la reincorporación del suelo fértil que fue rescatado desde un inicio. Al término de la vida útil del proyecto se llevará a cabo la restauración del sitio, cuyas actividades consisten en el circulado de la superficie intervenida y la reincorporación de materia orgánica almacenada para dar paso a la reforestación de las especies propuestas en el programa de reforestación ***y generar las condiciones propicias para inducir la regeneración natural de especies nativas, que equivaldría a la revegetación del sitio explotado.***
E) Dirigidas al aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	15. Aplicación de los productos de la investigación en el sector minero al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	El promovente cuenta con conocimientos suficientes para la explotación de materiales pétreos, de más 30 años, sin embargo, se aplicarán los productos de vanguardia de la investigación en el sector minero a cielo abierto, contribuyendo al desarrollo económico y social de la zona y garantizando un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de la superficie del proyecto. Con el objetivo de cumplir con el precepto preventivo de impacto ambiental.
	15BIS. Coordinación entre los sectores minero y ambiental.	Se pretende que a través del presente estudio, sea un instrumento de gestión eficaz del proyecto con las autoridades en la materia.
2. 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.	Con base en las estimaciones realizadas al recurso agua y las medidas de mitigación propuestas ha quedado demostrado que se mitigara el impacto hacia este recurso natural y no se compromete el agua en cantidad y calidad.
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas	Dichas estrategias no se vinculan con la naturaleza del proyecto.

POLITICA	ESTRATEGIAS	VINCULACION Y CUMPLIMIENTO
	seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.	
E) Desarrollo social	33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.	
	34. Integración de las zonas rurales de alta y muy alta marginación a la dinámica del desarrollo nacional.	El propósito entre otros es la generación de empleos bien remunerados que contribuyan a mejorar las condiciones de marginación de la zona donde se ubica el proyecto. Principalmente dirigido a personas con algún grado de vulnerabilidad.
	35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos.	
	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.	
	38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza.	
	40. Atender las necesidades de los adultos mayores mediante la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades	

POLITICA	ESTRATEGIAS	VINCULACION Y CUMPLIMIENTO
	rurales con los mayores índices de marginación.	
	41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	
3. Dirigidas al Fortalecimiento de la Gestión y la Coordinación Institucional.		
A) Marco jurídico	42. Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	El promovente cuenta con la acreditación sobre la tenencia de la tierra donde se ubica el proyecto, por lo que no existe conflicto alguno que coarte el uso de suelo solicitado.
	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al Catastro Rural y la Información Agraria para impulsar proyectos productivos.	
	44. Impulsar el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	

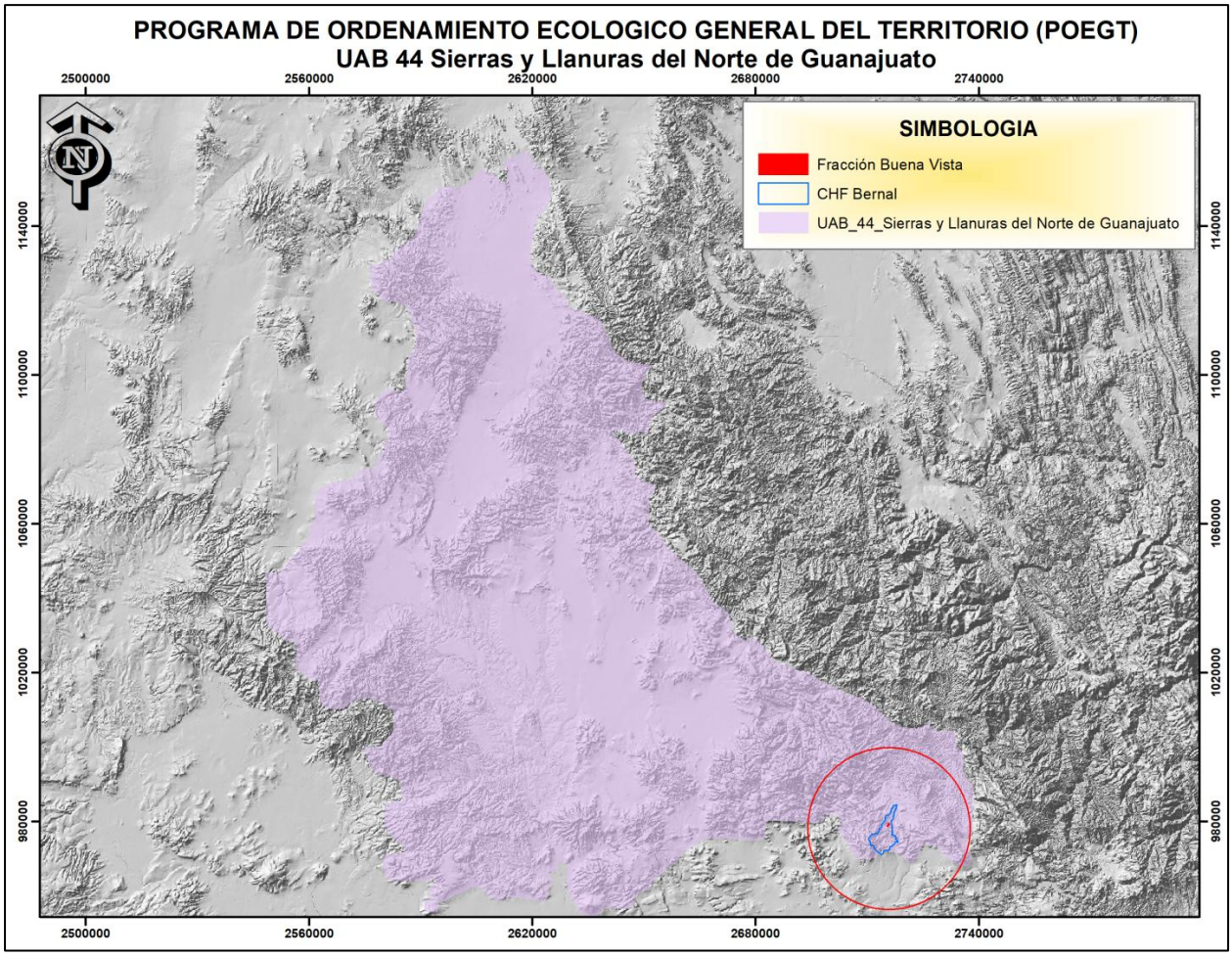


Imagen 9. Ubicación del proyecto en el POEGT. UAB 44 Sierra y llanuras del norte de Guanajuato.

II.6.2 Programa de Ordenamiento Ecológico del Regional del Estado de Querétaro. (POEREQ).

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Querétaro (POEREQ 2022), publicado el 5 de septiembre de 2022 en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Querétaro "La Sombra de Arteaga", la superficie del proyecto se ubica en dos unidades de gestión ambiental, es decir, la UGA 34 La Campana – La Mariquita con 9.28 hectáreas, equivalentes al 47.09% y el resto 10.43 hectáreas o 52.91% se localizan en la UGA 322 Zona Urbana del Centro de Población de Tolimán, como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 19. Distribución de la superficie propuesta a CUSAF por unidad de gestión ambiental en el POEREQ 2022.

No.	Unidades de Gestión Ambiental	Sup. Has.	Sup. M2	Sup. %
1	UGA 34 La Campana - La Mariquita.	9.28	92,823.10	47.09
2	UGA 322 Zona Urbana del Centro de Población de Tolimán.	10.43	104,305.57	52.91
	Total	**19.71**	**197,128.67**	**100.00**

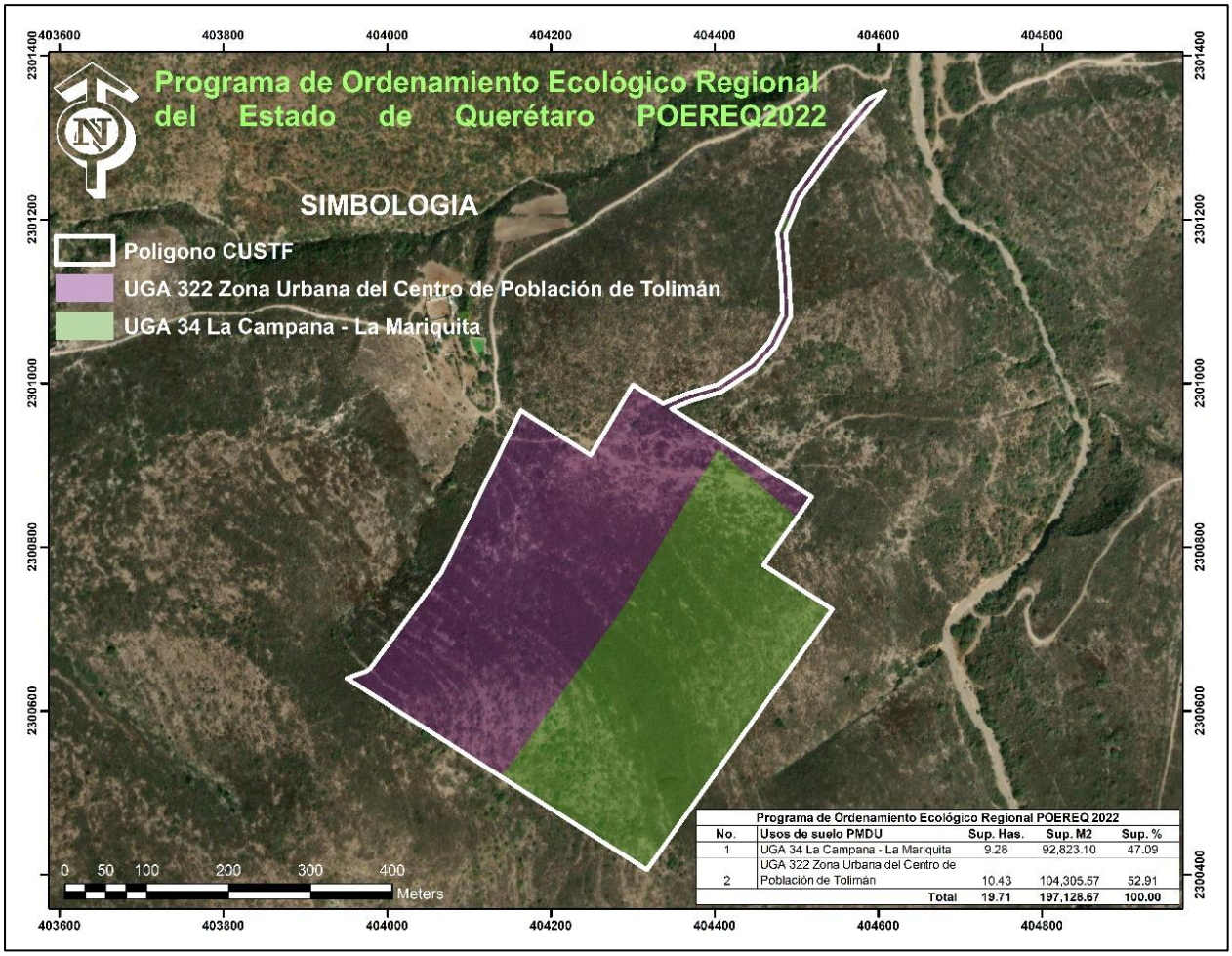


Imagen 10. Distribución de la superficie propuesta a CUSAF por unidad de gestión ambiental en el POEREQ 2022.

En este tenor y con el objetivo de dar cumplimiento al Acuerdo por el que se expide la Guía para Evaluar la Congruencia, Observancia y Vinculación de las Obras y Acciones Relacionadas con el Aprovechamiento del Territorio con el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado

de Querétaro POEREQ publicada en el Periódico Oficial del Estado de Querétaro "La Sombra de Arteaga" de fecha 23 de agosto de 2024, a continuación se relacionan las Tablas resumen por UGA, Política Ambiental, Lineamientos y Estrategias establecidos en el POEREQ para cada una de las UGA's y su vinculación, donde se localiza la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Tabla 20. Resumen por UGA, Política Ambiental, Lineamientos y Estrategias establecidos en el POEREQ para cada una de las UGAs donde se localiza la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

UGA	Nombre	Política	Área (Has.) S-CUSAF	Lineamientos	Estrategias	Criterios
34	La Campana – La Mariquita	Conservación	9.28	LG01, LG02, LG03, LG04, LG05, LG06, LG07, LG08, LG09, LC01, LAS04, LAS 05	EG01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18; EPC02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16; ER02, 03, 04, 05, 06, 07; EAS03, 05, 07, 08, 09, 19, 11, 13, 14; EDU03, 08	CG – CG10 y todos aquellos que la autoridad competente considere pertinentes durante la evaluación del proyecto, obra o acción a realizar en el territorio.
322	Zona Urbana del Centro de Población de Tolimán	Urbana	10.43	LG01, LG02, LG03, LG04, LG05, LG06, LG07, LG08, LG09, LAS01, LAS02,LAS03, LAS04,LAS05	EG01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18; EPC04, 06, 07, 08, 09, 10, 12, 13, 16, 17, 18; ER01, 02, 03, 04, 05, 06, 07; EAS01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18;	CG – CG10 y todos aquellos que la autoridad competente considere pertinentes durante la evaluación del proyecto, obra o acción a realizar en el territorio.

					EDU03, 05, 06, 08	
			Total	**19.71**		

Toda vez que la Guía a la que se hace alusión en líneas arriba, tiene como propósito la gestión y tramite del Dictamen Ambiental emitido por la SEDESU como requisito indispensable para la inscripción ante el Registro Público de la Propiedad del cambio de uso de suelo emitido por los municipios. Por lo que respecta al uso de suelo emitido por dicho municipio del proyecto que nos ocupa, este fue autorizado en fecha 28 de febrero de 2021 e inscrito en el RPP el 13 de julio de 2021, es decir, previamente a la entrada vigor de la Guía para Evaluar la Congruencia, Observancia y Vinculación de las Obras y Acciones Relacionadas con el Aprovechamiento del Territorio con el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro POEREQ 2022, por lo que únicamente se abordará la vinculación de las obras o acciones propuestas que resulten de la observancia del POEREQ para el cambio de uso de suelo en áreas forestales, de la siguiente manera.

Tabla 21. Identificación de problemática ambiental y conflictos ambientales en las unidades de gestión ambiental 322 y 34.

Lineamiento (s) Ambiental (es).		**Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).**	**Conflicto (s) Ambiental (es) Atendido (s).**	**Atributo (s) Atendido (s).**	**UGA**	
					322	**34**
LG01	*Garantizar en los ecosistemas la permanencia de: a) La esctructura (tipos de vegetación, heterogeneidad espacial, distribución y conectividad, b) La composición (riqueza y abundancia de especies) y; c) La función (procesos hidrológicos y geomorfologicos).*	Perdida de la cobertura vegetal del ecosistema. Evitar la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de capacidad de captura de carbono por los ecosistemas.	Urbano – Minería (actividades extractivas). Conservación – Minería (actividades extractivas).	Flora silvestre.	X	X
		Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.		Flora silvestre.		

Lineamiento (s) Ambiental (es).	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Conflicto (s) Ambiental (es) Atendido (s).	Atributo (s) Atendido (s).	UGA	
				322	34
	Pérdida de especies de fauna silvestre y principalmente aquellas en alguna categoría de riesgo.		Fauna silvestre.		
	Perdida de especies de fauna silvestre. Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre. Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.		Fauna silvestre.		
	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.		Flora silvestre. Suelo. Agua superficial y subterránea.		
	Perdida de la capacidad productiva del suelo o materia orgánica. Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.		Suelo Flora silvestre Fauna silvestre Agua superficial y subterránea		
	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.		Suelo Agua superficial y subterránea.		
	Perdida de vegetación forestal.		Flora silvestre. Fauna silvestre. Suelos Agua superficial y subterránea.		

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Conflicto (s) Ambiental (es) Atendido (s).	Atributo (s) Atendido (s).	UGA	
					322	34
		Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.		Agua superficial y subterránea. Suelos Fauna silvestre		
		Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.		Agua superficial y subterránea. Suelos Fauna silvestre		
LG02	*Proteger, conservar y aprovechar la diversidad biológica, patriminio natural, cultural e histórico de forma responsable, mediante la aplicación de medidas y acciones que propicien la continuidad de los procesos y servicios ambientales.*	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Contaminación del suelo por derrames de sustancias.	Urbano – Minería (actividades extractivas). Conservación – Minería (actividades extractivas).	Agua superficial y subterránea. Suelos Fauna silvestre	X	X
		Contaminación atmosférica por presencia de partículas PM2.5 y PM10. Erosión del suelo por el viento. Afectación de follaje por presencia de polvos. Afectación de hábitat de fauna silvestre.		Aire. Suelo Flora silvestre. Fauna silvestre.		
		Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.		Agua superficial y subterránea. Suelos. Fauna silvestre. Aire.		
LG03	*Consolidar una conciencia ambiental y responsable del uso sustentable del terrotorio en la población, fomentando la educación ambiental a través de diferentes estrategias de comunicación.*	Operación y funcionamiento de actividades en áreas forestales al margen de la normatividad en la materia.		Flora silvestre. Fauna silvestre. Suelo. Agua Aire	X	X

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Conflicto (s) Ambiental (es) Atendido (s).	Atributo (s) Atendido (s).	UGA	
					322	34
		Operación y funcionamiento de actividades en áreas forestales al margen de la normatividad en la materia.	Urbano – Minería (actividades extractivas). Conservación – Minería (actividades extractivas).	Flora silvestre. Fauna silvestre. Suelo. Agua Aire		
		Explotación y aprovechamiento de minerales no reservados a la federación de forma clandestina.		Flora silvestre. Fauna silvestre. Suelo. Agua Aire		
LG04	*Proteger los manantiales, cuerpos de agua, zonas de infiltración, escurrimientos y causes en el territorio, mediante acciones para su conservación, restauración, mantenimiento y recuperación para posibilitar el equilibrio y disminuir el abatimiento de los acuíferos.*	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	Urbano – Minería (actividades extractivas). Conservación – Minería (actividades extractivas).	Flora silvestre. Suelo. Agua superficial y subterránea.	X	X
		Abatimiento del acuífero en la zona.		Agua superficial y subterránea.		
		Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.	Urbano – Minería (actividades extractivas). Conservación – Minería (actividades extractivas).	Agua superficial y subterránea. Suelos. Fauna silvestre. Aire.		
		Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.		Suelo Agua superficial y subterránea.		
		Perdida de vegetación forestal.		Flora silvestre. Fauna silvestre.		

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Conflicto (s) Ambiental (es) Atendido (s).	Atributo (s) Atendido (s).	UGA	
					322	34
				Suelos Agua superficial y subterránea.		
		Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.		Agua superficial y subterránea. Suelos Fauna silvestre		
		Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.		Agua superficial y subterránea. Suelos Fauna silvestre		
LG05	*Regular, controlar y manejar el flujo y saneamiento de aguas residuales descargadas en aguas, bienes nacionales y en los sistemas de alcantarillado, para que no rebasen los limites permisibles de contaminantes.*	Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.		Agua superficial y subterránea. Suelos. Fauna silvestre. Aire.	X	X
		Perdida de vegetación forestal.		Flora silvestre. Fauna silvestre. Suelos Agua superficial y subterránea.		
		Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.		Agua superficial y subterránea. Suelos Fauna silvestre		

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Conflicto (s) Ambiental (es) Atendido (s).	Atributo (s) Atendido (s).	UGA	
					322	34
		Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.		Agua superficial y subterránea. Suelos Fauna silvestre		
LG06	*Apegar el tratamiento y disposición de residuos generados en el Estado, a lo establecido en las disposiciones legales vigentes correspondientes.*	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.		Agua superficial y subterránea. Suelos Fauna silvestre	X	X
LG07	*Mantener la representatividad y conectividad de los ecosistemas naturales presentes en la UGA, asi como fomentar el uso de especies nativas en forestales, reforestaciones y creación de áreas verdes.*	Perdida de la cobertura vegetal del ecosistema. Evitar la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de capacidad de captura de carbono por los ecosistemas.	Urbano – Minería (actividades extractivas). Conservación – Minería (actividades extractivas).	Flora silvestre.		
		Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.		Flora silvestre.	X	X
		Pérdida de especies de fauna silvestre y principalmente aquellas en alguna categoría de riesgo.		Fauna silvestre.		
		Perdida de especies de fauna silvestre. Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre. Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.		Fauna silvestre.		

Lineamiento (s) Ambiental (es).	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Conflicto (s) Ambiental (es) Atendido (s).	Atributo (s) Atendido (s).	UGA	
				322	34
	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.		Flora silvestre. Suelo. Agua superficial y subterránea.		
	Perdida de la capacidad productiva del suelo o materia orgánica. Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.		Suelo Flora silvestre Fauna silvestre Agua superficial y subterránea		
	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.		Suelo Agua superficial y subterránea.		
	Perdida de vegetación forestal.		Flora silvestre. Fauna silvestre. Suelos Agua superficial y subterránea.		
	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.		Agua superficial y subterránea. Suelos Fauna silvestre		
	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas.		Agua superficial y subterránea. Suelos		

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Conflicto (s) Ambiental (es) Atendido (s).	Atributo (s) Atendido (s).	UGA	
					322	34
		Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.		Fauna silvestre		
		Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.		Suelo Agua superficial y subterránea.		
LG08	*Promover acciones para la retención y recuperación de los suelos en las zonas degradadas y áreas suceptibles a la erosión.*	Perdida de la capacidad productiva del suelo o materia orgánica. Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.		Suelo Flora silvestre Fauna silvestre Agua superficial y subterránea	X	X
		Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.		Suelo Agua superficial y subterránea.		
		Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.		Flora silvestre. Suelo. Agua superficial y subterránea.		
LG09	*Controlar y prevenir la contaminación de los recursos agua, suelos y atmósfera.*	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	Urbano – Minería (actividades extractivas). Conservación – Minería	Agua superficial y subterránea. Suelos Fauna silvestre	X	X
		Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.		Agua superficial y subterránea. Suelos Fauna silvestre		

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Conflicto (s) Ambiental (es) Atendido (s).	Atributo (s) Atendido (s).	UGA	
					322	34
		Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.	(actividades extractivas).	Agua superficial y subterránea. Suelos. Fauna silvestre. Aire.		
		Contaminación atmosférica por presencia de partículas PM2.5 y PM10. Erosión del suelo por el viento. Afectación de follaje por presencia de polvos. Afectación de hábitat de fauna silvestre.		Aire. Suelo Flora silvestre. Fauna silvestre.		

Considerando que la Política Urbana, establecida por el POEREQ a la UGA 322, está dirigida a la consolidación de los centros de población establecidos en los instrumentos de planeación vigentes, y que los usos y destinos de suelo que se desarrollen en esta área, por principio, deberán ser congruentes a lo establecido en éstos, así como acorde a lo proyectado en los horizontes de planeación en el corto, mediano y largo plazo. En este tenor, es importante recalcar que el H. Ayuntamiento del Municipio de Tolimán, Qro., en Sesión Ordinaria de Cabildo Numero 58 de fecha 28 de febrero de 2021, aprobó el cambio de uso de suelo de Conservación a Actividades Extractivas (banco de materiales pétreos y trituración) en una superficie inicial de 20 hectáreas, mismo que fue publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Querétaro "La Sombra de Arteaga" de fecha 14 de mayo de 2021 e inscrito en el Registro Público de la Propiedad Subdirección Tolimán con Folio Inmobiliario 00005362/0003 de fecha 13 de julio de 2021.

Si bien es cierto, que el POEREQ establece que los usos y destinos de suelo que se desarrollen en esta área, es decir, en la UGA 322 con Política Urbana, por principio, deberán ser congruentes a lo establecido en los instrumentos de planeación vigentes (PMDU), así como acorde a lo proyectado en los horizontes de planeación en el corto, mediano y largo plazo.

Sin embargo, es importante precisar que el municipio, perdió de vista el derecho adquirido por el promovente, en su horizonte de planeación al aprobar en Sesión de Cabildo Número 32 de fecha 27 de enero de 2023 la Actualización del Programa Municipal de Desarrollo Urbano y en su defecto el propio Programa de Ordenamiento Ecologico Regional POEREQ, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Querétaro "La Sombra de Arteaga" con fecha del 05 de septiembre de 2022; e inscrito en el Registro Público de la Propiedad mediante folio registral 00000100/0003 de fecha 20 de octubre de 2022, en el cual dicha área ya contaba con un uso de suelo aprobado por el H. Ayuntamiento de Tolimán para Actividades Extractivas, no solamente en el área que comprende la UGA 322 sino que también abarca el área que comprende la UGA 34 con política de Conservación, es decir, para la superficie total del proyecto de 19.71 hectáreas, que en lo material ambos ordenamiento tanto el municipal (PMDU) como el estatal (POEREQ) debieron establecer; el primero un uso de suelo compatible con las actividades extractivas ya aprobadas y el segundo una política ambiental equivalente al uso de suelo previamente aprobado, máxime que la totalidad de la superficie del proyecto presenta los mismos atributos ambientales, evitando con ello generar conflictos ambientales al asignarle usos de suelo y políticas ambientales diferentes.

En este tenor y considerando lo anterior, se concluye que la superficie del proyecto ya cuenta con un horizonte de planeación a largo plazo, para ser destinado a un uso de suelo de actividades extractivas, (derecho adquirido), previamente a la entrada en vigor de ambos instrumentos de ordenación antes descritos.

Es así que para dar cabal cumplimiento de los lineamientos, a continuación se refuerza la vinculación de estos con el proyecto, estableciendo obras y acciones con sus respectivas metas y alcances, con los cuales se busca resolver los conflictos ambientales presentes en la UGA y mantener los servicios ambientales que provee la superficie en sus condiciones actuales. Con lo cual se busca contribuir al objetivo del programa de ordenamiento ecológico.

Tabla 22. Obras o acciones propuestas para la vinculación y cumplimiento de los lineamientos establecidos para la Unidad de Gestión Ambiental 322 del POEREQ 2022.

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
LG01	*Garantizar en los ecosistemas la permanencia de: a) La esctructura (tipos de vegetación, heterogeneidad espacial, distribución y conectividad, b) La composición (riqueza y abundancia de especies) y; c) La función (procesos hidrológicos y geomorfologicos).*	Programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre.	De las 43 especies identificadas en la S-CUSAF, se contempla el rescate de 18 que representan el 41.86%, con un total de 1,268 individuos, el programa se describe en el capítulo correspondiente.	Perdida de la cobertura vegetal del ecosistema. Evitar la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de capacidad de captura de carbono por los ecosistemas.	Con la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, la colocación de letreros preventivos, el programa de reforestación con especies nativas y la franja de protección, se mantendrá la esctructura (tipos de vegetación, heterogeneidad espacial, distribución y conectividad, la composición (riqueza y abundancia de especies), patriminio natural, cultural e histórico de forma responsable de flora y fauna silvestre, máxime que como se ha abundado ampliamente en el estudio, todas las especies identificadas y registradas en la S-CUSAF, se encuentran amplia y bastamente en el SA, y no se identificaron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de flora y fauna silvestre que pudieran ser afectadas con las actividades de cambio de uso de suelo. Así mismo, se evitará la perdida de especies por caza, extracción, autoconsumo y venta ilegal de flora
		Letreros preventivos sobre flora silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.	
		Programa de rescate y reubicación y/o ahuyentamiento de flora silvestre.	Se contempla el rescate, ahuyentamiento y reubicación de las totalidad de las especies de fauna silvestre identificadas y registradas en la S-CUSAF, es decir, los 27 individuos de las 13 especies reportadas.	Pérdida de especies de fauna silvestre y principalmente aquellas en alguna categoría de riesgo.	
		Letreros preventivos sobre fauna silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de fauna silvestre. Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
				Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.	y fauna silvestre y la contaminación del suelo y agua superficial en la unidad de gestión ambiental. De la misma manera, con el rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica en las actividades de restauración, la construcción de obras de conservación de agua y suelo, la colocación de sanitarios portátiles la instalación de contenedores, el mantenimiento preventivo y correctivo fuera de la superficie autorizada, los riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas y la delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal, se garantizará la función de los procesos hidrológicos y geomorfologicos y se propiciará la continuidad de los procesos y servicios ambientales dentro de las unidades de gestión ambiental. Por lo que se concluye que el proyecto no significará afectación alguna hacia la flora y fauna silvestre, el suelo, agua superficial y subterránea y el almacenamiento de
		Programa de reforestación con especies nativas.	Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies nativas propias de matorral crasicaule.	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	
		Rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica.	Se contempla el rescate, almacenamiento y restitución de 39,420 metros cúbicos de tierra fértil.	Perdida de la capacidad productiva del suelo o materia orgánica. Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.	
		Construcción de obras de conservación de agua y suelo.	Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodad en curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.	
		Franja de protección.	Se establecerá una franja de protección de 20 metros de ancho en parte del perímetro de la S-CUSAF.	Perdida de vegetación forestal.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	carbono, dando cumplimiento a los lineamientos LG01 y LG02.
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
LG02	*Proteger, conservar y aprovechar la diversidad biológica, patriminio natural, cultural e histórico de forma responsable, mediante la aplicación de medidas y acciones que propicien la continuidad de los procesos y servicios ambientales.*	Se evitará el mantenimiento preventivo y correctivo dentro de la superficie autorizada.	El mantenimiento preventivo y correctivo del maquinaria y vehículos se realizará en talleres autorizados.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Contaminación del suelo por derrames de sustancias.	
		Se aplicarán riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas.	Se aplicarán tres riegos de agua por semana en frentes de explotación y vías internas de trabajo.	Contaminación atmosférica por presencia de partículas PM2.5 y PM10. Erosión del suelo por el viento. Afectación de follaje por presencia de polvos. Afectación de hábitat de fauna silvestre.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		Delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal.	Se delimitarán y señalizarán las zonas federales de los cauces de los arroyos Bernal y El Barrosal, con el apoyo de los planos validados por la CONAGUA.	Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.	
LG03	*Consolidar una conciencia ambiental y responsable del uso sustentable del territorio en la población, fomentando la educación ambiental a través de diferentes estrategias de comunicación.*	Letreros preventivos sobre flora silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.	Se evitará la perdida de especies flora y fauna silvestre por caza y comercialización ilegal, prácticas muy comunes de la población que habitan en la unidad de gestión ambiental.
		Letreros preventivos sobre fauna silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de fauna silvestre. Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre. Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.	
LG04	*Proteger los manantiales, cuerpos de agua, zonas de infiltración, escurrimientos y causes en el territorio, mediante acciones para su conservación, restauración, mantenimiento y recuperación para posibilitar el equilibrio y disminuir el abatimiento de los acuíferos.*	Programa de reforestación con especies nativas.	Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies nativas propias de matorral crasicaule.	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre.	Con la ejecución del programa de reforestación con especies nativas, la construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras, la delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal, la construcción de obras de conservación de agua y suelo, la franja de protección, la colocación de sanitarios portátiles y la instalación de contenedores, se

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
				Perdida de recarga subterránea.	protegerán los manantiales, cuerpos de agua, zonas de infiltración, escurrimientos y causes en el territorio garantizando con ello el equilibrio y disminución del abatimiento de los acuíferos en las unidades de gestión ambiental. Por lo que se concluye que el proyecto no representa una amenaza para la flora silvestre, el suelo, el agua superficial y subterránea, dando cumplimiento al lineamiento LG04.
		Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras.	Se construirán 1,410 tinas ciegas o zanjas trincheras con el objetivo de compensar el déficit de infiltración generado por la eliminación de la vegetación forestal.	Abatimiento del acuífero en la zona.	
		Delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal.	Se delimitarán y señalizarán las zonas federales de los cauces de los arroyos Bernal y El Barrosal, con el apoyo de los planos validados por la CONAGUA.	Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.	
		Construcción de obras de conservación de agua y suelo.	Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodad en curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.	
		Franja de protección.	Se establecerá una franja de protección de 20 metros de ancho en parte del perímetro de la S-CUSF.	Perdida de vegetación forestal.	
		Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 5 sanitarios portátiles en frentes de CUSF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
LG05	*Regular, controlar y manejar el flujo y saneamiento de aguas residuales descargadas en aguas, bienes nacionales y en los sistemas de alcantarillado, para que no rebasen los limites permisibles de contaminantes.*	Delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal.	Se delimitarán y señalizarán las zonas federales de los cauces de los arroyos Bernal y El Barrosal, con el apoyo de los planos validados por la CONAGUA.	Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.	El proyecto no contempla verter agua residuales a los arroyos Bernal y El Barrosal, cuyas zonas federales se encuentran delimitadas y señalizadas conforme la validación emitida por la CONAGUA. Es por ello que con la colocación de sanitarios portátiles se evitará descargar las aguas residuales a las zonas federales previamente delimitadas.
		Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
LG06	*Apegar el tratamiento y disposición de residuos generados en el Estado, a lo establecido en las disposiciones legales vigentes correspondientes.*	Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas.	Con la colocación de los sanitarios portátiles, se evitar la contaminación de aguas superficiales y

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
				Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	subterráneas y un manejo adecuado de las aguas residuales. De igual manera con la instalación de contenedores se garantizará un manejo, tratamientos y disposición de los residuos generados y aquellos considerados de manejo especial o peligrosos su manejo y disposición final correrán a cargo del prestador de servicios en material de residuos que será contratado por el promovente.
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
LG07	*Mantener la representatividad y conectividad de los ecosistemas naturales presentes en la UGA, asi como fomentar el uso de especies nativas en forestales, reforestaciones y creación de áreas verdes.*	Programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre.	De las 43 especies identificadas en la S-CUSAF, se contempla el rescate de 18 que representan el 41.86%, con un total de 1,268 individuos, el programa se describe en el capítulo correspondiente.	Perdida de la cobertura vegetal del ecosistema. Evitar la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de capacidad de captura de carbono por los ecosistemas.	Con la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, la colocación de letreros preventivos, el programa de reforestación con especies nativas y la franja de protección, se mantendrá representatividad y conectividad de los ecosistemas naturales presentes en la UGA, asi como el uso de especies nativas de la region, máxime que como se ha abundado ampliamente en el estudio, todas las especies identificadas y registradas en la S-CUSAF, se encuentran amplia y bastamente en el SA, y no se identificaron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de
		Letreros preventivos sobre flora silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.	
		Programa de rescate y reubicación y/o	Se contempla el rescate, ahuyentamiento y	Pérdida de especies de fauna silvestre y principalmente	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		ahuyentamiento de fauna silvestre.	reubicación de las totalidad de las especies de fauna silvestre identificadas y registradas en la S-CUSAF, es decir, los 27 individuos de las 13 especies reportadas.	aquellas en alguna categoría de riesgo.	flora y fauna silvestre que pudieran ser afectadas con las actividades de cambio de uso de suelo. Así mismo, se evitará la perdida de especies por caza, extracción, autoconsumo y venta ilegal de flora y fauna silvestre y la contaminación del suelo y agua superficial en la unidad de gestión ambiental. De la misma manera, con el rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica en las actividades de restauración, la construcción de obras de conservación de agua y suelo, la colocación de sanitarios portátiles y la instalación de contenedores, se garantizará la función de los procesos hidrológicos y geomorfologicos y se propiciará la continuidad de los procesos y servicios ambientales dentro de las unidades de gestión ambiental. Por lo que se concluye que el proyecto no representará afectación alguna hacia la flora y fauna silvestre, el suelo, agua superficial y subterránea y el almacenamiento de
		Letreros preventivos sobre fauna silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de fauna silvestre. Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre. Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.	
		Programa de reforestación con especies nativas.	Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies nativas propias de matorral crasicaule.	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	
		Rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica.	Se contempla el rescate, almacenamiento y restitución de 39,420 metros cúbicos de tierra fértil.	Perdida de la capacidad productiva del suelo o materia orgánica. Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		Construcción de obras de conservación de agua y suelo.	Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodad en curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.	carbono, dando cumplimiento al lineamiento LG07.
		Franja de protección.	Se establecerá una franja de protección de 20 metros de ancho en parte del perímetro de la S-CUSF.	Perdida de vegetación forestal.	
		Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
LG08	*Promover acciones para la retención y recuperación de los suelos en las zonas degradadas y áreas suceptibles a la erosión.*	Construcción de obras de conservación de agua y suelo.	Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodad en curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.	Con la construcción de obras de conservación de agua y suelo, el rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica, la construcción de obras de conservación de agua y suelo y el programa de reforestación con especies nativas con fines de
		Rescate y reincorporación de tierra	Se contempla el rescate, almacenamiento y restitución	Perdida de la capacidad productiva del suelo o materia orgánica.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		de monte o materia orgánica.	de 39,420 metros cúbicos de tierra fértil.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.	restauración del sitio, se garantizará la retención y recuperación de los suelos, evitando la pérdida de su capacidad productiva por erosión hídrica y eólica, la fragmentación de los ecosistemas, la perdida de especies de flora y fauna silvestre, la capacidad de almacenamiento de carbono y la recarga de agua subterránea, cumpliendo de esta manera con el LG08.
		Construcción de obras de conservación de agua y suelo.	Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodad en curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.	
		Programa de reforestación con especies nativas.	Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies nativas propias de matorral crasicaule.	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	
LG09	*Controlar y prevenir la contaminación de los recursos agua, suelos y atmósfera.*	Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSAF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	Se contempla la colocación de sanitarios portátiles, la instalación de contenedores, la delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal, la aplicación de riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas y el mantenimiento preventivo y correctivo fuera la S-CUSAF, con el
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
				Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	objetivo de controlar y prevenir la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, el suelo y el aire, contribuyendo a disminuir la problemática y conflictos ambientales dentro de la UGA y dar cumplimiento con el presente lineamiento.
		Delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal.	Se delimitarán y señalizarán las zonas federales de los cauces de los arroyos Bernal y El Barrosal, con el apoyo de los planos validados por la CONAGUA.	Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.	
		Se aplicarán riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas.	Se aplicarán tres riegos de agua por semana en frentes de explotación y vías internas de trabajo.	Contaminación atmosférica por presencia de partículas PM2.5 y PM10. Erosión del suelo por el viento. Afectación de follaje por presencia de polvos. Afectación de hábitat de fauna silvestre.	
		Mantenimiento preventivo y correctivo fuera la S-CUSF.	El mantenimiento preventivo y correctivo del maquinaria y vehículos se realizará en talleres autorizados.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Contaminación del suelo por derrames de sustancias.	
Lineamientos de Aprovechamiento Sustentable.					
LAS01	*Consolidar las actividades primarias del territorio, a partir de la incorporación de prácticas agroecológicas, propiciando la continuidad de los procesos productivos mediante un uso eficiente de los recursos naturales que incrementen la rentabilidad de dicha*	La **agroecología** es un enfoque integrado que combina la ciencia, las prácticas agrícolas y un movimiento social para diseñar y gestionar sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles. Su objetivo principal es producir alimentos sanos y abundantes mediante el manejo racional de los recursos naturales y sin el uso de productos químicos sintéticos. **Principios Fundamentales**			Por la naturaleza del proyecto este lineamiento NO le es aplicable ya que está enfocado principalmente a las actividades agropecuarias

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
	actividad. Fomentar la tecnificación que maximice el aprovechamiento de los recursos hídricos y de suelo en dichas actividades.	La agroecología se basa en la aplicación de procesos naturales y la optimización de los recursos locales. Sus principios clave incluyen: • **Biodiversidad:** Fomentar una amplia diversidad biológica en los sistemas de producción, lo cual ayuda a la protección ecológica contra plagas y enfermedades. • **Suelos Sanos:** Mejorar la calidad y fertilidad del suelo mediante prácticas como la rotación de cultivos, el uso de abono verde y la adición de materia orgánica, lo que aumenta la capacidad de retención de agua y nutrientes. • **Sistemas Resilientes:** Crear sistemas alimentarios capaces de adaptarse a desafíos como el cambio climático y minimizando la dependencia de insumos externos y mercados volátiles. • **Conocimiento Local:** Integrar los conocimientos y prácticas tradicionales de los agricultores con la ciencia moderna para encontrar soluciones locales y adaptadas a contextos específicos. • **Equidad Social:** Promover la valoración de la vida rural y asegurar que los productores y consumidores tengan control sobre la cadena alimenticia. **Diferencia con la Agricultura Convencional** A diferencia de la agricultura convencional, que a menudo se caracteriza por monocultivos y la dependencia de fertilizantes, herbicidas y pesticidas químicos, la agroecología propone un rediseño holístico del agroecosistema. La agroecología no solo busca sustituir insumos sintéticos por orgánicos, sino que implica una transición hacia sistemas de producción autónomos y diversificados que respetan el medio ambiente, recuperan la vida del suelo y promueven la soberanía alimentaria y la justicia social.		
LAS02	*Aprovechar sustentablemente el territorio de acuerdo a la aptitud y vocación de la UGA, acompañado de acciones que mitiguen y compensen los impactos ambientales resultantes del desarrollo de actividades*	Con fecha 28 de febrero de 2021 el H. Ayuntamiento Constitucional del municipio de Tolimán, Querétaro., mediante	De las 43 especies identificadas en la S-CUSAF, se contempla el rescate de 18 que representan el 41.86%, con un total de 1,268 individuos, el	Perdida de la cobertura vegetal del ecosistema. Evitar la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre.	Con la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, la colocación de letreros preventivos, el programa de reforestación con especies nativas y la franja de protección, se

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
	antrópicas, deberán considerar los aspectos ambientales, culturales y sociales ligados al uso actual del territorio, mismo que se deberán ejecutar dentro de la zona afectada; de no ser posible, se deberán reasignar a la zona que la autoridad competente valide o determine.	Sesión Extraordinaria de Cabildo y considerando el Dictamen que emitió la Comisión de Desarrollo Urbano y Ecología, autorizo y aprobó el Cambio de Uso de Suelo de Conservación a Actividades Extractivas (Banco de materiales pétreos y trituración) en una superficie inicial de 20.00 (veinte) hectáreas, al predio denominado "El Barrosal", Delegación Municipal de San Antonio de La Cal, Tolimán, Querétaro, mismo que fue publicado en el Periódico Oficial "La Sombra de Arteaga" con fecha 14 de mayo de 2021 y Protocolizado ante Notario Público con fecha 28 de mayo de 2021 e inscrito en el Registro Público de la Propiedad el 9 de julio de 2021.	programa se describe en el capítulo correspondiente.	Pérdida de capacidad de captura de carbono por los ecosistemas.	mantendrá la esctructura (tipos de vegetación, heterogeneidad espacial, distribución y conectividad, la composición (riqueza y abundancia de especies), patriminio natural, cultural e histórico de forma responsable de flora y fauna silvestre, máxime que como se ha abundado ampliamente en el estudio, todas las especies identificadas y registradas en la S-CUSAF, se encuentran amplia y bastamente en el SA, y no se identificaron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de flora y fauna silvestre que pudieran ser afectadas con las actividades de cambio de uso de suelo. Así mismo, se evitará la perdida de especies por caza, extracción, autoconsumo y venta ilegal de flora y fauna silvestre y la contaminación del suelo y agua superficial en la unidad de gestión ambiental. De la misma manera, con el rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica en las actividades de restauración, la
			Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.	
			Se contempla el rescate, ahuyentamiento y reubicación de las totalidad de las especies de fauna silvestre identificadas y registradas en la S-CUSAF, es decir, los 27 individuos de las 13 especies reportadas.	Pérdida de especies de fauna silvestre y principalmente aquellas en alguna categoría de riesgo.	
			Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de fauna silvestre. Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre. Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
			Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies nativas propias de matorral crasicaule.	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	construcción de obras de conservación de agua y suelo, la colocación de sanitarios portátiles la instalación de contenedores, el mantenimiento preventivo y correctivo fuera de la superficie autorizada, los riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas y la delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal, se garantizará la función de los procesos hidrológicos y geomorfologicos y se propiciará la continuidad de los procesos y servicios ambientales dentro de las unidades de gestión ambiental. Por lo que se concluye que el proyecto no significará afectación alguna hacia la flora y fauna silvestre, el suelo, agua superficial y subterránea y el almacenamiento de carbono, dando cumplimiento al presente lineamientos .
			Se contempla el rescate, almacenamiento y restitución de 39,420 metros cúbicos de tierra fértil.	Perdida de la capacidad productiva del suelo o materia orgánica. Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.	
			Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodada en curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.	
			Se establecerá una franja de protección de 20 metros de ancho en parte del perímetro de la S-CUSF.	Perdida de vegetación forestal.	
			Se colocarán 5 sanitarios portátiles en frentes de CUSF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
				Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
			Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
LAS03	*Fomentar el aprovechamiento sustentable de las actividades extractivas acorde a la legislación vigente, de tal manera que los impactos sobre el paisaje y los ecosistemas sean mínimos, restaurando y rehabilitando la zonas afectadas al finalizar su operación.*	Con fecha 28 de febrero de 2021 el H. Ayuntamiento Constitucional del municipio de Tolimán, Querétaro., mediante Sesión Extraordinaria de Cabildo y considerando el Dictamen que emitió la Comisión de Desarrollo Urbano y Ecología, autorizo y aprobó el Cambio de Uso de Suelo de Conservación a Actividades Extractivas (Banco de materiales pétreos y trituración) en una superficie inicial de 20.00 (veinte) hectáreas, al predio denominado "El	De las 43 especies identificadas en la S-CUSAF, se contempla el rescate de 18 que representan el 41.86%, con un total de 1,268 individuos, el programa se describe en el capítulo correspondiente.	Perdida de la cobertura vegetal del ecosistema. Evitar la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de capacidad de captura de carbono por los ecosistemas.	Con la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, la colocación de letreros preventivos, el programa de reforestación con especies nativas y la franja de protección, se mantendrá la esctructura (tipos de vegetación, heterogeneidad espacial, distribución y conectividad, la composición (riqueza y abundancia de especies), patriminio natural, cultural e histórico de forma responsable de flora y fauna silvestre, máxime que como se ha abundado ampliamente en el estudio, todas las especies identificadas y registradas en la S-CUSAF, se encuentran amplia y bastamente en el SA, y no se identificaron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de
			Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.	
			Se contempla el rescate, ahuyentamiento y reubicación de las totalidad de las especies de fauna silvestre identificadas y	Pérdida de especies de fauna silvestre y principalmente aquellas en alguna categoría de riesgo.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		Barrosal", Delegación Municipal de San Antonio de La Cal, Tolimán, Querétaro, mismo que fue publicado en el Periódico Oficial "La Sombra de Arteaga" con fecha 14 de mayo de 2021 y Protocolizado ante Notario Público con fecha 28 de mayo de 2021 e inscrito en el Registro Público de la Propiedad el 9 de julio de 2021.	registradas en la S-CUSAF, es decir, los 27 individuos de las 13 especies reportadas.		flora y fauna silvestre que pudieran ser afectadas con las actividades de cambio de uso de suelo. Así mismo, se evitará la perdida de especies por caza, extracción, autoconsumo y venta ilegal de flora y fauna silvestre y la contaminación del suelo y agua superficial en la unidad de gestión ambiental. De la misma manera, con el rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica en las actividades de restauración, la construcción de obras de conservación de agua y suelo, la colocación de sanitarios portátiles la instalación de contenedores, el mantenimiento preventivo y correctivo fuera de la superficie autorizada, los riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas y la delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal, se garantizará la función de los procesos hidrológicos y geomorfologicos y se propiciará la continuidad de los procesos y
			Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de fauna silvestre. Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre. Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.	
			Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies nativas propias de matorral crasicaule.	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	
			Se contempla el rescate, almacenamiento y restitución de 39,420 metros cúbicos de tierra fértil.	Perdida de la capacidad productiva del suelo o materia orgánica. Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.	
			Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodad en	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
			curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Perdida de recarga de agua subterránea.	servicios ambientales dentro de las unidades de gestión ambiental. Por lo que se concluye que el proyecto no significará afectación alguna hacia la flora y fauna silvestre, el suelo, agua superficial y subterránea y el almacenamiento de carbono, dando cumplimiento al presente lineamiento.
			Se establecerá una franja de protección de 20 metros de ancho en parte del perímetro de la S-CUSF.	Perdida de vegetación forestal.	
			Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSAF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
			Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
LAS04	*Promover el crecimiento natural de la vivienda rural existente en la UGA, desalentando el desarrollo de nuevos centros de población, fomentando el uso de ecotecnias para reducir el impacto ambiental y contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes.*	En congruencia con el uso de suelo aprobado por el H. Ayuntamiento de Tolimán de Conservación a Actividades Extractivas la superficie de 19.71 hectáreas serán destinadas a banco de materiales pétreos, es decir, aprovechamiento de roca caliza y trituración. Por lo que dicho lineamiento NO le es aplicable al proyecto.			
LAS05	*Mantener la superficie y conectividad de los parches remanentes de vegetación presentes en la UGA, así*	Programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre.	De las 43 especies identificadas en la S-CUSAF, se contempla el rescate de	Perdida de la cobertura vegetal del ecosistema.	Con la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, la colocación de

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
	como, controlar que los aprovechamiento y usos del territorio no se permita la introducción de especies exóticas de flora y fauna.		18 que representan el 41.86%, con un total de 1,268 individuos, el programa se describe en el capítulo correspondiente.	Evitar la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de capacidad de captura de carbono por los ecosistemas.	letreros preventivos, el programa de reforestación con especies nativas y la franja de protección, mantiene la conectividad de los parches remanentes de vegetación presentes en la UGA, y controla el aprovechamiento y usos del territorio y no se permita la introducción de especies exóticas de flora y fauna, máxime que como se ha abundado ampliamente en el estudio, todas las especies identificadas y registradas en la S-CUSAF, se encuentran amplia y bastamente en el SA y no se identificaron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de flora y fauna silvestre que pudieran ser afectadas con las actividades de cambio de uso de suelo. Así mismo, se evitará la perdida de especies por caza, extracción, autoconsumo y venta ilegal de flora y fauna silvestre. Por lo que se concluye que el proyecto no significará afectación alguna hacia la flora y fauna silvestre y el almacenamiento de carbono,
		Programa de reforestación con especies nativas.	Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies nativas propias de matorral crasicaule.	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	
		Letreros preventivos sobre flora silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.	
		Programa de rescate y reubicación y/o ahuyentamiento de fauna silvestre.	Se contempla el rescate, ahuyentamiento y reubicación de las totalidad de las especies de fauna	Pérdida de especies de fauna silvestre y principalmente	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
			silvestre identificadas y registradas en la S-CUSAF, es decir, los 27 individuos de las 13 especies reportadas.	aquellas en alguna categoría de riesgo.	dando cumplimiento al presente lineamiento.
		Letreros preventivos sobre fauna silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de fauna silvestre. Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre. Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.	
		Franja de protección.	Se establecerá una franja de protección de 20 metros de ancho en parte del perímetro de la S-CUSF.	Perdida de vegetación forestal.	

Tabla 23. Obras o acciones propuestas para la vinculación y cumplimiento de los lineamientos establecidos para la Unidad de Gestión Ambiental 34 del POEREQ 2022.

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
LG01	*Garantizar en los ecosistemas la permanencia de: a) La esctructura (tipos de vegetación, heterogeneidad espacial, distribución y conectividad, b) La composición (riqueza y abundancia de especies) y; c) La función (procesos hidrológicos y geomorfologicos).*	Programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre.	De las 43 especies identificadas en la S-CUSAF, se contempla el rescate de 18 que representan el 41.86%, con un total de 1,268 individuos, el programa se describe en el capítulo correspondiente.	Perdida de la cobertura vegetal del ecosistema. Evitar la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de capacidad de captura de carbono por los ecosistemas.	Con la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, la colocación de letreros preventivos, el programa de reforestación con especies nativas y la franja de protección, se mantendrá la esctructura (tipos de vegetación, heterogeneidad espacial, distribución y

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		Letreros preventivos sobre flora silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.	conectividad, la composición (riqueza y abundancia de especies), patriminio natural, cultural e histórico de forma responsable de flora y fauna silvestre, máxime que como se ha abundado ampliamente en el estudio, todas las especies identificadas y registradas en la S-CUSAF, se encuentran amplia y bastamente en el SA, y no se identificaron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de flora y fauna silvestre que pudieran ser afectadas con las actividades de cambio de uso de suelo. Así mismo, se evitará la perdida de especies por caza, extracción, autoconsumo y venta ilegal de flora y fauna silvestre y la contaminación del suelo y agua superficial en la unidad de gestión ambiental. De la misma manera, con el rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica en las actividades de restauración, la construcción de obras de conservación de agua y suelo, la colocación de sanitarios portátiles
		Programa de rescate y reubicación y/o ahuyentamiento de flora silvestre.	Se contempla el rescate, ahuyentamiento y reubicación de las totalidad de las especies de fauna silvestre identificadas y registradas en la S-CUSAF, es decir, los 27 individuos de las 13 especies reportadas.	Pérdida de especies de fauna silvestre y principalmente aquellas en alguna categoría de riesgo.	
		Letreros preventivos sobre fauna silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de fauna silvestre. Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre. Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.	
		Programa de reforestación con especies nativas.	Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies nativas propias de matorral crasicaule.	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
				Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	la instalación de contenedores, el mantenimiento preventivo y correctivo fuera de la superficie autorizada, los riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas y la delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal, se garantizará la función de los procesos hidrológicos y geomorfologicos y se propiciará la continuidad de los procesos y servicios ambientales dentro de las unidades de gestión ambiental. Por lo que se concluye que el proyecto no significará afectación alguna hacia la flora y fauna silvestre, el suelo, agua superficial y subterránea y el almacenamiento de carbono, dando cumplimiento a los lineamientos LG01 y LG02.
		Rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica.	Se contempla el rescate, almacenamiento y restitución de 39,420 metros cúbicos de tierra fértil.	Perdida de la capacidad productiva del suelo o materia orgánica. Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.	
		Construcción de obras de conservación de agua y suelo.	Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodad en curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.	
		Franja de protección.	Se establecerá una franja de protección de 20 metros de ancho en parte del perímetro de la S-CUSF.	Perdida de vegetación forestal.	
		Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
				Proliferación de fauna nociva.	
LG02	*Proteger, conservar y aprovechar la diversidad biológica, patriminio natural, cultural e histórico de forma responsable, mediante la aplicación de medidas y acciones que propicien la continuidad de los procesos y servicios ambientales.*	Se evitará el mantenimiento preventivo y correctivo dentro de la superficie autorizada.	El mantenimiento preventivo y correctivo del maquinaria y vehículos se realizará en talleres autorizados.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Contaminación del suelo por derrames de sustancias.	
		Se aplicarán riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas.	Se aplicarán tres riegos de agua por semana en frentes de explotación y vías internas de trabajo.	Contaminación atmosférica por presencia de partículas PM2.5 y PM10. Erosión del suelo por el viento. Afectación de follaje por presencia de polvos. Afectación de hábitat de fauna silvestre.	
		Delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal.	Se delimitarán y señalizarán las zonas federales de los cauces de los arroyos Bernal y El Barrosal, con el apoyo de los planos validados por la CONAGUA.	Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.	
LG03	*Consolidar una conciencia ambiental y responsable del uso sustentable del territorio en la población, fomentando la educación ambiental a través de diferentes estrategias de comunicación.*	Letreros preventivos sobre flora silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.	Se evitará la perdida de especies flora y fauna silvestre por caza y comercialización ilegal, prácticas muy comunes de la población que habitan en la unidad de gestión ambiental.
		Letreros preventivos sobre fauna silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de fauna silvestre.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
				Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre. Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.	
LG04	*Proteger los manantiales, cuerpos de agua, zonas de infiltración, escurrimientos y causes en el territorio, mediante acciones para su conservación, restauración, mantenimiento y recuperación para posibilitar el equilibrio y disminuir el abatimiento de los acuíferos.*	Programa de reforestación con especies nativas.	Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies nativas propias de matorral crasicaule.	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	Con la ejecución del programa de reforestación con especies nativas, la construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras, la delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal, la construcción de obras de conservación de agua y suelo, la franja de protección, la colocación de sanitarios portátiles y la instalación de contenedores, se protegerán los manantiales, cuerpos de agua, zonas de infiltración, escurrimientos y causes en el territorio garantizando con ello el equilibrio y disminución del abatimiento de los acuíferos en las unidades de gestión ambiental. Por lo que se concluye que el proyecto no representa una amenaza para la flora silvestre, el suelo, el agua superficial y subterránea, dando cumplimiento al lineamiento LG04.
		Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras.	Se construirán 1,410 tinas ciegas o zanjas trincheras con el objetivo de compensar el déficit de infiltración generado por la eliminación de la vegetación forestal.	Abatimiento del acuífero en la zona.	
		Delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal.	Se delimitarán y señalizarán las zonas federales de los cauces de los arroyos Bernal y El Barrosal, con el apoyo de los planos validados por la CONAGUA.	Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		Construcción de obras de conservación de agua y suelo.	Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodad en curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.	
		Franja de protección.	Se establecerá una franja de protección de 20 metros de ancho en parte del perímetro de la S-CUSF.	Perdida de vegetación forestal.	
		Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSAF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
LG05	*Regular, controlar y manejar el flujo y saneamiento de aguas residuales descargadas en aguas, bienes nacionales y en los sistemas de alcantarillado, para que no rebasen los limites permisibles de contaminantes.*	Delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal.	Se delimitarán y señalizarán las zonas federales de los cauces de los arroyos Bernal y El Barrosal, con el apoyo de los planos validados por la CONAGUA.	Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.	El proyecto no contempla verter agua residuales a los arroyos Bernal y El Barrosal, cuyas zonas federales se encuentran delimitadas y señalizadas

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSAF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	conforme la validación emitida por la CONAGUA. Es por ello que con la colocación de sanitarios portátiles se evitará descargar las aguas residuales a las zonas federales previamente delimitadas.
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
LG06	*Apegar el tratamiento y disposición de residuos generados en el Estado, a lo establecido en las disposiciones legales vigentes correspondientes.*	Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSAF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	Con la colocación de los sanitarios portátiles, se evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas y un manejo adecuado de las aguas residuales. De igual manera con la instalación de contenedores se garantizará un manejo, tratamientos y disposición de los residuos generados y aquellos considerados de manejo especial o peligrosos su manejo y disposición final correrán a cargo del prestador de servicios en material de residuos que será contratado por el promovente.
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
LG07	*Mantener la representatividad y conectividad de los ecosistemas naturales presentes en la UGA, asi como fomentar el uso de especies nativas en forestales, reforestaciones y creación de áreas verdes.*	Programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre.	De las 43 especies identificadas en la S-CUSAF, se contempla el rescate de 18 que representan el 41.86%, con un total de 1,268 individuos, el programa se describe en el capítulo correspondiente.	Perdida de la cobertura vegetal del ecosistema. Evitar la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de capacidad de captura de carbono por los ecosistemas.	Con la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, la colocación de letreros preventivos, el programa de reforestación con especies nativas y la franja de protección, se mantendrá representatividad y conectividad de los ecosistemas naturales presentes en la UGA, asi como el uso de especies nativas de la region, máxime que como se ha abundado ampliamente en el estudio, todas las especies identificadas y registradas en la S-CUSAF, se encuentran amplia y bastamente en el SA, y no se identificaron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de flora y fauna silvestre que pudieran ser afectadas con las actividades de cambio de uso de suelo. Así mismo, se evitará la perdida de especies por caza, extracción, autoconsumo y venta ilegal de flora y fauna silvestre y la contaminación del suelo y agua superficial en la unidad de gestión ambiental. De la misma manera, con el rescate y reincorporación de tierra
		Letreros preventivos sobre flora silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.	
		Programa de rescate y reubicación y/o ahuyentamiento de fauna silvestre.	Se contempla el rescate, ahuyentamiento y reubicación de las totalidad de las especies de fauna silvestre identificadas y registradas en la S-CUSAF, es decir, los 27 individuos de las 13 especies reportadas.	Pérdida de especies de fauna silvestre y principalmente aquellas en alguna categoría de riesgo.	
		Letreros preventivos sobre fauna silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de fauna silvestre. Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre. Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		Programa de reforestación con especies nativas.	Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies nativas propias de matorral crasicaule.	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	de monte o materia orgánica en las actividades de restauración, la construcción de obras de conservación de agua y suelo, la colocación de sanitarios portátiles y la instalación de contenedores, se garantizará la función de los procesos hidrológicos y geomorfologicos y se propiciará la continuidad de los procesos y servicios ambientales dentro de las unidades de gestión ambiental. Por lo que se concluye que el proyecto no representará afectación alguna hacia la flora y fauna silvestre, el suelo, agua superficial y subterránea y el almacenamiento de carbono, dando cumplimiento al lineamiento LG07.
		Rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica.	Se contempla el rescate, almacenamiento y restitución de 39,420 metros cúbicos de tierra fértil.	Perdida de la capacidad productiva del suelo o materia orgánica. Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.	
		Construcción de obras de conservación de agua y suelo.	Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodad en curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.	
		Franja de protección.	Se establecerá una franja de protección de 20 metros de ancho en parte del perímetro de la S-CUSAF.	Perdida de vegetación forestal.	
		Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
				Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
LG08	*Promover acciones para la retención y recuperación de los suelos en las zonas degradadas y áreas suceptibles a la erosión.*	Construcción de obras de conservación de agua y suelo.	Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodad en curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.	Con la construcción de obras de conservación de agua y suelo, el rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica, la construcción de obras de conservación de agua y suelo y el programa de reforestación con especies nativas con fines de restauración del sitio, se garantizará la retención y recuperación de los suelos, evitando la pérdida de su capacidad productiva por erosión hídrica y eólica, la fragmentación de los ecosistemas, la perdida de especies de flora y fauna silvestre, la capacidad de almacenamiento de carbono y la recarga de agua subterránea, cumpliendo de esta manera con el LG08.
		Rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica.	Se contempla el rescate, almacenamiento y restitución de 39,420 metros cúbicos de tierra fértil.	Perdida de la capacidad productiva del suelo o materia orgánica. Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.	
		Construcción de obras de conservación de agua y suelo.	Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodad en curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.	
		Programa de reforestación con especies nativas.	Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
			nativas propias de matorral crasicaule.	Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	
LG09	*Controlar y prevenir la contaminación de los recursos agua, suelos y atmósfera.*	Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSAF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	Se contempla la colocación de sanitarios portátiles, la instalación de contenedores, la delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal, la aplicación de riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas y el mantenimiento preventivo y correctivo fuera la S-CUSAF, con el objetivo de controlar y prevenir la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, el suelo y el aire, contribuyendo a disminuir la problemática y conflictos ambientales dentro de la UGA y dar cumplimiento con el presente lineamiento.
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
		Delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal.	Se delimitarán y señalizarán las zonas federales de los cauces de los arroyos Bernal y El Barrosal, con el apoyo de los planos validados por la CONAGUA.	Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.	
		Se aplicarán riegos periódicos con agua tratada en frentes de	Se aplicarán tres riegos de agua por semana en frentes	Contaminación atmosférica por presencia de partículas PM2.5 y PM10.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		explotación y vías internas.	de explotación y vías internas de trabajo.	Erosión del suelo por el viento. Afectación de follaje por presencia de polvos. Afectación de hábitat de fauna silvestre.	
		Mantenimiento preventivo y correctivo fuera la S-CUSF.	El mantenimiento preventivo y correctivo del maquinaria y vehículos se realizará en talleres autorizados.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Contaminación del suelo por derrames de sustancias.	
Lineamiento (s) Ambiental (es).		**Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) ***	**Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)**	**Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).**	**Cumplimiento del Lineamiento**
Lineamientos de Conservación					
LC01	*Conservar los recursos naturales existentes y la diversidad biológica presente en la UGA, manteniendo la integridad de las especies y salvaguardando la integridad de los ecosistemas, con un aprovechamiento de bajo impacto, con beneficios dirigidos los habitantes locales.*	Programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre.	De las 43 especies identificadas en la S-CUSAF, se contempla el rescate de 18 que representan el 41.86%, con un total de 1,268 individuos, el programa se describe en el capítulo correspondiente.	Perdida de la cobertura vegetal del ecosistema. Evitar la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de capacidad de captura de carbono por los ecosistemas.	Con la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, la colocación de letreros preventivos, el programa de reforestación con especies nativas y la franja de protección, se conservará la diversidad biológica de la UGA y mantendrá la integridad de las especies y slavaguardara la integridad de los ecosistemas, máxime que como se ha abundado ampliamente en el estudio, todas las especies identificadas y registradas en la S-CUSAF, se encuentran amplia y bastamente en el SA y no se identificaron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de flora y fauna silvestre que pudieran
		Letreros preventivos sobre flora silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.	
		Programa de rescate y reubicación y/o	Se contempla el rescate, ahuyentamiento y reubicación de las totalidad	Pérdida de especies de fauna silvestre y principalmente	

Lineamiento (s) Ambiental (es).	Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
	ahuyentamiento de fauna silvestre.	de las especies de fauna silvestre identificadas y registradas en la S-CUSAF, es decir, los 27 individuos de las 13 especies reportadas.	aquellas en alguna categoría de riesgo.	ser afectadas con las actividades de cambio de uso de suelo. Así mismo, se evitará la perdida de especies por caza, extracción, autoconsumo y venta ilegal de flora y fauna silvestre y la contaminación del suelo y agua superficial en la unidad de gestión ambiental. De la misma manera, con el rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica en las actividades de restauración, la construcción de obras de conservación de agua y suelo, la colocación de sanitarios portátiles la instalación de contenedores, el mantenimiento preventivo y correctivo fuera de la superficie autorizada, los riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas y la delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal, se garantizará la función de los procesos hidrológicos y geomorfologicos y se propiciará la continuidad de los procesos y servicios ambientales
	Letreros preventivos sobre fauna silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de fauna silvestre. Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre. Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.	
	Programa de reforestación con especies nativas.	Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies nativas propias de matorral crasicaule.	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	
	Rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica.	Se contempla el rescate, almacenamiento y restitución de 39,420 metros cúbicos de tierra fértil.	Perdida de la capacidad productiva del suelo o materia orgánica. Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		Construcción de obras de conservación de agua y suelo.	Se contempla la construcción de 16 barreras de piedra acomodad en curvas de nivel con un total de 6,840 metros lineales.	Pérdida del suelo por erosión hídrica y eólica. Perdida de recarga de agua subterránea.	dentro de las unidades de gestión ambiental. Por lo que se concluye que el proyecto no significará afectación alguna hacia la flora y fauna silvestre, el suelo, agua superficial y subterránea y el almacenamiento de carbono, dando cumplimiento al presente lineamiento.
		Franja de protección.	Se establecerá una franja de protección de 20 metros de ancho en parte del perímetro de la S-CUSAF.	Perdida de vegetación forestal.	
		Colocación de sanitarios portátiles.	Se colocarán 4 sanitarios portátiles en frentes de CUSAF.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
		Instalación de contenedores.	Se colocarán 3 contenedores para depósito de residuos sólidos urbanos.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Focos de infección por aguas residuales estancadas. Envenenamiento de fauna silvestre. Proliferación de fauna nociva.	
		Se evitará el mantenimiento preventivo y correctivo dentro de la superficie autorizada.	El mantenimiento preventivo y correctivo del maquinaria y vehículos se realizará en talleres autorizados.	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Contaminación del suelo por derrames de sustancias.	
		Se aplicarán riegos periódicos con agua tratada en frentes de	Se aplicarán tres riegos de agua por semana en frentes	Contaminación atmosférica por presencia de partículas PM2.5 y PM10.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
		explotación y vías internas.	de explotación y vías internas de trabajo.	Erosión del suelo por el viento. Afectación de follaje por presencia de polvos. Afectación de hábitat de fauna silvestre.	
		Delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal.	Se delimitarán y señalizarán las zonas federales de los cauces de los arroyos Bernal y El Barrosal, con el apoyo de los planos validados por la CONAGUA.	Basureros clandestinos en barrancas y arroyos. Descargas de aguas residuales en arroyos. Tiraderos de desperdicios de material triturado.	
Lineamientos de Aprovechamiento Sustentable					
LAS04	*Promover el crecimiento natural de la vivienda rural existente en la UGA, desalentando el desarrollo de nuevos centros de población, fomentando el uso de ecotecnias para reducir el impacto ambiental y contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes.*	En congruencia con el uso de suelo aprobado por el H. Ayuntamiento de Tolimán de Conservación a Actividades Extractivas la superficie de 19.71 hectáreas serán destinadas a banco de materiales pétreos, es decir, aprovechamiento de roca caliza y trituración. Por lo que dicho lineamiento NO le es aplicable al proyecto.			
LAS05	*Mantener la superficie y conectividad de los parches remanentes de vegetación presentes en la UGA, así como, controlar que los aprovechamiento y usos del territorio no se permita la introducción de especies exóticas de flora y fauna.*	Programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre.	De las 43 especies identificadas en la S-CUSAF, se contempla el rescate de 18 que representan el 41.86%, con un total de 1,268 individuos, el programa se describe en el capítulo correspondiente.	Perdida de la cobertura vegetal del ecosistema. Evitar la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de capacidad de captura de carbono por los ecosistemas.	Con la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, la colocación de letreros preventivos, el programa de reforestación con especies nativas y la franja de protección, mantiene la conectividad de los parches remanentes de vegetación presentes en la UGA, y controla el

Lineamiento (s) Ambiental (es).	Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
	Programa de reforestación con especies nativas.	Se contempla la reforestación de 12 especies con un total del 1,900 individuos de especies nativas propias de matorral crasicaule.	Perdida de la masa forestal. Aumento de la fragmentación del ecosistema. Pérdida de especies de flora silvestre. Pérdida de carbono almacenado. Problemas de erosión de suelo. Perdida de hábitat para fauna silvestre. Perdida de recarga subterránea.	aprovechamiento y usos del territorio y no se permita la introducción de especies exóticas de flora y fauna, máxime que como se ha abundado ampliamente en el estudio, todas las especies identificadas y registradas en la S-CUSAF, se encuentran amplia y bastamente en el SA y no se identificaron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de flora y fauna silvestre que pudieran ser afectadas con las actividades de cambio de uso de suelo. Así mismo, se evitará la perdida de especies por caza, extracción, autoconsumo y venta ilegal de flora y fauna silvestre. Por lo que se concluye que el proyecto no significará afectación alguna hacia la flora y fauna silvestre y el almacenamiento de carbono, dando cumplimiento al presente lineamiento.
	Letreros preventivos sobre flora silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de flora silvestre. Comercialización ilegal de especies de flora silvestre. Extracción de flora silvestre con fines de autoconsumo y comercialización.	
	Programa de rescate y reubicación y/o ahuyentamiento de fauna silvestre.	Se contempla el rescate, ahuyentamiento y reubicación de las totalidad de las especies de fauna silvestre identificadas y registradas en la S-CUSAF, es decir, los 27 individuos de las 13 especies reportadas.	Pérdida de especies de fauna silvestre y principalmente aquellas en alguna categoría de riesgo.	
	Letreros preventivos sobre fauna silvestre.	Se colocarán 2 letreros preventivos de delitos contra la fauna silvestre.	Perdida de especies de fauna silvestre.	

Lineamiento (s) Ambiental (es).		Nombre de la (s) obra (s) o acción (es) *	Descripción general de la (s) obra (s) o acción (es)	Problemática (s) Ambiental (es) Atendida (s).	Cumplimiento del Lineamiento
				Comercialización ilegal de especies de fauna silvestre. Caza ilegal de fauna silvestre. Consumo alimenticio de fauna silvestre.	
		Franja de protección.	Se establecerá una franja de protección de 20 metros de ancho en parte del perímetro de la S-CUSF.	Perdida de vegetación forestal.	

Política Ambiental de Conservación

La política ambiental de Conservación establecida por el POEREQ a la UGA 34, es para todas las Unidades que poseen un equilibrio en sus ecosistemas y cuyos usos actuales no afectan o alteran su funcionamiento. Por sus características de estabilidad, podrían ser utilizadas para el aprovechamiento sustentable cuando se garantice la sostenibilidad de la flora y fauna silvestre, y no se afecte su equilibrio o disminuya su potencial, poniendo en riesgo su estabilidad.

La permanencia y continuidad de estas Unidades bajo la Política de Conservación será prioritaria respecto del desarrollo de asentamiento humanos por su importancia y funcionamiento ecológica.

En este tenor, es importante precisar, que las acciones propuestas para mitigar y compensar los impactos ambientales hacia los atributos afectados por el cambio de uso de suelo en la unidad de gestión ambiental, son suficientes para acreditar que se cumple con el objetivo de la política ambiental de conservación y son el resultado de la aplicación de las mejores metodologías científicamente comprobadas y que estas son las más adecuadas para garantizar la sostenibilidad de la flora y fauna silvestre, garantizar el equilibrio y mantener su potencial y estabilidad de la misma.

Por lo que derivado de un análisis más profundo y exhaustivo, a continuación se describen de manera más detallada como dichas acciones atienden a cada uno de los lineamientos ambientales y como estas contribuyen al objetivo que se persigue con dicha política ambiental.

Tabla 24. Matriz de medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales para lograr acreditar el objetivo de la política ambiental del Conservación.

No.	Medidas de prevención y mitigación	U. M.	Volumen	Atributo atendido	Lineamiento atendido	Responsable ejecución
1	Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras.	Metros lineales	1,410	Agua	LC01, LG01, LG04, LG07, LG08	Promovente
2	Colocación de sanitarios portátiles.	Sanitarios	4	Agua	LG01, LG04, LG07, LG09	Promovente
3	Instalación de contenedores.	Contenedores	3	Agua	LC01, LG01, LG04, LG07, LG09	Promovente
4	Mantenimiento preventivo y correctivo dentro de la superficie autorizada.	Acción	1	Agua	LC01, LG02	Promovente

No.	Medidas de prevención y mitigación	U. M.	Volumen	Atributo atendido	Lineamiento atendido	Responsable ejecución
5	Delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal.	Arroyos	2	Agua	LC01, LG02, LG04, LG08	Promovente
6	Franja de protección.	Hectáreas	5.12	Agua y Carbono	LC01, LG01, LG04, LG07	Promovente
7	Aplicación de riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas.	Riegos/semana	3	Aire	LC01, LG02, LG09	Promovente
8	Programa de rescate y reubicación y/o ahuyentamiento de flora silvestre.	Ejemplares	27	Fauna silvestre y Carbono	LC01, LG01, LG07, LAS05	Promovente
9	Letreros preventivos sobre flora silvestre.	Letreros	2	Fauna silvestre	LC01, LG01, LG07, LAS05	Promovente
10	Programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre.	Ejemplares	1,268	Flora silvestre	LC01, LG01, LG07, LAS05	Promovente
11	Letreros preventivos sobre fauna silvestre.	Letreros	2	Flora silvestre	LC01, LG01, LG07, LAS05	Promovente
12	Programa de reforestación con especies nativas.	Ejemplares	1,900	Carbono	LC01, LG01, LG04, LG07, LG08, LAS05	Promovente
13	Construcción de obras de conservación de suelo.	Metros lineales	6,840	Suelo	LC01, LG02, LG07, LG08	Promovente
14	Rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica.	Metros cúbicos	39,420	Suelo	LC01, LG01, LG07, LG08,	Promovente

Flora silvestre.

Como ha quedado demostrado, que derivado del análisis de los resultados obtenidos de los muestreos de flora silvestre en el SA y la S-CUSAF descritos en los apartados correspondiente y del propio análisis comparativo de estos elementos biológicos que se vierten, así como, el análisis de biodiversidad descrito, los cuales han sido concluyentes que se mantiene la sostenibilidad de la biodiversidad de la flora y fauna silvestre, toda vez todas las especies identificadas en la S-CUSAF también han sido identificadas en el SA, como a continuación se describe.

Composición florística del SA.

Para determinar la composición florística de la vegetación, se utilizó el muestreo que sirvió para caracterizar la vegetación presente en el sistema ambiental, el cual cumplió con el 95% de confiabilidad, por lo que dicha información es fiable y fidedigna para el análisis comparativo de la flora presente en dicha unidad geográfica, con el análisis de dicha información de campo fue posible identificar una riqueza de géneros con **75 especies, distribuidas en 26 familias**, tal como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 25. Relación de géneros y especies por familia en el SA.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Estrato	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
1	Pteridaceae	Doradilla	*Astrolepis sinuata*	Herbáceo	No	Nativa
2	Poaceae	Pasto 2	*Briza sp*	Herbaceo	No	Introducida
3	Poaceae	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	Herbaceo	No	Introducida
4	Euphorbiaceae	Mala mujer	*Cnidoscolus multilobus*	Herbaceo	No	Endémica
5	Euphorbiaceae	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	Herbaceo	No	Nativa
6	Poaceae	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	Herbaceo	No	Introducida
7	Bromeliaceae	Lechuguilla	*Hechtia lepidophylla*	Herbaceo	No	Endémica
8	Bromeliaceae	Guapilla	*Hechtia podantha*	Herbaceo	No	Endémica
9	Amaranthaceae	Pluma	*Iresine diffusa*	Herbaceo	No	Nativa
10	Verbenaceae	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	Herbaceo	No	Nativa
11	Polemoniaceae	Jarrito	*Loeselia coerulea*	Herbaceo	No	Nativa
12	Loasaceae	Conito	*Mentzelia hispida*	Herbaceo	No	Endémica
13	Poaceae	Zacate lanudo	*Muhlenbergia pubescens*	Herbaceo	No	Nativa
14	Asteraceae	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	Herbaceo	No	Endémica
15	Lamiaceae	Casquete potosino	*Scutellaria potosina*	Herbaceo	No	Nativa
16	Selaginellaceae	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	Herbaceo	No	Nativa
17	Asteraceae	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	Herbaceo	No	Nativa
18	Asteraceae	Gallito de monte	*Zinnia peruviana*	Herbaceo	No	Nativa
19	Asparagaceae	Maguey áspero	*Agave asperrima*	Arbustivo	No	Endémica
20	Asparagaceae	Lechuguilla	*Agave difformis*	Arbustivo	No	Endémica
21	Asparagaceae	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	Arbustivo	No	Endémica
22	Fabaceae	Charrasquillo	*Calliandra eriophylla*	Arbustivo	No	Nativa
23	Cannabaceae	Granjeno	*Celtis pallida*	Arbustivo	No	Nativa
24	Rhamnaceae	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	Arbustivo	No	Endémica
25	Fabaceae	Escobilla	*Dalea bicolor*	Arbustivo	No	Nativa
26	Asparagaceae	Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum*	Arbustivo	Amenazadas (A)	Endémica
27	Sapindaceae	Chapulixtle	*Dodonaea viscosa*	Arbustivo	No	Nativa
28	Ephedraceae	Sanguinaria	*Ephedra compacta*	Arbustivo	No	Endémica
29	Euphorbiaceae	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	Arbustivo	No	Nativa

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Estrato	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
30	Fouquieriaceae	Ocotilla	*Fouquieria splendens*	Arbustivo	No	Nativa
31	Rutaceae	Barreta	*Helietta parvifolia*	Arbustivo	No	Nativa
32	Euphorbiaceae	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	Arbustivo	No	Endémica
33	Rhamnaceae	Tullidora	*Karwinskia humboldtiana*	Arbustivo	No	Nativa
34	Rhamnaceae	Capulincillo	*Karwinskia mollis*	Arbustivo	No	Nativa
35	Krameriaceae	Chayotillo	*Krameria cytisoides*	Arbustivo	No	Endémica
36	Zygophyllaceae	Gobernadora	*Larrea tridentata*	Arbustivo	No	Endémica
37	Scrophulariaceae	Cenizo	*Leucophyllum minus*	Arbustivo	No	Endémica
38	Fabaceae	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	Arbustivo	No	Nativa
39	Fabaceae	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	Arbustivo	No	Nativa
40	Fabaceae	Uña de gato	*Mimosa texana*	Arbustivo	No	Endémica
41	Fabaceae	Cabello de ángel	*Painteria revoluta*	Arbustivo	No	Endémica
42	Fabaceae	Huizache	*Vachellia farnesiana*	Arbustivo	No	Nativa
43	Asteraceae	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	Arbustivo	No	Endémica
44	Scrophulariaceae	Tepozán	*Buddleja cordata*	Arbóreo	No	Endémica
45	Burseraceae	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	Arbóreo	No	Nativa
46	**Fabaceae**	**Colorín**	***Erythrina americana***	**Arbóreo**	**Amenazadas (A)**	**Endémica**
47	Fabaceae	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	Arbóreo	No	Nativa
48	Oleaceae	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	Arbóreo	No	Endémica
49	Fabaceae	Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	Arbóreo	No	Nativa
50	Fabaceae	Mauto	*Lysiloma divaricatum*	Arbóreo	No	Nativa
51	Fabaceae	Mezquite	*Neltuma laevigata*	Arbóreo	No	Endémica
52	Fagaceae	Encino quiebra hacha	*Quercus rugosa*	Arbóreo	No	Nativa
53	Fagaceae	Encino gris	*Quercus grisea*	Arbóreo	No	Nativa
54	Fabaceae	Palo prieto	*Senna wislizeni*	Arbóreo	No	Nativa
55	Fabaceae	Huizache chino	*Vachellia schaffneri*	Arbóreo	No	Nativa
56	Asparagaceae	Palma pita	*Yucca filifera*	Arbóreo	No	Endémica
57	Cactaceae	Biznaga cónica	*Cochemiea conoidea*	Cactácea	No	Nativa
58	Cactaceae	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	Cactácea	No	Endémica
59	Cactaceae	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	Cactácea	No	Endémica
60	Cactaceae	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	Cactácea	No	Endémica
61	Cactaceae	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	Cactácea	No	Nativa
62	Cactaceae	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	Cactácea	No	Nativa
63	**Cactaceae**	**Biznaga burra**	***Echinocactus platyacanthus***	**Cactácea**	**Peligro de Extinción (P)**	**Endémica**
64	Cactaceae	Alicoché cocuá	*Echinocereus cinerascens*	Cactácea	No	Endémica
65	Cactaceae	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	Cactácea	No	Endémica

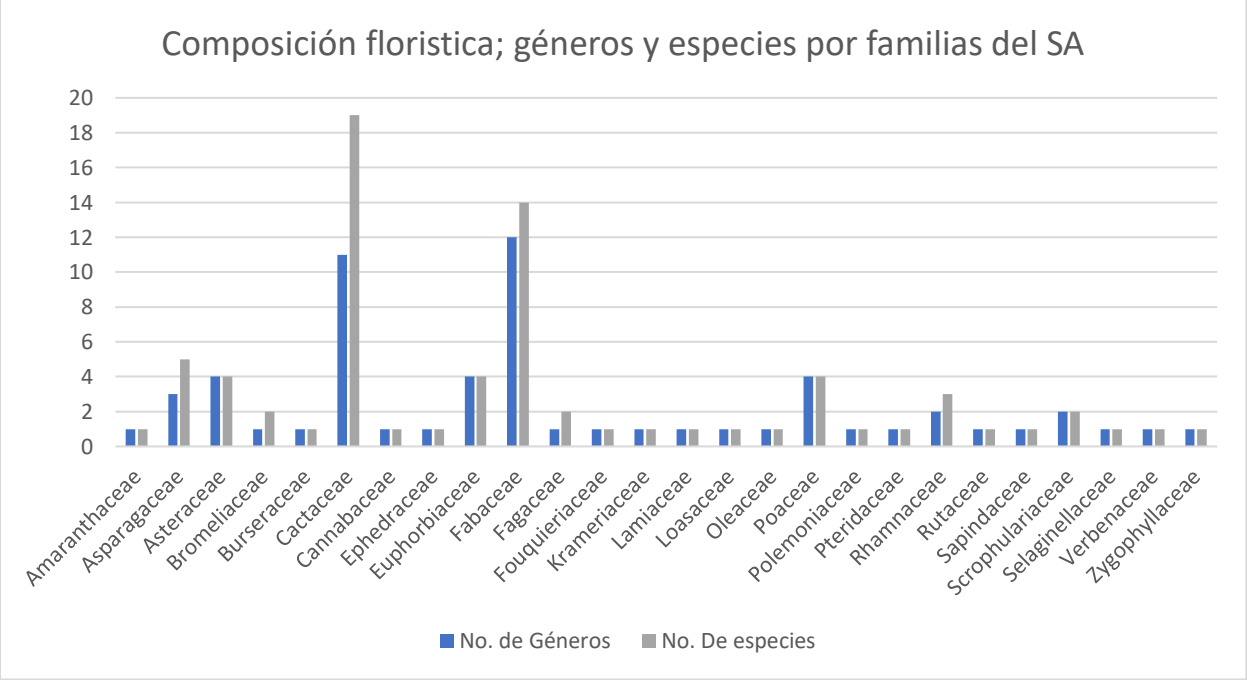
No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Estrato	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
66	**Cactaceae**	**Huamisha**	***Ferocactus histrix***	**Cactácea**	**Protección especial (Pr)**	**Endémica**
67	Cactaceae	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	Cactácea	No	Endémica
68	Cactaceae	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	Cactácea	No	Nativa
69	Cactaceae	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	Cactácea	No	Endémica
70	Cactaceae	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	Cactácea	No	Nativa
71	Cactaceae	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	Cactácea	No	Nativa
72	Cactaceae	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	Cactácea	No	Nativa
73	Cactaceae	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	Cactácea	No	Endémica
74	Cactaceae	Nopal chamacuelo	*Opuntia tomentosa*	Cactácea	No	Endémica
75	Cactaceae	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortieri*	Cactácea	No	Nativa

Con base en la información de campo, se elaboró un listado por familias de géneros y especies para determinar la riqueza de estas. Se identificaron **26 familias y 60 géneros** identificando que la familia que presenta una mayor riqueza y abundancia es la **Fabaceae** con 12 géneros y 14 especies, le sigue la familia **Cactaceae** con 11 géneros y 19 especies y en tercer lugar las familias **Poacea**, **Euphorbiacea** y **Asteraceae**, todas con 4 géneros y 4 especies, tal como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 26. Riqueza de muestreo por género y especie por familia en el SA.

No.	Familia	No. de Géneros	No. De especies
1	Amaranthaceae	1	1
2	Asparagaceae	3	5
3	Asteraceae	4	4
4	Bromeliaceae	1	2
5	Burseraceae	1	1
6	Cactaceae	11	19
7	Cannabaceae	1	1
8	Ephedraceae	1	1
9	Euphorbiaceae	4	4
10	Fabaceae	12	14
11	Fagaceae	1	2
12	Fouquieriaceae	1	1
13	Krameriaceae	1	1

No.	Familia	No. de Géneros	No. De especies
14	Lamiaceae	1	1
15	Loasaceae	1	1
16	Oleaceae	1	1
17	Poaceae	4	4
18	Polemoniaceae	1	1
19	Pteridaceae	1	1
20	Rhamnaceae	2	3
21	Rutaceae	1	1
22	Sapindaceae	1	1
23	Scrophulariaceae	2	2
24	Selaginellaceae	1	1
25	Verbenaceae	1	1
26	Zygophyllaceae	1	1
	TOTAL	**60**	**75**



Grafica 1. Composición florística; géneros y especies por familia. SA.

Dentro de la diversidad de especies identificadas en la cuenca hidrológico – forestal, se identificaron 4 especies enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, dos en la categoría de Amenazadas, una Sujeta a protección especial y otra En peligro de extinción de estas. Además,

dentro de las observaciones se encontró que 38 de estas especies son Nativas, 33 Endémicas y 3 Introducidas.

Tabla 27. Listado de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 identificadas en el SA.

No	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010		
1	Sotol o Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum*	Amenazada	(A)	Endémica
2	Biznaga asiento de suegra o burra	*Echinocactus platyacanthus, Link & Otto*	En peligro de extinción	(P)	Endémica
3	Biznaga de aguamishe o borrachita	*Ferocactus histrix (DC) G.E.*	Sujeta a Protección Especial	(Pr)	Endémica
4	Colorín	*Erythrina coralloides*	Amenazada	(A)	No endémica

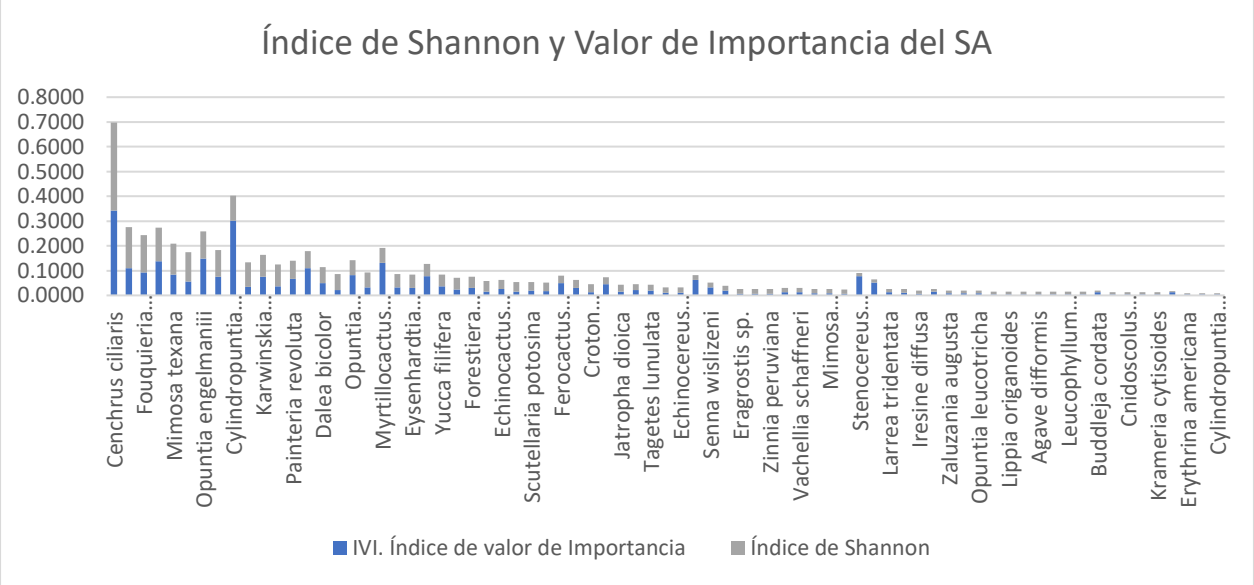
Con el análisis de la misma información de campo fue posible estimar algunos índices entre ellos el Índice de Shannon (H'), Índice de Simpson (D) Y (1-D), Índice de Margalef e Índice de Valor de Importancia (IVI) para el SA.

Tabla 28. Cuadro comparativo entre el Índice de Shannon y Valor de Importancia (IVI) en el SA.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	IVI. Índice de valor de Importancia	Índice de Shannon
1	Pteridaceae	Doradilla	*Astrolepis sinuata*	0.0045	0.0076
2	Poaceae	Pasto 2	*Briza sp*	0.0051	0.0108
3	Poaceae	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	0.3423	0.3559
4	Euphorbiaceae	Mala mujer	*Cnidoscolus multilobus*	0.0045	0.0076
5	Euphorbiaceae	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	0.0130	0.0315
6	Poaceae	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	0.0068	0.0192
7	Bromeliaceae	Lechuguilla	*Hechtia lepidophylla*	0.1371	0.1373
8	Bromeliaceae	Guapilla	*Hechtia podantha*	0.0158	0.0424
9	Amaranthaceae	Pluma	*Iresine diffusa*	0.0056	0.0137
10	Verbenaceae	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	0.0051	0.0108
11	Polemoniaceae	Jarrito	*Loeselia coerulea*	0.0051	0.0108
12	Loasaceae	Conito	*Mentzelia hispida*	0.0372	0.0886
13	Poaceae	Zacate lanudo	*Muhlenbergia pubescens*	0.0068	0.0192
14	Asteraceae	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	0.0096	0.0165
15	Lamiaceae	Casquete potosino	*Scutellaria potosina*	0.0203	0.0338
16	Selaginellaceae	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	0.0343	0.0991
17	Asteraceae	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	0.0203	0.0218
18	Asteraceae	Gallito de monte	*Zinnia peruviana*	0.0068	0.0192

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	IVI. Índice de valor de Importancia	Índice de Shannon
19	Asparagaceae	Maguey áspero	*Agave asperrima*	0.0749	0.1090
20	Asparagaceae	Lechuguilla	*Agave difformis*	0.0051	0.0108
21	Asparagaceae	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	0.0146	0.0382
22	Fabaceae	Charrasquillo	*Calliandra eriophylla*	0.0045	0.0076
23	Cannabaceae	Granjeno	*Celtis pallida*	0.0130	0.0165
24	Rhamnaceae	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	0.0508	0.0137
25	Fabaceae	Escobilla	*Dalea bicolor*	0.0499	0.0636
26	Asparagaceae	Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum*	0.0557	0.1184
27	Sapindaceae	Chapulixtle	*Dodonaea viscosa*	0.0236	0.0465
28	Ephedraceae	Sanguinaria	*Ephedra compacta*	0.0051	0.0108
29	Euphorbiaceae	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	0.0107	0.0218
30	Fouquieriaceae	Ocotilla	*Fouquieria splendens*	0.0935	0.1489
31	Rutaceae	Barreta	*Helietta parvifolia*	0.0169	0.0338
32	Euphorbiaceae	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	0.0152	0.0268
33	Rhamnaceae	Tullidora	*Karwinskia humboldtiana*	0.0743	0.0886
34	Rhamnaceae	Capulincillo	*Karwinskia mollis*	0.0315	0.0618
35	Krameriaceae	Chayotillo	*Krameria cytisoides*	0.0045	0.0076
36	Zygophyllaceae	Gobernadora	*Larrea tridentata*	0.0124	0.0137
37	Scrophulariaceae	Cenizo	*Leucophyllum minus*	0.0051	0.0108
38	Fabaceae	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	0.0096	0.0165
39	Fabaceae	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	0.0220	0.0636
40	Fabaceae	Uña de gato	*Mimosa texana*	0.0845	0.1249
41	Fabaceae	Cabello de ángel	*Painteria revoluta*	0.0676	0.0724
42	Fabaceae	Huizache	*Vachellia farnesiana*	0.0203	0.0192
43	Asteraceae	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	0.0084	0.0108
44	Scrophulariaceae	Tepozán	*Buddleja cordata*	0.0127	0.0076
45	Burseraceae	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	0.1096	0.1651
46	Fabaceae	Colorín	*Erythrina americana*	0.0039	0.0042
47	Fabaceae	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	0.0293	0.0544
48	Oleaceae	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	0.0298	0.0445
49	Fabaceae	Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	0.0084	0.0108
50	Fabaceae	Mauto	*Lysiloma divaricatum*	0.0039	0.0042
51	Fabaceae	Mezquite	*Neltuma laevigata*	0.0214	0.0243
52	Fagaceae	Encino quiebra hacha	*Quercus rugosa*	0.0051	0.0108
53	Fagaceae	Encino gris	*Quercus grisea*	0.0135	0.0042
54	Fabaceae	Palo prieto	*Senna wislizeni*	0.0327	0.0192
55	Fabaceae	Huizache chino	*Vachellia schaffneri*	0.0130	0.0165

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	IVI. Índice de valor de Importancia	Índice de Shannon
56	Asparagaceae	Palma pita	*Yucca filifera*	0.0372	0.0465
57	Cactaceae	Biznaga cónica	*Cochemiea conoidea*	0.0117	0.0137
58	Cactaceae	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	0.0490	0.0315
59	Cactaceae	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	0.0767	0.0505
60	Cactaceae	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	0.0062	0.0165
61	Cactaceae	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	0.3012	0.1020
62	Cactaceae	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	0.0039	0.0042
63	Cactaceae	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	0.0248	0.0382
64	Cactaceae	Alicoché cocuá	*Echinocereus cinerascens*	0.0107	0.0218
65	Cactaceae	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	0.0147	0.0108
66	Cactaceae	Huamisha	*Ferocactus histrix*	0.0298	0.0315
67	Cactaceae	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	0.0460	0.0268
68	Cactaceae	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	0.0327	0.0544
69	Cactaceae	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	0.1309	0.0600
70	Cactaceae	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	0.1484	0.1090
71	Cactaceae	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	0.0084	0.0108
72	Cactaceae	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	0.0630	0.0192
73	Cactaceae	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	0.0810	0.0618
74	Cactaceae	Nopal chamacuelo	*Opuntia tomentosa*	0.1092	0.0689
75	Cactaceae	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortieri*	0.0777	0.0137
			TOTAL	**3.0000**	**3.2603**



Grafica 2**.** Gráfica comparativa entre el Índice de Shannon y Valor de Importancia (IVI) en el sistema ambiental.

De las especies identificadas; el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris),* el palo xixote (*Bursera fagaroides) y* el ocotillo *(Fouquieria splendens)* son las más representativas en cuanto a su diversidad (valor de índice de Shannon (H') dentro de la cuenca hidrológico forestal.

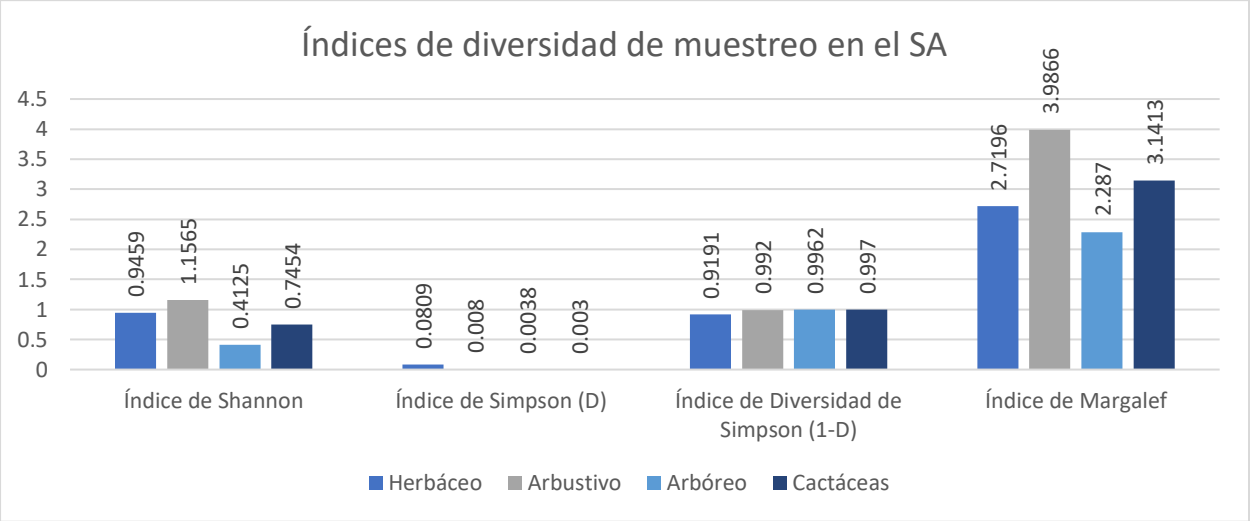
En cuanto al índice de valor de importancia: el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris)*, el cardón (*Cylindropuntia imbricata*)y el nopal cuijo *Opuntia engelmanii* son las especies que representan un mayor nivel de importancia dentro del ecosistema de la cuenca.

En este análisis es interesante recalcar la presencia del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris),* esta es una especie herbácea introducida, es una planta forrajera de alto valor en regiones áridas, se encuentra ampliamente distribuida, sobre todo en el norte de México. Se ha reportado como una planta introducida naturalizada altamente invasora asociada principalmente a zonas perturbadas, invade matorrales, pastizales xerófilos, selva baja caducifolia. Además, se promueve por incendios forestales y a su vez, crea materia para que los incendios se generen.

Tabla 29. Riqueza e Índice de diversidad del SA.

Estratos	Riqueza	Índice de Shannon	Índice de Simpson (D)	Índice de Diversidad de Simpson (1-D)	Índice de Margalef
General	75	3.2603	0.0957	0.9043	9.8902
Herbáceo	18	1.3794	0.4546	0.5454	2.5685

Estratos	Riqueza	Índice de Shannon	Índice de Simpson (D)	Índice de Diversidad de Simpson (1-D)	Índice de Margalef
Arbustivo	25	2.6717	0.0906	0.9094	3.8272
Arbóreo	13	1.6208	0.3284	0.6716	2.2870
Cactáceas	19	2.5462	0.1002	0.8998	3.1413



Grafica 3**.** Índices de diversidad de la microcuenca.

Como resultado del análisis por estrato resultó que el estrato arbustivo presenta una mayor diversidad (**H' =1.1565**) seguido por el grupo de las herbáceas (**H'=.9459**) y en tercer lugar el estrato arbóreo (**H'= .7454**) a pesar de ello en general en la cuenca hidrológico forestal presentan una diversidad media (**H'= 3.2603**).

Composición florística de la S-CUSAF.

Del mismo modo, que en la cuenca hidrológico forestal, en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, se practicó un muestreo sistemático al azar con un grado de confiabilidad del 95%, levantando un total del **20 sitios de muestreo**, con el procesamiento de dicha información de campo fue posible determinar la composición florística de la vegetación presente en el área del proyecto, obteniéndose como resultado la identificación de una riqueza de **43 especies**, es decir, 32 especies menos que las registradas en la cuenca hidrológico forestal, tal como se puede corroborar en la siguiente tabla.

Tabla 30. Relación de géneros y especies por familia en la S-CUSAF.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Estrato	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)
1	Selaginellaceae	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	Herbaceas	No	Nativa	42
2	Poaceae	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	Herbaceas	No	Introducida	360
3	Astereaceae	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	Herbaceas	No	Endémica	6
4	Euphorbiaceae	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	Herbaceas	No	Nativa	15
5	Loasaceae	Zazálic	*Mentzelia hispida*	Herbaceas	No	Nativa	50
6	Asteraceae	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	Herbaceas	No	Nativa	11
7	Poaceae	Pasto 2	*Briza sp*	Herbaceas	No	Introducida	9
8	Poaceae	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	Herbaceas	No	Sin información	22
9	Fabaceae	Cabello de angel	*Painteria revoluta*	Arbustos	No	Sin información	37
10	Fabaceae	Engordacabra	*Dalea bicolor*	Arbustos	No	Nativa	88
11	Rhamnaceae	Capulincillo	*Karwinskia molliis*	Arbustos	No	Endémica	62
12	Asteraceae	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	Arbustos	No	Endémica	27
13	Fouquieriaceae	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	Arbustos	No	Nativa	57
14	Rhamnaceae	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	Arbustos	No	Endémica	49
15	Asparagaceae	Maguey áspero	*Agave asperrima*	Arbustos	No	Endémica	25
16	Fabaceae	Uña de gato	*Mimosa texana*	Arbustos	No	Nativa	37
17	Fabaceae	Huizache	*Vachellia farnesiana*	Arbustos	No	Nativa	8
18	Fabacaeae	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	Arbustos	No	Endémica	10
19	Euphorbiaceae	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	Arbustos	No	Nativa	10
20	Asparagaceae	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	Arbustos	No	Endémica	1
21	Euphorbiaceae	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	Arbustos	No	Nativa	10
22	Cannabaceae	Granjeno	*Celtis pallida*	Arbustos	No	Nativa	2
23	Fabaceae	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	Arbóreo	No	Nativa	13
24	Rutaceae	Cuatle	*Helietta parviflora*	Arbóreo	No	Nativa	2
25	Fabaceae	Mezquite	*Neltuma laevigata*	Arbóreo	No	Nativa	10
26	Fabaceae	Palo prieto	*Senna wislizeni*	Arbóreo	No	Nativa	27
27	Burseraceae	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	Arbóreo	No	Nativa	6
28	Oleaceae	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	Arbóreo	No	Endémica	5
29	Asparagaceae	Palma pita	*Yucca filifera*	Arbóreo	No	Endémica	2
30	Cactaceae	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	Cactáceas	No	Endémica	20
31	Cactaceae	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	Cactáceas	No	Endémica	23
32	Cactaceae	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	Cactáceas	No	Endémica	15
33	Cactaceae	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	Cactáceas	Si	Endémica	13
34	Cactaceae	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	Cactáceas	No	Endémica	4

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Estrato	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)
35	Cactaceae	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	Cactáceas	No	Endémica	10
36	Cactaceae	Cardón	*Cylindopuntia imbricata*	Cactáceas	No	Endémica	47
37	Cactaceae	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	Cactáceas	No	Endémica	27
38	Cactaceae	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	Cactáceas	No	Sin información	6
39	Cactaceae	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	Cactáceas	No	Nativa	43
40	Cactaceae	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	Cactáceas	No	Nativa	13
41	Cactaceae	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	Cactáceas	No	Nativa	15
42	Cactacaeae	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	Cactáceas	No	Endémica	7
43	Cactacaeae	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	Cactáceas	No	Endémica	1
						TOTAL	**1247**

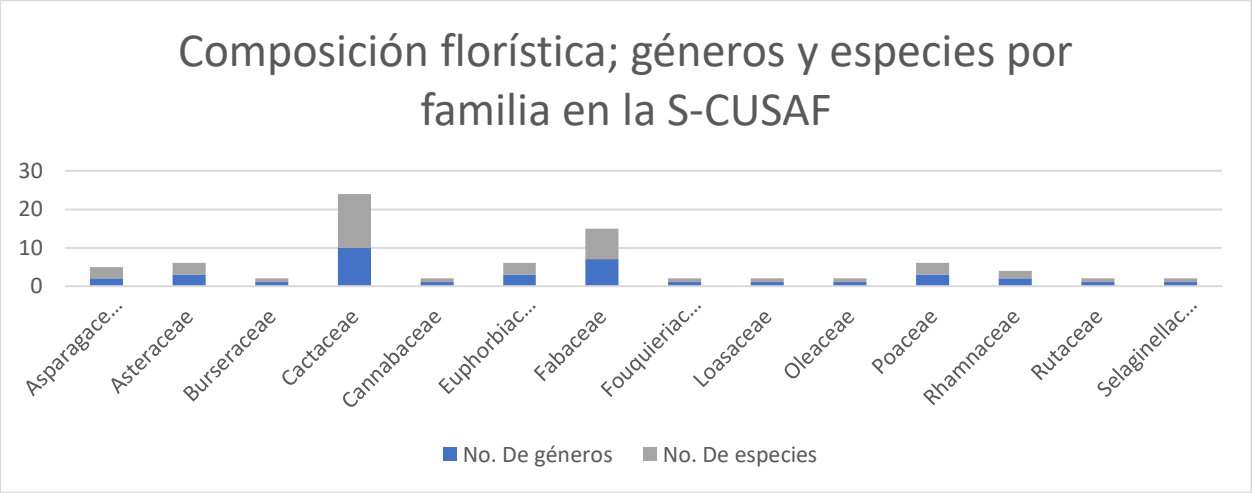
La estructura de la composición florística de la S-CUSAF se encuentra principalmente dominada por el estrato arbustivo y cactáceas (33% para ambos grupos), el estrato herbáceo (19%) y en último lugar el estrato arbóreo (16%). Además, con la información obtenida, se identificaron 19 especies nativas, 19 especies endémicas, 2 especies introducidas y 3 sin información.

Del análisis y procesamiento de datos de campo, se obtuvo como resultado que las **43 especies** identificadas en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, estas se encuentran distribuidas en **14 familias**, y estas a su vez en **37 géneros**, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 31. Riqueza por género y especie por familia en la S-CUSAF.

No.	Familia	No. De géneros	No. De especies
1	Asparagaceae	2	3
2	Asteraceae	3	3
3	Burseraceae	1	1
4	Cactaceae	10	14
5	Cannabaceae	1	1
6	Euphorbiaceae	3	3
7	Fabaceae	7	8
8	Fouquieriaceae	1	1
9	Loasaceae	1	1

No.	Familia	No. De géneros	No. De especies
10	Oleaceae	1	1
11	Poaceae	3	3
12	Rhamnaceae	2	2
13	Rutaceae	1	1
14	Selaginellaceae	1	1
TOTAL		**37**	**43**



Grafica 4**.** Composición florística; géneros y especies por familia S-CUSAF.

De las **43 especies** encontradas en la superficie de cambio de uso de suelo, estás pertenecen a **14 familias y 37 géneros**. De estas, la familia de las **Cactáceas** fueron las más predominantes con **10 géneros y 14 especies**, seguido de las **Fabáceas con 7 géneros y 8 especies**, mientras que las menos representadas son aquellas que presentan un género y su respectiva especie, tal como se puede observar en la gráfica anterior.

De acuerdo a los resultados de los trabajos de campo (muestreos y recorridos), fue posible identificar a Biznaga asiento de suegra ***Echinocactus platyacanthus, Link & Otto***, bajo la categoría de ***En peligro de extinción (P)***, en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ante dicha restricción, esta especie en particular conjuntamente con el resto de las identificadas serán incluidas en el programa de rescate y reubicación de flora silvestre, que más adelante será descrito.

Tabla 32. Especiales en la NOM-059-SEMARNAT-2010 identificadas en la S-CUSAF.

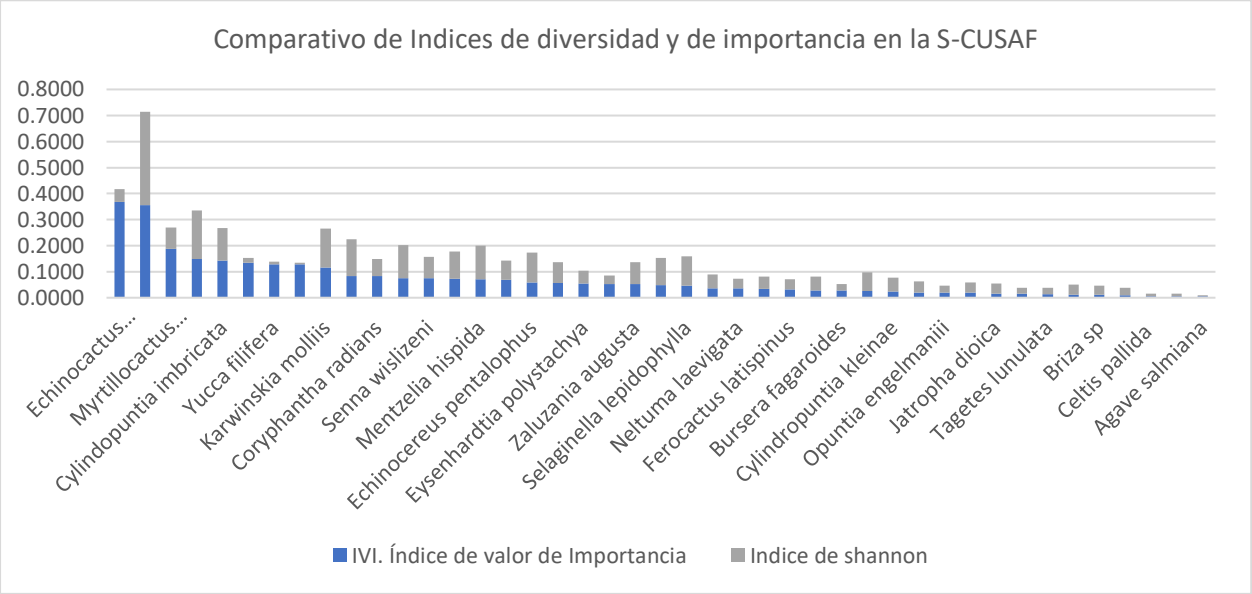
No	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010		
1	Biznaga asiento de suegra o burra	*Echinocactus platyacanthus, Link & Otto*	En peligro de extinción	(P)	Endémica

Con el análisis de la misma información de campo fue posible estimar algunos índices entre ellos el Índice de Shannon (H'), Índice de Simpson (D) Y (1-D), Índice de Margalef e Índice de Valor de Importancia (IVI) para la superficie solicitada a cambio de uso de suelo en áreas forestales (S-CUSAF).

Tabla 33. Cuadro comparativo entre el Índice de Shannon y de Valor de Importancia (IVI) en la superficie propuesta cambio de uso de suelo.

No.	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	IVI. Índice de valor de Importancia	Índice de Shannon
1	*Selaginella lepidophylla*	No	0.0454	0.1142
2	*Cenchrus ciliaris*	No	0.3548	0.3587
3	*Tagetes lunulata*	No	0.0126	0.0257
4	*Croton cilliatoglandulifer*	No	0.0276	0.0532
5	*Mentzelia hispida*	No	0.0712	0.1290
6	*Parthenium incanum*	No	0.0205	0.0417
7	*Briza sp*	No	0.0111	0.0356
8	*Eragrostis sp.*	No	0.0254	0.0712
9	*Painteria revoluta*	No	0.0725	0.1044
10	*Dalea bicolor*	No	0.1484	0.1871
11	*Karwinskia molliis*	No	0.1159	0.1492
12	*Zaluzania augusta*	No	0.0528	0.0830
13	*Fouquieria splendens*	No	0.0837	0.1410
14	*Condalia mexicana*	No	0.0743	0.1272
15	*Agave asperrima*	No	0.0571	0.0784
16	*Mimosa texana*	No	0.0491	0.1044
17	*Vachellia farnesiana*	No	0.0532	0.0324
18	*Mimosa depauperata*	No	0.0197	0.0387
19	*Euphorbia antisyphilitica*	No	0.0119	0.0387
20	*Agave salmiana*	No	0.0047	0.0057

No.	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	IVI. Índice de valor de Importancia	Índice de Shannon
21	*Jatropha dioica*	No	0.0158	0.0387
22	*Celtis pallida*	No	0.0055	0.0103
23	*Eysenhardtia polystachya*	No	0.0552	0.0476
24	*Helietta parviflora*	No	0.0055	0.0103
25	*Neltuma laevigata*	No	0.0353	0.0387
26	*Senna wislizeni*	No	0.0742	0.0830
27	*Bursera fagaroides*	No	0.0272	0.0257
28	*Forestiera phillyreoides*	No	0.0157	0.0221
29	*Yucca filifera*	No	0.1286	0.0103
30	*Coryphantha radians*	No	0.0823	0.0663
31	*Coryphantha erecta*	No	0.0698	0.0736
32	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	No	0.0354	0.0532
33	*Echinocactus platyacanthus*	(P)	0.3688	0.0476
34	*Stenocereus dumortierii*	No	0.1341	0.0184
35	*Ferocactus latispinus*	No	0.0314	0.0387
36	*Cylindopuntia imbricata*	No	0.1430	0.1236
37	*Myrtillocactus geometrizans*	No	0.1875	0.0830
38	*Opuntia engelmaniii*	No	0.0204	0.0257
39	*Echinocereus pentalophus*	No	0.0578	0.1161
40	*Opuntia leucotricha*	No	0.0338	0.0476
41	*Cylindropuntia kleinae*	No	0.0237	0.0532
42	*Mammillaria compressa*	No	0.0095	0.0291
43	*Opuntia robusta*	No	0.1278	0.0057
		TOTAL	**3.0000**	**2.9878**

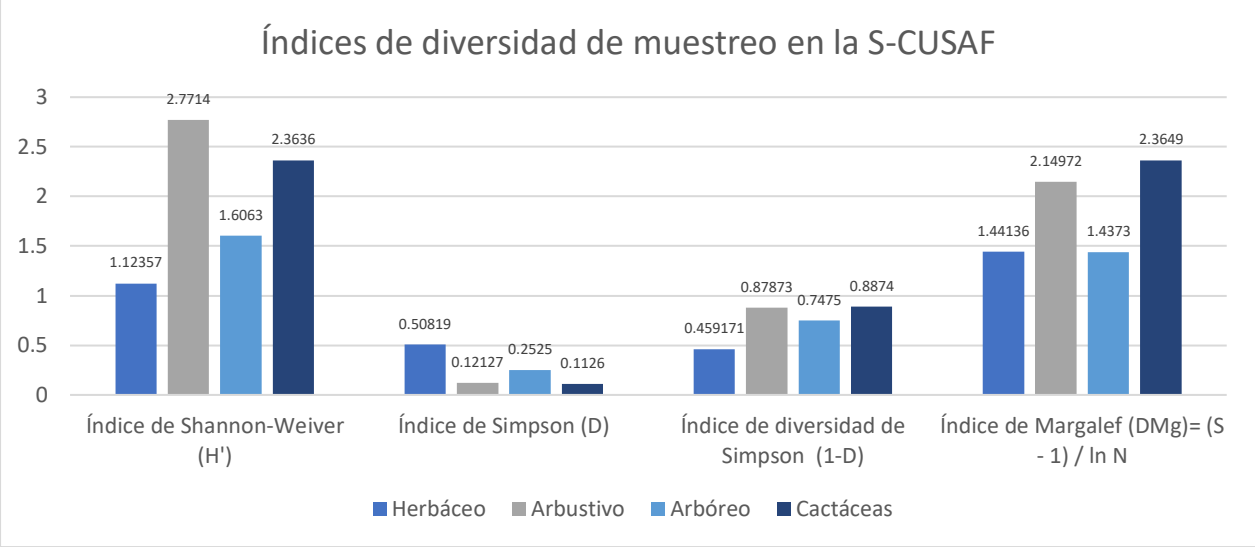


Grafica 5**.** Gráfica comparativa entre el Índice de Shannon y Valor de Importancia (IVI) en la superficie a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

De las especies identificadas nuevamente el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris)* es el que presenta un índice de diversidad mayor en la comunidad vegetal muestreada en la S-CUSAF, seguido de la herbácea engordacabra (*Dalea bicolor)* y el arbusto Capulincillo (*Karwinskia mollis)* son las más representativas en cuanto a su diversidad e índice de valor de importancia dentro de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo. En el análisis de Índice de Importancia las especies con un mayor valor fueron la biznaga burra *(Echinocactus platyacanthus),* el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris)* y el garambullo *(Myrtillocactus geometrizans).*

Tabla 34. Índices estimados para la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales y sus estratos.

Estratos	Riqueza	Indices de Shannon-Weiver (H')	Índice de Simpson (D)	Índice de diversidad de Simpson (1-D)	Índice de Margalef (DMg)= (S - 1) / ln N
General	43	2.9878	0.1056	0.8944	5.8944
Herbáceo	8	1.12357	0.50819	0.459171	1.44136
Arbustivo	14	2.7714	0.12127	0.87873	2.14972
Arbóreo	7	1.6063	0.2525	0.7475	1.4373
Cactáceas	14	2.3636	0.1126	0.8874	2.3649



Grafica 6**.** Índices estimados para la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales por estratos.

Como resultado del análisis por estrato los resultados obtenidos muestran que el estrato arbustivo en la S-CUSAF presenta una mayor diversidad (H'=2.7714), seguido del grupo de las cactáceas con (H'=2.3636) a pesar de ello en general en la superficie propuesta cambio de uso de suelo presentan una diversidad baja (H'=2.9878).

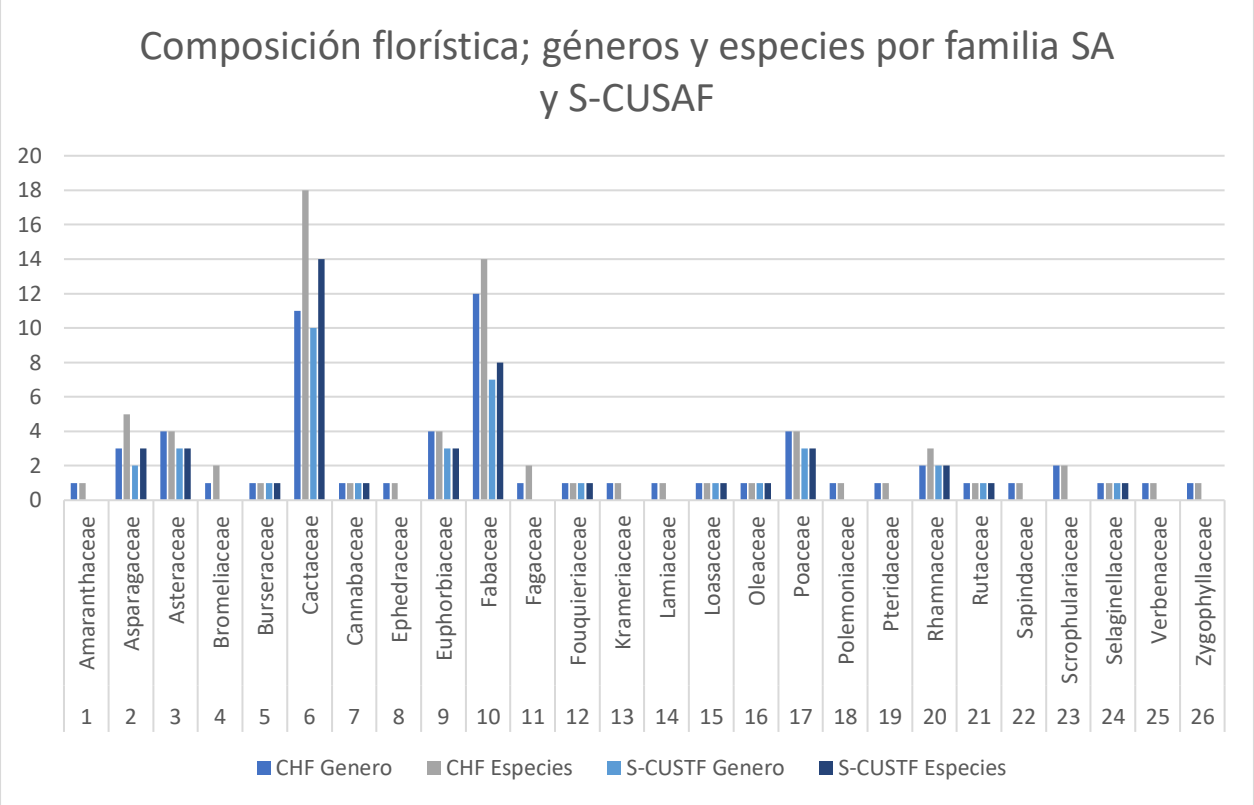
Comparativo de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF.

Con los datos de composición florística por unidad geografía o de estudio (SA vs S-CUSAF) antes descritos fue posible hacer una comparación exhaustiva del comportamiento de los géneros y especies en relación a cada familia, obteniéndose como resultado que el SA **registra un total de 26 familias con 60 géneros y 75 especies** contra **14 familias, 37 géneros y 43 especies de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo**, tal como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 35. Comparativo de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF.

No.	Familia	SA		S-CUSAF	
		Genero	Especies	Genero	Especies
1	Amaranthaceae	1	1	0	0
2	Asparagaceae	3	5	2	3
3	Asteraceae	4	4	3	3
4	Bromeliaceae	1	2	0	0

No.	Familia	SA		S-CUSAF	
		Genero	Especies	Genero	Especies
5	Burseraceae	1	1	1	1
6	Cactaceae	11	19	10	14
7	Cannabaceae	1	1	1	1
8	Ephedraceae	1	1	0	0
9	Euphorbiaceae	4	4	3	3
10	Fabaceae	12	14	7	8
11	Fagaceae	1	2	0	0
12	Fouquieriaceae	1	1	1	1
13	Krameriaceae	1	1	0	0
14	Lamiaceae	1	1	0	0
15	Loasaceae	1	1	1	1
16	Oleaceae	1	1	1	1
17	Poaceae	4	4	3	3
18	Polemoniaceae	1	1	0	0
19	Pteridaceae	1	1	0	0
20	Rhamnaceae	2	3	2	2
21	Rutaceae	1	1	1	1
22	Sapindaceae	1	1	0	0
23	Scrophulariaceae	2	2	0	0
24	Selaginellaceae	1	1	1	1
25	Verbenaceae	1	1	0	0
26	Zygophyllaceae	1	1	0	0
TOTAL		**60**	**75**	**37**	**43**



Grafica 7**.** Gráfica comparativa de la composición florística entre la SA vs S-CUSAF.

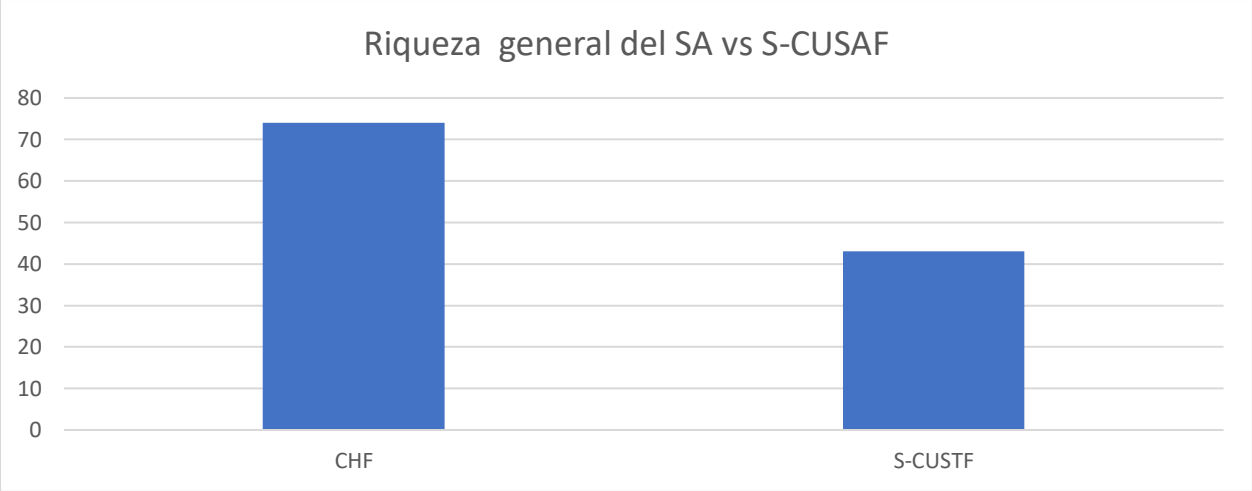
De acuerdo al análisis de la gráfica anterior, se puede observar que las familias que presentan una mayor riqueza en cuanto a géneros y especies son la Cactácea y Fabácea tanto en la cuenca hidrológico forestal como en la superficie solicitada para cambio de uso de suelo además, el resto de las familias presentan similitud en ambas condiciones.

Sintetizando la información recabada previamente en campo en las dos unidades geográficas (SA vs S-CUSAF) se obtuvo como resultado un comparativo de riqueza de especies general y por estrato, donde fue posible identificar una riqueza mayor para la cuenca hidrológico forestal con **75 especies**, mientas que en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo se identificaron **43 especies**, es decir, 32 especies menos que en la unidad anterior.

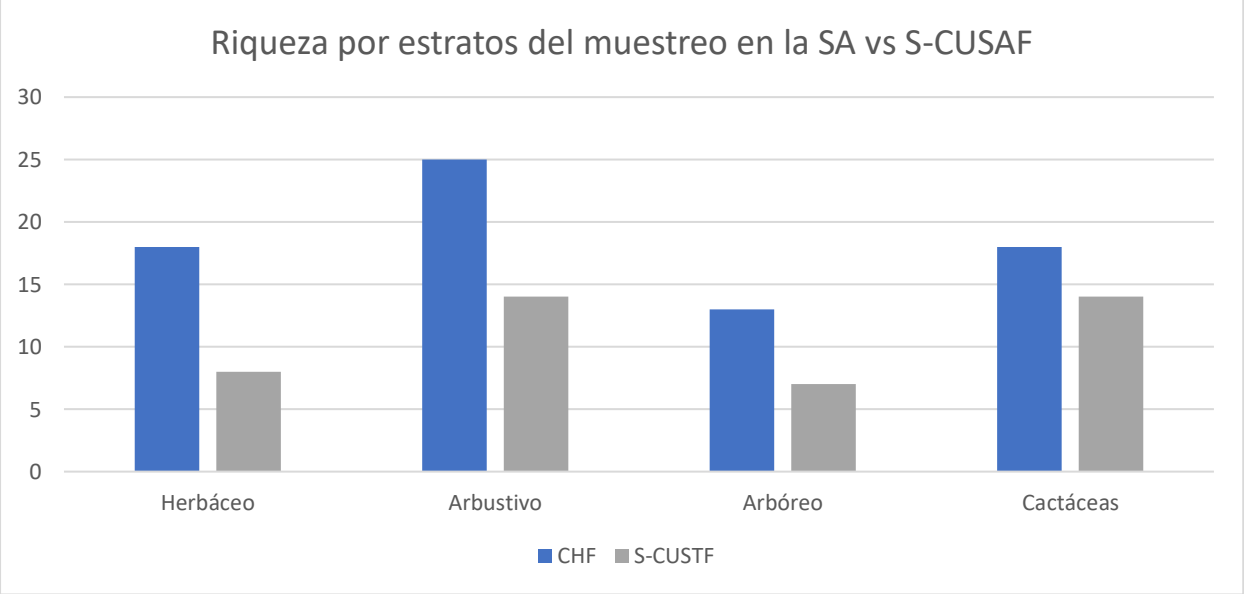
Tabla 36. Comparativo de riqueza por general y por estrato CHF vs S-CUSAF.

Estratos	**Comparativo de riqueza de especies general y por estrato**	
	SA	**S-CUSAF**
General	75	43
Herbáceo	18	8

Estratos	Comparativo de riqueza de especies general y por estrato	
	SA	S-CUSAF
Arbustivo	25	14
Arbóreo	13	7
Cactáceas	19	14



Grafica 8**.** Comparativo de general riqueza de especies del SA vs S-CUSAF.



Grafica 9**.** Comparativo de riqueza de especies del SA vs S-CUSAF por estratos.

Si comparamos la riqueza por estrato en las dos unidades geográficas, tenemos para la microcuenca una riqueza de 18 especies para el herbáceo, para el arbustivo 25 especies, para

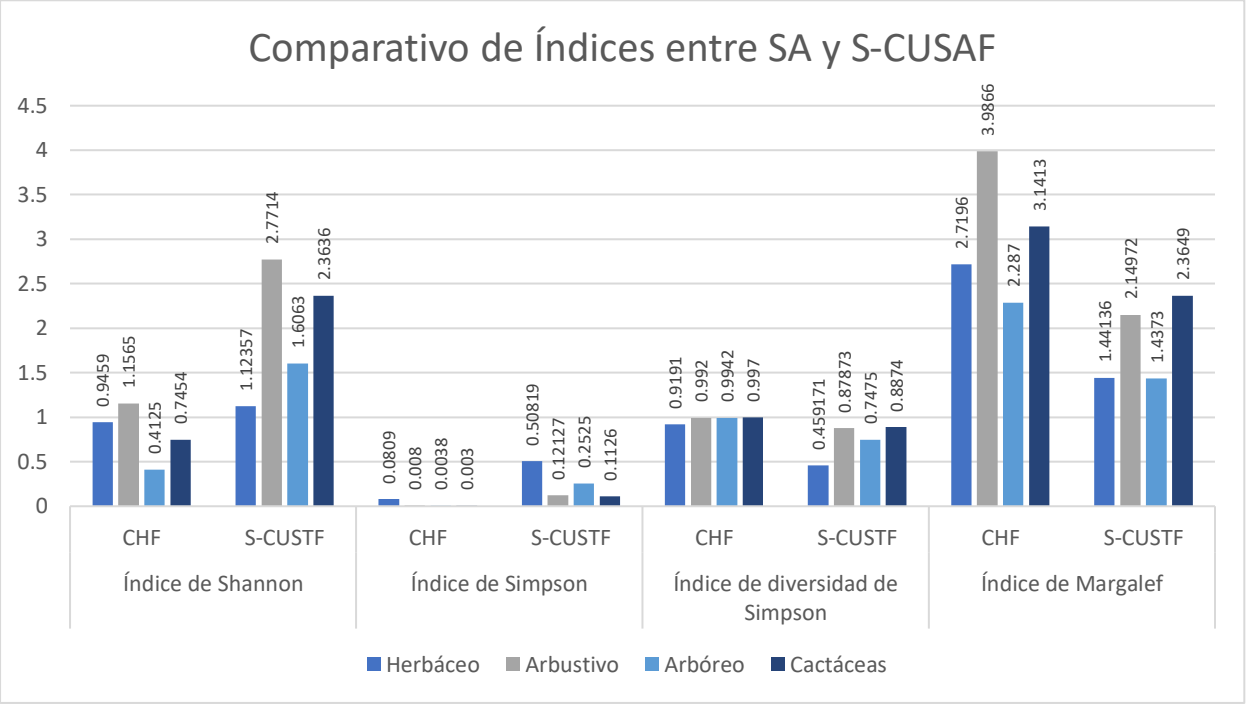
el arbóreo 13 especies y 19 especies de cactáceas; contra 8 especies para el herbáceo, para el arbustivo 14 especies, para el arbóreo 7 especies y 14 especies de cactáceas en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Esto nos permite concluir que se tiene una mayor riqueza y abundancia en la cuenca hidrológico forestal, es decir, a pesar de las actividades de cambio de uso de suelo, se mantiene la biodiversidad de especies presentes en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, además de que se propone un programa de rescate y reubicación de flora donde se contemplan aquellas especies más representativas del matorral crasicaule y las que por algún motivo técnico o fisiológico no se hayan registrado en la cuenca y que pudiera ser afectadas.

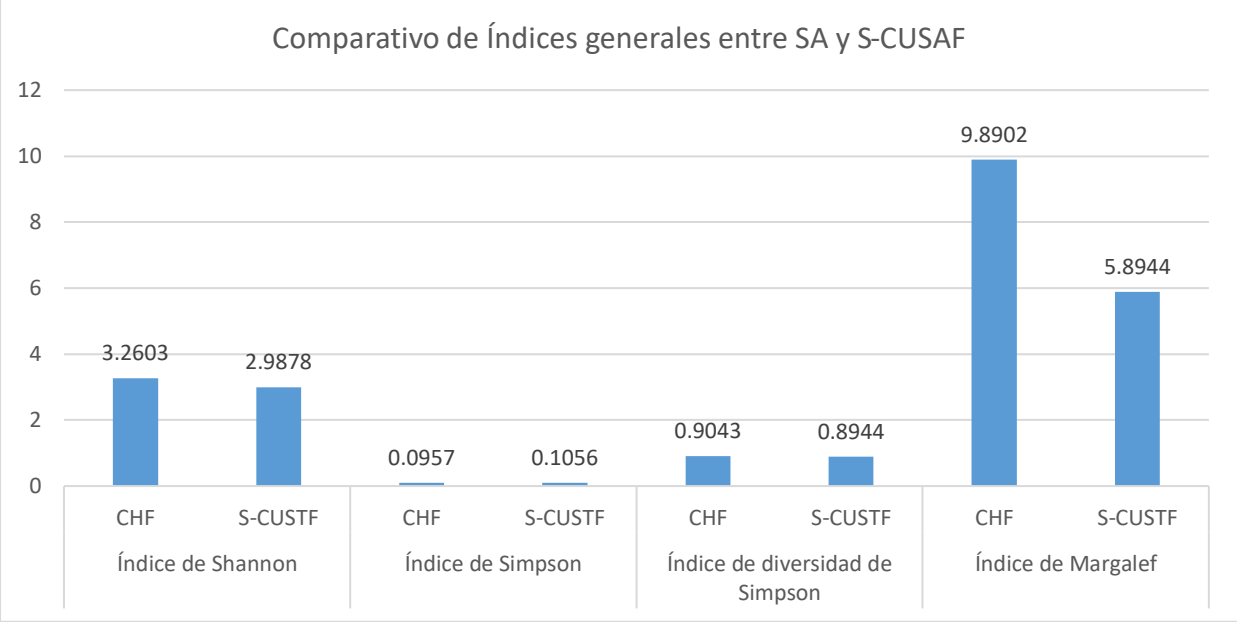
Otro indicador muy importante en el análisis comparativo de la composición florística es la estimación de algunos índices de diversidad, para nuestro estudio se estimaron los índices de Shannon (H') Índice de Simpson(D) e Índice de diversidad (1-D) de Simpson e Índice de Margalef (DMg). El índice de diversidad de Shannon fue el principal que se midió, obteniendo como resultados que la cuenca hidrológico forestal representa una mayor diversidad (H'=3.2427) que la que alberga actualmente la superficie solicitada para cambio de uso de suelo (H'=2.9878), sin embargo, en ambas unidades geográficas, la diversidad se considera de baja a media.

Tabla 37. Comparativo de Índices de diversidad en el SA vs S-CUSAF.

Estratos	Índice de Shannon		Índice de Simpson		Índice de diversidad de Simpson		Índice de Margalef	
	SA	S-CUSAF	SA	S-CUSAF	SA	S-CUSAF	SA	S-CUSAF
General	3.2603	2.9878	0.0957	0.1056	0.9043	0.8944	9.8902	5.8944
Herbáceo	0.9459	1.12357	0.4546	0.50819	0.5454	0.459171	2.5685	1.44136
Arbustivo	2.6717	2.7714	0.0906	0.12127	0.9094	0.87873	3.8272	2.14972
Arbóreo	1.6208	1.6063	0.3284	0.2525	0.6716	0.7475	2.287	1.4373
Cactáceas	2.5462	2.3636	0.1002	0.1126	0.8998	0.8874	3.1413	2.3649



Grafica 10**.** Comparativo de Índices de diversidad en el SA vs S-CUSAF.



Grafica 11**.** Comparativo de Índices de diversidad generales en el SA vs S-CUSAF.

Los índices de diversidad utilizados en el muestreo del SA y la S-CUSAF reportaron los siguientes resultados para cada estrato: para la cuenca hidrológico forestal **el índice de Shannon (H') general fue de 3.2603,** para el estrato herbáceo fue de **.9459**, para el estrato arbustivo fue de

1.1565, para el estrato arbóreo fue de .**4125** y para las cactáceas fue de .**7454**, mientras que para superficie propuesta a cambio de uso de suelo **el valor general fue de 2.9878,** para el estrato herbáceo fue de **1.12357**, para el estrato arbustivo fue de **2.7714**, para el estrato arbóreo fue de **1.6063** y para el grupo de las cactáceas fue de **2.3636**.

Este índice nos indica cuánta riqueza de especies hay en la muestra y cómo se distribuyen las abundancias entre las especies, por lo que de manera general la riqueza de especies en la S-CUSAF (**H'= 2.9878**) y en el SA (**H'=3.2603**) es media y además presentan una dominancia equilibrada.

El índice de Simpson (D) y el índice de diversidad de Simpson (1-D) en la cuenca hidrológico forestal **de forma general fue de D=.0957 y 1-D=.9043** Mientras que para la superficie propuesta a cambio de uso de suelo los **resultados de forma general fueron D=.1056 Y 1-D=.8944**.

Este índice es otra medida de diversidad ecológica sin embargo, a diferencia del índice de Shannon se enfoca más en la probabilidad de que dos individuos pertenezcan a la misma especie (dominancia). El valor del índice de Simpson (D) entre más cercano a 0 sea indica una mayor diversidad y una distribución más equitativa de las especies, mientras que entre más cercano a 1 sea, representa lo contrario. Por otro lado, la transformación de este índice (1-D) representa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de especies diferentes, entre más cercano es el valor a 1, representa una mayor diversidad.

Por lo que la interpretación de los valores generales obtenidos por este índice nos habla de que en el muestreo realizado en el SA (**D=.0957**) se obtuvo una alta diversidad con una distribución más equitativa entre especies, además con la transformación de este índice (**1-D=.9043**) se interpreta que el muestreo presenta una alta diversidad. Mientras que el muestreo realizado en la S-CUSAF (**D=.1056**) y (**1-D=.8944**) nos dice que la diversidad también es alta y distribuida equitativamente, ligeramente menos que las observaciones realizadas en el SA.

El último índice utilizado fue el índice de riqueza de Margalef (DMg), **los resultados obtenidos para la cuenca hidrológico forestal fueron de forma general DMg= 9.8902,** Mientras que para la superficie propuesta a cambio de uso de suelo **los resultados generales fueron DMg=5.8944.**

El índice de Margalef (DMg) a diferencia de los anteriores índices, no considera la abundancia, esto debido a que su enfoque principal es la riqueza de las especies, se utiliza principalmente para comparar la riqueza de especies entre comunidades con distintos tamaños de muestra. Un

valor alto de DMg indica una alta riqueza de especies en relación al tamaño de la muestra. Los valores obtenidos menores a 1 se interpretan como baja riqueza de especies, los valores entre 1 y 3 se interpretan como riqueza moderas y los mayores a 3 se interpretan como alta diversidad. Por lo que a partir de los resultados generales obtenidos en este análisis podemos interpretar que el Índice de Margalef para el SA (DMg=9.8902) y la S-CUSAF (DMg=5.8944) nos indica que la riqueza de especies en el SA es mayor a la encontrada en la S-CUSAF.

Finalmente, con el objetivo de verificar la ausencia - presencia de especies tanto en la cuenca hidrológico forestal como en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, se generó un Check List del resultado de ambos muestreos el cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 38. Lista comparativa de presencia-ausencia de especies en el SA vs S-CUSAF.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	PRESENCIA - AUSENCIA	
				CHF	S-CUSAF
1	Pteridaceae	Doradilla	*Astrolepis sinuata*	*	
2	Poaceae	Pasto 2	*Briza sp*	*	*
3	Poaceae	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	*	*
4	Euphorbiaceae	Mala mujer	*Cnidoscolus multilobus*	*	
5	Euphorbiaceae	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	*	*
6	Poaceae	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	*	*
7	Bromeliaceae	Lechuguilla	*Hechtia lepidophylla*	*	
8	Bromeliaceae	Guapilla	*Hechtia podantha*	*	
9	Amaranthaceae	Pluma	*Iresine diffusa*	*	
10	Verbenaceae	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	*	
11	Polemoniaceae	Jarrito	*Loeselia coerulea*	*	
12	Loasaceae	Conito	*Mentzelia hispida*	*	*
13	Poaceae	Zacate lanudo	*Muhlenbergia pubescens*	*	
14	Asteraceae	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	*	*
15	Lamiaceae	Casquete potosino	*Scutellaria potosina*	*	
16	Selaginellaceae	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	*	*
17	Asteraceae	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	*	*
18	Asteraceae	Gallito de monte	*Zinnia peruviana*	*	
19	Asparagaceae	Maguey áspero	*Agave asperrima*	*	*

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	PRESENCIA - AUSENCIA	
				CHF	S-CUSAF
20	Asparagaceae	Lechuguilla	*Agave difformis*	*	
21	Asparagaceae	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	*	*
22	Fabaceae	Charrasquillo	*Calliandra eriophylla*	*	
23	Cannabaceae	Granjeno	*Celtis pallida*	*	*
24	Rhamnaceae	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	*	*
25	Fabaceae	Escobilla	*Dalea bicolor*	*	*
26	Asparagaceae	Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum*	*	
27	Sapindaceae	Chapulixtle	*Dodonaea viscosa*	*	
28	Ephedraceae	Sanguinaria	*Ephedra compacta*	*	
29	Euphorbiaceae	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	*	*
30	Fouquieriaceae	Ocotilla	*Fouquieria splendens*	*	*
31	Rutaceae	Barreta	*Helietta parvifolia*	*	*
32	Euphorbiaceae	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	*	*
33	Rhamnaceae	Tullidora	*Karwinskia humboldtiana*	*	
34	Rhamnaceae	Capulincillo	*Karwinskia mollis*	*	*
35	Krameriaceae	Chayotillo	*Krameria cytisoides*	*	
36	Zygophyllaceae	Gobernadora	*Larrea tridentata*	*	
37	Scrophulariaceae	Cenizo	*Leucophyllum minus*	*	
38	Fabaceae	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	*	
39	Fabacaeae	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	*	*
40	Fabaceae	Uña de gato	*Mimosa texana*	*	*
41	Fabaceae	Cabello de ángel	*Painteria revoluta*	*	*
42	Fabaceae	Huizache	*Vachellia farnesiana*	*	*
43	Fabaceae	Huizache chino	*Vachellia schaffneri*	*	
44	Asteraceae	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	*	*
45	Scrophulariaceae	Tepozán	*Buddleja cordata*	*	
46	Burseraceae	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	*	*
47	Fabaceae	Colorín	*Erythrina americana*	*	
48	Fabaceae	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	*	*
49	Oleaceae	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	*	*
50	Fabaceae	Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	*	
51	Fabaceae	Mauto	*Lysiloma divaricatum*	*	

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	PRESENCIA - AUSENCIA	
				CHF	S-CUSAF
52	Fabaceae	Mezquite	*Neltuma laevigata*	*	*
53	Fagaceae	Encino quiebra hacha	*Quercus rugosa*	*	
54	Fagaceae	Encino gris	*Quercus grisea*	*	
55	Fabaceae	Palo prieto	*Senna wislizeni*	*	*
56	Asparagaceae	Palma pita	*Yucca filifera*	*	*
57	Cactaceae	Biznaga cónica	*Cochemiea conoidea*	*	
58	Cactaceae	Biznaga partida parada	*Coryphantha radians*	*	*
59	Cactaceae	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	*	*
60	Cactaceae	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	*	*
61	Cactaceae	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	*	*
62	Cactaceae	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	*	*
63	Cactaceae	Alicoché cocuá	*Echinocereus cinerascens*	*	
64	Cactaceae	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	*	*
65	Cactaceae	Huamisha	*Ferocactus histrix*	*	
66	Cactaceae	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	*	*
67	Cactaceae	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	*	*
68	Cactaceae	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	*	*
69	Cactaceae	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	*	*
70	Cactaceae	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	*	*
71	Cactaceae	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	*	*
72	Cactaceae	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	*	*
73	Cactaceae	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	*	
74	Cactaceae	Nopal chamacuelo	*Opuntia tomentosa*	*	
75	Cactaceae	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortieri*	*	*

En el análisis comparativo de los muestreos en la cuenca hidrológico forestal contra la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales se encontró que en ambos sitios se coinciden en 43 especies distribuidas en los diferentes estratos (marcadas en azul), mientras que en el SA se observaron 32 especies que no fueron observadas en la S-CUSAF (marcadas en rojo). Además, en este análisis se puede observar que todas las especies encontradas en la S-CUSAF se encontraron en el SA.

Fauna silvestre.

Composición faunística del SA.

Con el empleo del muestreo realizado en la cuenca hidrológico forestal por grupos fue posible identificar la presencia de fauna silvestre por grupos en dicha unidad geográfica, para el caso de aves, se utilizó un muestreo por medio de puntos de conteo, mientras que para mamíferos y reptiles se utilizaron transectos previamente identificados donde se encontrara posible presencia

Grupo faunístico. Aves. CHF.

Del análisis de la información de campo se identificó una riqueza de 13 especies en el grupo faunístico, con un total de 82 individuos, las especies más abundantes fueron Tortola cola larga *Columbina inca,* Golondrina común *Hirundo rustica* y Huilota *Zenaida macroura*, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 39. Relación de géneros y especies por familia del grupo de aves en el SA.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.
1	*Cathartidae*	Aura	*Cathartes aura*	No	6
2	*Cathartidae*	Zopilote	*Coragyps atratus*	No	4
3	*Columbidae*	Tórtola cola larga	*Columbina inca*	No	18
4	*Columbidae*	Huilota	*Zenaida macroura*	No	8
5	*Corvidae*	Cuervo	Corvus corax	No	4
6	*Cuculidae*	Correcaminos	*Geococcyx californianus*	No	2
7	*Fringillidae*	Dominico	*Carduelis psaltria*	No	5
8	*Hirundinidae*	Golondrina común	*Hirundo rustica*	No	16
9	*Mimidae*	Cenzontle	*Mimus polyglottos*	No	2
10	*Mimidae*	Cuitlacoche	*Toxostoma curvirostre*	No	4

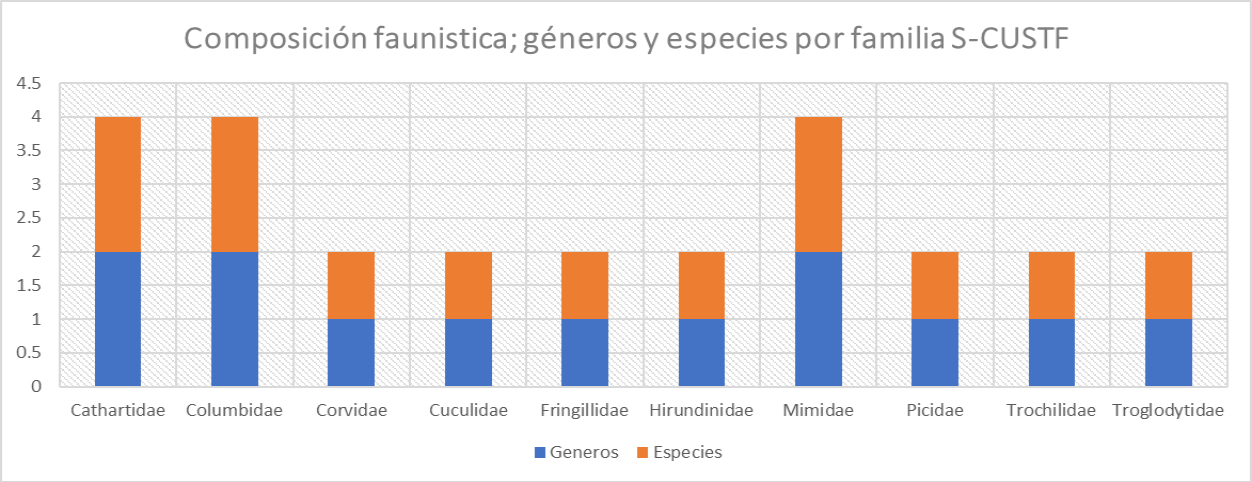
No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.
11	*Picidae*	Pájaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	No	3
12	*Trochilidae*	Colibrí lucifer	*Calothorax lucifer*	No	2
13	*Troglodytidae*	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	No	8
			Total		**82**

Es importante precisar que ninguna de las 13 especies identificadas en la cuenca hidrológico forestal se encuentra enlistada bajo alguna restricción en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En relación a la composición faunística de las especies del grupo de aves, se identificaron un total de 10 familias, 13 géneros y 13 especies, esto nos indica que no existe variabilidad entre los géneros y especies encontradas, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 40. Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en el SA.

No.	Familia	Géneros	Especies
1	*Cathartidae*	2	2
2	*Columbidae*	2	2
3	*Corvidae*	1	1
4	*Cuculidae*	1	1
5	*Fringillidae*	1	1
6	*Hirundinidae*	1	1
7	*Mimidae*	2	2
8	*Picidae*	1	1
9	*Trochilidae*	1	1
10	*Troglodytidae*	1	1
	Total	**13**	**13**



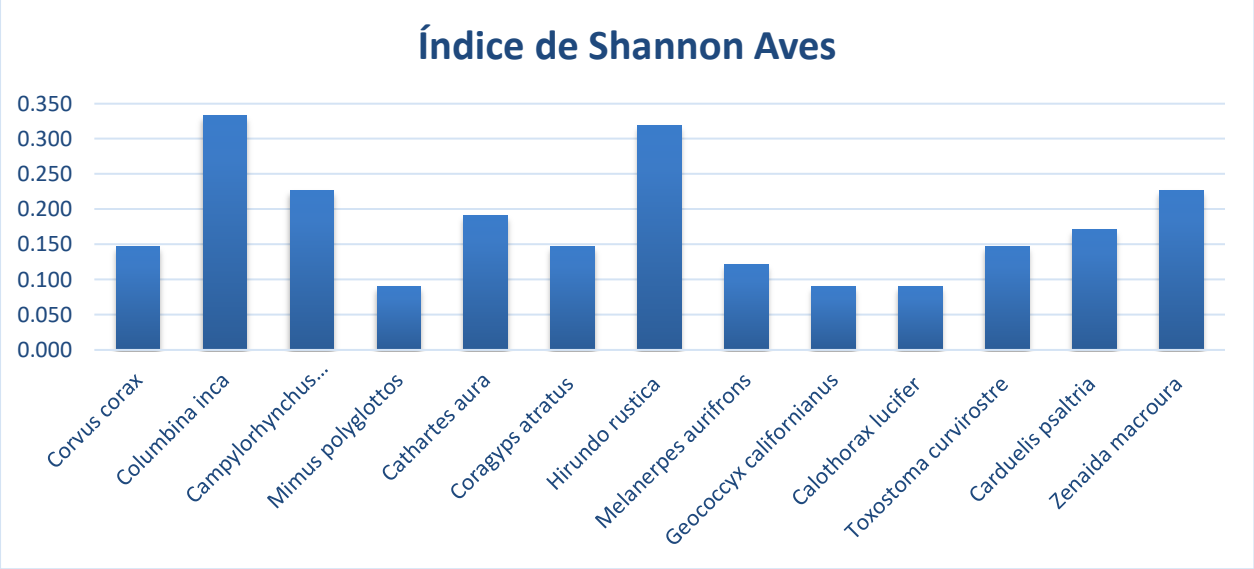
Grafica 12**.** Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en el SA.

De las familias identificadas dentro del grupo de aves de la cuenca hidrológico forestales, las que albergan mayor cantidad de especies son; *Cathartidae, Columbidae* y *Mimidae* con dos especies cada una, el resto solo registro un género y una especies por familia.

De acuerdo con el análisis de la información de campo, fue posible estimar el Índice de Shannon para el grupo de aves en la cuenca hidrológico forestal, obteniéndose como resultado un índice de 2.302 que resulta como de baja diversidad.

Tabla 41. Riqueza y diversidad de aves en el sistema ambiental.

No.	Nombre común	Nombre científico	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Cuervo	Corvus corax	4	0.049	-3.020	-0.147	0.147
2	Tortola cola larga	*Columbina inca*	18	0.220	-1.516	-0.333	0.333
3	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	8	0.098	-2.327	-0.227	0.227
4	Cenzontle	*Mimus polyglottos*	2	0.024	-3.714	-0.091	0.091
5	Aura	*Cathartes aura*	6	0.073	-2.615	-0.191	0.191
6	Zopilote	*Coragyps atratus*	4	0.049	-3.020	-0.147	0.147
7	Golondrina comun	*Hirundo rustica*	16	0.195	-1.634	-0.319	0.319
8	Pajaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	3	0.037	-3.308	-0.121	0.121
9	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	2	0.024	-3.714	-0.091	0.091
10	Colibrí lucifer	*Calothorax lucifer*	2	0.024	-3.714	-0.091	0.091
11	Cuitlacoche	*Toxostoma curvirostre*	4	0.049	-3.020	-0.147	0.147
12	Dominico	*Carduelis psaltria*	5	0.061	-2.797	-0.171	0.171
13	Huilota	*Zenaida macroura*	8	0.098	-2.327	-0.227	0.227
		Total	**82**	**1.000**		**-2.302**	**2.302**



Grafica 13**.** Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en el SA.

Las especies que presentan mayor diversidad dentro del grupo de aves en la cuenca hidrológico forestal, son las representadas por la familia *Columbidae;* tórtola cola larga *Columbina inca* y huilota *Zenaida macroura,* estas dos especies suelen presentar muy alta resiliencia a los cambios naturales, incluso las podemos llegar a encontrar en las zonas urbanas.

Grupo faunístico. Mamíferos. CHF.

En relación al grupo de mamíferos se identificó una riqueza de 7 especies con un total de 12 individuos, es importante precisar que las especies identificadas son características del tipo de vegetación presente en la microcuenca. Es importante precisar que la lista de especies reportada se construyó gracias, también a los aportes de algunos lugareños con nos dieron su testimonio mediante algunas entrevistas y con el cotejo de las evidencias levantadas en campo.

Tabla 42. Relación de géneros y especies por familia del grupo de mamíferos en el SA.

No.	Familia	N. Común	N. Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.
1	Canida	Zorra espalda blanca	*Urocyon cinereoargenteus*	No	2
2	Canidae	Coyote	*Canis latrans*	No	2
3	Didelphidae	Tlacuache	*Didelphis virginiana*	No	2
4	Leporidae	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	No	1
5	Mephitidae	Zorrillo	*Conepatus leuconotus*	No	1
6	Procyonidae	Mapache	*Procyon lotor*	No	2

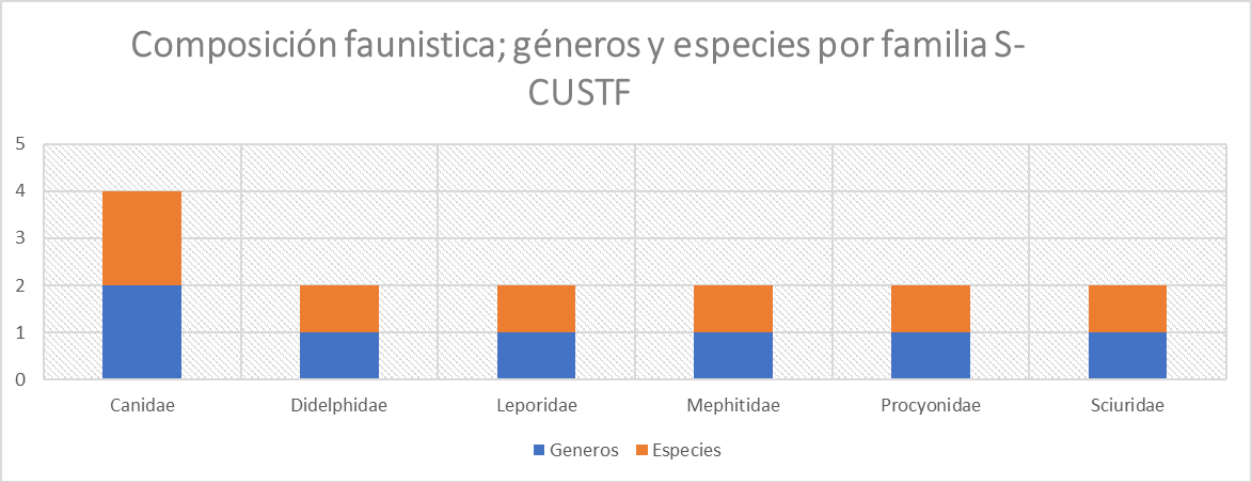
No.	Familia	N. Común	N. Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.
7	Sciuridae	Ardilla	*Spermophilus variegatus*	No	2
			Total		**12**

Así mismo, es importante señalar que ninguna de las especies identificadas en la cuenca hidrológico forestal, se encuentra enlistada con algún tipo de restricción en la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo, todos ellas serán incluidas en el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre con el objetivo de evitar dañarlas incluso causarles la muerte durante el desarrollo de las actividades de cambio de uso de suelo.

Del análisis de riqueza del presente grupo de mamíferos, fue posible generar la siguiente composición faunística de especies, teniendo como resultado la presencia de 6 familias con 7 géneros y 7 especies, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 43. Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en el SA.

No.	Familia	Géneros	Especies
1	Canidae	2	2
2	Didelphidae	1	1
3	Leporidae	1	1
4	Mephitidae	1	1
5	Procyonidae	1	1
6	Sciuridae	1	1
	Total	**7**	**7**



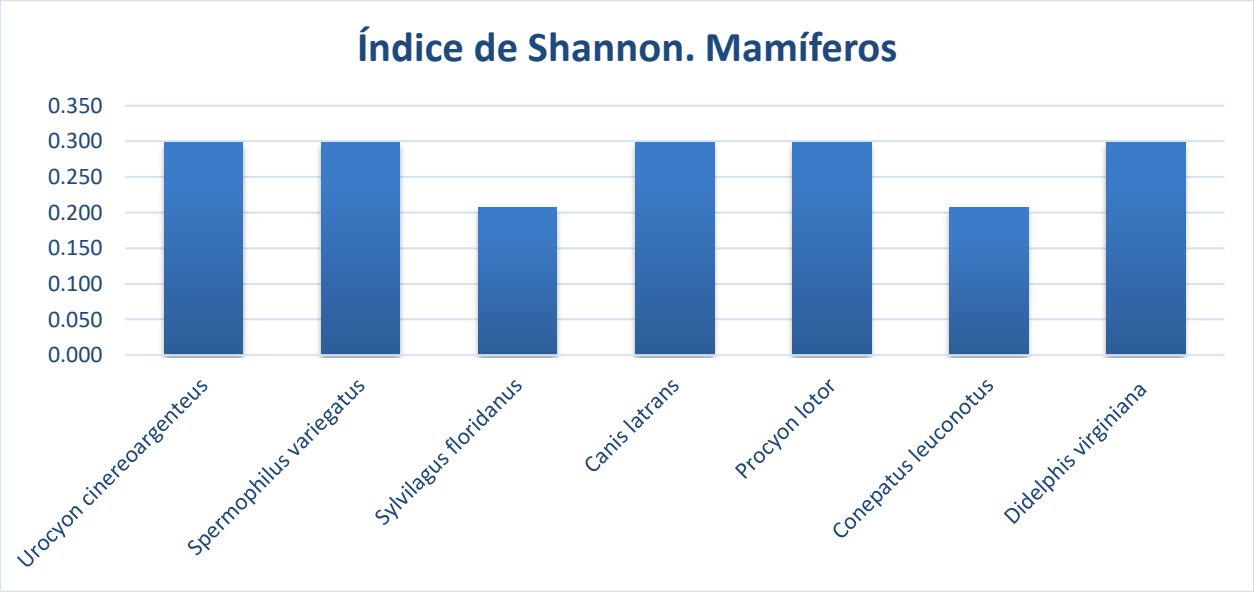
Grafica 14**.** Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en el SA.

De acuerdo con la gráfica de riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos, se concluyó que la familia que presenta una mayor riqueza es la *Canidea* con las especies; zorra espalda blanca *Urocyon cinereoargenteus y* coyote *Canis latrans,* el resto de las familias están representadas por un género y una especie respectivamente.

En cuanto al índice de diversidad para este grupo en particular, se utilizó el Índice de Shannon obteniendo un índice de 1.907 que nos indica que la cuenca hidrológico forestal presenta una diversidad baja respecto al presente grupo faunístico.

Tabla 44. Riqueza y diversidad de mamíferos en la microcuenca.

No.	N. Común	N. Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Zorra espalda blanca	*Urocyon cinereoargenteus*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
2	Ardilla	*Spermophilus variegatus*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
3	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	No	1	0.083	-2.485	-0.207	0.207
4	Coyote	*Canis latrans*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
5	Mapache	*Procyon lotor*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
6	Zorrillo	*Conepatus leuconotus*	No	1	0.083	-2.485	-0.207	0.207
7	Tlacuache	*Didelphis virginiana*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
Total				**12**			**-1.907**	**1.907**



Grafica 15**.** Riqueza y diversidad de mamíferos en la microcuenca.

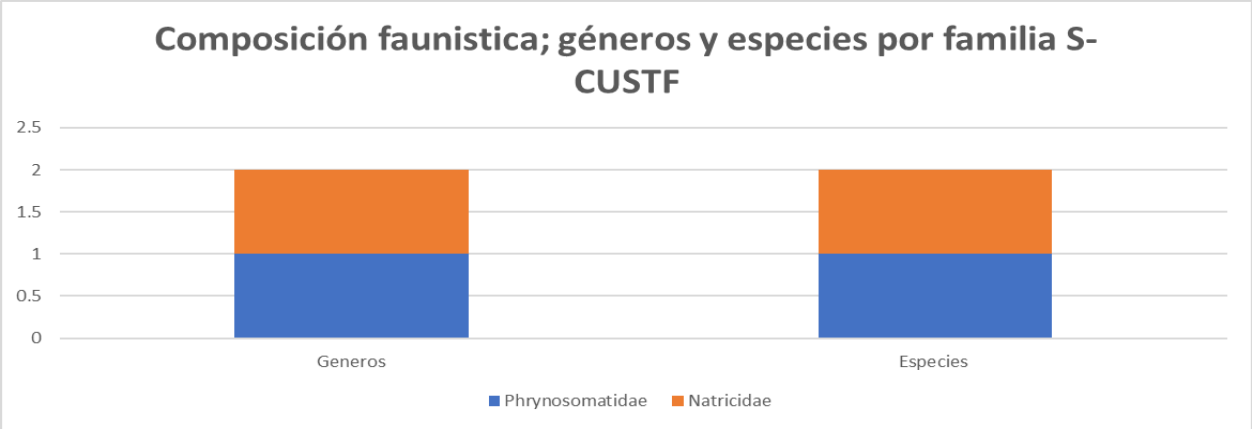
En general, los índices por especies presentan una similitud los cuales oscilan entre 0.207 y 0.299 dichos indicadores esta predeterminados por la abundancia del número de individuos por especies, como se puede observar la gráfica anterior.

Grupo faunístico. Reptiles. SA.

En este grupo faunístico fue posible identificar dos familias que albergan un género y una especie cada una, la baja presencia de especies de este grupo obedece principalmente a la época del muestreo, lo que se presume que pudieran existir mayor abundancia de especies en la cuenca hidrológico forestal.

Tabla 45. Riqueza por género y especie por familia del grupo de reptiles en el SA.

No.	Familia	Géneros	Especies
1	Phrynosomatidae	1	1
2	Natricidae	1	1
	Total	**2**	**2**



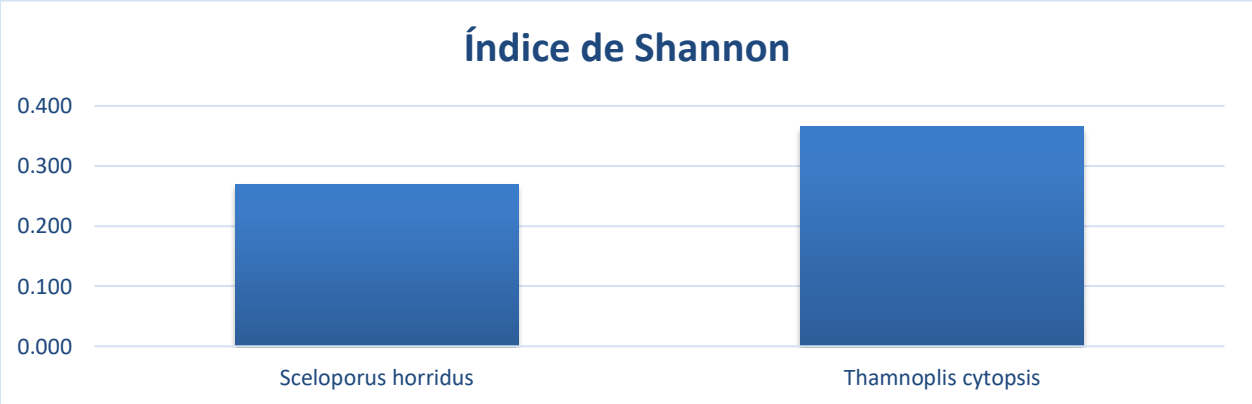
Grafica 16**.** Riqueza por género y especie por familia del grupo de reptiles en el SA.

A pesar de la escasa presencia de especies de este grupo faunístico, es importante precisar que ninguna de estas, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo ninguna categoría de riesgo.

La baja presencia de especies de este grupo faunístico en la cuenca hidrológico forestal, nos ha reflejado una baja diversidad, estimada en 0.636.

Tabla 46. Riqueza y diversidad de reptiles en la microcuenca.

No.	N. Común	N. Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Lagartija Espinosa Mexicana	*Sceloporus spinosus*	No	2	0.667	-0.405	-0.270	0.270
2	Culebra del agua	*Thamnoplis cytopsis*	No	1	0.333	-1.099	-0.366	0.366
		Total		**3**			**-0.637**	**0.636**



Grafica 17**.** Riqueza y diversidad de reptiles en el sistema ambiental.

La especie que presenta el valor más elevado del índice de diversidad es Culebra del agua *Thamnoplis cytopsis* con 0.366 y 0.270 para la especie de Lagartija *Sceloporus horridus.*

Composición faunística de la S-CUSAF.

Para determinar la composición faunística de la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales se realizó un muestreo por medio de los métodos de puntos de conteo para aves y transectos para mamíferos y reptiles, descrito en el apartado de fauna silvestre del capítulo IV, aunque en este último grupo faunístico, no fue posible identificar ninguna especie, cabe destacar que debido a que en la superficie de cambio de uso de suelo no existen, barrancas, oquedades, cuerpos de agua ni arroyos de ningún tipo, no fue necesario diseñar transectos bajo estas condiciones geográficas, estos fueron diseñados tomando en cuenta algunos sitios de muestreo de flora silvestre, obteniéndose los siguientes resultados.

Grupo faunístico. Aves. S-CUSAF.

Para determinar la riqueza y abundancia de este grupo faunístico se muestrearon 15 puntos de conteo en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, donde fue posible identificar una riqueza de 8 especies de aves, con un total de 17 individuos, tal como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 47. Relación de géneros y especies por familia del grupo de aves en el SA.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Núm. Ind.	NOM-059-SEMARNAT-2010
1	*Cathartidae*	Zopilote	*Coragyps atratus*	4	No
2	*Columbidae*	Tortolita cola larga	*Columbina inca*	3	No
3	*Columbidae*	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	4	No
4	*Corvidae*	Cuervo	*Corvus corax*	1	No
5	*Cuculidae*	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	1	No
6	*Hirundinidae*	Golondrina común	*Hirundo rustica*	1	No
7	*Picidae*	Pájaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	1	No
8	*Troglodytidae*	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	2	No
			Total	**17**	

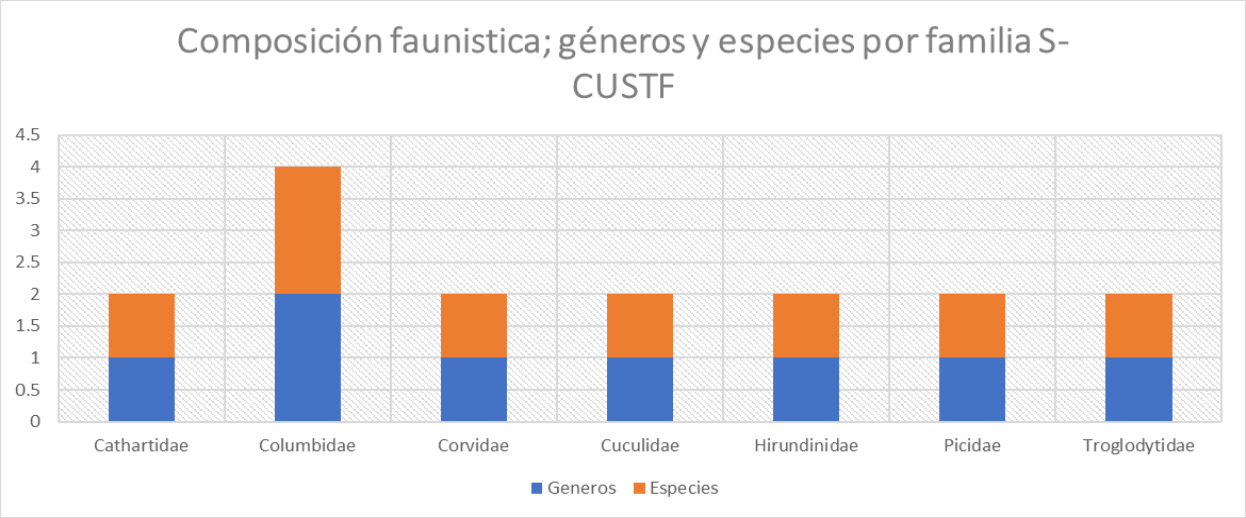
De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, se determinó que las especies que presentan una mayor abundancia son el zopilote *Coragyps atratus,* paloma huilota *Zenaida macroura* y tortolita cola larga *Columbina inca.*

También es de resaltar que, de las ocho especies identificadas, ninguna se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo ninguna restricción ecológica que merezca atención especial.

Con el análisis de los datos de campo previamente procesados fue posible determinar la composición faunística del grupo de aves, resultado que la superficie de cambio de uso de suelo alberga un total de y familias y estas a su vez representan 8 géneros y 8 especies, tal como se puede demostrar en la siguiente tabla.

Tabla 48. Riqueza por género y especie por familia del grupo de reptiles en la S-CUSAF.

No.	Familia	Géneros	Especies
1	*Cathartidae*	1	1
2	*Columbidae*	2	2
3	*Corvidae*	1	1
4	*Cuculidae*	1	1
5	*Hirundinidae*	1	1
6	*Picidae*	1	1
7	*Troglodytidae*	1	1
	Total	**8**	**8**



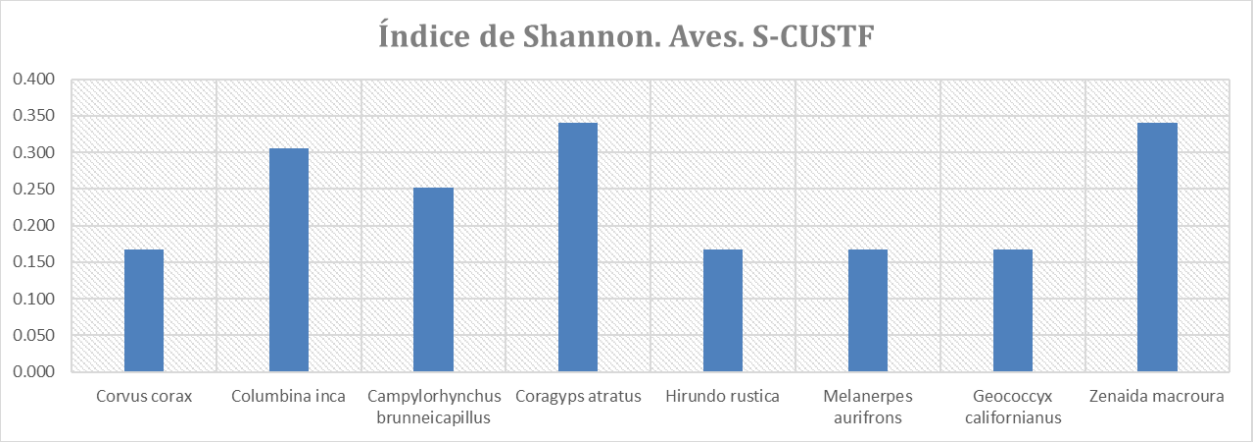
Grafica 18**.** Riqueza por género y especie por familia del grupo de reptiles en la S-CUSAF.

De acuerdo con la gráfica anterior, se puede ver que la familia que presenta una riqueza mayor es la *Columbida* con dos especies (***Columbina inca y Zenaida macroura***), el resto solo registra un género y una especie.

Para determinar la diversidad de especies dentro de la superficie de cambio de uso de suelo se utilizó el Índice de Shannon, dando como resultado un índice de 1.905, es decir, el área presenta una diversidad baja, la baja presencia de especies de aves obedece a algunas actividades antropogénicas ya que la superficie del proyecto colinda con un banco en proceso de explotación y actividades de trituración en sus cercanías, lo que ha ahuyentado la presencia de especies en el área.

Tabla 49. Riqueza y diversidad de aves en la superficie de cambio de uso de suelo.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Cuervo	*Corvus corax*	No	1	0.059	-2.833	-0.167	0.167
2	Tortolita cola larga	*Columbina inca*	No	3	0.176	-1.735	-0.306	0.306
3	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	No	2	0.118	-2.140	-0.252	0.252
4	Zopilote	*Coragyps atratus*	No	4	0.235	-1.447	-0.340	0.340
5	Golondrina común	*Hirundo rustica*	No	1	0.059	-2.833	-0.167	0.167
6	Pájaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	No	1	0.059	-2.833	-0.167	0.167
7	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	No	1	0.059	-2.833	-0.167	0.167
8	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	No	4	0.235	-1.447	-0.340	0.340
		Total		**17**	**1.000**		**-1.905**	**1.905**



Grafica 19**.** Riqueza y diversidad de aves en la superficie de cambio de uso de suelo.

A pesar de la baja diversidad registrada, las especies que sobresalen son; el zopilote ***Coragyps atratus***, la paloma huilota ***Zenaida macroura*** y la tortolita cola larga ***Columbina inca*** especies con alta resiliencia a los cambios generados por actividades socioeconómicas.

Grupo faunístico. Mamíferos. S-CUSAF.

Para determinar la riqueza y abundancia de este grupo faunístico, como ya se dijo, se practicó un muestreo por medio del método de transectos, diseñados a partir de los sitios de muestreo de flora silvestre, muestreándose un total de cuatro transectos de diferente longitud, obteniéndose como resultado una riqueza de 4 especies con un total de 9 individuos, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 50. Relación de géneros y especies por familia del grupo de aves en el SA.

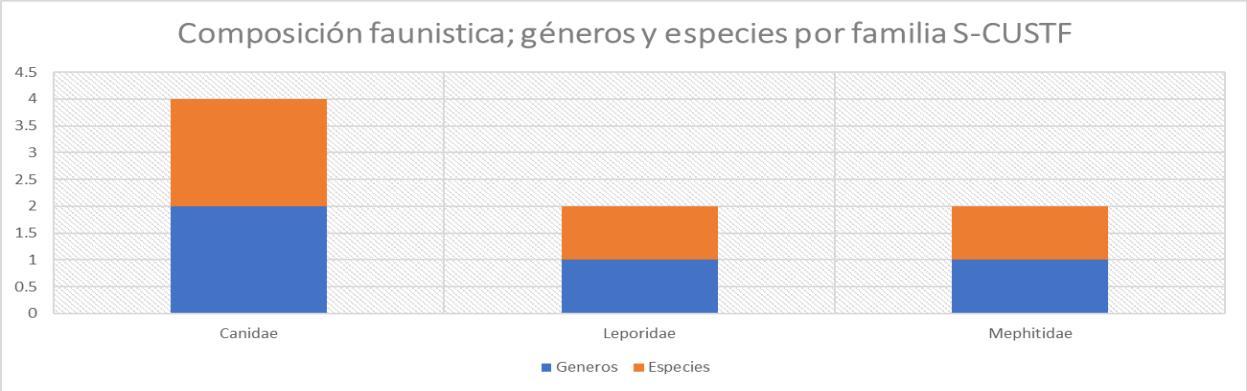
No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Núm. Ind.	NOM-059-SEMARNAT-2010
1	Canidae	Zorra gris	Urocyon cinereoargenteus	2	No
2	Canidae	Coyote	*Canis latrans*	1	No
3	Leporidae	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	5	No
4	Mephitidae	Zorrillo espalda blanca	*Conepatus leuconotus*	1	No
			Total	**9**	

Las especies que presentan mayor abundancia son el conejo *Sylvilagus floridanus* y la zorra gris ***Urocyon cinereoargenteus*** con 5 y 2 individuos respectivamente, mientras que el resto de las especies apenas le fue registrado un individuo en total.

En relación a la composición faunística dentro de la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales se obtuvo como resultado la presencia de 3 familias, 4 géneros y 4 especies, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 51. Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en la S-CUSAF.

No.	Familia	Géneros	Especies
1	Canidae	2	2
2	Leporidae	1	1
3	Mephitidae	1	1
	Total	**4**	**4**



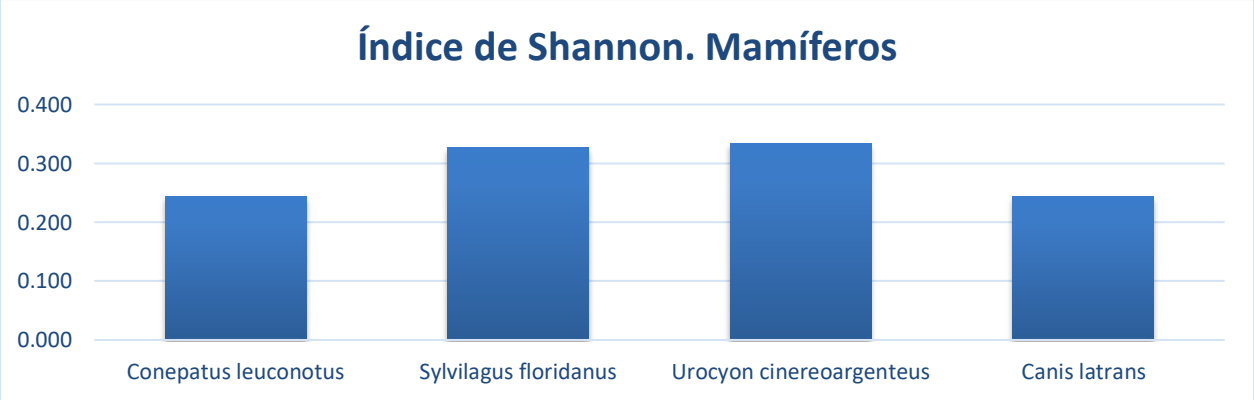
Grafica 20**.** Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en la S-CUSAF.

De acuerdo con la gráfica anterior se puede observar que la familia Canidae es la que presenta una mayor abundancia de especies, el resto solo registro un género y una especie por familia.

En relación al índice de diversidad (1.149) para este grupo faunístico en especial se considera con una diversidad baja, esto debido al grado de perturbación que existe en el área de cambio de uso de suelo.

Tabla 52. Riqueza y diversidad de mamíferos en la superficie de cambio de uso de suelo.

No.	Nombre común	Nombre científico	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Zorrillo espalda blanca	*Conepatus leuconotus*	1	0.111	-2.197	-0.244	0.244
2	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	5	0.556	-0.588	-0.327	0.327
3	Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	2	0.222	-1.504	-0.334	0.334
4	Coyote	*Canis latrans*	1	0.111	-2.197	-0.244	0.244
		Total	**9**	**1.000**		**-1.149**	**1.149**



Grafica 21**.** Riqueza y diversidad de mamíferos en la superficie de cambio de uso de suelo.

De acuerdo con la gráfica anterior, el conejo *Sylvilagus floridanus* y lá zotra gris *Urocyon cinereoargenteus* son las especies que presentan una mayor abundancia y en consecuencia mayor diversidad dentro de este grupo faunístico

Grupo faunístico. Reptiles. S-CUSAF.

Al igual que para el grupo de mamíferos, para este grupo se practicó un muestreo utilizando los mismos transectos, los cuales se describen en el apartado de fauna del grupo de mamíferos y reptiles, donde únicamente fue posible identificar una riqueza de una especie, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 53. Relación de géneros y especies por familia del grupo de reptiles en el SA.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Núm. Ind.	NOM-059-SEMARNAT-2010
1	Phrynosomatidae	Lagartija Espinosa Mexicana	*Sceloporus spinosus*	1	No
			Total	**1**	

Del análisis de los resultados de la tabla anterior, fue posible identificar 1 familia (Phrynosomatidae) con 1 género y 1 especies, dado que no existe mayor información para comparar la diversidad de esta especie en su grupo faunístico por lo tanto esta representa el valor de 0.000 de diversidad, es decir, una diversidad baja con una especie de abundancia.

Comparativo de la composición faunística entre el SA vs S-CUSAF.

Con el objetivo de demostrar que con las actividades de cambio de uso de suelo no se afecta la fauna silvestre, máxime que la misma se encuentra representada en las dos condiciones geográficas, con los datos antes descritos fue posible realizar un comparativo con los datos de riqueza por familia, género y especies, considerando la abundancia e índice de diversidad para cada grupo faunístico, cuyos resultados se describen a continuación.

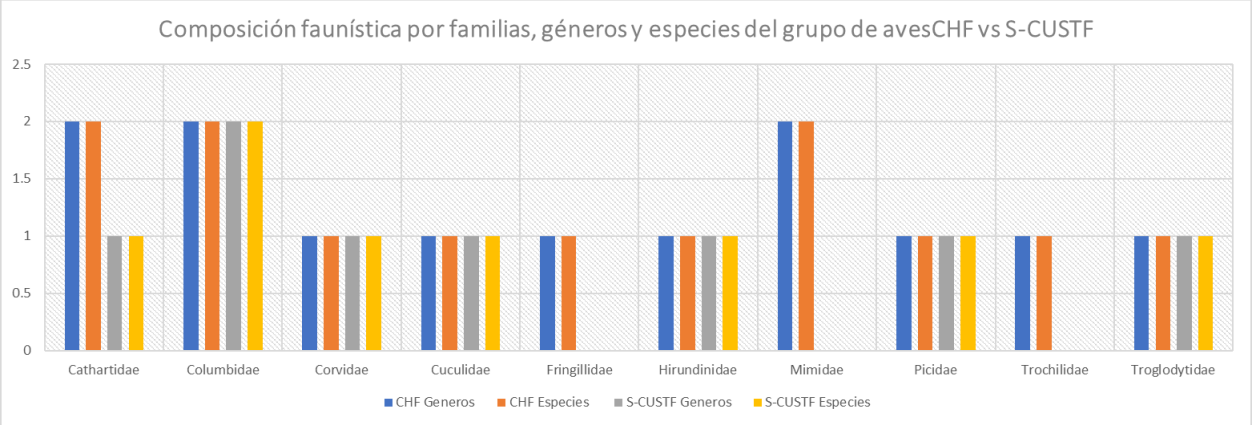
Grupo de aves.

En relación al grupo de aves podemos observar que la cuenca hidrológico forestal presenta 10 familias con 13 géneros y 13 especies, mientras que en la superficie de cambio de uso de suelo fue posible identificar 7 familias con 8 géneros y 8 familias, sin embargo, es importante precisar que todas las familias, géneros y especies identificadas en la superficie del proyecto también se encuentran identificadas en la microcuenca, por lo que el riesgo de verse disminuidas con motivo de las actividades de cambio de uso de suelo es mínimo, máximo que se aplicará el programa de

rescate y reubicación de fauna silvestre, cuyo objetivo es evitar dañar e incluso evitar la muerte accidente por motivo del cambio de uso de suelo.

Tabla 54. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de aves. SA vs S-CUSAF.

No.	Familia	SA		S-CUSAF	
		Géneros	Especies	Géneros	Especies
1	*Cathartidae*	2	2	1	1
2	*Columbidae*	2	2	2	2
3	*Corvidae*	1	1	1	1
4	*Cuculidae*	1	1	1	1
5	*Fringillidae*	1	1	0	0
6	*Hirundinidae*	1	1	1	1
7	*Mimidae*	2	2	0	0
8	*Picidae*	1	1	1	1
9	*Trochilidae*	1	1	0	0
10	*Troglodytidae*	1	1	1	1
	Total	**13**	**13**	**8**	**8**



Grafica 22**.** Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de aves. SA vs S-CUSAF.

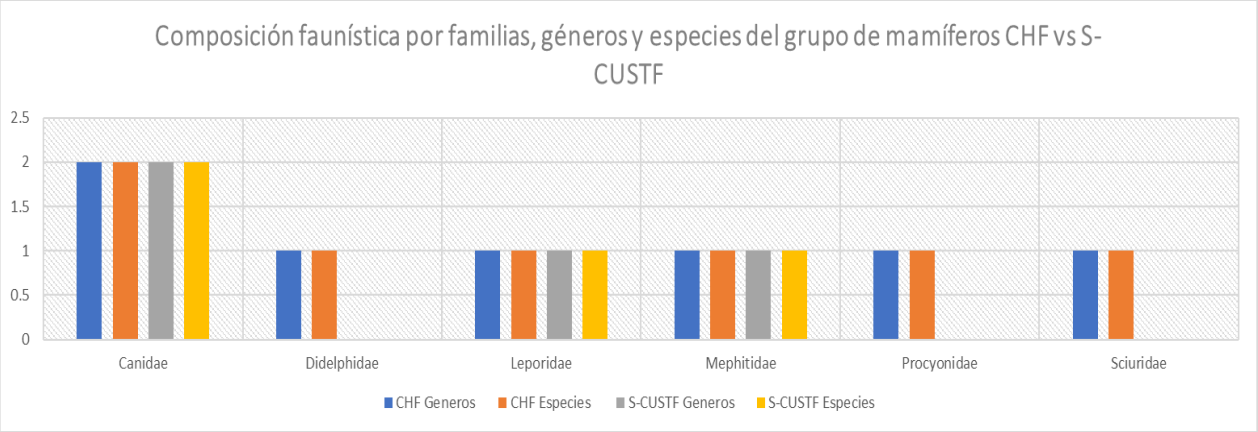
De acuerdo con la gráfica anterior, se puede observar que las familias que presentan una riqueza y abundancia mayor en la cuenca hidrológico forestal son la Cathartidea, Columbidae y Mimidae, mientras que en la superficie de cambio de uso de suelo es la *Columbidae* el resto de las familias en ambas condiciones geográficas son similares en cuanto a la riqueza y abundancia.

Grupo de mamíferos

En relación al grupo faunístico de los mamíferos, se identificó una mayor riqueza y abundancia en la cuenca hidrológica forestal, registrándose un total de 6 familias, con 7 géneros y 8 especies, mientras en la superficie de cambio de uso de suelo fue posible identificar 3 familias con 4 géneros y 4 especies, a pesar de que la microcuenca presenta mayor riqueza y abundancia es importante precisar que tanto las familias como los géneros y especies identificados en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, estos se encuentra ampliamente distribuidas en la cuenca hidrológica forestal, esto no permite asegurar y mantener las especies aun y con la ejecución del cambio de uso de suelo.

Tabla 55. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de mamíferos. SA vs S-CUSAF.

No.	Familia	SA		S-CUSAF	
		Géneros	Especies	Géneros	Especies
1	Canidae	2	2	2	2
2	Didelphidae	1	1	0	0
3	Leporidae	1	1	1	1
4	Mephitidae	1	1	1	1
5	Procyonidae	1	1	0	0
6	Sciuridae	1	1	0	0
	Total	**7**	**7**	**4**	**4**



Grafica 23**.** Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de mamíferos. SA vs S-CUSAF.

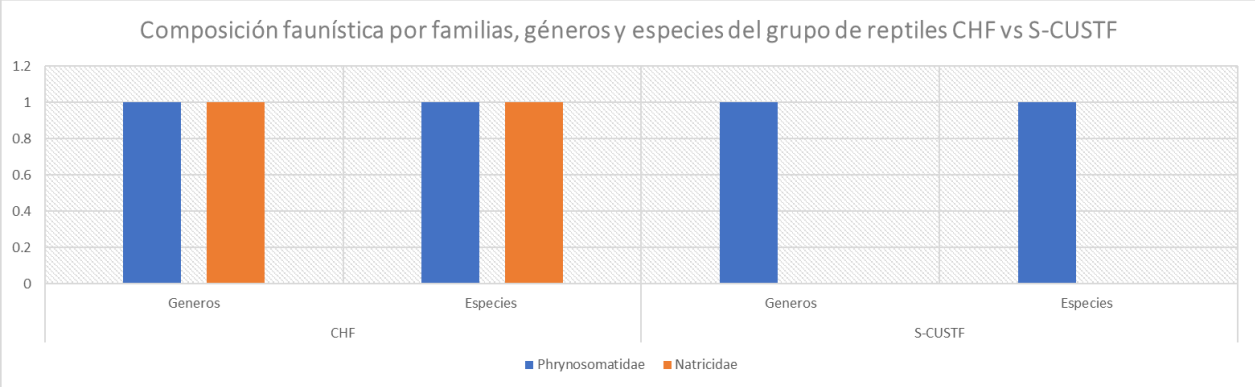
En base a la gráfica anterior, se puede observar que la familia que representa una mayor riqueza y abundancia tanto en la cuenca hidrológica forestal como en la superficie de cambio de uso de suelo en la Canidae el resto de las familias presenta similitud en cuanto a dichos indicadores.

Grupo de reptiles

El grupo faunístico de reptiles fue el menos representado en las dos condiciones geográficas (SA vs S-CUSAF), quizá el factor que haya influido sea la época del muestreo, aun así la cuenca hidrológico forestal es la que registro mayor riqueza con 2 familias, 2 géneros y 2 especies mientras que la superficie de cambio de uso de suelo solo fue posible identificar una familia, 1 género y 1 especie, a pesar de la baja presencia de especies de este grupo, la especies registrada en el área del proyecto también fue posible identificarla en la cuenca hidrológico forestal, por lo que se concluye que no se verá disminuida con motivo del cambio de uso de suelo, sin embargo, tanto la especie de este grupo como, el de aves y mamíferos serán incluidas en el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre, tomando en cuenta la movilidad de las mismas.

Tabla 56. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de reptiles. SA vs S-CUSAF.

No.	Familia	SA		S-CUSAF	
		Géneros	Especies	Géneros	Especies
1	Phrynosomatidae	1	1	1	1
2	Natricidae	1	1	0	0
	Total	**2**	**2**	**1**	**1**



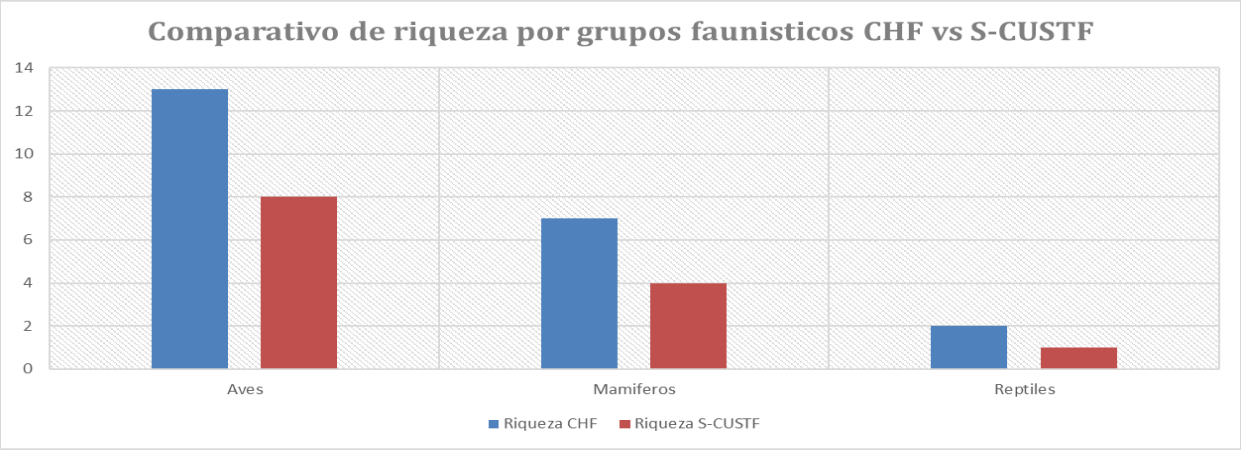
Grafica 24**.** Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de reptiles. SA vs S-CUSAF.

De acuerdo con la gráfica anterior, se puede observar la presencia de 2 familias, 2 género y 2 especies en la cuenca hidrológico forestal y 1 familia con 1 género y una especie para la superficie de cambio de uso de suelo la cual se encuentra identificada y distribuida en la cuenca en mención.

En relación a la riqueza e índices de diversidad por grupos faunísticos en la cuenca hidrológico forestal y la superficie de cambio de uso de suelo, se obtuvo como resultado que el grupo de aves tanto en la cuenca como en la superficie a cambio de uso de suelo presenta una riqueza mayor con 13 y 8 especies respectivamente, aunque el SA presenta una mayor riqueza, le sigue el grupo de mamíferos con 7 y 4 especies, donde el SA presenta también una mayor riqueza y finalmente el grupo de reptiles con 2 y 1 donde el SA registra mayor riqueza, sin embargo, cabe señalar que todas las especies que representan la riqueza en la superficie de cambio de uso de suelo también fueron registradas e identificadas en la cuenca hidrológico forestal, lo que nos indica que aún con la ejecución del proyecto, estas se mantendrán en el ecosistema por afectar, y serán incluidas la totalidad en el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.

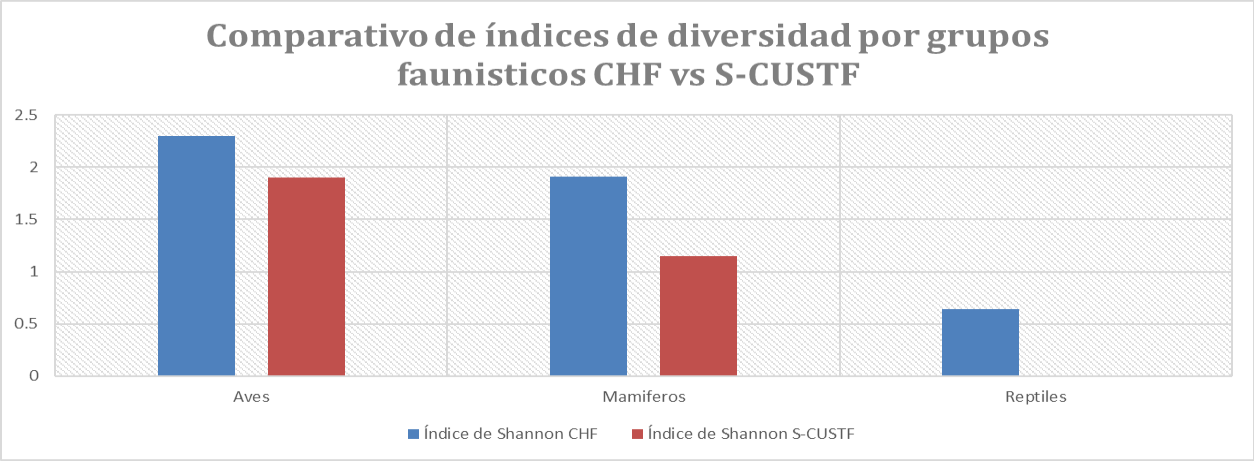
Tabla 57. Comparativo faunístico entre riqueza e índices de diversidad por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF.

Grupos	Riqueza		Índice de Shannon	
	SA	S-CUSAF	SA	S-CUSAF
Aves	13	8	2.302	1.905
Mamíferos	7	4	1.907	1.149
Reptiles	2	1	0.637	0.000



Grafica 25**.** Comparativo faunístico de riqueza por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF.

De acuerdo con la gráfica anterior, se puede observar que el grupo de aves es el que presenta una mayor riqueza en ambas condiciones geográficas, seguido por el de mamíferos y el que menos riqueza represento fue el de reptiles.



Grafica 26**.** Comparativo faunístico de índices de diversidad por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF.

En base a la gráfica de comparativo faunístico de índices de diversidad por grupo faunísticos, se observa el mismo comportamiento que la riqueza, donde el grupo de aves presenta una mayor diversidad tanto en la cuenca hidrológico forestal como en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales (2.302 y 1,905) respectivamente.

Seguido del grupo representado por los mamíferos con (SA 1.907 vs S-CUSAF 1.149) respectivamente, y finalmente el grupo de reptiles con SA 0.637 vs S-CUSAF 0.000), dando como resultado que la cuenca hidrológico forestal presenta una mayor diversidad en todos los grupos con la superficie de cambio de uso de suelo.

Finalmente, se construyó una Chek List comparativa de presencia – ausencia de especies en las dos condiciones geográficas, es decir, cuenca hidrológico forestal y superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, donde se corroboró que todas las especies registradas e identificadas en la superficie del proyecto también se encuentran registradas e identificadas en la cuenca hidrológico forestal, por lo que aún, llevándose la ejecución del cambio de uso de suelo, estas se mantienen en el ecosistema por afectar. Sin embargo, obedeciendo a la movilidad de las mismas, la forma más segura de garantizar su conservación es incluirlas en su totalidad dentro del programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.

Tabla 58. Check List de presencia – ausencia de especies entre el SA vs S-CUSAF.

Aves						
No.	**Familia**	**Nombre común**	**Nombre científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**SA**	**S-CUSAF**
1	*Cathartidae*	Aura	*Cathartes aura*	No	6	0
2	*Cathartidae*	Zopilote	*Coragyps atratus*	No	*4*	4
3	*Columbidae*	Tortola cola larga	*Columbina inca*	No	18	3
4	*Columbidae*	Huilota	*Zenaida macroura*	No	8	4
5	*Corvidae*	Cuervo	*Corvus corax*	No	4	1
6	*Cuculidae*	Correcaminos	*Geococcyx californianus*	No	2	1
7	*Fringillidae*	Dominico	*Carduelis psaltria*	No	5	0
8	*Hirundinidae*	Golondrina común	*Hirundo rustica*	No	16	1
9	*Mimidae*	Cenzontle	*Mimus polyglottos*	No	2	0
10	*Mimidae*	Cuitlacoche	*Toxostoma curvirostre*	No	4	0
11	*Picidae*	Pajaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	No	3	1
12	*Trochilidae*	Colibri lucifer	*Calothorax lucifer*	No	2	0
13	*Troglodytidae*	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	No	8	2
			Total		**82**	**17**
Mamíferos						
No.	**Familia**	**N. Común**	**N. Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**SA**	**S-CUSAF**
1	Canidae	Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	No	2	2
2	Sciuridae	Ardilla	*Spermophilus variegatus*	No	2	0
3	Leporidae	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	No	1	5
4	Canidae	Coyote	*Canis latrans*	No	2	1
5	Procyonidae	Mapache	*Procyon lotor*	No	2	0
6	Mephitidae	Zorrillo	*Conepatus leuconotus*	No	1	1
7	Didelphidae	Tlacuache	*Didelphis virginiana*	No	2	0
			Total		**12**	**9**
Reptiles						
No.	**Familia**	**N. Común**	**N. Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**SA**	**S-CUSAF**
1	Phrynosomatidae	Lagartija Espinosa Mexicana	*Sceloporus spinosus*	No	2	1
2	Natricidae	Culebra del agua	*Thamnoplis cytopsis*	No	1	0
			Total		**3**	**1**

Así mismo es importante precisar que la totalidad de especies registradas en ambas condiciones geográficas, ninguna de ellas se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo ninguna categoría de riesgo, por lo que no se afectarán especies incluidas en dicha Norma.

Conclusiones.

Como resultado del análisis comparativo de la composición florística y faunística del área propuesta a cambio de uso de suelo con relación a el sistema ambiental, se concluye que dichos elementos biológicos no sufrirán afectación alguna con motivo del cambio de uso de suelo, toda vez que es importante precisar que el SA, presenta mayor riqueza, abundancia y diversidad de familias, géneros y especies comparado con la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, al estar bastamente representadas en dicha unidad de estudio, lo que nos garantiza la sostenibilidad de la flora y fauna silvestre, es decir, que se cumple con el objetivo de la política conservación de la UGA, garantizándose de esta manera un aprovechamiento sustentable del territorio, es decir, la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

En general se concluye que, aun llevándose a cabo el cambio de uso de suelo, bajo en las condiciones biológicas presentes en la superficie del proyecto y con la aplicación de las medidas de prevención y mitigación propuestas, principalmente los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, la reforestación de especies nativas, la restauración del sitio, los letreros preventivos contra las actividades ilícitas y el resto de las obras programadas se cumple con el objetivo de unidad de gestión ambiental que es garantizar la sostenibilidad de la flora y fauna silvestre.

Suelo.

De igual manera y de acuerdo con el análisis comparativo de las tasas de erosión del suelo y las medidas de mitigación propuestas, se demostró que los efectos por erosión hídrica y eólica se mitigan, por lo que se mantiene su potencial y se garantiza su estabilidad en la unidad de gestión ambiental, dicho tributo ambiental.

Análisis comparativo de las tasas de erosión de los suelos en la S-CUSAF.

Con el objetivo de estimar las tasas de erosión hídrica y eólica de los suelos y predecir los efectos que se tendrían por el cambio de uso de suelo propuesto, en la superficie propuesta, se utilizó la metodología de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) y la utilizada en el documento Ordenamiento Ecológico Regional Cuenca del Valle de México, el cual se basa en los parámetros

utilizados por el Manual de Ordenamiento Ecológico. SEDUE. 1988 ambas descritas en el apartado de suelos del capítulo IV, modelos que permitieron estimar en campo, la erosión hídrica y eólica potencial, actual y total con proyecto de los suelos, cuyos resultados se desglosan a continuación.

Estimación de erosión hídrica y eólica en la S-CUSAF.

Mediante el desarrollo de las metodologías antes mencionadas, se obtuvo como resultado una estimación hídrica y eólica de **42.993 ton/ha/año con proyecto**, sin embargo, tomando en cuenta la superficie solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales que en este caso es de **19.71 hectáreas**, nos resulta un pérdida total de **847.398 toneladas de sedimentos**, si tomamos en cuenta el periodo proyectado de ejecución del cambio de uso de suelo de 16 años, tendríamos una pérdida total de **13,558.368 toneladas**, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 59. Resultados estimados de erosión hídrica y eólica por hectárea y total en la S-CUSAF.

Tipo de erosión	Súp. CUSAF Has.	Erosión potencial (ton/ha/año)	Erosión Actual Sin Proyecto		Erosión Total Con Proyecto	
			Ton/ha/año	Total	Ton/ha/año	Total
Hídrica	19.71	64.551	6.455	127.231	7.081	139.572
Eólica	19.71	35.912	21.547	424.696	35.912	707.826
Total	**19.73**	**100.463**	**28.002**	**551.927**	**42.993**	**847.398**

Obras de conservación de suelos propuesta.

Con el objetivo de evitar la erosión hídrica y eólica en la superficie de cambio de uso de suelo, se propone la construcción de barreras de piedra acomodada en curvas de nivel, por lo que para estimar la capacidad de retención por metro lineal, primeramente se procedió a determinar la pendiente media de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, para nuestro caso, es de **6.12% de pendiente,** la cual junto con la altura de la barrera de piedra de **0.30 m (b)** y aplicando la fórmula de pendiente, nos permite establecer la distancia horizontal, que se estima es de **4.90 m (h)**, a la cual llegarían los azolves, cuando la barrera alcance su máxima capacidad de retención para lo cual fue diseñada, el resultado obtenido es el área del triángulo rectángulo que se forma en metros cúbicos.

Fórmula VI.1 Estimación del volumen del triángulo rectángulo.

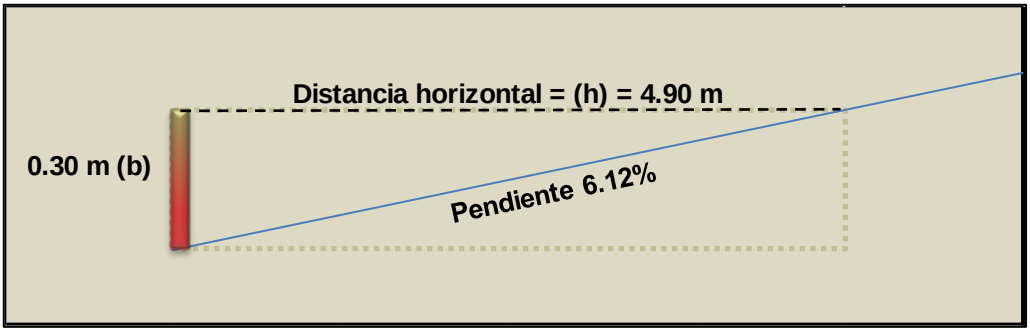
$$V = \left(\frac{b * h}{2}\right) * l$$

Con los parámetros antes descritos, previamente estimados, se procedió a desarrollar la fórmula de pendiente, misma que fue desarrollada en una hoja de Excel, con el objetivo de sintetizar el desglose correspondiente.

Tabla 60. Memoria de cálculo de volumen de obras de conservación de suelo.

DIMENSIONES DE LA BARRERA					RESULTADOS				Erosión Total (ton/ha/año)
U. de M.	Base (b)	Altura (h)	Pendiente (%)	Largo (h)	Vol. (m^3)	Toneladas	Densidad	Vol./ml (ton)	
m	0.3	4.90	6.12	1	0.74	0.74	1.1	0.8088	847.398
cm	30	490	6.12	100	735,294.12	0.74	1.1	0.8088	847.398

La distancia horizontal se obtiene dividiendo la base, es decir, altura de la barrera de 0.30 m, entre el resultado de dividir, la pendiente media del terreno (S-CUSAF) entre 100, dando como resultado la distancia horizontal, a la cual llegarían los azolves una vez que la barrera llegue a su máxima capacidad, como se ilustra a continuación.



Una vez obtenida el área del triángulo rectángulo, esta cantidad se multiplica por 1, es decir, un metro lineal, en seguida para obtener el peso de suelo, esta cantidad se multiplica por la densidad aparente (que se determina de acuerdo con la textura del suelo) y con el uso de la siguiente tabla.

Tabla 61. Textura del suelo y densidad aparente.

TEXTURA DEL SUELO Y DENSIDAD APARENTE	
TEXTURA DEL SUELO	**DENSIDAD APARENTE (GRAMOS / MILILITRO)**
Arena	1.6
Franco arenoso	1.5
Franco	1.4
Franco limoso	1.3
Franco arcilloso	1.2
Arcilla	1.1

Fuente: Manuel de Obras y Practicas. Protección y Restauración y Protección de suelos forestales. CONAFOR – SEMARNAT, 2007 segunda reimpresión.

Para nuestro caso se tomó el valor de un suelo arcilloso, como el que presenta la superficie de cambio de uso de suelo, es decir, por 1.1, estimándose de esta manera las toneladas por metro lineal de barrera de piedra, para nuestro caso de **0.75 ton/ml.**

Una vez estimada la cantidad de sedimentos por metro lineal **(0.74 ton/ml)** se divide entre el total de sedimentos estimados **847.398 toneladas**, arrojando como resultado el volumen de obras de conservación en metros lineales, para nuestro caso **1,047.69 metros lineales** de barreas de piedra acomodada, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 62. Estimación del volumen de obras de conservación en la S-CUSAF.

Tipos de erosión	Súp. CUSAF (has.)	Capacidad por ml (ton.)	Sedimentos totales (ton.)	Volumen de obra (ml)
Hídrica y eólica	19.71	0.74	847.398	1,047.69

Considerando que los **1,047.69 metros lineales de piedra acomodada** son suficientes para retener las **847.398 toneladas de sedimentos**, por lo tanto, se evita la erosión de los suelos, con motivo del cambio de uso de suelo, tal como se puede demostrar en la siguiente tabla.

Tabla 63. Estimación de volumen retenido con las obras de conservación en la S-CUSAF.

Tipos de erosión	Súp. CUSAF (has.)	Capacidad (ton./ml)	Sedimentos totales estimados (ton.)	Volumen de obra requerido (ml)	Volumen de obra propuesto (ml)	Sedimentos totales retenidos (ton.)	Déficit
Hídrica y eólica	19.71	0.74	847.398	1,047.69	1,047.69	847.398	0.00

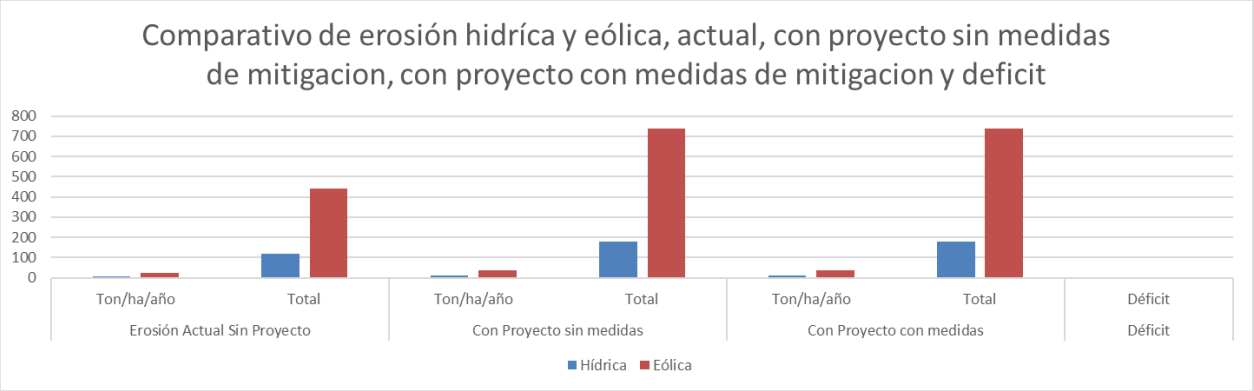
De acuerdo con los resultados de erosión hídrica y eólica en la superficie propuesta cambio de uso de suelo, de no ejecutarse el proyecto en consecuencia no se modifican las condiciones originales, manteniéndose las estimaciones actuales, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 64. Comparativo de erosión hídrica y eólica, actual sin proyecto, con proyecto sin medidas y con proyecto con medidas de prevención.

Tipo de erosión	Súp. CUSAF Has.	Erosión potencial (ton/ha/año)	Erosión Actual Sin Proyecto		Erosión Total Con Proyecto		Déficit
			Ton/ha/año	Total	Ton/ha/año	Total	
Hídrica	19.71	64.551	6.455	127.231	7.081	139.572	0.00

Tipo de erosión	Súp. CUSAF Has.	Erosión potencial (ton/ha/año)	Erosión Actual Sin Proyecto		Erosión Total Con Proyecto		Déficit
			Ton/ha/año	Total	Ton/ha/año	Total	
Eólica	19.71	35.912	21.547	424.696	35.912	707.826	0.00
Total	**19.73**	**100.463**	**28.002**	**551.927**	**42.993**	**847.398**	**0.00**

Sin embargo, de llevarse a cabo el cambio de uso de suelo, sin la aplicación de medidas preventivas, en este caso la construcción de barreras de piedra acomodada en curvas de nivel, se perderían en total **847.398 toneladas de sedimentos**.



Grafica 27**.** Comparativo de erosión hídrica y eólica, sin proyecto, con proyecto sin medidas y con proyecto con medidas de prevención.

Tomando en cuenta el análisis anterior y siendo uno de los preceptos de excepción para obtener la autorización de cambio de uso de suelo, el de mitigar la erosión de los suelos, es que el proyecto contempla la ejecución de obras de conservación de suelo a fin de retener las **847.398 toneladas de sedimentos,** es decir, que de acuerdo a la gráfica anterior, este volumen se retendría al final de la ejecución del cambio de uso de suelo en áreas forestales, dando con ello cumplimiento al precepto antes mencionado.

Adicional a lo anterior, se contempla el rescate 39,420 metros cúbicos de suelo o materia orgánica, que será reincorporada en la restauración del sitio, es decir, que antes de que un agente erosivo pueda tener un efecto negativo, éste será rescatado y con ello garantizado su potencial, que servirá de soporte para las especies que serán reforestadas como parte de la restauración del área.

Agua superficial y subterránea

En este mismo sentido, con el elemento agua, se realizó un análisis comparativo entre el balance hídrico actual y el que resulta con la ejecución del cambio de uso de suelo en áreas forestales y la aplicación de las medidas de prevención y mitigación propuestas concluyendo que no se afecta en calidad y cantidad dentro de la unidad de gestión ambiental, como a continuación de describe.

Análisis comparativo de la calidad, captación e infiltración del agua en la S-CUSAF.

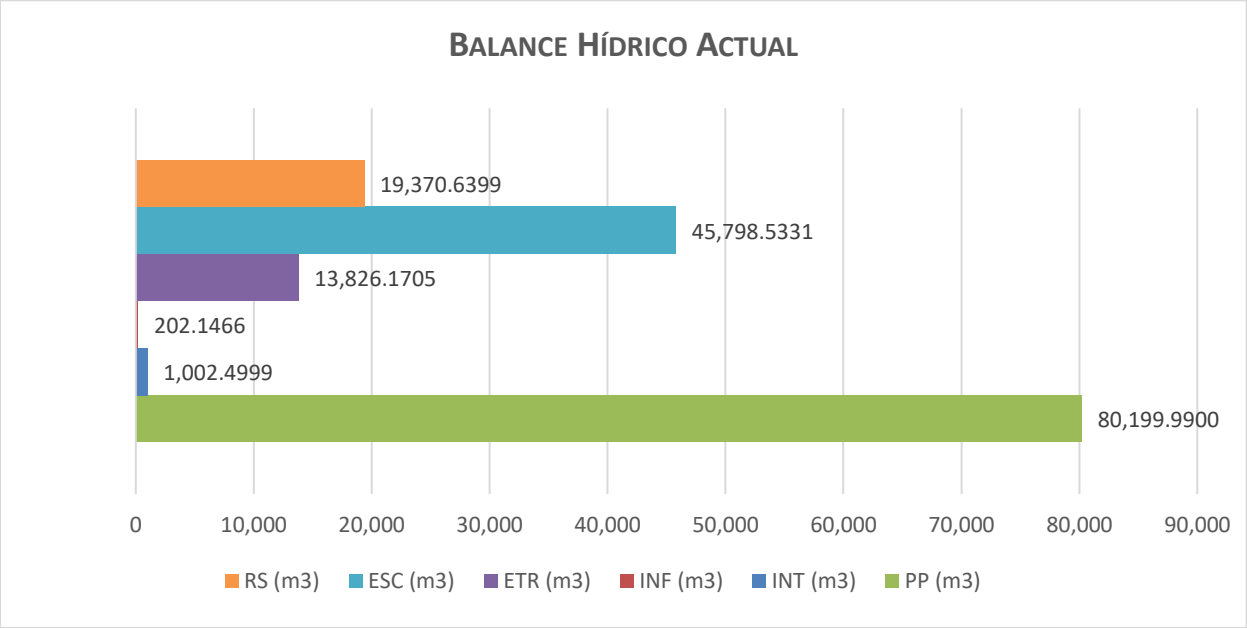
Con la metodología desarrollada en el apartado de hidrología superficial fue posible estimar el balance hídrico, el cual nos permitió conocer los procesos de precipitación, evapotranspiración, escurrimiento, infiltración y recarga en la S-CUSAF, cuyos resultados se muestran a continuación.

Captación de agua de lluvia actual en la S-CUSAF.

De acuerdo con los resultados de la tabla, en el balance hídrico observamos que el 57.11% del agua precipitada se escurre lo cual está relacionado con las propiedades físicas del suelo, la intensidad de la lluvia y la cobertura vegetal por lo que se pierden en la escorrentía 45,798.5331 m^3, la recarga subterránea representa el 24.15% del agua precipitada que se recarga en el representando un volumen de 19,370.6399 m^3, el 17.24% corresponde a la evaporación del agua y está relacionado directamente con las condiciones climáticas y el estado de la cobertura vegetal dentro de la superficie con vegetación de **Matorral Crasicaule** por lo que anualmente se evapotranspiran 13,826.1705 m^3, y posteriormente tenemos la intercepción con un 1.25% que está relacionado con la cobertura de las copas por lo que la vegetación capta 1,002.4999 m^3 y para finalizar tenemos la infiltración en el suelo o el agua que queda disponible para el uso de las plantas que corresponde a tan solo el 0.25% o 202,1466 m^3.

Tabla 65. Balance hídrico actual en la S - CUSAF.

Polígono	PP (m3)	INT (m3)	INF (m3)	ETR (m3)	ESC (m3)	RS (m3)
CUSAF	80,199.9900	1,002.4999	202.1466	13,826.1705	45,798.5331	19,370.6399
Total	**80,199.9900**	**1,002.4999**	**202.1466**	**13,826.1705**	**45,798.5331**	**19,370.6399**
%	**100.00%**	**1.25%**	**0.25%**	**17.24%**	**57.11%**	**24.15%**



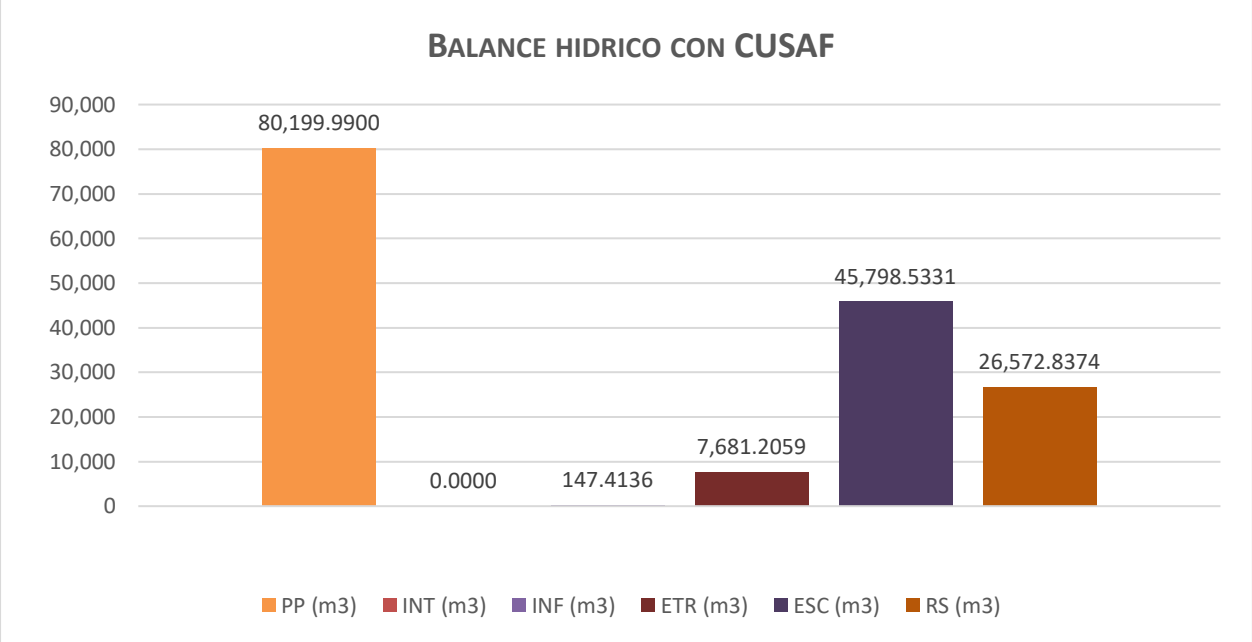
Grafica 28**.** Balance hídrico actual.

Estimación de volumen de captación de agua Con CUSAF.

Con los datos obtenidos para el balance hídrico observamos que el escurrimiento representa el 57.11%, es decir, 45,798.5331 m^3 con la ausencia de cobertura vegetal, en seguida tenemos la recarga subterránea del 33.13% de la precipitación por lo que se recargarán al acuífero anualmente, es decir, 26,572.8374 m^3, posteriormente tenemos la evaporación con 9.58% ya que la evaporación disminuirá al eliminar la vegetación por lo que anualmente se evaporarán 7,681.2059 m^3 por efecto de la evaporación del suelo, la infiltración en el espacio poroso corresponde a 0.18% del agua precipitada por lo que en el área de vacíos se infiltrará 147.4136 m^3 antes de que inicie el proceso de escurrimiento y finalmente con la remoción de la vegetación la intercepción de la vegetación pasará a 0%, sin embargo solo se trata de una afectación temporal.

Tabla 66. Balance hídrico Con CUSAF.

Balance hídrico Con CUSAF						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	0.0000	147.4136	7,681.2059	45,798.5331	26,572.8374
Total	**80,199.9900**	**0.0000**	**147.4136**	**7,681.2059**	**45,798.5331**	**26,572.8374**
%	**100.00%**	**0.00%**	**0.18%**	**9.58%**	**57.11%**	**33.13%**



Grafica 29**.** Balance hídrico Con CUSAF.

Tabla 67. Comparativo entre el balance hídrico Sin Proyecto y Con Proyecto.

Balance hídrico actual						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	1,002.4999	202.1466	13,826.1705	45,798.5331	19,370.6399
Total	**80,199.9900**	**1,002.4999**	**202.1466**	**13,826.1705**	**45,798.5331**	**19,370.6399**
%	**100.00%**	**1.25%**	**0.25%**	**17.24%**	**57.11%**	**24.15%**
Balance hídrico con CUSAF						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	0.0000	147.4136	7,681.2059	45,798.5331	26,572.8374
Total	**80,199.9900**	**0.0000**	**147.4136**	**7,681.2059**	**45,798.5331**	**26,572.8374**
%	**100.00%**	**0.00%**	**0.18%**	**9.58%**	**57.11%**	**33.13%**
Déficit		**-1002.50**	**-54.73**	**-6,144.96**	**0.00**	**7,202.20**

Tomando en cuenta lo anterior y a sabiendas que la vegetación forestal, esta intrínsecamente ligada con el agua de lluvia que se infiltra, si comparamos los resultados del balance hídrico actual, es decir, sin la remoción de la vegetación forestal, contra la que resulta con proyecto, es decir, una vez eliminada la vegetación forestal, en suma se obtiene el déficit de infiltración que de **7,202.20** m^3 de agua, lo que supondría que es la afectación con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales, sobre la vegetación presente, como se observa en la tabla anterior.

Sobre este déficit se proyectará el volumen de obras de conservación de agua para su compensación, mismas que se describe a mayor detalles en el capítulo X del presente estudio.

Balance hídrico con las medidas de mitigación.

Una vez realizado el cambio de uso de suelo se verán afectados aquellos parámetros que están relacionados con la cubierta vegetal tal es el caso de la evapotranspiración, la intercepción de la lluvia por el dosel arbóreo y el escurrimiento, por lo que durante el tiempo que se remueva la vegetación se deberán proponer medidas que mitiguen los efectos provocados por las actividades propias del cambio de uso de suelo.

Por lo anterior, se tienen contempladas las siguientes actividades:

1. Barreras de piedra acomodada en curvas de nivel.
2. Tinas ciegas o zanjas trincheras
3. Establecimiento de barreras vivas (restauración).
4. Establecimiento de terrazas individuales (restauración).

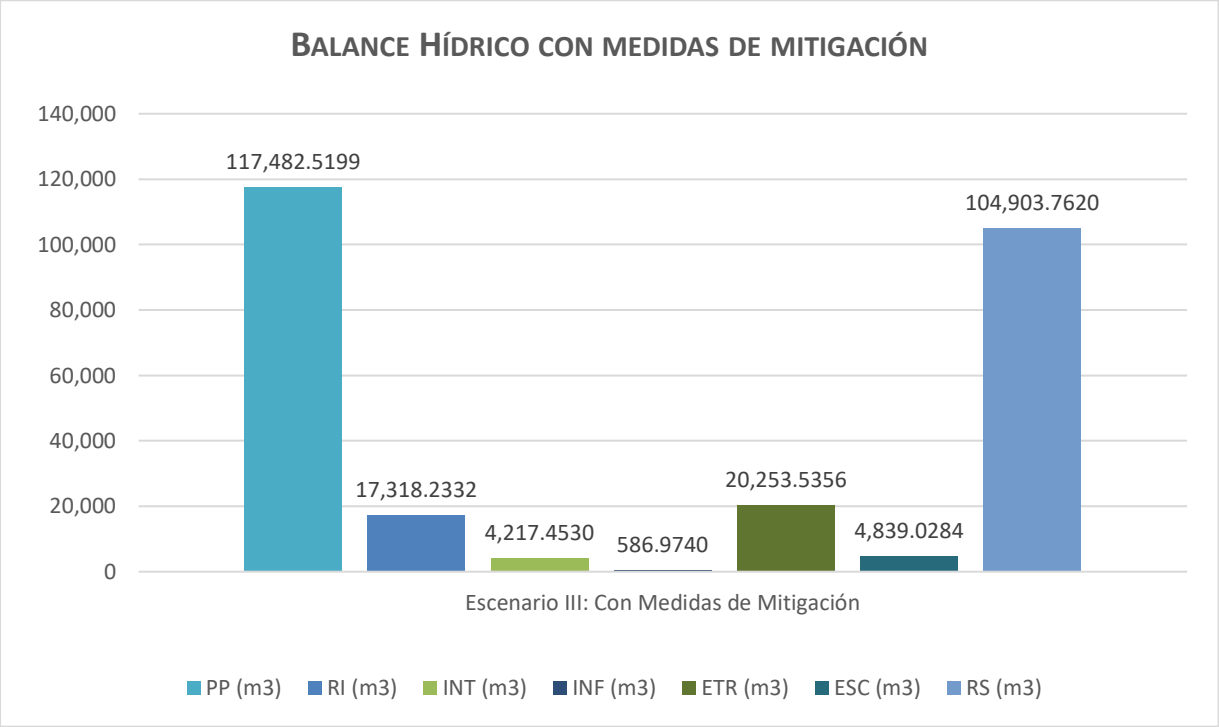
Tabla 68. Balance hídrico con las medidas de mitigación.

Polígono	PP (m3)	RI (m3)	INT (m3)	INF (m3)	ETR (m3)	ESC (m3)	RS (m3)
Restauración	67,739.4303	11,888.0365	2,540.2286	292.1333	11,678.0178	2,571.6287	62,545.4583
Franja de Amortiguamiento	20,833.2800	0.0000	520.8320	77.0106	3,591.5775	2,164.8184	14,479.0415
Polígono de mitigación	28,909.8096	5,430.1967	1,156.3924	217.8301	4,983.9402	102.5813	27,879.2622
Total	**117,482.520**	**17,318.2332**	**4,217.4530**	**586.9740**	**20,253.5356**	**4,839.0284**	**104,903.762**
%	**87.15%**	**12.85%**	**3.13%**	**0.44%**	**15.02%**	**3.59%**	**77.82%**
Entradas	**134,800.753**						

Una vez empleada la ecuación del balance hídrico tenemos que con las medidas de mitigación se tiene una entrada (precipitación y recarga inducida) de agua de 134,800.7531 m3, la cual representa un 12.85% más del agua precipitada que fue 117,482.5199 m3, como resultado de la inducción por medio de las obras de conservación de suelo, equivalente a 17,318.2332 m3, y una intercepción de 7,350.5065 m3 son captados por la vegetación; la evaporación del agua a la atmosfera es de 20,253.5356 m3 debido a la transpiración y evaporación de las plantas la cual está relacionado con el estado de la vegetación, el suelo tiene una capacidad de almacenar 586.9740 m3 en la capa superficial debido a las propiedades físicas del suelo como es la textura, porosidad y la conductividad hidráulica una vez que la precipitación rebase ésta capacidad de

almacenamiento iniciará el proceso de escurrimiento que será de 4,839.0284 m3 el cual dependerá del tipo de suelo así como las condiciones de cobertura.

Mientras que la recarga subterránea representa 104,903.7620 m3 por efecto de las medidas de mitigación.



Grafica 30**.** Grafica del balance hídrico con aplicación de medidas de mitigación.

Eficiencia de las medidas de mitigación.

En la siguiente tabla se presenta se presenta la captación de agua para cada escenario del proyecto (Sin Proyecto, Con CUSAF, Con medidas de mitigación y la eficiencia de las medidas de mitigación):

Tabla 69. Eficiencia de las medidas de mitigación.

Captación actual de agua (m3)	Captación de agua por el desmonte (m3)	Cantidad a mitigar (m3)	Captación de agua con todas las medidas de mitigación (m3)	Eficiencia de las medidas de mitigación
19,370.6399	26,572.8374	-7,202.1975	104,903.7620	-1457%

De acuerdo con nuestro balance hídrico, si comparamos el agua captada actual, es decir, sin cambio de uso de suelo o eliminación de la vegetación, que fue e 19,370.6399 m3, contra la que resulta de la eliminación de la vegetación forestal, es decir, con proyecto que resulto de 26,572.8374 m3, tenemos in déficit de – 7,202,1975 m^3.

Ahora bien, con la aplicación de medidas de mitigación, es decir, la construcción de obras de conservación de suelo y agua en los polígonos de restauración, mitigación y la franja de protección, resulta una captación inducida 104,903.7620 m3, es decir, 97,701.5645 m3 de agua captada adicionales al déficit de infiltración, por lo que se mitiga la cantidad de agua que pudiera perderse con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales.

De acuerdo con el documento; Actualización de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Tolimán, Estado de Querétaro, en su apartado 4.3 Hidro geoquímica y calidad del agua subterránea, donde se ubica el proyecto.

…En la actualidad la mayoría de los cuerpos de agua superficial se encuentran contaminados ya sea en mayor o menor medida, dependiendo de la cercanía con las fuentes emisoras de los contaminantes; el río San Juan localizado en la ciudad de San Juan del Río y Tequisquiapan no queda exento de este fundamento ya que su cauce alberga descargas municipales e industriales principalmente.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el periodo Nov. – Dic. de 1995 con el fin de evaluar la posible contaminación del acuífero a través del monitoreo y detección de posibles focos de emisión de contaminantes, así como su movilidad en el acuífero de la ciudad de San Juan del Río y con el fin de conocer el grado de contaminación del agua subterránea en la ciudad de San Juan del Río se efectuó el análisis de grasas–aceites, plomo, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y coliformes totales.

Por otra parte, los resultados de los análisis químicos realizados a muestras de agua superficial, indicarán niveles de concentración de plomo similares a los de aguas subterráneas.

Los resultados de las muestras de agua superficial indicaron, como era de esperarse, altos valores en este parámetro debido al alto contenido de materia orgánica.

De igual manera que para el acuífero de la ciudad de San Juan, los resultados de los análisis de nitratos para el valle de Tequisquiapan se encuentran arriba de la norma establecida para uso de agua potable. El grado de concentración llegó a ser hasta 4 veces en orden de magnitud de dicho límite. La concentración promedio fue de 10 mg/l y los máximos valores fueron en el pozo 838 de 24.12 mg/l y en el pozo 863 de 24.18 mg/l. Los resultados de los análisis químicos para aguas superficiales indicaron la ausencia de este parámetro.

En la mayoría de los pozos se obtuvieron concentraciones de coliformes totales de cero, únicamente se presentaron índices de contaminación en pozo 863 (73 UFC / 100 m), pozo 869 (230 UFC / 100 m) y en el pozo 1178 (91 UFC / 100 m).

Los resultados de los análisis de las muestras de agua superficial de la presa Centenario y puente San Nicolás indicaron altos contenidos de Coliformes de 9300 y 110,000 UFC / 100 m, lo que indica su alta contaminación de este parámetro en cuerpos de agua superficial y de la potencialidad para contaminar las aguas subterráneas.

Adicional a las medidas antes descritas, se propone la colocación de 5 sanitarios portátiles, la instalación de 3 contenedores de RSU y el mantenimiento preventivo y correctivo fuera de la superficie autorizada, lo anterior con el objetivo de evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, el suelo y posible afectación de fauna silvestre por consumo de sustancias toxicas.

Atmosfera (aire).

Si bien es cierto, que las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales, no se consideran potencialmente generadoras de partículas nocivas para la salud, sin embargo, se proponen realizar 3 riesgo por semana con agua tratada sobre frentes de trabajo y vías internas, lo anterior con el objetivo de minimizar la emisión de partículas hacia la atmósfera y con ello contribuir a mejorar la calidad del aire en la zona de influencia del proyecto.

Almacenamiento de carbono.

Con el objetivo de restituir los servicios ambientales que se dejaran de recibir con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales, se está proponiendo el programa de reforestación con especies nativas y se considera el rescate y reubicación de flora silvestre, con los cuales se pretende compensar dicho servicio ambiental, de acuerdo con los siguientes resultados.

Tabla 70. Capacidad de almacenamiento de carbono de las especies propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre.

No.	Nombre científico	Individuos totales	Contenido de carbono (kg/ha) por especie	Contenido de carbono total por especie (kg)
1	*Agave asperrima*	981	127.72	2517.28
2	*Agave salmiana*	39	3.30	65.05
3	*Bursera fagaroides*	6	0.51	10.04
4	*Yucca filifera*	2	1.94	38.24
5	*Coryphantha radians*	20	1.07	21.13
6	*Coryphantha erecta*	23	1.23	24.30
7	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	15	0.47	9.20
8	*Echinocactus platyacanthus*	13	1.68	33.18
9	*Stenocereus dumortierii*	4	1.08	21.27
10	*Ferocactus latispinus*	10	0.35	6.86
11	*Cylindropuntia imbricata*	46	1.12	22.03
12	*Myrtillocactus geometrizans*	27	7.28	143.59
13	*Opuntia engelmaniii*	6	1.48	29.21
14	*Echinocereus pentalophus*	42	1.02	20.16
15	*Opuntia leucotricha*	13	2.08	40.90
16	*Cylindropuntia kleinae*	15	0.27	5.34
17	*Mammillaria compressa*	7	0.28	5.51
18	*Opuntia robusta*	1	0.13	2.66
	Total	**1,268**		**3015.94**
	Toneladas			**3.02**

Tabla 71. Contenido de carbono total por individuo y por especie reforestada y capacidad total de almacenamiento de la reforestación.

No.	Nombre común	Nombre científico	Individuos totales	Contenido de carbono (kg/ha) por especie	Contenido de carbono total por especie (kg)
1	Maguey áspero	*Agave asperrima*	350	1631.039	11472.078
2	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	350	65.242	11472.078
3	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	250	1.161	446.625
4	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	250	1.476	1229.980
5	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	50	1.166	58.291
6	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	50	1.341	58.291

No.	Nombre común	Nombre científico	Individuos totales	Contenido de carbono (kg/ha) por especie	Contenido de carbono total por especie (kg)
7	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	50	0.467	31.107
8	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	50	7.490	576.168
9	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	50	22.417	830.264
10	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	150	3.449	1724.649
11	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	150	7.473	1724.649
12	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	150	0.575	1724.649
		Total	**1900**		**31,348.830**

En base a los resultados de la tabla anterior, se estima que la reforestación que se propone, considerando los parámetros proyectados, es decir, una vez que se alcancen los diámetros y alturas promedio y la biomasa por individuo de las especies reforestadas, se tendrá una **capacidad de almacenamiento de 31.349 toneladas de captura de carbono.**

En este sentido, y considerando el programa de rescate y reubicación de flora silvestre y el de reforestación se estima una **capacidad de almacenamiento de carbono total de 34.365 toneladas,** una vez que las especies se encuentren establecidas con el compromiso que ir reponiendo aquellas que por alguna razón no sobreviva.

Tabla 72. Contenido de carbono total con la aplicación de medidas de mitigación que se logra retener.

No.	Programa	Contenido de carbono total por especie (ton)
1	Rescate y reubicación de flora silvestre.	3.016
2	Reforestación con especies nativas.	31.349
	Total	**34.365**

De acuerdo con los resultados plasmados en la tabla anterior, si comparamos la capacidad de almacenamiento de carbono que presenta la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales antes de la remoción de la vegetación forestal, que resultó de **14.349 toneladas de carbono** contra la que resulta de la aplicación de las medidas de mitigación descritas líneas arriba, es decir, con el rescate y reubicación de flora silvestre y la reforestación que se proponen una vez establecidas y cuando se alcancen los parámetros proyectados, que se estima en **34.365 toneladas de carbono,** se tendría una **capacidad de almacenamiento mayor equivalente 20.015 toneladas de carbono adicionales**, por lo que se demuestra que se mitiga la capacidad

de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales antes de la remoción de la vegetación forestal.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir, que no solo se mantiene la capacidad de almacenamiento de carbono en la unidad de gestión ambiental, sino que se incrementa con las medidas de mitigación propuestas, manteniendo con ello un equilibrio y garantizando su estabilidad dentro del territorio.

Con base en el análisis comparativo realizado a cada uno de los atributos ambientales identificados en la unidad de gestión ambiental que potencialmente recibirán algún tipo de impacto ambiental y con la aplicación de las acciones o medidas de prevención y mitigación ambiental y tomando en cuenta las características de estabilidad de la unidad de gestión ambiental que nos ocupa, es viable ambientalmente destinar la superficie del proyecto al aprovechamiento sustentable, ya que de acuerdo con dichos resultados se garantiza la sostenibilidad de la flora y fauna silvestre, y no se afecta el equilibrio ni se disminuye su potencial, garantizando su estabilidad y los servicios ambientales que se dejaran de percibir serán restituidos una vez que se lleve a cabo la restauración del sitio.

Estrategias Ambientales

Es importante señalar que de acuerdo al artículo 84 fracción IV del Código Ambiental del Estado de Querétaro, las estrategias, se conciben como el conjunto de acciones, que buscan promover la integración de los objetivos específicos, proyectos y programas, con el objeto de lograr el cumplimiento de los Lineamientos y Criterios de Regulación Ambiental a través de responsables (gobierno, instituciones públicas y privadas, entre otros). ***En este sentido un particular no es responsable de atender dichas estrategias.***

Criterios Ambientales

Los criterios de regulación ambiental consisten en enunciados generales o específicos que inducen los diversos usos del suelo y regulan las actividades productivas en el área de ordenamiento dirigidos a la protección, conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que se localicen en la región de que se trate, así como para la realización de actividades productivas y la ubicación de asentamientos humanos. Contribuyen al cumplimiento de las políticas ambientales y establecen las condiciones que deberán ser observadas en todo proyecto o actividad que se desarrolle en el territorio.

Los criterios generales aplican en todo el territorio, toda vez que su ejecución resuelve y mitiga los principales problemas identificados en la agenda ambiental.

La autoridad en el ámbito de sus competencias podrá asignar criterios adicionales a los establecidos en este Programa, cuando las actividades pretendidas a desarrollar en el territorio (proyecto, obra o acción), no se encuentren contempladas en el objeto de la política ambiental asignada a la UGA al momento de la formulación del presente Programa. Los criterios ambientales adicionales, tendrán un fundamento legal y/o técnico y se asignarán a través del dictamen u opinión ambiental al momento de expedir, suspender, negar, condicionar o revocar las licencias, permisos y autorizaciones de uso de suelo y las licencias de construcción, operación o funcionamiento, según corresponda por parte de la autoridad competente. Lo anterior, siempre y cuando estos criterios permitan mitigar y compensar los impactos ambientales generados por el uso del territorio sin menoscabo de la regulación y normatividad específica para cada una de las actividades que se pretendan realizar.

Tabla 73. Vinculación del proyecto con los Criterios de las UGAs 34 y 322 del POEREQ.

CLAVE	CRITERIO	VINCULACIÓN	UGA's	
			34	322
CRITERIOS GENERALES				
CG01	El aprovechamiento de flora y fauna silvestre deberá de realizarse en Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentares y en los términos de los programas de manejo que para tal efecto haya autorizado la SEMARNAT o la autoridad competente.	En relación a lo anterior, la LGVS como la LGDFS, relacionan a la extracción en términos del "Aprovechamiento" de los recursos resultantes, y en el caso del proyecto, no se pretende extraer vegetación con fines de aprovechamiento, sino su remoción con fines de cambio de uso de suelo en áreas forestales o en su caso con fines de reubicación a través del programa de rescate y reubicación de flora silvestre. Así mismo, la superficie solicitada a cambio de uso de suelo en áreas forestales, no pertenece a Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentares, en los términos de los programas de manejo que para tal efecto haya autorizado la SEMARNAT o la autoridad competente		

CG02	La extracción, remoción transporte o utilización de especies de flora y fauna silvestre por el aprovechamiento del territorio de cualquier actividad deberán estar previamente autorizadas por la SEMARNAT o la autoridad competente, con especial atención a las endémicas y a las especies NOM	El manejo flora silvestre se apegará a lo establecido en los Programas de reforestación y de rescate y reubicación de flora nativa. En relación a la fauna silvestre se realizará conforma al Programa de rescate y reubicación y las especies identificadas en el muestreo realizado. Priorizando las especies enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010.**		
CG03	Los proyectos que requieran la instalación de cercas, caminos, carteleras, deberán garantizar que éstas permitan el libre paso y la dispersión natural de la vida silvestre	Si bien los cortes donde se esté llevando la explotación de piedra caliza, puedan constituir una barrera que limite el libre tránsito de fauna silvestre, para ello se está proponiendo un programa de rescate y reubicación de fauna silvestre y un programa de control de daños, los cuales se aplicaran antes y durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales y su principal objetivo es evitar daños a la fauna silvestre que se encuentre en tránsito o dentro de la superficie del proyecto, incluso a aquellas especies que se encuentren en alguna etapa de reproducción, las cuales de ser necesario serán capturadas o ahuyentadas y reubicadas fuera del área del proyecto, por lo que se garantizará el libre tránsito. Respecto a la franja de protección de 20 metros que se propone alrededor del área del banco de explotación, esta únicamente será delimitada con el uso de las coordenadas geográficas y señalizada, con el propósito de evitar la colocación de cercos físicos que afecten el libre tránsito de fauna silvestre, los resultados de dicha medida se informarán a las instancias correspondientes con copia al municipio.		
CG04	La realización de obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deberán incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de la vocación natural.	En el apartado correspondiente de este estudio se describen las medidas de prevención y mitigación que buscarán controlar y prevenir la contaminación de los recursos naturales, consistentes en la implementación de las siguientes acciones:		

		- Delimitar las áreas de trabajo conforme a lo autorizado por la autoridad competente para no afectar las áreas circundantes. - Disponer de sanitaros portátiles para que los trabajadores no realicen sus necesidades biológicas al aire libre. - Colocar contenedores para almacenar temporalmente los residuos sólidos urbanos que se generen por el personal que participa en el proyecto. - Realizar un adecuado manejo y disposición de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos. - Dar mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipo para evitar derrames de combustibles y lubricantes, así como disminuir las emisiones a la atmósfera. - Establecer un patio de maquinaria donde ésta se concentre a fin de mantenerla alejada de escurrimientos superficiales y poder contener derrames accidentales. - Humedecer las terracerías y materiales dispuestos al aire libre para evitar la generación de polvos fugitivos. - Evitar disponer los materiales empleados en la obra, así como los residuos del desmonte y despalme, cerca de cuerpos de agua o laderas - Colocar lonas a los camiones que transporten material hacia y desde el predio (residuos o materiales de construcción). - Impartir capacitaciones a los trabajadores que participen en la ejecución del proyecto para generar consciencia sobre prácticas adecuadas encaminadas al cuidado de los recursos naturales. - Evitar el uso de fogatas para prevenir incendios. - Implementar un programa de manejo integral de residuos.		

		- Construir obras de conservación de suelo y agua con la finalidad de mantener la infiltración de agua y la retención de suelo. - Establecer una franja de amortiguamiento en la periferia del predio. - Restaurar el sitio conforme el avance del aprovechamiento de las terrazas proyectadas, es decir, que una vez terminada la vida útil del proyecto, éste se encuentre cien por ciento restaurado, o en su estado base.		
CG05	Durante la elaboración y ejecución de un programa para la restauración ecológica o compensación ambiental, se deberán integrar en las actividades a propietarios poseedores, organizaciones sociales, públicas o privadas, pueblos indígenas, gobiernos locales y demás personas interesadas.	Toda vez que la aplicación de medidas de prevención, mitigación, compensación y las propias de restauración son responsabilidad exclusiva del titular de la autorización de cambio de uso de suelo en áreas forestales, no será adecuado involucrar a organizaciones sociales, públicas o privadas, pueblos indígenas, gobiernos locales y demás personas interesadas.		
CG06	Para la restauración de áreas deforestadas se deberá promover el establecimiento de estratos de vegetación, de modo que favorezca el desarrollo de la estructura del ecosistema original.	La restauración del sitio explotado tiene como objetivo principal, regresar a su estado base la superficie del proyecto, por lo que se busca restablecer los estratos de vegetación originales de modo que se recuperen los servicios ambientales del ecosistema original.		
CG07	Los usos y destinos de suelo otorgados o reconocidos por los instrumentos urbanos no considerados en el presente ordenamiento deberán dar cumplimiento a los criterios ambientales correspondiente a la regulación ambiental de los asentamientos humanos estableados en la legislación ambiental, las disposiciones ambientales consideradas en los propios programas urbanos o en su caso aquellos señalados en el dictamen ambiental.	El cambio de uso de suelo en áreas forestales, se solicita en congruencia con el uso de suelo autorizado con fecha 28 de febrero de 2021 por el H. Ayuntamiento Constitucional del municipio de Tolimán, Querétaro., mediante Sesión Extraordinaria de Cabildo y considerando el Dictamen que emitió la Comisión de Desarrollo Urbano y Ecología de Conservación a Actividades Extractivas (Banco de materiales pétreos y trituración) en una superficie inicial de 20.00 (veinte) hectáreas, al predio denominado "El Barrosal", Delegación Municipal de San Antonio de La Cal, Tolimán, Querétaro, mismo que fue publicado en el Periódico Oficial "La Sombra de Arteaga" con fecha 14 de mayo de 2021 y Protocolizado ante Notario Público con fecha 28		

		de mayo de 2021 e inscrito en el Registro Público de la Propiedad el 9 de julio de 2021 y al cumplimiento del presente ordenamiento ecológico regional POEREQ 2022.		
CG08	Reducir al máximo los impactos, daños y desequilibrios que ocasionen los asentamientos humanos al medio ambiente a través integrar medidas de mitigación y compensación orientadas a mantener un desarrollo sustentare del territorio.	Por la naturaleza del proyecto la presente estrategia no le es aplicable, toda vez, que éste no pretende el establecimiento de asentamientos humanos.		
CG09	Las actividades productivas que generen aguas residuales en sus procesos deberán contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales y un plan de reúso de las aguas tratadas	Las aguas residuales que se generen durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales serán las provenientes de los sanitarios portátiles, la empresa que proporcione el servicio deberá de darles el mantenimiento respectivo y proceder a su disposición final de forma adecuada conforme a la normativa aplicable.		
CG10	El aprovechamiento del territorio en zonas que contengan monumentos arqueológicos, artísticos, históricos y zonas de monumentos y todos aquellos que determine la ley en la materia, deberá cumplir con lo señalado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia en materia de monumentos, zonas arqueológicas artísticos e históricos además de cumplir con los requisaos, requerimientos o autorizaciones emitidas por el INAH y el Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura.	De acuerdo a los recorridos de campo en la superficie propuesta a CUSAF, no se detectó evidencia de la existencia de zonas que contengan monumentos arqueológicos, artísticos, históricos y zonas de monumentos y todos aquellos que determine la ley en la materia, que deban dar cumplimiento con lo señalado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia en materia de monumentos, zonas arqueológicas artísticos e históricos además de cumplir con los requisaos, requerimientos o autorizaciones emitidas por el INAH y el Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura.		

Justificación de cómo la actividad contribuirá al fortalecimiento del objetivo de la política o políticas ambientales para garantizar la consolidación de la Imagen Objetivo establecidas en el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro (POEREQ).

Con el objetivo de darle mayor subjetividad a la dicha justificación a continuación se transcribe la imagen objetivo que persigue dicho programa.

Imagen objetivo.

A partir de las consideraciones anteriores, y de acuerdo con lo planteado por el Plan Estatal de Desarrollo Querétaro 2021-2027, el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano y los diversos programas estatales y municipales, se definió la siguiente imagen objetivo del Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro:

Querétaro es un estado ordenado y equilibrado en su desarrollo que, sustentado en la protección y conservación de su patrimonio natural y cultural, ha mejorado los niveles de bienestar de sus pobladores. Su desarrollo urbano integral, equitativo y eficiente, centrado en las personas que lo habitan, en apego al respeto del medio natural del territorio y en las necesidades de sus regiones, que mantienen una relación suficiente entre la base de los recursos naturales, las áreas verdes y la población. Es una entidad altamente competitiva, con una diversificación productiva y económica que, bajo principios de sustentabilidad y equilibrio regional, con medidas de adaptación y acción ante el cambio climático, y la integración sistemática de la economía circular, se ha proyectado como confiable y próspera.

El aprovechamiento sustentable del territorio, es decir, la superficie propuesta a CUSAF, a través de la extracción de roca caliza del subsuelo y su posterior trituración, cumplirán con la normatividad ambiental vigente en materia de cambio de uso de suelo en áreas forestales e impacto ambiental de los tres niveles de gobierno, con ello se contribuirá a lograr un estado ordenado y equilibrado en su desarrollo, bajo este objetivo se apegará a los distintos ordenamientos ecológicos y de uso de suelo en su territorio, logrando con ello un desarrollo integral, equitativo y eficiente al respetar la vocación del contexto local.

Al dar cumplimiento con la normatividad ambiental vigente aplicable a la naturaleza de la actividad, se garantizará que el mismo se rija bajo los principios de sustentabilidad y equilibrio que esta establece, ello nos va garantizar que dicha actividad se integre en las diferentes políticas ambientales vigentes, es decir, que se adapte a los retos del cambio climático y la integración progresiva de la economía circular, contribuyendo a lograr un estado confiable y próspero en el mediano y largo plazo.

Con la ejecución de los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, la colocación de letreros preventivos, el programa de reforestación con especies nativas y la franja de protección, se mantendrá la esctructura (tipos de vegetación, heterogeneidad espacial, distribución y conectividad, la composición (riqueza y abundancia de especies), patriminio natural,

cultural e histórico de forma responsable de flora y fauna silvestre, máxime que como se ha abundado ampliamente en el estudio, todas las especies identificadas y registradas en la S-CUSAF, se encuentran amplia y bastamente en el SA, y no se identificaron especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de flora y fauna silvestre que pudieran ser afectadas con las actividades de cambio de uso de suelo.

Así mismo, se evitará la perdida de especies por caza, extracción, autoconsumo y venta ilegal de flora y fauna silvestre y la contaminación del suelo y agua superficial en la unidad de gestión ambiental.

De la misma manera, con el rescate y reincorporación de tierra de monte o materia orgánica en las actividades de restauración, la construcción de obras de conservación de agua y suelo, la colocación de sanitarios portátiles la instalación de contenedores, el mantenimiento preventivo y correctivo fuera de la superficie autorizada, los riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas y la delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal, se garantizará la función de los procesos hidrológicos y geomorfologicos y se propiciará la continuidad de los procesos y servicios ambientales dentro de las unidades de gestión ambiental.

Por lo que se concluye que el proyecto no significará afectación alguna hacia la flora y fauna silvestre, el suelo, agua superficial y subterránea y el almacenamiento de carbono, contribuyendo de esta manera al logro del objetivo del programa de ordenamiento ecológico.

Con la colocación de sanitarios portátiles, la instalación de contenedores, la delimitación y señalización de zonas federales de los arroyos Bernal y El Barrosal, la aplicación de riegos periódicos con agua tratada en frentes de explotación y vías internas y el mantenimiento preventivo y correctivo fuera la S-CUSAF, con el objetivo de controlar y prevenir la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, el suelo y el aire, contribuyendo a disminuir la problemática y conflictos ambientales dentro de la UGA y al logro del objetivo del ordenamiento.

En consecuencia, bajo esta visión, el proyecto se alineará en lo general y en lo especifico al cumplimiento de la imagen objetivo que se busca alcanzar con la aplicación del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro POEREQ 2022.

Sin embargo, para ir de la mano con dicho instrumento de ordenación es necesaria la validación del proyecto con éste y otros ordenamientos y principalmente las autorizaciones

correspondientes, para evitar desalentar al promovente y buscar alternativas al margen de la legislación en la materia como viene sucediendo en la zona de influencia del área.

II.6.3 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Tolimán.

Conforme al Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Tolimán, Querétaro, aprobado por el H. Ayuntamiento de Tolimán, Qro., el 13 de septiembre de 2018 en Sesión Ordinaria de Cabildo, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Querétaro "La Sombra de Arteaga" el 25 de septiembre de 2018 e inscrito en el Registro Público de la Propiedad con fecha 21 de febrero de 2022 bajo el Folio de Plan de Desarrollo 00000118/0001.

La totalidad de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, es decir, las 19.71 hectáreas se localizan en la Unidad de Gestión Ambiental No. 8 La Campana con una política de Conservación, como se ilustra en el siguiente mapa.

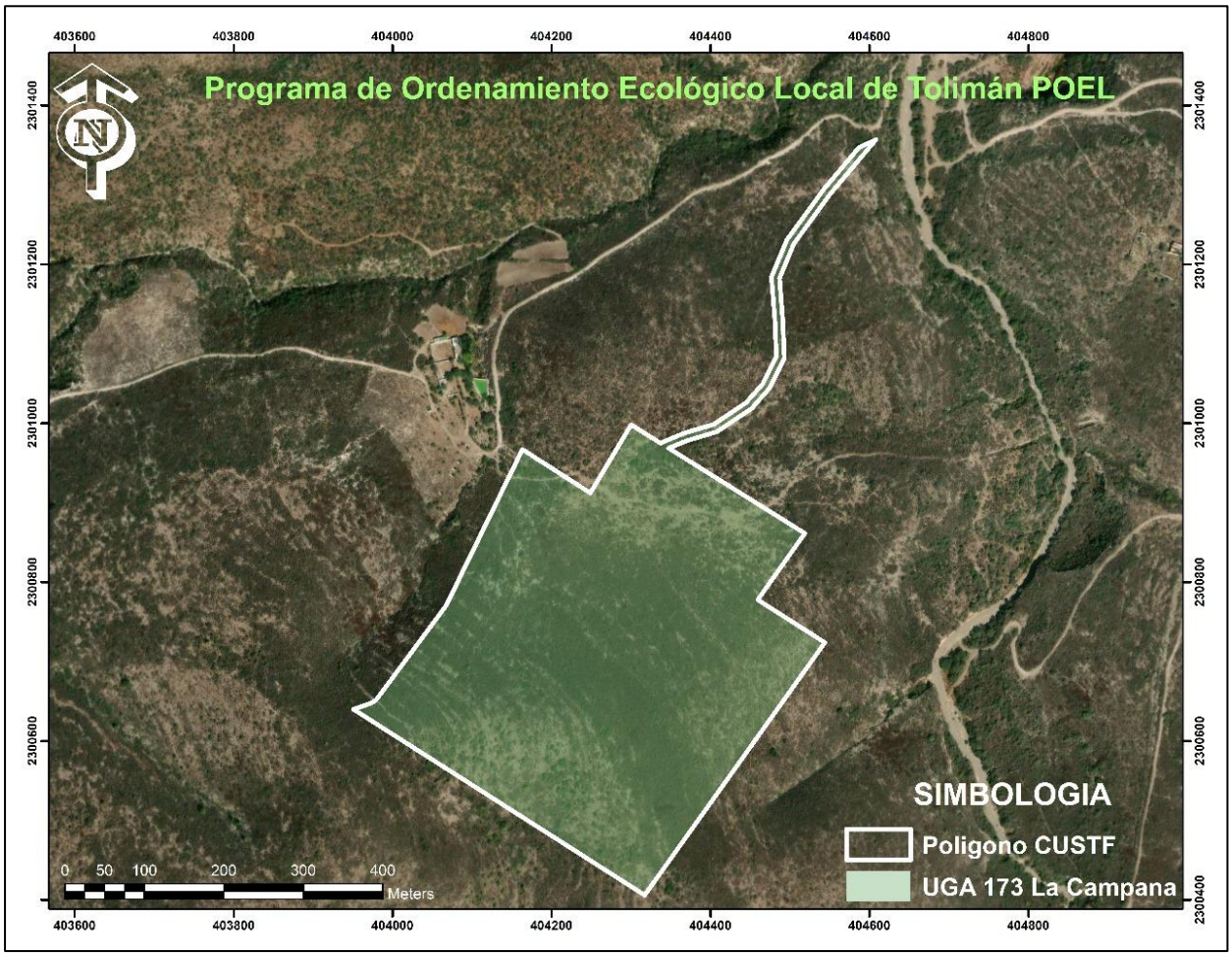


Imagen 11. Superficie propuesta CUSAF en el Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Tolimán POELT.

La unidad de gestión ambiental No. 8 La Campana se encuentra regulada por la siguiente ficha técnica, la cual describe la política y los usos compatibles e in- compatibles, lineamientos, estrategias y criterios.

Tabla 74. Ficha técnica de la UGA 8 La Campana.

UGA/Política	**UGA 8 La Campana**
	Conservación
Usos compatibles	Conservación Forestal.CF Cuerpos de Agua, CA. Infraestructura Rural. IR* Turismo Alternativo. TA
Usos incompatibles	Agrícola – Pecuario. AGP Desarrollo Urbano e Industria. DUI Comercio, Equipamiento y Servicios. CES Infraestructura General. IG **Extracción. EX***
Lineamientos	L0,L2, L3 y L4
Estrategias	EG01, EG02, EG04, EG05, EG06, EG07, EG08, EG09, EG10, EG11, EG12, EG13, EPC02, EPC03, EPC04, EPC05, EPC06, EPC07, EPC08, EPC09, EPC10, EPC11, EPC12, EPC13, EPC14, EPC15, EPC16, ER01, ER02, ER03, ER04, ER06, ER07, EAS03, EAS05, EAS06, EAS12, EAS13, EU02
Criterios	CG01, CG02, CG03, CG04, CG05, CG06, CG07, CG08, CG09, CAH04, CAH05, CAH06, CAH10, CE01, CE02, CE03, CE04, CE05, CE06, CE08, CE09, CE10, CE11, CE12, CE13, CE14, CE15, CF01, CF02, CF03, CF04, CF05, CF06, CF07, CMR05, CMR07, CMR08 CMR09, CMA02, CMA03, CMA04, CMA05, CMA06, CMA07, CMA08, CMA09, CMA10, CMA11, CB02, CB03, CB04, CB05, CB06, CB07, CB10, CS01, CS02, CS03, CS04, CT01, CT03, CT04, CT05

Usos marcados con *, están sujetos a evaluación previa por la autoridad competente.

Por lo cual, la vinculación del proyecto tiene como propósito, el cumplimiento del presente programa y está orientado a respectar la visión objetivo para el Municipio de Tolimán que es:

Un municipio sustentable tanto de forma económica como ambiental, con capacidad de impulsar el desarrollo integral de los sectores conformados en su territorio, capaz de mejorar la producción agrícola y ganadera mediante técnicas que garanticen la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, con una actividad minera, agrícola y pecuaria responsable, que minimice sus impactos de forma efectiva; con una infraestructura adecuada que garantice la

conectividad de sus localidades y al desarrollo de actividades económicas alternas como el turismo.

Política.

En apego a lo anterior y una vez revisado dicho ordenamiento, se concluye que la superficie que comprende el proyecto está ubicada dentro de una **política de conservación, con actividades extractivas, *(*) sujetas a evaluación previa por la autoridad competente,*** la cual se describe a continuación;

Conservación.

Para todas las Unidades que poseen un equilibrio en sus ecosistemas y cuyos usos actuales no afectan o alteran su funcionamiento. Por sus características de estabilidad, podrían ser utilizadas para ***aprovechamiento sustentable*** *cuando se* ***garantice la sostenibilidad de la flora y fauna y no se afecte su equilibrio o disminuya su potencial, poniendo en riesgo su estabilidad****. Incluye las áreas verdes naturales o inducidas por el hombre con el objeto de compensar los servicios ambientales al interior de las manchas urbanas o cerca de ellas, dándole conectividad a la movilidad y dispersión natural de la biodiversidad regional sirviendo como corredores ecológicos. También incluye cualquier tipo de patrimonio cultural tangible o intangible que representa un valor histórico relevante para los habitantes como lo son las zonas arqueológicas, museos, tradiciones o costumbres, etc.*

La permanencia y continuidad de estas Unidades bajo la política de conservación será prioritaria respecto del desarrollo de asentamientos humanos por su importancia y función ecológica o su relación con el patrimonio cultural de la humanidad, usos y costumbres, valor histórico y/o arqueológico.

Si bien es cierto, que dentro de la política de Conservación, las Actividades Extractivas (Ex) son incompatibles, también lo es, que dicho Ordenamiento las cataloga como actividades ***(*)sujetas a evaluación previa por la autoridad competente***. Es decir, no están ***prohibidas***, por lo tanto para llevarlas a cabo, no se requiere de la ***modificación*** del programa de ordenamiento ecológico local. Sin embargo, ante la falta de precisión y confusión de saber jurídicamente quien es la autoridad competente que emite dicha evaluación de compatibilidad sobre las actividades extractivas, los promoventes de este tipo de actividades se encuentran en ***estado de incertidumbre jurídica*** para dar cumplimiento de dicho ordenamiento ecológico.

Lo anterior, sin dejar de precisar que el H. Ayuntamiento de Tolimán, Qro., aprobó y autorizo el cambio de uso de suelo de conservación a actividades extractivas (Banco de materiales pétreos y trituración) en una superficie inicial de 20.0 hectáreas, en Sesión de Cabildo de fecha 23 de febrero de 2021, mismo que fue publicado en el Periódico Oficial "La Sombra de Arteaga" el pasado el 14 de mayo de 2021 e inscrito en el Registro Público de la Propiedad. Subdirección Tolimán con fecha 13 de julio de 2021 en el Folio Inmobiliario: 00005362/0003, previo a que dicho ordenamiento local fuese inscrito en el Registro Público de la Propiedad y surtiera sus efectos legales hacia terceros, por lo que siendo el municipio el responsable de la ejecución de Programa de Ordenamiento Ecológico Local se concluye que las actividades extractivas sujetas a evaluación previa por la autoridad competente, cuentan con el visto de bueno del H. Ayuntamiento para poder llevarse a cabo dentro la Unidad de Gestión Ambiental donde se ubica la superficie solicitada a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

En este tenor, la actividad principal del proyecto que nos ocupa, es la explotación de materiales pétreos, es decir, la extracción de roca caliza del subsuelo y su transformación, por lo que caemos en el supuesto, de que para llevar a cabo dichas actividades requerimos previamente contar con la *Licencia de Explotación de Banco de Materiales Pétreos*. Por lo tanto, para obtener dicha Licencia debemos apegarnos a lo establecido en el *Código Ambiental del Estado de Querétaro,* el cual faculta al Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro, a través de la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU), como autoridad que también tiene competencia para resolver la naturaleza de las actividades que se pretenden llevar a cabo con el proyecto, conforme al siguiente fundamento:

Código Ambiental del Estado de Querétaro

Artículo 7. *Son facultades y atribuciones de la Secretaría:*

Fracción VII. *Autorizar y regular el aprovechamiento, explotación y restauración de bancos de materiales de construcción y ornamento no reservados a la Federación y de aquellas actividades donde se exploten o beneficien productos derivados de la descomposición o fragmentación de las rocas, mediante trabajos a cielo abierto;*

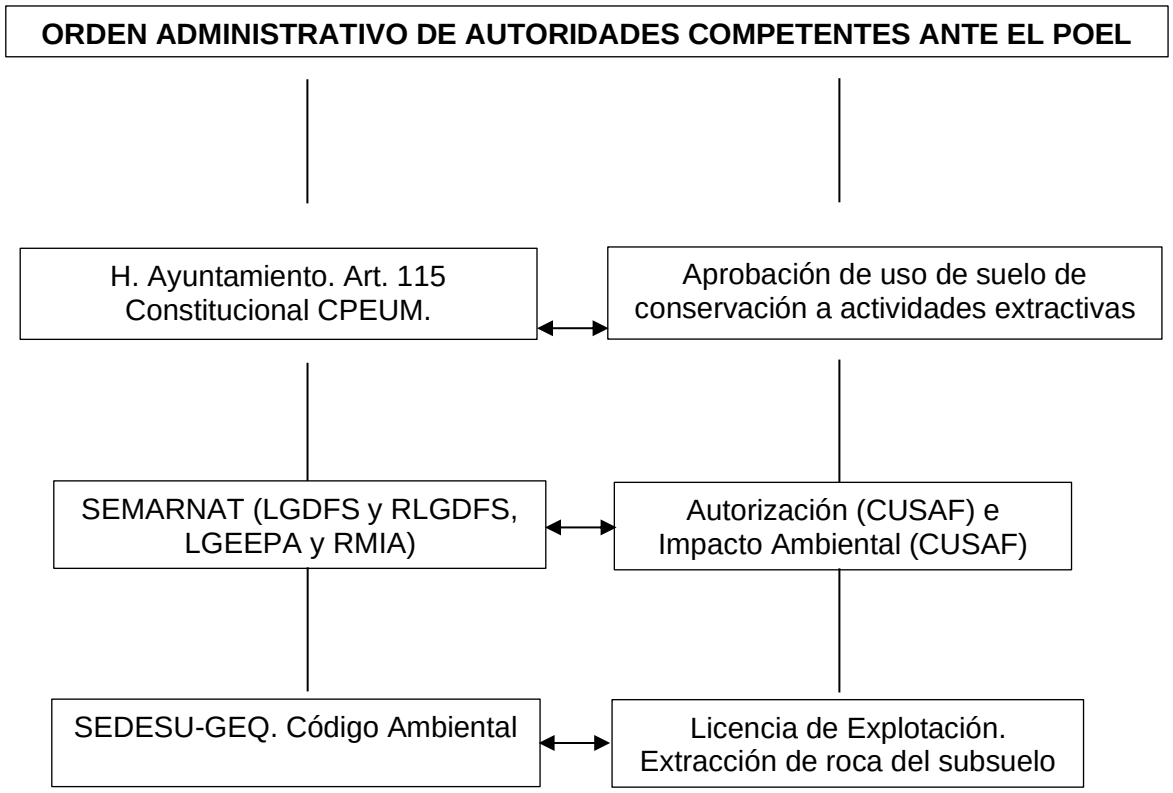
…

Artículo 105. *La Evaluación de Impacto Ambiental será obligatoria, tratándose de lo siguiente:*

Fracción IV. *Explotación y aprovechamiento de bancos de materiales;*

De acuerdo con lo anterior, en orden administrativo, primeramente se obtiene la autorización y aprobación del cambio de uso de suelo por parte del municipio de Tolimán, lo que a la parte ya

aconteció, requisito que se encuentra cubierto como se describió líneas arriba, posteriormente se obtiene la autorización del cambio de uso de suelo en áreas forestales e impacto ambiental, igualmente para actividades extractivas ante la SEMARNAT y finalmente se tramita la licencia de explotación, que es la autorización que permite el aprovechamiento de roca caliza del subsuelo, cuyo procedimiento administrativo se muestra en la siguiente gráfica.



De acuerdo con la gráfica anterior, es evidente que respetando la autonomía que le otorga el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos a la figura jurídica el municipio, no sería posible continuar con el procedimiento administrativo de cambio de uso de suelo ante los siguientes órdenes de gobierno, es decir, federal y estatal, requisito que como se dijo líneas arriba se encuentra cubierto por medio de la aprobación del H. Ayuntamiento de Tolimán del cambio de uso de suelo de conservación a actividades extractivas, para una superficie inicial de 20 hectáreas, cuya superficie solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales e impacto ambiental ante la SEMARNAT se encuentran dentro de esta área aprobada y posteriormente la obtención de la respectiva Licencia de explotación ante la SEDESU-GEQ.

Como ha quedado de manifiesto que dicho proyecto no obliga hacer una modificación al POEL, sin embargo, si se debe cumplir con el precepto que ***garantice la sostenibilidad de la flora y fauna y no se afecte su equilibrio o disminuya su potencial, poniendo en riesgo su estabilidad,*** lo que equivaldría a dar cumplimiento al artículo 93 de la Ley General del Desarrollo Rural Sustentable que establece; *La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en áreas forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.* Dicho lo anterior, tanto el POEL como la presente Ley, concuerdan con la imagen objetivo que se persigue en la UGA el de mantener la biodiversidad (flora y fauna silvestres) una vez autorizadas las actividades extractivas.

En este sentido y toda vez que del análisis y resultados de los apartados biótico y abiótico del presente estudio ha quedado ***demostrado que se mantiene la biodiversidad (de flora y fauna silvestres)*** y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitigarán en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal, lo que equivaldría al cumplimiento del objetivo planteado en la unidad de gestión ambiental, por lo que estamos ante el cumplimiento de la imagen objetivo que se persigue, logrando de esta manera la compatibilidad del proyecto con dicho ordenamiento ecológico, por lo tanto no existe restricción técnica, ecológica ni legal que coarte el uso de suelo solicitado.

Por lo que a continuación se hará la vinculación del proyecto con los lineamientos, estrategias y criterios que regulan las actividades dentro de la unidad de gestión ambiental, las cuales se cumplirán tanto con las diversas medidas de prevención y mitigación propuestas, así como las gestiones adicionales que se han realizado, para ir cumpliendo con las demás disposiciones aplicables a la naturaleza del proyecto y los recursos naturales involucrados, ante las distintas instancias de gobierno.

Lineamientos.

Los lineamientos son enunciados que tienen como objetivo representar el estado deseado para la unidad de gestión ambiental, en sí, son una meta, estos a diferencia de las políticas ambientales y sectoriales permiten definir el o los objetivos que tendrá a bien llevar la política ambiental definida para cada unidad.

Tabla 75. Vinculación del proyecto con los lineamientos del POEL.

Clave	***Lineamientos***
L0	***Consolidar la meta ambiental de la UGA, a través de la ejecución de proyectos, obras y acciones que promuevan el desarrollo sustentable, respetando la vocación y aptitud del territorio; compatibilizándolos con la política ambiental asignada y la consecución de la imagen objetivo, asegurando el escenario estratégico propuesto en el programa.*** En este sentido y toda vez que del análisis y resultados de los apartados biótico y abiótico del presente estudio ha quedado ***demostrado que se mantiene la biodiversidad (de flora y fauna silvestres)*** y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitigarán en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal, lo que equivaldría al cumplimiento del objetivo planteado en la unidad de gestión ambiental, por lo que estamos ante el cumplimiento de la imagen objetivo que se persigue, logrando de esta manera la compatibilidad del proyecto con dicho ordenamiento ecológico, por lo tanto no existe restricción técnica, ecológica ni legal que coarte el uso de suelo solicitado.
L2	***Conservar los recursos naturales existentes y la diversidad biológica presente en la UGA, salvaguardando la integridad de los ecosistemas mediante la aplicación de acciones que aseguren su integridad, recuperación y restauración; el aprovechamiento permitido será de bajo impacto, con beneficios dirigidos a los habitantes locales y deberán incluir las acciones necesarias que mitiguen y compensen los impactos ambientales en el territorio.*** Las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales, tienen como objetivo principal la conservación de la diversidad biológica y asegurar la integridad de dicho ecosistema afectado con las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales. **El proyecto promoverá la generación de empleos locales, principalmente mano de obra calificada en el proceso de explotación y trituración, con el objetivo de reactivar la economía local a consecuencia de la pandemia y el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores.**
L3	***Conservar los escurrimientos y cauces superficiales del territorio, mediante acciones para su restauración y recuperación, así como de los cuerpos de agua a los que pudieran estar asociados; con especial atención a la regulación y el manejo adecuado del flujo de aguas residuales.*** En cumplimiento a lo anterior, es importante precisar que dentro de la superficie solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales no se encuentran arroyos inherentes a la Comisión Nacional del Agua, lo cual ha

	quedado demostrado mediante la validación del estudio hidrológico correspondiente, emitida mediante Oficio No. B00.921.04.-01747 de fecha 1 de octubre de 2020 y la autorización del proyecto de delimitación de zonas federales otorgada mediante oficio No. B00.921.04.-01727 de fecha 28 de septiembre de 2021. En este mismo sentido, es preciso señalar que las aguas residuales generadas con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales e impacto ambiental serán manejadas mediante la colocación de letrinas portátiles a razón de 1 letrina por cada 5 trabajadores, es decir, estará prohibido verter aguas residuales hacia los escurrimientos y cauces superficiales del territorio y cuerpos de agua asociados.
L4	***Restaurar el ecosistema realizando reforestaciones con vegetación nativa y obras de conservación de suelo a fin de mejorar la cobertura vegetal acorde a sus características físico-bióticas, que permitan disminuir la erosión y favorecer los servicios ambientales que aporta la UGA. Cualquier aprovechamiento deberá cumplir lo establecido en el L6.*** Para dar cumplimiento con el presente lineamiento, adicional al programa y subprogramas de rescate y reubicación de flora silvestre propuestos, se está proponiendo un programa de reforestación con especies nativas, cuyos objetivos son mantener las especies nativas y mitigar la capacidad de almacenamiento de carbono que resulta de la remoción de la vegetación forestal. Así mismo se propone la construcción de **1,234.29** metros lineales de barreras de piedra acomodada en curvas de nivel, que retendrán **847.398 tonelada,** de sedimentos de los estimados. Lo anterior es con el objetivo de mantener los índices de diversidad de flora silvestre y con ellos compensar los servicios ambientales que se pudieran verse afectados, en el caso de las barreras de piedra, estas tienen como objetivo evitar la erosión de los suelo, favoreciendo el servicio de sostén hacia la vegetación como una medida de compensación. Todas las medidas de mitigación y compensación van encaminadas a regresar a su estado base parcial la superficie solicitada a cambio de uso de suelo en áreas forestales conforme el avance de la explotación, conforme la planeación del terraceo propuesto para el aprovechamiento de roca caliza.
L6	***Aprovechar sustentablemente el territorio de acuerdo a la aptitud y vocación de la UGA, acompañado de acciones que mitiguen y compensen los impactos ambientales por el aprovechamiento. Las compensaciones derivadas de los impactos ambientales resultantes del desarrollo de actividades antrópicas, deberán considerar los aspectos ambientales, culturales y sociales ligados al uso actual del territorio, mismos que se deberán ejecutar dentro de la zona afectada; de no ser posible se deberán reasignar en otra zona, de acuerdo a lo establecido en este programa y mediante los mecanismos establecidos que a efecto estén señalados en la legislación aplicable.*** Con base en los sondeos realizados en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales y un sinnúmero de bancos de materiales pétreos ubicados en las inmediaciones de la superficie de la UGA se determinó que el área del proyecto cuenta con una aptitud para el aprovechamiento de piedra caliza y su transformación, motivo por el cual se optó destinar la superficie propuesta para la explotación de materiales

	pétreos, cuyas actividades se realizarán en estricto apego a la normatividad ambiental vigente, es decir, que se garantice la aplicación de medidas de mitigación y compensación de impactos ambientales.
L7	***Fomentar el aprovechamiento sustentable de las actividades extractivas acorde a la legislación vigente, de tal manera que los impactos sobre el paisaje y los ecosistemas sean mínimos; restaurando y rehabilitando las zonas afectadas al finalizar su operación.*** Si bien ha quedado de mostrado que a pesar de que la UGA tiene una política de ***conservación,*** las actividades extractivas no están ***prohibidas*** dentro de la misma, lo que se confirma con el presente Lineamiento que es precisamente [***fomentar***] favorecer dicha actividad dentro de la UGA bajo el principio de aprovechamiento sustentable y estricto apego al legislación ambiental vigente, objetivo que se cumple con la elaboración y trámite del presente estudio técnico justificativo y en su caso la obtención de las autorizaciones de cambio de uso de suelo en áreas forestales e impacto ambiental y posteriormente la respectiva Licencia de explotación ante las instancias correspondientes. En dichos procesos administrativos se establecerán las condiciones a las cuales se sujetará la ejecución, aprovechamiento, restauración y rehabilitación del área explotada, **cuyas actividades de restauración** se realizarán conforme la planeación del terraceo propuesto para el aprovechamiento de roca caliza, con el objetivo de regresar a su estado base parcial la superficie explotada.
L9	***Promover el crecimiento natural de la vivienda rural existente en la UGA, desalentando el desarrollo de nuevos centros de población, fomentando el uso de ecotecnias para reducir el impacto ambiental y contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes.*** Por la naturaleza y objetivos del proyecto no se pretende la fundación de nuevos centros de población ya que el objetivo principal es la extracción de roca caliza, su transformación y abasto de Concreteras en la zona del bajío.
L10	***Restaurar las áreas sujetas a explotación agrícola en las riberas y zonas aledañas de los cauces de las zonas.*** De acuerdo a la delimitación geográfica del proyecto, este no afectar riberas ni zonas aledañas de cause federales.

Estrategias

Con la finalidad de dar alcance a las metas establecidas para cada unidad, es decir los lineamientos, se han definido estrategias, las cuales son un conjunto de acciones que de manera transversal buscan integrar objetivos específicos, proyectos, programas y responsables de su ejecución.

Para su diseño, fueron tomados como base los lineamientos y conflictos ambientales identificados, a los cuales le fueron integrados acciones y proyectos aplicables, permitiendo así

estructurar indicadores para evaluar el cumplimiento y evolución de las estrategias y el programa en sí. Cuya vinculación con el proyecto se describe a continuación.

Tabla 76. Vinculación del proyecto con las Estrategias Generales EG del PEOL.

Clave	***Estrategias Generales. EG.***
EG01	***Actualizar los reglamentos municipales en materia ambiental y urbana, que permitan dar certeza al aprovechamiento de los recursos naturales y usos de suelo, en acorde a las políticas ambientales y vocaciones del suelo establecido en presente Programa de Ordenamiento Ecológico.*** El proyecto se apegará al cumplimiento del Reglamento de Limpia Publica y el de Justicia Cívica y al presente Ordenamiento Ecológico Local y la legislación ambiental vigente estatal y federal, con el objetivo de someter el aprovechamiento del área a un esquema sustentable ordenado en las diferentes autorizaciones emitidas por las autoridades competentes. Lo anterior, en congruencia con el Programa de Desarrollo Urbano de Tolimán vigente y al Dictamen de uso de suelo que autoriza el cambio de uso de suelo de conservación a actividades extractivas (Banco de materiales pétreos y trituración) en una superficie inicial de 20.0 hectáreas, aprobado y autorizado en Sesión de Cabildo con fecha 23 de febrero de 2021 por el H. Ayuntamiento de Tolimán, Querétaro, publicado en el Periódico Oficial La Sombra de Arteaga el 14 de mayo de 2021 e inscrito en el Registro Público de la Propiedad. Subdirección Tolimán con fecha 13 de julio de 2021. Folio Inmobiliario: 00005362/0003.
EG02	***Generar y operar el Programa Municipal de Prevención y Gestión Integral de Residuos.*** El proyecto se incorporará al Programa Municipal de Prevención y Gestión Integral de Residuos, por lo que respecta a la fase de cambio de uso de suelo en áreas forestales, estos se manejarán por medio de la colocación de contenedores en los frentes de las actividades de cambio de uso de suelo y serán llevados al relleno municipal más cercano al área del proyecto, cuyo manejo se hará conforme la legislación vigente en la materia.
EG04	***Diseñar y aplicar un Programa de Educación Ambiental Municipal, enfocado a la problemática ambiental identificada en la Agenda Ambiental del POEL Municipal.*** En coordinación con el gobierno municipal, se permitirá el acceso controlado de personas con un enfoque de orientación sobre la ejecución de las distintas medidas de prevención y mitigación ambiental con el objetivo de cumplir con la Agenda Ambiental del presente ordenamiento.
EG05	***Promover una cultura ecológica a través de la denuncia ante la Procuraduría Estatal de Protección al Medio Ambiente y Desarrollo Urbano (PEPMADU) a fin de garantizar que los delitos ambientales sean sancionados.*** Se dará cabal cumplimiento a los términos y condicionantes, y en su caso, a las recomendaciones que emita la Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU) por medio de la respectiva Licencia de explotación, informando periódicamente sobre el avance y condiciones a la Procuraduría Estatal de Protección al Medio

	Ambiente y Desarrollo Urbano (PEPMADU) con el objetivo de evitar delitos ambientales motivo de sanciones durante la vigencia de cada una de las licencias de explotación.
EG06	***Promover la creación y aplicación de un Programa Municipal de Prevención de Incendios Forestales que localice áreas críticas, determine la temporada más susceptible de incendios forestales, implemente acciones de detección, acciones preventivas y de extinción del fuego.*** Se participará en acciones de prevención, detección y extinción conforme lo dicte el programa de prevención de incendios forestales implementado por las autoridades competentes, adicionalmente se evitará el uso del fuego para las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales.
EG07	***Promover un Programa de Vigilancia Comunitaria, que permitan la participación sectorial y ciudadana para establecer un sistema efectivo de denuncia de delitos ambientales (la tala clandestina, la caza furtiva y la extracción ilegal de vida silvestre), así también informar a la población sobre el manejo sustentable de los recursos naturales.*** Se coadyuvará con el Programa de Vigilancia Comunitaria y adicionalmente se evitará dañar la flora y fauna silvestre y se prohibirá la caza furtiva y la extracción de flora y fauna silvestre en las inmediaciones del área del proyecto, lo anterior como parte de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales descritas en el capítulo correspondiente.
EG08	***Promover campañas anuales de esterilización de perros y gatos.*** De requerirse se participará en dichas campañas.
EG09	***Promover programas para mantener y mejorar los procesos de conservación y aprovechamiento de recursos naturales en territorios indígenas, respetando usos y costumbres.*** El proyecto se apegará estrictamente a la legislación ambiental vigente de los tres órdenes de gobierno, cumpliendo con todos y cada uno de los procesos administrativos, hasta la vida útil del mismo.
EG10	***Ejecutar acciones de desazolve y rehabilitación de infraestructura para restablecer la capacidad de almacenamiento y regulación hidrológica de los cuerpos de agua.*** De requerirse se apoyarán las acciones de desazolve y rehabilitación de infraestructura hidráulica, sin embargo, es importante precisar, que dentro de la superficie del proyecto no se encuentran cuerpos de agua ni arroyos perenes que puedan ser afectados con la ejecución del proyecto.
EG11	***Promocionar y apoyar la participación y el desarrollo de proyectos comunitarios para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la prevención de la contaminación.*** De requerirse se apoyarán los proyectos comunitarios, sin embargo, el hecho de que el proyecto se esté sometiendo a un procedimiento administrativo conforme a la legislación ambiental vigente en los tres órdenes de gobierno, es con el objetivo de garantizar la preservación y restauración ecológica del sitio donde se desarrollara el proyecto y por ende la prevención de la contaminación por el mismo motivo.
EG12	***Promover que la reforestación y la creación de áreas verdes se realicen con especies nativas de la región.***

	Como se dijo líneas arriba, adicional al programa y subprogramas de rescate y reubicación de flora silvestre se está proponiendo la ejecución de un programa de reforestación con especies nativas de la región y de requerirse se promoverá la revegetación de zonas verdes a petición del municipio de Tolimán.
EG13	***Regular y desincentivar la expansión de áreas urbanas cercanas a zonas de alta productividad agrícola, ganadera o forestal, así como zonas de amortiguamiento, recarga de acuíferos, zonas de protección, conservación y de riesgo.*** Generalmente la construcción de nuevas vías de comunicación como carreteras son las que propician la expansión de áreas urbanas, es decir, nuevos centros de población, sin considerar su cercanía a zonas agrícolas, ganaderas o forestales, así como zonas de amortiguamiento, recarga de acuíferos, zonas de protección, conservación y de riesgo. En el sentido estricto de la naturaleza del proyecto contrario a incentivar la creación de nuevas zonas urbanas, estas deben localizarse a 500 m de centros de población, por lo que se inhibe la creación de áreas urbanas.

Tabla 77. Vinculación del proyecto con las Estrategias para Protección y Conservación EPC del POEL.

Clave	***Estrategias para Protección y Conservación. EPC***
EPC02	***Incentivar la conservación de la UGA a través de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA's) o cualquier otro instrumento formal de conservación como lo pueden ser Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas, los Programas de Manejo Forestal, los Programas Rectores de Microcuencas o los Programas de Desarrollo Rural Sustentable, asegurando la participación ciudadana conforme los lineamientos y reglas de operación que tienen estos instrumentos.*** Después de una revisión exhaustiva de la zona, se concluyó que el área del proyecto se encuentra dentro del Programa Rector de Microcuencas Bernal y San Antonio de La Cal extinto, cuyos objetivos están intrínsicamente alineados con dicho proyecto, principalmente en lo que tiene que ver con el manejo sustentable de los recursos naturales y la generación de una buena calidad de vida de los pobladores a través de la generación de empleos y el mejoramiento de los servicios básicos hacia las comunidades. Sin embargo, es importante precisar que dicho PRC de Microcuencas se encuentra obsoleto a dejar de existir el Programa Nacional de Microcuencas ejecutado por el extinto fideicomiso FIRCO.
EPC03	***Establecer un programa de monitoreo de la biodiversidad y de los ecosistemas, que sirva de base para contar con información suficiente para la implementación de proyectos y acciones específicas de protección, conservación, restauración o aprovechamiento de los recursos naturales.*** De acuerdo al análisis y resultados de flora y fauna silvestre se ha concluido que la biodiversidad se mantiene por lo que el ecosistema en la cuenca hidrológico forestal no sufrirá ningún tipo de impacto, este análisis de requerirse puede formar parte de la base de datos para contar con información suficiente para la

	implementación de otros proyectos u acciones de protección, conservación, restauración o aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
EPC04	***Implementar acciones que aseguren la conservación de la vegetación nativa y el funcionamiento de los procesos evolutivos de los ecosistemas.*** De acuerdo al programa y subprogramas de rescate y reubicación de flora silvestre, y el propio de reforestación propuestos se asegurará la conservación de la flora nativa y en consecuencia los procesos evolutivos del ecosistema dentro de la cuenca hidrológica forestal.
EPC05	***Implementar programas que promuevan el turismo alternativo de acuerdo a las condiciones ambientales y socio-culturales de la zona; que vinculen a la población con el cuidado, manejo y prestación de servicios turísticos de bajo impacto en el territorio.*** De ser requerido se participará en la implementación de dichos programas, sin embargo, se sugiere reforzar los ya existentes, principalmente con los que tienen que ver las tradiciones culturales de la región.
EPC06	***Prevenir el vertimiento de contaminantes a las aguas superficiales y subterráneas, provenientes de actividades humanas y del desarrollo de las actividades de los sectores productivos.*** Durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales se está proponiendo el uso de letrinas portátiles para evitar verter aguas residuales contaminantes, así mismo la colocación de contenedores para recolección de basura y el mantenimiento y reparación de equipo y maquinaria fuera del área del proyecto para evitar la contaminación de las aguas residuales y subterráneas en el sitio del proyecto.
EPC07	***Implementar programas para la captación-almacenamiento de agua de lluvia y tratamiento-reutilización de aguas residuales.*** En coordinación con el departamento de desarrollo sustentable del municipio se propone la construcción de una ecotecnia que consiste en la construcción de una cisterna de ferrocemento, con el objetivo de almacenar agua tanto para consumo humano como la aplicación de algunas medidas de mitigación. Durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales se colocarán letrinas portátiles para el manejo y tratamiento de aguas residuales, dichas letrinas serán manejadas por el empresa que preste el servicio.
EPC08	***Restringir la disposición de residuos sólidos y vertimiento de aguas residuales en sistemas ripiaros y cuerpos de agua.*** Los residuos sólidos serán almacenados en contenedores y llevados al relleno municipal más cercano y las aguas residuales serán manejadas por medio de letrinas portátiles, esta nos va garantizar evitar verterlos en sistemas ripiarías o cuerpos de agua.
EPC09	***Impulsar y llevar a cabo acciones para la conservación y la restauración del suelo y la capacidad de captación de agua mediante la recuperación de la capacidad de los cuerpos de agua existentes.***

	El proyecto contempla la construcción de **1,234.29** metros lineales de barreras de piedra acomodada, con una capacidad de retención **847.398 toneladas** de sedimentos, cuyo objetivo es mitigar la erosión de los suelos, en las distintas etapas del cambio de uso de suelo. Así mismo ejecución de obras de conservación de agua para mitigar el déficit de recarga subterránea que resulto con el cambio de uso de suelo, es decir, con la eliminación de la vegetación forestal.
EPC10	***Promover la regularización para el aprovechamiento y extracción de materiales, minimizando los impactos ecológicos por la actividad minera a través de medidas de compensación y restauración.*** El presente lineamiento tiene como objetivo promover ***[fomentar o favorecer]*** el aprovechamiento y extracción de materiales, acorde con el objetivo del proyecto, en este sentido lo que se busca con el presente estudio es minimizar los impactos ecológicos por las actividades de involucra el cambio de uso de suelo en áreas forestales con la aplicación de las distintas medidas de compensación y restauración del sitio del proyecto, tomando en cuenta la condicionantes enlistadas en la respectiva licencia de explotación y las propuestas por el municipio.
EPC11	***Implementar un programa para el manejo y control del pastoreo extensivo, con especial atención en áreas erosionadas y frágiles ecosistémicamente.*** El pastoreo extensivo descontrolado ha traído como consecuencia una disminución importante de la cobertura vegetal y perdida de especies, los estratos mayormente afectados son el herbáceo y las cactáceas, estas últimas al ser pisadas se desprenden de su sitio original trayendo como consecuencia su muerte, este problema es propio de la superficie solicitada para cambio de uso de suelo pero también se ha podido observar en casi toda la microcuenca y la unidad de gestión ambiental, adicional a lo anterior, las áreas donde se practica el pastoreo presentan un alto grado de erosión, **sin embargo, con la ejecución de las obras de conservación de suelo, es decir, la construcción de barreras de piedra acomodad se prevé mitigar a su mínima expresión la erosión del suelo con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales.**
EPC12	***Coordinar esfuerzos a fin de elaborar y colocar señaléticas en las áreas de protección, conservación y restauración sobre temas como: historia, conservación, aspectos bióticos, información restrictiva y servicios ambientales.*** El proyecto como medida preventiva colocará anuncios preventivos alusivos a la prohibición de caza furtiva y la extracción de flora y fauna silvestre, de ser requerido se pueden ampliar sus contenidos a fin de contribuir con el cumplimiento de dicho lineamiento.
EPC13	***Mantener la superficie y conectividad de los parches remanentes de vegetación presentes en la UGA.*** Como ha quedado demostrado, todas las especies de flora silvestre que serán afectadas están ampliamente distribuidas en le cuenca hidrológico forestal y al proponerse los programas de rescate y reubicación, el programa de reforestación con especies nativas, la biodiversidad se mantiene por lo que no se pone en riesgo las especies y la propia vegetación presente en la Unidad de Gestión Ambiental máxime que dicha

	estrategia está dirigida a mantener la superficie y conectividad de los parches remanentes de vegetación, que no es el caso de la masa forestal donde se localiza el proyecto.
EPC14	***Vigilar la expansión de la frontera agrícola y fomentar la agricultura de bajo impacto en las zonas de agricultura de temporal existentes.*** Por siglos la agricultura ha sido el sustento de millones de personas alrededor del mundo, y en muchas ocasiones existen algunos conflictos entre los distintos programa operados por el gobierno, máxime si a quienes la practican no se les consulta generando con ello un tipo de resistencia que se traduce en el fomento de sus actividades en detrimento de los recursos naturales. En nuestro caso específico del proyecto este lineamiento no tiene ningún tipo de vinculación.
EPC15	***Promover la conformación de un fondo o fideicomiso ambiental verde para las actividades de conservación, protección y restauración de la UGA.*** Dentro de la solicitud de cambio de uso de suelo en áreas forestales se está solicitando que los recursos económicos depositados al Fondo Forestal Mexicano con motivó de dicha autorización, sean aplicados en alguna Unidad de Gestión Ambiental con política de restauración con el objetivo de conservar, proteger y restaurar aquellas áreas identificadas en dicho ordenamiento.
EPC16	***Fomentar el establecimiento de viveros regionales de especies nativas.*** De ser requerido por la autoridad competente se establecerá un vivero con especies nativas del área de cambio de uso de suelo.

Tabla 78. Vinculación del proyecto con las Estrategias para Restauración ER del POEL.

Clave	***Estrategias para Restauración. ER.***
ER01	***Promover la recuperación y restauración de los sitios de minería mineral y no mineral que ya cumplieron con sus metas de aprovechamiento.*** De acuerdo con el diseño de la explotación, es decir, mediante la proyección de las terrazas se pretende realizar la restauración del sitio, con el objetivo de regresar a su estado base parcial la superficie explotada, cuyo avance se irá informando en los informes anuales correspondientes.
ER02	***Crear programas de reforestación con especies nativas de cada tipo de vegetación original, o la regeneración de las mismas.*** Como se dijo líneas arriba el proyecto contempla la ejecución de un programa de reforestación con especies nativa, con el objetivo de compensar el déficit de almacenamiento de carbono y regresar a su estado base parcial la superficie explotada, dicho programa se encuentra descrito en el apartado correspondiente.
ER03	***Promover la implementación de estudios técnicos que establezcan estados de degradación, alternativas para la restauración e indicadores que permitan monitorear el desarrollo de las acciones implementadas para la restauración ambiental.***

	El programa de ordenamiento es un buen instrumento para dirigir las acciones de restauración principalmente hacia las UGAs con esta política, en este sentido de ser requerido se participará activamente como parte de las medidas de prevención y mitigación propuestas.
ER04	***Ejecutar programas para el establecimiento de prácticas bioingenieriles y agroecológicas de manejo de agua y preservación de suelo, para el control de la erosión hídrica y evitar el avance de la desertificación.*** Si la autoridad competente, en este caso el municipio, lo ordena se pueden reubicar las medidas de prevención y mitigación dirigidas al suelo y agua a fin de contribuir a evitar la desertificación principalmente en las zonas con alto riesgo de erosión dentro de la UGA.
ER05	***Fomentar el aprovechamiento sustentable con un uso eficiente de los recursos naturales e identificar el desarrollo de nuevas actividades productivas compatibles con las actuales que permitan frenar el deterioro ambiental, congruentes con la vocación del sitio y la disponibilidad de los recursos naturales.*** Si bien ha quedado de mostrado que a pesar de que la UGA tiene una política de ***conservación,*** las actividades extractivas no están ***prohibidas*** dentro de la misma, lo que se confirma con el presente Lineamiento que es precisamente [***fomentar***] favorecer dicha actividad dentro de la UGA bajo el principio de aprovechamiento sustentable y estricto apego al legislación ambiental vigente, objetivo que se cumple con la elaboración y trámite del presente estudio técnico justificativo y en su caso la obtención de las autorizaciones de cambio de uso de suelo en áreas forestales e impacto ambiental y posteriormente la respectiva Licencia de explotación ante las instancias correspondientes. En dichos procesos administrativos se establecerán las condiciones a las cuales se sujetará la ejecución, aprovechamiento, restauración y rehabilitación del área explotada.
ER06	***Promover la exclusión de ganado en las zonas de restauración, de áreas erosionadas y de zonas que hayan sido recién reforestadas.*** Las áreas donde se reubicarán las especies de flora silvestre serán circuladas con el objetivo de evitar daños ocasionados por el ganado, así mismo, se construirán brechas corta fuego para evitar daños por incendios forestales.
ER07	***Controlar y vigilar la extracción de materiales y las acciones de mitigación de impacto ambiental de acuerdo a las autorizaciones legales vigentes.*** Tal como se ha hecho hincapié líneas arriba, la presente estrategia confirma, que las actividades extractivas están permitidas en la Unidad de Gestión Ambiental, tal es el caso que recomienda controlar y vigilar la extracción de materiales con el estricto apego a las acciones de mitigación de impactos ambientales, mismas que se describen en el presente del estudio.

	Por lo anterior, también la extracción de materiales pétreos, es decir, la explotación, se apegará estrictamente a la respectiva licencia de explotación y se vigilará a través de un perito de responsable de banco de materiales pétreos, figuras reguladas por la normatividad estatal vigente.

Tabla 79. Vinculación del proyecto con las Estrategias para el Aprovechamiento Sustentable AES del POEL.

Clave	***Estrategias para el Aprovechamiento Sustentable. EAS.***
EAS01	***Promover la generación de estudios técnicos agroecológicos para determinar intensidad de uso y tipo de cultivo adecuado con el fin de maximizar la productividad y permitir los procesos de resiliencia del agro sistema.*** Esta estrategia está dirigida a actividades agropecuarias.
EAS02	***Impulsar la tecnificación de las actividades agropecuarias y la implementación de prácticas agroecológicas para el uso eficiente de los recursos naturales.*** Esta estrategia está dirigida a actividades agropecuarias.
EAS03	***Promover la reconversión productiva de las prácticas agropecuarias en áreas de vocación forestal, a sistemas de agroforestería, agrosilvopastoriles o forestales que reduzcan el impacto sobre los recursos y promuevan actividades con mayor valor productivo.*** Esta estrategia está dirigida a actividades agropecuarias.
EAS04	***Estimular la producción agrícola rotativa en parcelas abandonadas y recuperar su productividad con especies variadas, tradicionales y regionales evitando los monocultivos.*** Esta estrategia está dirigida a actividades agropecuarias.
EAS05	***Implementar programas de prevención y control de plagas y patógenos con acciones fitosanitarias y biológicas.*** Esta estrategia está dirigida a actividades agropecuarias.
EAS06	***Preservar la biodiversidad dentro de los ecosistemas actuales.*** En este sentido y toda vez que del análisis y resultados de los bióticos y abióticos del presente estudio técnico justificativo ha quedado ***demostrado que se mantiene la biodiversidad (de flora y fauna silvestres)*** y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitigarán en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal, lo que equivaldría al cumplimiento del objetivo planteado en la unidad de gestión ambiental, por lo que estamos ante el cumplimiento de la imagen objetivo que se persigue, logrando de esta manera la compatibilidad del proyecto con dicho ordenamiento ecológico, por lo tanto no existe restricción técnica, ecológica ni legal que coarte el uso de suelo solicitado.

EAS08	***Las actividades productivas que generen aguas residuales en sus procesos deberán contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales y un plan de reúso de las aguas tratadas.*** Durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales las aguas residuales serán manejadas por medio de la colocación de letrinas portátiles y su mantenimiento correrá a cargo de la empresa que preste dicho servicio.
EAS09	***Identificar y fomentar el desarrollo de nuevas actividades productivas compatibles con las actuales y congruentes con la vocación social, económica y natural del sitio.*** La elección del sitio para explotación de piedra caliza fue en congruencia con el Programa de Desarrollo Urbano de Tolimán vigente y al Dictamen de uso de suelo que autoriza el cambio de uso de suelo de conservación a actividades extractivas (Banco de materiales pétreos y trituración) en una superficie inicial de 20.0 hectáreas, aprobado y autorizado en Sesión de Cabildo con fecha 23 de febrero de 2021 por el H. Ayuntamiento de Tolimán, Querétaro, publicado en el Periódico Oficial La Sombra de Arteaga el 14 de mayo de 2021 e inscrito en el Registro Público de la Propiedad. Subdirección Tolimán con fecha 13 de julio de 2021. Folio Inmobiliario: 00005362/0003.
EAS12	***Elaborar un programa para regular e inventariar la actividad minera en la que se especifique el tipo de aprovechamiento, ubicación y estatus (en operación, en restauración o de tiro, restaurado o abandonado).*** Una vez iniciado el trámite de la licencia de explotación ante la SEDESU en automático dicho proyecto formará parte del inventario y servirá para regular y vigilar su explotación.
EAS13	***Regular que todos los bancos de extracción de materiales, una vez que se termine su explotación, cuenten con licencia de banco de tiro y aseguren su restauración.*** La superficie una vez explotada no se destinará a banco de tiro, toda vez que se someterá a un proceso de restauración con el objetivo de regresar el área a su estado base parcial, mediante la ejecución del programa de reforestación de especies nativas y obras de conservación de suelo y agua, sin embargo, se notificará a las dependencias correspondientes para su puntual seguimiento.
EAS14	***Vigilar que los talleres artesanales y empresas que procesen o trabajen con materiales pétreos y minerales cumplan con medidas de prevención y disminución de emisión de partículas de polvo, humo, ruido, vibraciones y demás impactos potenciales que puedan generar problemas que afecten al ambiente, a la salud de los trabajadores y/o cause molestias a la población.*** Una vez obtenida licencia de explotación se tramitará la licencia ambiental única con el objetivo de vigilar y controlar emisión las particular al ambiente, y en su caso, el ruido y demás vibraciones potenciales que puedan afectar al ambiente.

Tabla 80. Vinculación del proyecto con las Estrategia Urbanas EU del POEL.

Clave	***Estrategias Urbanas. EU.***
EU02	***Consolidar los centros de población evitando la dispersión. Desincentivar los asentamientos irregulares y su establecimiento en zonas de riesgo, así como en zonas que no tengan bases técnicas y jurídicas para justificar ambiental y socioculturalmente su ubicación.*** Por la naturaleza del proyecto, no se contempla la instalación de campamentos o la creación de algún centro de población.
EU04	***Toda actividad que genere aguas residuales en sus procesos deberá contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales.*** Las aguas residuales generadas durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales serán manejadas con letrinas portátiles cuyo mantenimiento estará a cargo de la empresa que preste el servicio.

Criterios de regulación ambiental

Los criterios de regulación ambiental son el conjunto de normas diseñadas a partir de los diversos usos de suelo, actividades productivas y la normatividad vigente, las cuales buscan contribuir de forma directa al cumplimiento de las estrategias ecológicas, estableciendo a su vez las condiciones que deberán ser sujetas de observación en todo proyecto u actividad de desarrollo del territorio, lo cual cabe mencionar no implica o justifica la omisión de algún otro criterio dispuesto en la reglamentación municipal, estatal o federal vigente.

Para un mejor manejo y comprensión de los criterios, estos se encuentran agrupados por actividad, quedando de la siguiente forma:

- *Generales (CG), aplican a todas las Unidades de Gestión Ambiental.*
- *Agrícola – pecuario (CAG)*
- *Asentamientos humanos y actividades urbanas (CAH)*
- *Extracción de materiales (CE)*
- *Forestales (CF)*
- *Manejo de residuos (CMR)*
- *Manejo sustentable del agua (CMA)*
- *Pesca (CP)*
- *Protección de la biodiversidad (flora, fauna y ANP) (CB)*
- *Regeneración, recuperación y rehabilitación del suelo (CS)*

- *Turismo alternativo (CT)*

Cabe señalar, que la autoridad competente podrá asignar estos y otros criterios a las Unidades de Gestión Ambiental cuando se pretenda ejecutar algún proyecto no previsto en el presente programa, tal como se establece en el Criterio General CG09.

Tabla 81. Vinculación del proyecto con los Criterios Generales CG del POEL.

Clave	***Criterios generales (CG).***
CG01	***Los proyectos que modifiquen la cobertura vegetal original deberán comprobar que no afectarán a las poblaciones de flora y fauna endémicas o dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001.*** Es evidente que dicho lineamiento confirma una vez más que dentro de la UGA si está permitido el cambio de uso de suelo en áreas forestales, para cualquier actividad, toda vez que el proyecto va a modificar la cobertura vegetal, consultando el mapa de vegetación y uso actual del suelo se identificó que la superficie propuesta a cambio de uso de suelo actualmente soporta vegetación de matorral crasicaule en proceso de degradación por actividades antropogénicas como la ganadería. Sin embargo, fue posible identificar una especies bajo la categoría de ***En Peligro de extinción*** según la NOM-059-SEMARNAT-2010, se trata de Biznaga asiento de suegra ***Echinocactus platyacanthus, Link & Otto,*** la cual para no ser afectada con las actividades de cambio de uso de suelo se propuso en el programa y un subprograma especial de rescate y reubicación de flora silvestre, incluyendo la totalidad de los ejemplares estimados en el inventario florístico.
CG02	***El diseño de proyectos deberá disminuir al máximo posible la fragmentación de los ecosistemas. Para ello deberá considerar el mantenimiento de grandes áreas de conservación con la vegetación primaria y el uso preferente de las áreas de vegetación con menor estructura o calidad ambiental; se deberán mantener o crear corredores de vegetación nativa.*** Por la naturaleza del proyecto, este es puntual, es decir, si bien no deja de generar impactos ambientales estos son puntuales y mitigables, a diferencia de los proyectos lineales que su principal impacto es la fragmentación de ecosistemas y su vida útil es permanente generando múltiples impactos residuales, contrario a lo que sucede con los bancos de materiales que una vez culminada la vida útil existe la posibilidad de restaurar el sitio, con posibilidades de regresar a su estado base, es decir, regresar el sitio a sus condiciones originales. Con relación a mantener corredores de vegetación nativa, el proyecto contempla un programa de rescate y reubicación de flora silvestre, que su principal objetivo es mantener la biodiversidad presente en el ecosistema por afectar y un programa de reforestación también con especies nativas de vegetación, máxime que todas las especies afectadas con el cambio de uso de suelo se encuentran ampliamente distribuidas en la cuenca hidrológico-forestal.

	Sin embargo es menester precisar que de acuerdo con los recorridos de campo se pudo observar que la superficie presenta un alto grado de degradación tan es así que la vegetación se sustenta, es vegetación secundaria en proceso de degradación.
CG03	***El aprovechamiento de flora y fauna silvestre deberá de realizarse a través de las Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentables y en los términos de los programas de manejo que para tal efecto haya autorizado la SEMARNAT.*** En relación a lo anterior, la LGVS como la LGDFS, relacionan a la extracción en términos del "Aprovechamiento" de los recursos resultantes, y en el caso del proyecto, no se pretende extraer vegetación con fines de aprovechamiento, sino su remoción con fines de cambio de uso de suelo en áreas forestales o en su caso con fines de reubicación a través del programa de rescate y reubicación de flora silvestre.
CG04	***La extracción o utilización de especies de flora y fauna silvestre nativa deberá garantizar la permanencia de especies endémicas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001.*** En relación a lo anterior, la LGVS como la LGDFS, relacionan a la extracción en términos del "Aprovechamiento" de los recursos resultantes, y en el caso del proyecto, no se pretende extraer vegetación con fines de aprovechamiento, sino su remoción con fines de cambio de uso de suelo en áreas forestales o en su caso con fines de reubicación a través del programa de rescate y reubicación de flora silvestre. De acuerdo al inventario de flora silvestre fue posible identificar una especie bajo la categoría de ***En Peligro de extinción*** según la NOM-059-SEMARNAT-2010, se trata de Biznaga asiento de suegra ***Echinocactus platyacanthus, Link & Otto,*** la cual para no ser afectada con las actividades de cambio de uso de suelo se propuso en el programa de rescate y reubicación de flora silvestre, incluyendo la totalidad de los ejemplares estimados en el inventario florístico y un subprograma especial de rescate y reubicación con el objetivo de garantizar su permanencia en el ecosistema.
CG05	***Los proyectos, obras y actividades que requieran la instalación de barreras, bordos o cercas deberán garantizar que éstas permitan el libre paso de la fauna silvestre.*** Si bien los cortes donde se esté llevando la explotación de piedra caliza, puedan constituir una barrera que limite el libre tránsito de fauna silvestre, para ello se está proponiendo un programa de rescate y reubicación de fauna silvestre y un programa de control de daños, los cuales se aplicarán antes y durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales y su principal objetivo es evitar daños a la fauna silvestre que se encuentre en tránsito o dentro de la superficie del proyecto, incluso a aquellas especies que se encuentren en alguna etapa de reproducción, las cuales de ser necesario serán capturadas o ahuyentadas y reubicadas fuera del área del proyecto, por lo que se garantizará el libre tránsito. Respecto a la franja de protección de 20 metros que se propone alrededor del área del banco de explotación, esta únicamente será delimitada con el uso de las coordenadas geográficas y señalizada, con el propósito de evitar la colocación de cercos físicos que afecten el libre tránsito de fauna silvestre, los resultados de dicha medida se informarán a las instancias correspondientes con copia al municipio.

CG06	***La realización de obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.*** El proyecto contempla la construcción de **1,234.29** metros lineales de barreras de piedra acomodada, con una capacidad de retención **847.398 toneladas** de sedimentos, cuyo objetivo es mitigar la erosión de los suelos, en las distintas etapas del cambio de uso de suelo. Así mismo ejecución de obras de conservación de agua para mitigar el déficit de recarga subterránea que resulto con el cambio de uso de suelo, es decir, con la eliminación de la vegetación forestal. También se contempla la ejecución de un **programa de reforestación** de 1,900 individuos de 12 especies nativas de la región y propias del ecosistema por afectar con las actividades de cambio de uso de suelo. Así mismo el proyecto incluye un **programa de rescate y reubicación de flora silvestre** que contempla la reubicación de **18 especies** con un total de **1,268 individuos** cuyo objetivo es garantizar mantener la biodiversidad presente en la microcuenca y compensar los efectos que traerá consigo el cambio de uso de suelo.
CG07	***Durante la elaboración y ejecución de un programa para la restauración ecológica, se deberán integrar en las actividades a propietarios, poseedores, organizaciones sociales, públicas o privadas, pueblos indígenas, gobiernos locales y demás personas interesadas.*** La restauración ecológica del sitio explotado se realizará conforme lo indique la Secretaría de Desarrollo Sustentable en coordinación con departamento de Desarrollo Sustentable del municipio a propuesta del titular de la licencia de explotación, dicho procedimiento será evaluado y autorizado por dichas dependencias, a sabiendas que el único responsable de la ejecución de las medidas de prevención y mitigación es el titular o promovente del proyecto. Sin embargo, es importante precisar que la restauración del sitio es con el objetivo de regresar a su estado base parcial el área explotada y se realizará conforme se vallan agotando cada una de las terrazas proyectadas, es decir, que una vez finalizada la vida útil del proyecto, esté estará en un cien por ciento restaurado.
CG08	***Para la restauración de áreas deforestadas se deberá promover el establecimiento de estratos de vegetación de modo que favorezca el desarrollo de la estructura del ecosistema original.*** El proyecto contempla la ejecución de un Programa de rescate y reubicación de flora silvestre y en especial un Subprograma especial para la especie identificada como *Echinocactus platyacanthus, Link & Otto* enlistada en la Categoría de En peligro de extinción (P) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y un Programa de reforestación ambos con el objetivo proteger y conservar la biodiversidad original en el área del proyecto.

	Así mismo de ser requerido se apoyará con actividades de restauración, en la forma y el tiempo establecidos, sin embargo, es de señalar que con motivo de la autorización de cambio de uso de suelo en áreas forestales se hará el depósito al Fondo Forestal Mexicano y se solicitará en que dichos recursos económicos sean aplicados en la UGA donde se ubica el proyecto, de preferencia en las áreas que ya se encuentran deforestadas.
CG09	***La autoridad competente, previa evaluación técnica, podrá asignar los criterios de regulación ambiental contenidos en el presente programa u otros criterios que considere pertinentes, cuando se pretenda realizar algún proyecto, obra o actividades productivas para el aprovechamiento del territorio y sus recursos naturales que no estén previsto en el presente programa de ordenamiento ecológico.*** Se aplicarán las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales contenidos en el presente estudio y aquellos que la autoridad competente asigne en base al presente programa de ordenamiento ecológico local y las que resulten de algún tipo de omisión proponer por parte del promovente.

Tabla 82. Vinculación del proyecto con los Criterios Agrícolas-Pecuarios CAP del POEL.

Clave	***Criterios para Agrícolas – Pecuarias CAG.***
CAG01	***Todos los canales de riego o drenes que descarguen en cuerpos de agua, deberán contar con trampas para sedimentos y desarenadores, para prevenir su azolvamiento.*** Con base en los resultados de la validación del estudio hidrológico, se proponen las constricción de obras de mitigación y regulación de escurrimientos, mismas que se describen en el presente estudio.
CAG02	***Las actividades de aprovechamiento agrícola en áreas con pendientes mayores al 5% deberán establecer técnicas de cultivo que favorezcan la recuperación de suelo y eviten los procesos erosivos del terreno, como cultivos en terrazas o siguiendo las curvas de nivel para evitar procesos erosivos, entre otros.*** El proyecto contempla la construcción de **1,234.29** metros lineales de barreras de piedra acomodada, con una capacidad de retención **847.398 toneladas** de sedimentos, cuyo objetivo es mitigar la erosión de los suelos, en las distintas etapas del cambio de uso de suelo.
CAG04	***Las prácticas agrícolas tales como barbecho, surcado y terraceo, no deberán realizarse en sentido perpendicular a la pendiente.*** Las barreas de piedra antes descritas se construirán siguiendo las curvas de nivel, con el objetivo de garantizar su funcionamiento.
CAG05	***El uso del fuego con fines agrícolas se desarrollará conforme a una planeación en congruencia de la autoridad municipal y las autoridades federales (SEMARNAT y SAGARPA) con representantes de los pequeños propietarios rurales. Se observará de forma obligatoria la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007, en tanto se abandona esta práctica.***

	Quedará estrictamente prohibido el uso del fuego principalmente y la aplicación de herbicidas para ejecutar las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales, es decir, para realizar el desmonte, este se realizará con el uso de herramienta o incluso con maquinaria pesada.
CAG06	***Se deberá evitar el uso de aguas residuales urbanas para riego agrícola, y favorecer su utilización para el riego de áreas verdes urbana o huertos (parques, jardines, etc.) siempre y cuando sean tratadas y cumplan con parámetros establecidos en la legislación aplicable.*** Las aguas residuales generadas durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales serán manejadas por medio de la colocación de letrinas portátiles y su mantenimiento correrá a cargo del prestador de este servicio, sin embargo, quedará estrictamente prohibido utilizarlas para la aplicación de medidas de prevención, en áreas de reserva o en alguna fase del proceso productivo de trituración.

Tabla 83. Vinculación del proyecto con los Criterios para los Asentamientos Humanos y Actividades Urbanas CAH del POEL.

Clave	***Criterios para los Asentamientos humanos y actividades urbanas CAH.***
CAH03	***Para cualquier desarrollo inmobiliario se deberá presentar la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) de acuerdo a las modalidades y términos de referencia que emitan las autoridades en la materia en el ámbito de sus competencia, así como un estudio Técnico Justificativo de Cambio de Uso de Suelo en caso de requerirse.*** Con fecha 28 de mayo de 2026 y mediante Oficio No. F.22.01.02/0815/2026 Bitácora 22/DS-0040/25 y notificado el día 7 de julio de 2026 se la Oficina de Representación en el Estado de Querétaro de la SEMARNAT emitió la autorización de cambio de uso de suelo en áreas forestales del proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS "BUENAVISTA" ubicado en el municipio de Tolimán, que nos ocupa ***(Anexo V.4.6)***. En un procedimiento administrativo por separado se someterá a revisión y evaluación y en su caso, autorización de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular para cambio de uso de suelo en áreas forestales, de lo anterior se darán a conocer las evidencias a la autoridad administrativa que así lo requiera incluido el H. Ayuntamiento de Tolimán.
CAH04	***Para delimitar, ampliar y construir la zona de urbanización ejidal y su reserva de crecimiento; así como para regularizar la tenencia de predios ubicados en suelo ejidal, en los que se hayan constituido asentamientos humanos irregulares, la asamblea ejidal o de comuneros respectiva deberá ajustarse a las disposiciones jurídicas locales de desarrollo urbano y a la zonificación contenida en los planes o programas aplicables en la materia.*** La superficie solicitada de cambio de uso de suelo en áreas forestales es de propiedad privada a favor del promovente, cuyo evidencia se anexará al presente estudio técnico justificativo.
CAH05	***Se deberán respetar las condicionantes establecidas en los estudios y programas para zonas de riesgo y vulnerabilidad, cuando se pretendan llevar a cabo edificaciones en dichas zonas***.

	Se aplicarán las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales contenidos en el presente estudio de impacto ambiental y la autorización de cambio de uso de suelo en áreas forestales descrito líneas arriba` y aquellos que la autoridad competente asigne en base al presente programa de ordenamiento ecológico local y las que resulten de algún tipo de omisión proponer por parte del promovente.
CAH06	***Se deberá evitar el establecimiento de asentamientos humanos irregulares.*** El proyecto no contempla ni será motivo de creación de nuevos asentamientos humanos, los usos de suelo que se solicitan estarán destinados única y exclusivamente para actividades extractivas y su área de trituración con equipo móvil. En consecuencia es importante precisar que incluso no se contempla la instalación de campamentos con motivo de las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales.
CAH10	***Los proyectos, obras y actividades que requieran la instalación de campamentos o infraestructura temporal deberán aprovechar preferentemente las áreas abiertas libres de vegetación, y ubicarse en zonas al menos a una distancia de 100 metros de cauces y cuerpos de agua.*** Por la naturaleza del proyecto este no contempla la instalación de campamentos, la infraestructura temporal (bodega de resguardo), solo será de forma temporal, todas las actividades laborales se ejecutarán en un horario de 8:00 am a 17:00 hs, por lo que en ninguna fase del proyecto se tendrá la necesidad de pernoctar dentro de las instalaciones del proyecto.

Tabla 84. Vinculación del proyecto con los Criterios para la Extracción de Materiales CE del POEL.

Clave	***Criterios para la Extracción de Materiales. CE.***
CE01	***La exploración y explotación de los minerales o sustancias, sólo podrá realizarse por personas físicas de nacionalidad mexicana, ejidos y comunidades agrarias, pueblos y comunidades indígenas, y sociedades constituidas conforme a las leyes y normas mexicanas, mediante concesiones mineras otorgadas por la SEMARNAT.*** La explotación de materiales pétreos y su transformación se realizará por la persona física promovente, o en su caso, por una persona moral constituida conforme a las leyes y normas mexicanas vigentes, autorizadas por la SEMARNAT.
CE02	***Al término de un proyecto de exploración minera directa, el área en que se desarrollaron los trabajos deberá realizarse un programa de restauración que contemple acciones tales como la estabilización de taludes, el relleno de pozos de exploración, el relleno de zanjas, la escarificación de suelos, la inhabilitación de caminos y la reforestación, siendo los responsables de su ejecución los promoventes de dicho proyecto. El programa deberá contener el calendario de actividades, incluyendo las correspondientes al mantenimiento. Cuando se produzca tala de árboles y arbustos se deberá cuantificar, para programar la reforestación que compense el daño.***

	Se propondrá el programa de restauración a la Secretaría de Desarrollo Sustentable y al municipio para su evaluación, y en su caso, autorización conforme el contenido descrito en el presente criterio, el cual será ejecutado bajo la supervisión del perito responsable del banco de materiales pétreos y la validación por la dependencia competente. Es importante precisar que dicho programa se ejecutará conforme el avance de la explotación o por etapas según lo indiquen las autoridades antes mencionadas, con el objetivo de garantizar su eficacia y viabilidad. Así mismo es importante puntualizar que la restauración del sitio explotado será con el objetivo de regresar a su estado base parcial y se realizará conforme la proyección de terrazas diseñadas en el programa general de trabajo por lo que una vez concluida la vida útil del proyecto, el área deberá estar cien por ciento restaurada por lo que únicamente se le dará mantenimiento para ir restableciendo los servicios ambientales afectados temporalmente.
CE03	***Los responsables de la emisión de partículas sólidas a la atmósfera provenientes de fuentes fijas por actividades de extracción de materiales y/o minerales deberán cumplir con las especificaciones sobre concentración y niveles máximos permisibles fijadas en la NOM-043-SEMARNAT-1993.*** Se tramitará la respectiva Licencia de explotación, la Licencia Ambiental y la Cedula de Operación Anual COA, ante la Secretaria de Desarrollo Sustentable de Gobierno del Estado de Querétaro, y se elaborarán periódicamente los estudios de partículas PM 2.5 y PM 10, mismos que serán remitidos a la autoridad competente para su evaluación, dando cumplimiento con la normatividad ambiental estatal y federal en materia de emisión de partículas sólidas una vez obtenida la licencia de explotación, acatando todas y cada una las recomendaciones en las normas oficiales mexicanas. Dentro de los trámites subsecuentes a cumplir será la licencia única ambiental y que todos los vehículos empleados en las distintas etapas del proyecto cumplan con la verificación estatal y federal. Así mismo se instalará un sistema de microaspersión a base de agua tratada, en la bandas de salida del material triturado con el objetivo de evitar la generación de partículas y su expansión hacia la atmósfera.
CE04	***Las personas físicas y morales responsables de fuentes contaminantes están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios para integrar un registro de emisiones y transferencia de contaminantes a las instancias competentes si así lo requieren.*** Se informará periódicamente sobre la emisión y transferencia de contaminantes a través de COA por medio del Portal del Sistema Estatal de Información en Materia de Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro y al municipio de Tolimán, respectivamente desde el inicio de operaciones del proyecto.
CE05	***La explotación de bancos de materiales no será autorizada a menos de 1 kilómetro de zonas urbanas o centros de población, y se recomienda la misma distancia con respecto a los cuerpos de agua, zonas de inundación y pozos de extracción de agua para consumo humano; así como en zonas consideradas de alta capacidad para la infiltración y recarga de acuíferos.***

	De acuerdo a la Ley General de Asentamiento Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano la zona urbana o centro de población más cercano al Banco de materiales pétreos es San Pablo Tolimán y se encuentra a una distancia aproximada de 6 kilómetros. Con relación a bordos de agua, el más cercano al Banco de materiales pétreos se localiza a una distancia de 1.2 kilómetros, mientras que el más alejado se ubica a aproximadamente 3.0 kilómetros, respecto a lo anterior, es importante precisar que estos bordos son utilizados como abrevaderos para ganado, es decir, no cumplen con las características para consumo humano. Por su parte existe un pozo de extracción de agua, este se ubica en San Pablo Tolimán a un costado de la Carretera Estatal 100 El Colorado – Higuerillas a una distancia de 5.4 kilómetros del Banco de materiales pétreos. De acuerdo a las zonas geohidrológicas definidas por el INEGI, la superficie que será destinada para actividades extractivas, es decir, para banco de materiales pétreos se ubica en las unidades descritas como *material consolidado con posibilidades medias a altas*, es decir, este tipo de unidades tienen la característica de tener poca capacidad de infiltración. La superficie que será destinada para actividades extractivas, es decir, para banco de materiales pétreos, no se encuentra clasificadas dentro de ningún acuífero, por la ubicación del proyecto, se considera que el área no puede ser considerada como zona de recarga de acuíferos, toda que se encuentra en la parte baja de microcuenca y el tipo de material que presentan no permiten la infiltración al subsuelo. Sin embargo, asumiendo que existe un déficit de infiltración con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales, se ejecutarán obras de conservación de agua para mitigar el déficit de recarga subterránea que resulto con el cambio de uso de suelo, es decir, con la eliminación de la vegetación forestal.
CE06	***Se respetará una franja de amortiguamiento de 20 metros como mínimo alrededor de la zona de explotación del predio en todo el perímetro del mismo, en la cual se conservarán intactos la flora, la fauna y el suelo.*** Se dejó una franja de protección o amortiguamiento de 20 metros en el perímetro del área que será destinada para actividades extractivas, donde además de conservar intactas la flora y fauna y el suelo, esta área también será utilizada para reubicación de flora silvestre y la construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras con el objetivo de fortalecer su restauración natural.
CE07	***La extracción de materiales deberá ser uniforme sin dejar obstáculos ni montículos en el interior de la mina que interfieran con las acciones de nivelación y restauración.*** La supervisión del aprovechamiento del banco de materiales pétreos estará a cargo del perito responsable de banco de materiales asignado posterior al obtener la licencia de explotación respectiva, y dentro de sus funciones estarán el de vigilar que dicha explotación sea uniforme sin dejar obstáculos ni montículos en el interior de la mina que interfieran con las acciones de nivelación y restauración.

CE08	***El área ocupada por conductos (de agua, gas, petróleo y sus derivados) y/o líneas de transmisión o de comunicación, así como sus respectivos derechos de vía no podrá incorporarse como zona de explotación. En caso de colindancia con una vía de comunicación carretera deberá existir una franja de amortiguamiento que separe el predio explotado del derecho de vía federal o estatal de por lo menos 20 metros adicionales a lo previsto para tal fin.*** La superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales y la que será destinada para actividades extractivas no se encuentra ocupada por conductos o ductos de agua, gas, petróleo y sus derivados ni líneas de transmisión o de comunicación, ni derechos de vía. Así mismo dicho polígono no se encuentra colindando con vías federales o estatales de comunicación por lo que no es necesario dejar una franja de amortiguamiento adicional a la propuesta por este motivo.
CE09	***Para obras de exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación, previa autorización de la SEMARNAT, así como para los bancos de explotación de materiales, se verificará se efectúe fuera de cauces y cuerpos de agua intermitentes o permanentes, en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos o templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinares, ubicados fuera de las Áreas Naturales Protegidas. En este caso la extracción estará condicionada a lo establecido en su Decreto y/o Programa de Conservación y Manejo correspondiente.*** De acuerdo con la descripción del presente criterio, presumiblemente tiene su fundamento legal en el inciso L), fracciones I y II del artículo 5 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, por la conceptualización que maneja, sin embargo, resulta impreciso y confuso, aunque siendo así, dicho fundamente establece lo siguiente; ***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:* ***L) EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y BENEFICIO DE MINERALES Y SUSTANCIAS RESERVADAS A LA FEDERACIÓN:*** ***I.*** *Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo;* ***II.*** *Obras de exploración, excluyendo las de prospección gravimétrica, geológica superficial, geo eléctrica, magnetotelúrica, de susceptibilidad magnética y densidad, así como las obras de barrenación, de zanjeo y exposición de rocas, siempre que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos o templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinares, ubicadas fuera de las áreas naturales protegidas, y*

	III. *Beneficio de minerales y disposición final de sus residuos en presas de jales, excluyendo las plantas de beneficio que no utilicen sustancias consideradas como peligrosas y el relleno hidráulico de obras mineras subterráneas.* En base a la revisión y análisis del presente fundamento legal se concluye que el proyecto en cuestión para el cual se solicita el cambio de uso de suelo en áreas forestales no se encuentra enmarcado dentro de las actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación. Sin embargo, por tratarse de un cambio de uso de suelo en áreas forestales para explotación de materiales pétreos a cielo abierto y su proceso de trituración, este debe de cumplir con lo establecido en el artículo 5, inciso O), fracciones II y II, que versa de la siguiente manera; ***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:* ***…*** ***O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:*** ***I…*** ***II.*** *Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso, con excepción de las actividades agropecuarias de autoconsumo familiar, que se realicen en predios con pendientes inferiores al cinco por ciento, cuando no impliquen la agregación ni el desmonte de más del veinte por ciento de la superficie total y ésta no rebase 2 hectáreas en zonas templadas y 5 en zonas áridas, y* ***III.*** *Los demás cambios de uso del suelo, en áreas o áreas con uso de suelo forestal, con excepción de la modificación de suelos agrícolas o pecuarios en forestales, agroforestales o silvopastoriles, mediante la utilización de especies nativas.* Con base en lo anterior, se concluye que por la naturaleza del proyecto, que implica el cambio de uso de suelo en áreas o áreas con uso de suelo forestal para el aprovechamiento y explotación de materiales pétreos a cielo abierto y su transformación, este no implica actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación, sino más bien contar con la respectiva Licencia de explotación de banco de materiales pétreos para la construcción a cielo abierto cuya competencia recae en la Secretaria de Desarrollo Sustentable del Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro SEDESU, previamente de haber obtenido las correspondientes autorizaciones de impacto ambiental para cambio de uso de suelo en áreas forestales y la de cambio de uso de suelo en áreas forestales emitidas por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, cuyos procedimientos administrativos seguirán los cursos señalados en la legislación ambiental vigente aplicable para cada tramite.

	Así mismo es preciso señalar que la superficie del proyecto no se encuentra ni forma parte de ningún tipo de el Área Natural Protegida, el ANP Paisaje Natural Peña del Bernal más cercana del área del proyecto, se localiza a 4.6 kilómetros de distancia, por lo que no merece vinculación alguna con algún programa de manejo de esta naturaleza.
CE10	***Solo deberá trabajarse un frente de explotación a la vez, a fin de permitir la restauración de aquellos con respecto que ya han sido trabajados. Queda condicionada la explotación de un segundo frente de a la rehabilitación del primero.*** La explotación del banco de materiales pétreos se apegará estrictamente a lo establecido en la respectiva licencia de explotación, bajo la vigilancia y control del perito responsable del blanco asignado, por lo que cualquier omisión respecto a lo que establece la licencia de explotación, está ya no será renovada hasta en tanto se subsanen las irregularidades. Así mismo es importante precisar que la explotación del área que será destinada a actividades extractivas se realizara por medio de terrazas, las cuales se encuentran distribuidas en el programa general de trabajo, el objetivo de este diseño es ir restaurando la superficie conforme el avance tanto del cambio de uso de suelo, como del aprovechamiento de roca caliza, hasta regresar a su estado base la superficie explotada, por lo que finalizada la vida útil del proyecto, el área se encuentre en un cien por ciento restaurada.
CE11	***Como medida de prevención de riesgo, el predio deberá ser delimitado físicamente con respecto a predios contiguos preferentemente con postes de concreto o cercos vivos (con especies regionales), excepcionalmente con malla ciclónica, cerca de alambre de púas.*** La Fracción I El Barrosal donde se ubica la superficie que será destinada a Banco de materiales pétreos, se encuentra perfectamente delimitada y circulada con cerca de piedra, y se cuenta con accesos controlados para entrada y salida para evitar cualquier tipo de invasión o riesgos.
CE12	***La ejecución de los trabajos de restauración o rehabilitación, es obligatoria y deberá llevarse a cabo en los términos previstos para la rehabilitación de bancos de materiales a través de bancos de tiro controlados. En caso de incumplir, se podrá solicitar el cumplimiento forzoso de los mismos, así como aplicar la sanción que corresponda.*** La superficie una vez explotada no se destinará a banco de tiro, toda vez que se someterá a un proceso de restauración con el objetivo de regresar el área a su estado base parcial, mediante la ejecución del programa de reforestación de especies nativas y obras de conservación de suelo y agua, sin embargo, se notificará a las dependencias correspondientes para su puntual seguimiento.
CE13	***Para los sitios de extracción de materiales pétreos, es obligatoria la restitución del suelo y la capa vegetal que se retiró originalmente del sitio, cubriendo el piso del banco de materiales en su totalidad, con especies regionales inmediatamente después de su aprovechamiento y del término de los trabajos de explotación.*** Se propone el rescate del suelo en los primero 20 centímetros con el objetivo de mitigar la erosión del mismo, con las actividades de remoción de la vegetación forestal y su posterior restitución durante las actividades

	de restauración y a su vez como medio de rescate y reubicación de especies de flora silvestre. Se estima el rescate de 39,420 m^3 de suelo, materia orgánica y/o mantillo, para lo cual se destinará un área de 1.00 hectárea, dentro de la misma superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, se estima que es un área suficiente para almacenar el volumen de suelo fértil por rescatar. El rescate consiste en ir recolectando el suelo en los primero 20 centímetros o más donde sea posible, a la par con la eliminación de la vegetación y posterior a la construcción de las barreras de piedra acomodada, con el uso de pala jardinera, talache o zapapico o en su caso, con el uso de maquinaria, e irlo juntando en costales en toda la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, para posteriormente almacenarlo a granel en el área que se ha dispuesto para tal fin la cual se encuentra desprovista de vegetación y se ubica dentro del mismo predio**.** Se prevé que con dicha medida de mitigación no solo se mitigue la erosión del suelo, sino que se evite la pérdida del mismo, toda vez que dicha medida de mitigación, se va realizar posterior a la construcción de las barreras de piedra acomodad, es decir, que el suelo que quede incrustado en medio de rocas y raíces será retenido con dichas barreras de piedra acomodada, evitando que este sea trasladado a un lugar distinto por el efecto de la lluvia o el viento principalmente.
CE14	***Para la protección del subsuelo y del manto acuífero por la extracción mineral, se deberá usar de recubrimiento con geomembrana sintética para la impermeabilización por la posible pérdida de cianuro y residuos contaminantes en los sitios de depósito de residuos mineros (jales).*** En relación al presente criterio, es importante precisar, que en ninguna fase del proyecto se tiene contemplado la utilización de cianuro y residuos contaminantes que amerite el recubrimiento del área con geomembrana sintética. Así mismo, quedará prohibido realizar labores de mantenimiento preventivo y correctivo dentro de la superficie del proyecto que propicien el riesgo de verter contaminantes al subsuelo y al manto acuífero.
CE15	***Los Bancos de material deben permanecer a una distancia de 300 metros del eje de derecho de vía de las vialidades.*** En los próximos 300 metros del polígono de cambio de uso de suelo en áreas forestales y el área que será destinada para actividades extractiva no se ubican carreteras federales o estatales sujetas a regulación para el uso y aprovechamiento del derecho de vía.

Tabla 85. Vinculación del proyecto para los Criterios Forestales CF del POEL.

Clave	***Criterios Forestales. CF.***
CF01	***En las áreas forestales, de protección, conservación, restauración o en las zonas aledañas a las mismas, las acciones de reforestación deberán considerar las especies regionales y las densidades naturales de la vegetación en la zona o región. Preferentemente quedan excluidas del plan las especies de eucalipto, jacaranda, pirul y casuarina por su alta competitividad y alta demanda de agua.***

	Las especies contempladas en el programa y subprogramas de rescate y reubicación de flora silvestre y el de reforestación son nativas de la región y corresponden a matorral crasicaule.
CF02	***En la ejecución de los proyectos autorizados se deberá restringir el tránsito de todo tipo de vehículos fuera de los caminos ya establecidos en la UGA, para evitar perturbaciones al ecosistema.*** El área del proyecto y la superficie solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales cuenta con acceso por medio de un camino de terracería existente, que se desprende de la Carretera Estatal 100 El Colorado – Higuerillas, el cual será utilizado para entrada y salida de vehículos ligeros y pesados, con el objetivo de evitar la construcción de nuevos caminos dentro de la UGA en detrimento del medio ambiente.
CF03	***Los áreas forestales (vegetación nativa) que excepcionalmente tengan cambios de usos del suelo para la creación de proyectos de desarrollo, deberán estar sujetos a medidas de compensación ecológica. Se deberá mantener al menos la mitad de superficie de la vegetación del predio, incluyendo la franja perimetral de vegetación.*** De las 50.00 hectáreas que comprende el predio, solamente se destinará un total del 19.71 hectáreas autorizadas para actividades extractivas por el H. Ayuntamiento de Tolimán, equivalente al 39.42% manteniendo una superficie del 30.29 hectáreas, equivalentes al 60.58%, área que podría destinarse igualmente a medidas de compensación ecológica, previamente autorizadas por el propietario.
CF04	***Las plantaciones forestales comerciales se establecerán en predios de agricultura de temporal, pastizales inducidos o áreas erosionadas que no tengan vegetación arbórea***. El presente criterio no es vinculante con el proyecto.
CF05	***Los criterios, las especificaciones técnicas y los periodos de aprovechamiento de los recursos forestales no maderables se determinarán de acuerdo con los ciclos de recuperación y regeneración de la especie y sus partes por aprovechar.*** El presente criterio no es vinculante con el proyecto.
CF06	***Se deben mantener franjas de vegetación de galería, al menos 30 m de ancho, paralelas en ambos lados del cauce de ríos y arroyos que crucen el predio de la plantación forestal comercial. Los cuerpos de agua dentro de las áreas de corta total deberán mantener una franja no menor a 10 metros de vegetación natural para su protección.*** La superficie solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales donde se ubica el proyecto actualmente no está ocupada con plantaciones forestales comerciales, ni se encuentra bajo ninguna modalidad de aprovechamiento forestal sustentable, ni será destinada para tal fin, por lo que no se encuentra sujeto a dicho criterio.
CF07	***Si la autoridad competente, por excepción, autoriza desmontes en áreas con vegetación forestal, se tendrá que reubicar el 60% de las especies leñosas y suculentas; y se deberá realizar de manera gradual conforme al avance de obra, permitiendo a la fauna las posibilidades de establecerse en las áreas aledañas.***

	De acuerdo con las características dasométricas de las especies a remover, estas no presentar características para la obtención de leña, sin embargo, de las especies catalogadas como suculentes se propuso el total para rescate y reubicación, es decir, el 100%, en cumplimiento con el presente criterio.

Tabla 86. Vinculación del proyecto con los Criterios para el Manejo de Residuos CMR del POEL.

Clave	***Criterios para el Manejo de Residuos. CMR.***
CMR01	***Los ranchos o granjas ganaderas con una producción mayor a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año, deberán contar con un convenio con alguna empresa que se haga cargo de ellos o con un biodigestor de acuerdo a su origen.*** El criterio está dirigido a ranchos o granjas ganaderas que generen más de 10 ton/año, por lo que no es vinculante con el proyecto en cuestión.
CMR02	***Para la disposición final de los residuos sólidos urbanos, se deberá respetar el plan de manejo respectivo para el relleno sanitario destino y según Norma Oficial Mexicana para su clasificación, a fin de diferenciar los Residuos de Manejo Especial y los Residuos Urbanos enlistados en la misma.*** La colocación de contenedores para recolección de residuos durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales se ajustará al plan de manejo respectivo, por lo que previo con el inicio del proyecto se consultará al municipio los criterios a considerar para dicha recolección y destino final.
CMR03	***Las empresas que almacenen, comercialicen, produzcan, empleen o generen materiales o residuos peligrosos, deberán informar a la Unidad Estatal de Protección Civil, las características que para tal efecto mencione el Reglamento de la presente Ley, en los supuestos siguientes:*** ***I. En el mes de enero de cada año;*** ***II. Cuando la Unidad Estatal de Protección Civil se lo solicite; y*** ***III. Cuando modifiquen la cantidad de almacenaje, con relación a lo que habían informado previamente.*** En caso de que durante la ejecución del proyecto se generen residuos peligrosos y de manejo especial, se contratará una empresa que se haga cargo de la recolección, manejo y destino final, esta actividad se informará en los reportes semestrales que vienen condicionados en la respectiva licencia de explotación.
CMR04	***El plan de manejo deberá cumplir con la Norma Oficial Mexicana que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros, para los residuos enlistados en la misma.*** Se prevé que por la naturaleza del proyecto no se generen residuos mineros, ya que el principal giro es la explotación de materiales pétreos para la construcción a cielo abierto y del subsuelo y su transformación.
CMR05	***Se deberá contar con la capacidad y con la normativa adecuada para evitar la liberación accidental al medio ambiente de organismos genéticamente modificados provenientes de residuos de cualquier tipo de procesos en los que se hayan utilizado dichos organismos.***

	Por la naturaleza el proyecto no se emplearán organismos genéticamente modificados en ninguna fase de operación ya que el principal giro es la explotación de materiales pétreos y su transformación.
CMR06	***La Secretaría en materia de sanidad vegetal regulará las especificaciones bajo las cuales se deberán desarrollar los estudios de campo para el establecimiento de los límites máximos de residuos de plaguicidas.*** En las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales quedará prohibido el uso de plaguicida, insecticidas y herbicidas para tal fin, con el objetivo de evitar la contaminación y daños a la fauna silvestre y daño colaterales, asumiendo que muchos de estos productos se encuentran vetados por la SEMARNAT.
CMR07	***En las autorizaciones relativas a acumulaciones o depósitos de residuos que puedan infiltrarse en los suelos, se establecerán las prevenciones para evitar la contaminación de suelos; las alteraciones en los procesos biológicos y fisicoquímicos que tienen lugar en los suelos; las alteraciones que perjudiquen el aprovechamiento y explotación de los suelos; la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos; y los riesgos y problemas de salud en general.*** A fin de evitar la contaminación de suelo, el agua superficial y subterránea entre otros efectos adversos, se colocarán letrinas portátiles para el manejo y control de las aguas residuales y contenedores para colecta, almacenamiento y disposición final de los residuos sólidos. Así mismo quedará prohibido realizar labores de mantenimiento preventivo y correctivo dentro de la superficie del proyecto, este necesariamente deberá realizarse en talleres autorizados por las autoridades competentes.
CMR08	***En el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos, se deberán aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.*** De ser requerido se participará en el diseño de estos instrumentos para la gestión de residuos, sin embargo, como parte de las medidas de prevención se colocarán contenedores para colecta y almacenamiento de residuos sólidos generados durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales.
CMR09	***Los sitios de confinamiento de residuos peligrosos previamente estabilizados, respecto a las siguientes instalaciones: aeropuertos, estaciones de carga marítima, centrales de transporte terrestre, hospitales, reclusorios, centros de readaptación social, escuelas, templos, pozos o áreas de abastecimiento de agua o edificaciones declaradas como patrimonio histórico y/o cultural, se deberá ubicar a una distancia mínima de mil metros (1000 m) medidos desde el punto más cercano del perímetro del sitio de confinamiento, incluyendo sus zonas de amortiguamiento, al punto más cercano de la instalación.*** Por la naturaleza del proyecto el presente criterio no es vinculante.

Tabla 87. Vinculación del proyecto con los Criterios Manejo Sustentable del Agua CMA del POEL.

Clave	*Criterios Manejo Sustentable del Agua. CMA.*
CMA01	***Las localidades con una población mayor a 500 de habitantes deberán contar con una planta de tratamiento de agua.*** Las aguas residuales generadas con motivo del cambio de uso de suelo en terreno forestales, serán tratadas y manejadas por medio de la colocación de letrinas portátiles durante dichas actividades, así mismo aclarar que la medida está dirigida a poblaciones mayores a 500 habitantes.
CMA02	***Descargar las aguas residuales a los cuerpos receptores previo tratamiento, cumpliendo con las Normas Oficiales Mexicanas (ejemplo: NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-ECOL-1997, NOM-001-CONAGUA-2001) o las condiciones particulares de descarga, según sea el caso y procurar su reusó.*** Las aguas residuales generadas con motivo del cambio de uso de suelo en terreno forestales, serán tratadas y manejadas por medio de la colocación de letrinas portátiles durante dichas actividades.
CMA03	***Es una condicionante para la sustentabilidad el mantener la cobertura vegetal natural en una franja de al menos 100 metros a partir del límite de la zona federal a ambos lados del cauce de ríos y arroyos, con excepción de casos de necesidad por fines sanitarios, previa autorización de la autoridad competente.*** El presente criterio contraviene el artículo 3 fracción XLVII de la Ley de Agua Nacionales, la validación del estudio hidrológico emitida mediante Oficio No. B00.921.04.-011747 de fecha 1 de octubre de 2020 y la validación de las zonas federales emitida mediante Oficio No. B00.921.04.-01727 de fecha 28 de septiembre de 2021 mediante la cual se autorizó la delimitación de la zonas federales de los arroyos Bernal y Barrosal, por la Comisión Nacional del Agua, cercanos a la superficie solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales y deja en estado de indefensión no solo al promovente sino a cualquier propietario y/o poseedor de predios contiguos o colindantes con arroyos o cueces de agua. No obstante, la CONAGUA mediante Oficio B00.921.04.-00153 de fecha 31 de enero de 2022, manifestó, que se validó el proyecto de delimitación de la zona federal de los arroyos Bernal y Barrosal, aportadores de la cuenca del rio Tolimán, en los tramos colindantes con el predio. El estudio demostró que los límites de dicho predio no son afectados por los linderos federales, por lo que se concluyó que el proyecto no invade bienes inherentes a cargo de la Comisión Nacional del Agua.
CMA04	***En todos los escurrimientos se deberá favorecer el establecimiento y no remoción del estrato herbáceo.*** Si bien, el presente criterio indica que debe favorecerse el establecimiento y no remoción del estrato herbáceo, es importante precisar que el cambio de uso de suelo en áreas forestales se está solicitando bajo el principio de excepcionalidad y con base en el presente estudio de impacto ambiental donde se demuestra que la biodiversidad del estrato herbáceo y del ecosistema que será afectado se mantiene. Sumado a que el cambio

	de uso de suelo en áreas forestales es un derecho constitucional de cualquier ciudadano concedido en nuestra carta marga y la legislación ambiente vigente en materia de impacto ambiental . Por lo que sustentado y soportado en lo anterior, se somete a consideración de la autoridad competente la presente solicitud de autorización de impacto ambiental, privilegiando en todo momento la preservación del equilibrio ecológico. El proyecto se apegará a lo establecido por la Comisión Nacional del Agua en la autorización de delimitación de zonas federales emitida mediante Oficio No. B00.921.04.-01727 de fecha 28 de septiembre de 2021, cuya dependencia a manifestado que no se afectan cauces inherentes a la misma. Sin embargo, también se propone la delimitación física de los cauces validados y que son competencia de la Comisión Nacional del Agua.
CMA05	***Se deberán conservar los cauces de los ríos de la UGA cuya toponimia está reconocida por el INEGI, protegiendo la vegetación de galería y su cobertura vegetal natural de la misma, en una franja de 50 metros a partir de la delimitación de la zona federal.*** El presente criterio contraviene el artículo 3 fracción XLVII de la Ley de Agua Nacionales, la validación del estudio hidrológico emitida mediante Oficio No. B00.921.04.-01747 de fecha 1 de octubre de 2020 y la validación de las zonas federales emitida mediante Oficio No. B00.921.04.-01727 de fecha 28 de septiembre de 2021 mediante la cual se autorizó la delimitación de la zonas federales de los arroyos Bernal y Barrosal, por la Comisión Nacional del Agua, cercanos a la superficie solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales y deja en estado de indefensión no solo al promovente sino a cualquier dueño y poseedor de predios contiguos o colindantes con arroyos o cueces de agua. No obstante, la CONAGUA mediante Oficio B00.921.04.-00153 de fecha 31 de enero de 2022, manifestó, que se validó el proyecto de delimitación de la zona federal de los arroyos Bernal y Barrosal, aportadores de la cuenca del rio Tolimán, en los tramos cercanos al predio. El estudio demostró que los límites de dicho predio no son afectados por los linderos federales, por lo que se concluyó que el proyecto no invade bienes inherentes a cargo de la Comisión Nacional del Agua. Sin embargo, también se propone la delimitación física de los cauces validados y que son competencia de la Comisión Nacional del Agua.
CMA06	***Desarrollar prácticas de conservación de los escurrimientos perenes de la UGA, protegiendo la vegetación natural de la misma, en una franja de 25 metros a partir de la delimitación de la zona federal del cauce. En caso de no existir delimitación de la zona federal se deberán proteger 30 metros en cada margen del escurrimiento.*** El proyecto se apegará a lo establecido en los Oficios No. B00.921.04.-01747 de fecha 1 de octubre de 2020 mediante el cual se validó el estudio hidrológico del proyecto y el Oficio No. B00.921.04.-01727 de fecha 28 de septiembre de 2021 mediante la cual se autorizó la delimitación de la zonas federales de los arroyos Bernal y Barrosal emitidos por la Comisión Nacional del Agua, toda vez que realizar actividades no autorizadas por

	las autoridades competentes, de cualquier tipo en escurrimientos perenes podría incurrir en violaciones al marco legal de aguas y/o ambiental vigentes. Sin embargo, también se propone la delimitación física de los cauces validados y que son competencia de la Comisión Nacional del Agua. Así mismo es importante precisar que los cauces referidos en las autorizaciones que anteceden no tienen el carácter de perenes.
CMA07	***Desarrollar prácticas de conservación de los escurrimientos efímeros de la UGA, protegiendo la vegetación natural de la misma, en una franja de 5 metros en cada margen del mismo.*** El proyecto se apegará a lo establecido en los Oficios No. B00.921.04.-01747 de fecha 1 de octubre de 2020 mediante el cual se validó el estudio hidrológico del proyecto y el Oficio No. B00.921.04.-01727 de fecha 28 de septiembre de 2021 mediante la cual se autorizó la delimitación de la zonas federales de los arroyos Bernal y Barrosal emitidos por la Comisión Nacional del Agua, toda vez que realizar actividades no autorizadas por las autoridades competentes, de cualquier tipo en escurrimientos podría incurrir en violaciones al marco legal de aguas y/o ambiental vigentes.
CMA08	***Se deberán respetar la morfología natural de los cauces y escurrimientos de la UGA.*** El proyecto se apegará a lo establecido en los Oficios No. B00.921.04.-01747 de fecha 1 de octubre de 2020 mediante el cual se validó el estudio hidrológico del proyecto y el Oficio No. B00.921.04.-01727 de fecha 28 de septiembre de 2021 mediante la cual se autorizó la delimitación de la zonas federales de los arroyos Bernal y Barrosal emitidos por la Comisión Nacional del Agua.
CMA09	***Cualquier obra que interrumpa los cauces o escurrimientos naturales de competencia federal deberá contar con la autorización correspondiente de la CNA o la SEMARNAT en el ámbito de sus competencias.*** El proyecto no interrumpe cauces o escurrimientos de competencia federal, por lo que no es necesario contar con autorizaciones para este fin, más allá de las autorizaciones de cambio de uso de suelo e impacto ambiental en áreas o áreas forestales para el aprovechamiento y transformación de piedra caliza. Sin embargo, el proyecto se apegará a lo establecido en los Oficios No. B00.921.04.-01747 de fecha 1 de octubre de 2020 mediante el cual se validó el estudio hidrológico del proyecto y el Oficio No. B00.921.04.-01727 de fecha 28 de septiembre de 2021 mediante la cual se autorizó la delimitación de la zonas federales de los arroyos Bernal y Barrosal emitidos por la Comisión Nacional del Agua, toda vez que realizar actividades no autorizadas por las autoridades competentes, de cualquier tipo en escurrimientos podría incurrir en violaciones al marco legal de aguas y/o ambiental vigentes.
CMA10	***La construcción de caminos y todo tipo de infraestructura deberá evitarse dentro de las zonas ribereñas y de inundación de los cauces.***

	El proyecto, no contempla la construcción de caminos, ni de infraestructura en zonas ribereñas y de inundación de los cauces. En ese sentido este se apegará a lo establecido en los Oficios No. B00.921.04.-01747 de fecha 1 de octubre de 2020 mediante el cual se validó el estudio hidrológico del proyecto y el Oficio No. B00.921.04.-01727 de fecha 28 de septiembre de 2021 mediante la cual se autorizó la delimitación de la zonas federales de los arroyos Bernal y Barrosal emitidos por la Comisión Nacional del Agua, toda vez que realizar actividades no autorizadas por las autoridades competentes, de cualquier tipo en escurrimientos podría incurrir en violaciones al marco legal de aguas y/o ambiental vigentes.
CMA11	***En los cauces poco profundos (<30 cm) de la UGA deberán evitarse cualquier actividad. Deberá favorecerse el establecimiento de una zona de amortiguamiento que incluya, a partir del límite de la zona federal, al menos 5 m a cada lado del cauce.*** Dentro de la superficie del proyecto, no se encuentran cauces de competencia federal, que pudiesen ser afectados con las actividades del proyecto. El proyecto se apegará a lo establecido en los Oficios No. B00.921.04.-01747 de fecha 1 de octubre de 2020 mediante el cual se validó el estudio hidrológico del proyecto y el Oficio No. B00.921.04.-01727 de fecha 28 de septiembre de 2021 mediante la cual se autorizó la delimitación de la zonas federales de los arroyos Bernal y Barrosal emitidos por la Comisión Nacional del Agua, toda vez que realizar actividades no autorizadas por las autoridades competentes, de cualquier tipo en escurrimientos podría incurrir en violaciones al marco legal de aguas y/o ambiental vigentes.

Tabla 88. Vinculación del proyecto con los Criterios Protección de la Biodiversidad (flora y fauna) CB del POEL.

Clave	***Criterios Protección de la Biodiversidad (Flora y Fauna). CB.***
CB02	***Se sancionará la extracción sin permiso de flora y fauna nativa, sobre todo de aquellas especies bajo alguna categoría de riesgo.*** En el caso del proyecto, no pretende extraer vegetación con fines de aprovechamiento, sino su remoción con fines de cambio de uso de suelo en áreas forestales, en estricto apego a la legislación ambiental vigente en la materia. Así mismo se está proponiendo como medida de prevención, la prohibición de extraer y comercializar a la flora y fauna silvestre de la zona de influencia del área del proyecto, dicha medida en principio irá dirigida al personal laboral y con repercusiones hacia el público en general.
CB03	***El aprovechamiento de especies en peligro de extinción afectada por el comercio está sujeto a reglamentación, requerirá previa concesión y presentación de un permiso.*** En el caso del proyecto, no pretende el aprovechamiento de especies en peligro de extinción con fines de comercialización, sino su remoción con fines de cambio de uso de suelo en áreas forestales, en estricto apego a la legislación ambiental vigente en la materia. Así mismo se está proponiendo como medida preventiva la

	extracción de especies de flora y fauna silvestre con fines de comercialización, previendo que quien lo practique será sancionado de acuerdo la ley, dicha medida en principio irá dirigida al personal laboral y con repercusiones hacia el público en general.
CB04	***La introducción, cultivo o liberación de especies de flora y fauna, potencialmente invasoras o exóticas, se debe evitar, y contar con las autorizaciones o visto bueno de las instancias en materia ambiental Federal, Estatal y/o municipal de acuerdo a su competencia.*** El proyecto en ningún caso y bajo ninguna circunstancia introducirá, cultivará o liberará especies de flora y fauna silvestre invasoras o exóticas en la unidad de gestión ambiental, los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre contemplan especies identificadas en el área de cambio de uso de suelo en áreas forestales.
CB05	***Se deberán tomar todas las medidas necesarias para la compensación y minimización del daño a la flora y fauna indicadas en la norma oficial mexicana, sobre la ubicación de sitios con condiciones suficientes para la reubicación de organismos vivos, que garantice la mayor supervivencia de estos, y permita el desplazamiento de la fauna a zonas menos perturbadas y limite el acceso de la fauna a zonas de peligro.*** En el caso de la especie de flora silvestre identificada **En Peligro de extinción (P), de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, este caso Biznaga asiento de suegra *Echinocactus platyacanthus, Link & Otto,*** se ha propuesto un subprograma especial de rescate y reubicación la totalidad de los individuos estimados en la superficie solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales, en el caso de fauna silvestre no se identificaron especies incluidas en dicha norma, sin embargo, la reubicación se realizará en lugares donde se garantice su supervivencia, considerando las dimensiones de la UGA y la microcuenca, los resultados obtenidos de ambos programas serán informados periódicamente para evaluar su efectividad.
CB06	***La restauración del territorio se deberá realizarse mediante prácticas de repoblación con especies leñosas y herbáceas de la región.*** La restauración del sitio se realizará acatando las recomendaciones de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, empleando estrictamente especies nativas, leñosas y herbáceas. En este sentido se propone un programa de reforestación con fines de restauración y la reincorporación de suelo fértil rescatado previamente al proceso de explotación.
CB07	***La introducción de especies exóticas sólo podrá realizarse cuando exista suficiente evidencia experimental, validada por instituciones de investigación que demuestren que estas no constituyen un riesgo para los ecosistemas y la biodiversidad de la región.*** El proyecto en ningún caso y bajo ninguna circunstancia introducirá, cultivará o liberará especies exóticas de flora y fauna silvestre en la unidad de gestión ambiental, los programas de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre contemplan especies identificadas en el área de cambio de uso de suelo en áreas forestales.
CB10	***En las zonas núcleo de las áreas naturales protegidas quedará expresamente restringido verter o descargar contaminantes en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso o acuífero, así como desarrollar cualquier actividad contaminante.***

	La ANP Paisaje Natural Peña del Bernal más cercana del área del proyecto, se localiza a 4.6 kilómetros de distancia y no se ubica dentro de Áreas de Interés para la Conservación de las Aves. AICA´s, Regiones Hidrológicas Prioritarias. RHP´s ni Regiones Terrestres Prioritarias RTP´s.

Tabla 89. Vinculación del proyecto con los Criterios de regeneración, recuperación y rehabilitación del suelo CS del POEL.

Clave	***Criterio de regeneración, recuperación y rehabilitación del suelo. CS.***
CS01	***Los proyectos agrícolas-forestales que se ubiquen en áreas con pendientes de 25% a 40%, deberán contar con obras de conservación de agua y suelos para evitar la erosión y el azolve de cuerpos de agua.*** El proyecto contempla la construcción de **1,234.29** metros lineales de barreras de piedra acomodada, con una capacidad de retención **847.398 toneladas** de sedimentos, cuyo objetivo es mitigar la erosión de los suelos, en las distintas etapas del cambio de uso de suelo. Así mismo ejecución de obras de conservación de agua para mitigar el déficit de recarga subterránea que resulto con el cambio de uso de suelo, es decir, con la eliminación de la vegetación forestal.
CS02	***Para mitigar los efectos adversos ocasionados a la biodiversidad por el cambio de uso de suelo de áreas forestales a agropecuarios se deberá considerar las especificaciones indicadas en la NOM-062-SEMARNAT-1994. Para la franjas perimetrales de vegetación natural que sirvan como cortinas rompevientos para mitigar el efecto de los procesos erosivos.*** Si bien, dicho criterio está dirigido al cambio de uso de suelo en áreas forestales a agropecuarios, lo que nos indica que esto equivaldrá al cambio de uso de suelo, es decir, al desmonte y eliminación de la cubierta vegetal en consecuencia los impactos serán similares en ambos casos, es por ello que se propuso una franja de protección de 20 metros en el perímetro del área que será destinada para actividades extractivas y la construcción de **1,234.29** metros lineales de barreras de piedra acomodada, con una capacidad de retención **847.398 toneladas** de sedimentos, cuyo objetivo es mitigar la erosión de los suelos, en las distintas etapas del cambio de uso de suelo.
CS03	***La utilización de plaguicidas, fertilizantes y substancias tóxicas, debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas, considerando sus efectos sobre la salud humana y la peligrosidad de su utilización, de acuerdo a los parámetros establecidos por la legislación en materia ambiental.*** No se utilizarán plaguicidas, fertilizantes y substancias tóxicas en ninguna fase o actividad del proyecto, con el objetivo de evitar daños a fauna silvestre, incluso la contaminación del suelo y agua dentro de la unidad de gestión ambiental.
CS04	***Se deberá mantener la cobertura vegetal natural en las zonas con pendientes mayores al 15% que drenen directamente hacia cuencas y cauces tributarios, con el fin de evitar la erosión y arrastre de sedimentos hacia los cuerpos de agua.***

	Si bien por la naturaleza del proyecto, es necesario la eliminación de la cobertura vegetal, es importante precisar que la pendiente media de la superficie solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales es de apenas el 9.22% y esta se apegara al artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, el cual establece que debe mitigarse la erosión del suelo que pudiera causarse con dichas actividades, es por ellos que para prevenir el arrastre de sedimentos se propuso la construcción de **1,234.29** metros lineales de barreras de piedra acomodada, con una capacidad de retención **847.398 toneladas** de sedimentos, cuyo objetivo es mitigar la erosión de los suelos, en las distintas etapas del cambio de uso de suelo.

Tabla 90. Vinculación del proyecto con los Criterios para el Turismo Alternativo CT del POEL.

Clave	***Criterios para el Turismo Alternativo. CT.***
CT01	***En los sitios donde se promueva el turismo alternativo será requerido realizar investigaciones e indicadores sobre el impacto ambiental generado por la actividad turística planeada, así como las medidas de mitigación, compensación y o protección de los ecosistemas en que se encuentren.*** Se aplicarán las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales propuestos en el presente estudio y las ordenadas por las distintas dependencias en sus resoluciones respectivas.
CT03	***Los programas de manejo para los prestadores de servicio en actividades de turismo alternativo deberán contener, según sea el caso, medidas para el reúso, reciclaje, disposición y tratamiento de residuos y aguas, a fin de no producir impactos negativos, en los ecosistemas propios del lugar.*** Para el almacenamiento y disposición final de los residuos generados en las actividades de cambio de uso de suelo, se colocarán contenedores, los cuales serán llevados al rellenos municipal más cercano y las aguas residuales serán manejadas por letrinas portátiles cuyo mantenimiento estará a cargo de la empresa que preste el servicio.
CT04	***Para las rutas de turismo alternativo, se deberán buscar rutas que no modifiquen la estructura natural sobre los humedales, ríos y bosques de galería. En el caso inevitable, se deberán colocar alcantarillas que permitan el libre flujo del agua en ambos lados del camino, evitando que en un lado del camino se anegue el agua y en el otro se deseque.*** El proyecto no modifica humedales, ríos ni bosques de galería ya que la vegetación que soporta la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales es primaria y secundaria de matorral crasicaule y no existe la presencia de ríos perenes.
CT05	***Los proyectos turísticos autorizados de vías generales de comunicación deberán instalar estructuras que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre entre ambos flancos de la obra terminada, así como la señalización preventiva necesaria para reducir la exposición de la fauna al flujo vehicular.*** Se colocarán anuncios alusivos a la prevención de daños a la fauna silvestre y se aplicarán los programas de rescate y reubicación y prevención de daños a la misma durante las distintas etapas del proyecto.

En efecto, después de un análisis minucioso y exhaustivo al POEL Tolimán, se determinó que la superficie del proyecto se localiza en una UGA con política de Conservación y con un uso de suelo incompatible para las actividades extractivas pretendidas. Sin embargo, es muy importante precisar que el propio POEL también establece que la política de Conservación considerando sus características de estabilidad, podrían ser utilizadas para ***aprovechamiento sustentable*** cuando se garantice la sostenibilidad de la flora y fauna y no se afecte su equilibrio o disminuya su potencial, poniendo en riesgo su estabilidad. En este sentido la política de aprovechamiento sustentable aparte de permitir el aprovechamiento forestal que no es nuestro caso, también permite las actividades extractivas.

En este tenor, es importante precisar que el proyecto cumple con los criterios ambientales suficientes y bastantes, para destinar al aprovechamiento sustentable el territorio, es decir, la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales en las actividades extractivas sin transgredir y en su caso contravenir dicho programa de ordenamiento ecológico local.

Toda vez, que de acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos de los muestreos de flora y fauna silvestre en el sistema ambiental y la S-CUSAF descritos en el apartado correspondiente y el propio análisis comparativo de estos elementos. Así como el análisis de biodiversidad y las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas, quedó demostrado que la biodiversidad del ecosistema afectado con el cambio de uso de suelo, se mantiene, como se describe a continuación.

Flora y fauna silvestre

Con el objetivo de demostrar que la biodiversidad de flora y fauna silvestre presente en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales no se verá afectado y a su vez garantizar que esta se mantenga, con los resultados obtenidos de los muestreos de campo, los cuales cumplen con el 95% de confiabilidad, se llevó a cabo un análisis de la composición florísticas y faunística, tanto de la cuenca hidrológico forestal, como del área propuesta a cambio de uso de suelo, obteniéndose los siguientes resultados.

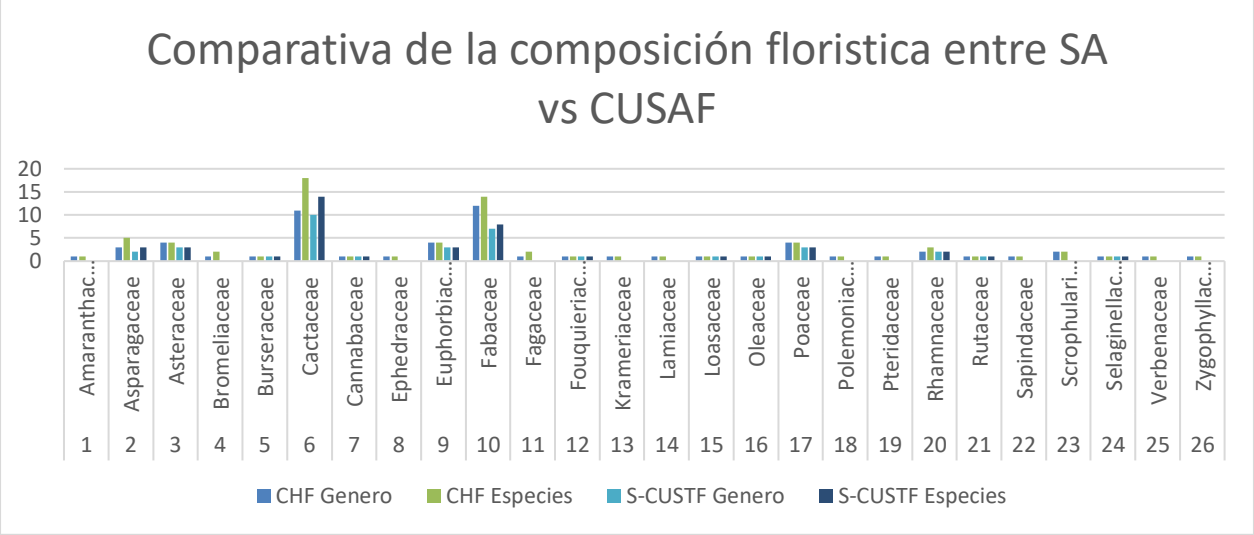
Análisis comparativo de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF.

Con los datos de composición florística por unidad geografía o de estudio (SA vs S-CUSAF) antes descritos fue posible hacer una comparación exhaustiva del comportamiento de los géneros y especies en relación a cada familia, obteniéndose como resultado que el SA **registra un total de 26 familias con 60 géneros y 75 especies** contra **14 familias, 37 géneros y 43 especies de la**

superficie propuesta a cambio de uso de suelo, tal como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 91. Comparativo de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF.

No.	Familia	SA		S-CUSAF	
		Genero	Especies	Genero	Especies
1	Amarantácea	1	1	0	0
2	Asparagaceae	3	5	2	3
3	Asteraceae	4	4	3	3
4	Bromeliaceae	1	2	0	0
5	Burseraceae	1	1	1	1
6	**Cactaceae**	**11**	**19**	**10**	**14**
7	Cannabácea	1	1	1	1
8	Ephedraceae	1	1	0	0
9	Euphorbiaceae	4	4	3	3
10	**Fabaceae**	**12**	**14**	**7**	**8**
11	Fagácea	1	2	0	0
12	Fouquieriaceae	1	1	1	1
13	Krameriaceae	1	1	0	0
14	Lamiaceae	1	1	0	0
15	Loasaceae	1	1	1	1
16	Oleaceae	1	1	1	1
17	Poaceae	4	4	3	3
18	Polemoniácea	1	1	0	0
19	Pteridaceae	1	1	0	0
20	Rhamnaceae	2	3	2	2
21	Rutácea	1	1	1	1
22	Sapindácea	1	1	0	0
23	Scrophulariaceae	2	2	0	0
24	Selaginellaceae	1	1	1	1
25	Verbenaceae	1	1	0	0
26	Zygophyllaceae	1	1	0	0
	TOTAL	**60**	**75**	**37**	**43**



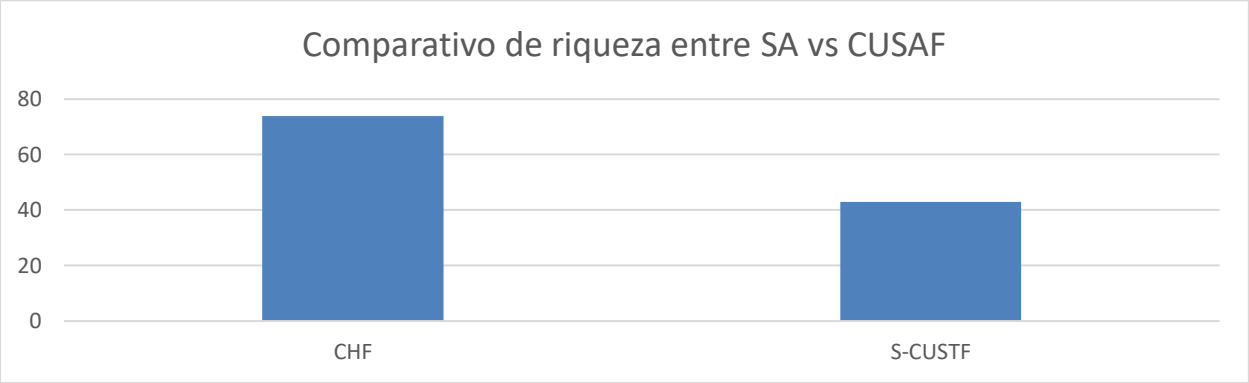
Grafica 31**.** Grafica comparativa de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF.

De acuerdo al análisis de la gráfica anterior, se puede observar que las familias que presentan una mayor riqueza en cuanto a géneros y especies son la Cactácea y Fabácea tanto en la cuenca hidrológico forestal como en la superficie solicitada para cambio de uso de suelo además, el resto de las familias presentan similitud en ambas condiciones.

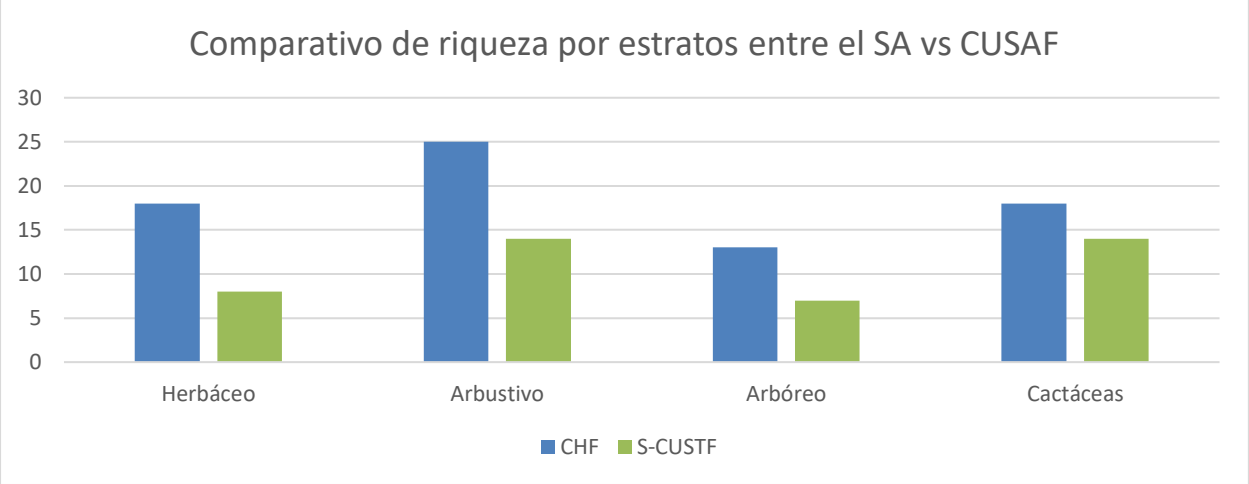
Sintetizando la información recabada previamente en campo en las dos unidades geográficas (SA vs S-CUSF) se obtuvo como resultado un comparativo de riqueza de especies general y por estrato, donde fue posible identificar una riqueza mayor para la cuenca hidrológico forestal con **75 especies**, mientas que en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo se identificaron **43 especies**, es decir, 32 especies menos que en la unidad anterior.

Tabla 92. Comparativo de riqueza por general y por estrato SA vs S-CUSAF.

Estratos	**Comparativo de riqueza de especies general y por estrato**	
	SA	**S-CUSAF**
General	75	43
Herbáceo	18	8
Arbustivo	25	14
Arbóreo	13	7
Cactáceas	19	14



Grafica 32**.** Comparativo de riqueza general SA vs S-CUSAF.



Grafica 33**.** Comparativo de riqueza por estrato SA vs S-CUSAF.

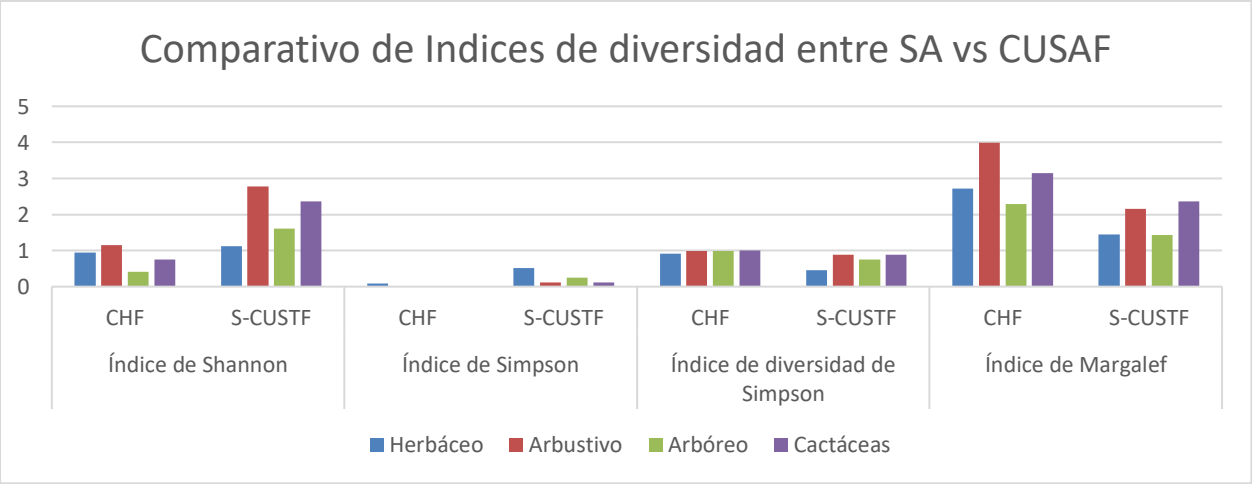
Si comparamos la riqueza por estrato en las dos unidades de estudio, tenemos para la microcuenca una riqueza de 18 especies para el herbáceo, para el arbustivo 25 especies, para el arbóreo 13 especies y 19 especies de cactáceas; contra 8 especies para el herbáceo, para el arbustivo 14 especies, para el arbóreo 7 especies y 14 especies de cactáceas en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Esto nos permite concluir que se tiene una mayor riqueza y abundancia en la cuenca hidrológico forestal, es decir, a pesar de las actividades de cambio de uso de suelo, se mantiene la biodiversidad de especies presentes en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, por lo que se propone un programa de rescate y reubicación de flora donde se contemplan aquellas especies más representativas del matorral crasicaule y las que por algún motivo técnico o fisiológico no se hayan registrado en la cuenca y que pudiera ser afectadas.

Otro indicador muy importante en el análisis comparativo de la composición florística es la estimación de algunos índices de diversidad, para nuestro estudio se estimaron los índices de Shannon (H') Índice de Simpson(D) e Índice de diversidad (1-D) de Simpson e Índice de Margalef (DMg). El índice de diversidad de Shannon fue el principal que se midió, obteniendo como resultados que la cuenca hidrológico forestal representa una mayor diversidad (H'=3.2603) que la que alberga actualmente la superficie solicitada para cambio de uso de suelo (H'=2.9878), sin embargo, en ambas unidades geográficas, la diversidad se considera de baja a media.

Tabla 93. Comparativo de Índices de diversidad en el SA vs S-CUSAF.

Estratos	**Índice de Shannon**		**Índice de Simpson**		**Índice de diversidad de Simpson**		**Índice de Margalef**	
	SA	**S-CUSAF**	**SA**	**S-CUSAF**	**SA**	**S-CUSAF**	**SA**	**S-CUSAF**
General	3.2603	2.9878	0.0957	0.1056	0.9043	0.8944	9.8902	5.8944
Herbáceo	0.9459	1.12357	0.0809	0.50819	0.9191	0.459171	2.7196	1.44136
Arbustivo	1.1565	2.7714	0.008	0.12127	0.992	0.87873	3.9866	2.14972
Arbóreo	0.4125	1.6063	0.0038	0.2525	0.9942	0.7475	2.287	1.4373
Cactáceas	0.7454	2.3636	0.003	0.1126	0.997	0.8874	3.1413	2.3649



Grafica 34**.** Comparativo de Índices de diversidad en el SA vs S-CUSAF.

Los índices de diversidad utilizados en el muestreo del SA y la S-CUSAF reportaron los siguientes resultados para cada estrato: para la cuenca hidrológico forestal **el índice de Shannon (H') general fue de 3.2603,** para el estrato herbáceo fue de **.9459**, para el estrato arbustivo fue de

2.6717, para el estrato arbóreo fue de **1.6208** y para las cactáceas fue de **2.5462** Mientras que para superficie propuesta a cambio de uso de suelo **el valor general fue de 2.9878,** para el estrato herbáceo fue de **1.12357**, para el estrato arbustivo fue de **2.7714**, para el estrato arbóreo fue de **1.6063** y para el grupo de las cactáceas fue de **2.3636**.

Este índice nos indica cuánta riqueza de especies hay en la muestra y cómo se distribuyen las abundancias entre las especies, por lo que de manera general la riqueza de especies en la S-CUSAF (**H'= 2.9878**) y en el SA (**H'=3.2603**) es media y además presentan una dominancia equilibrada.

El índice de Simpson (D) y el índice de diversidad de Simpson (1-D) en la cuenca hidrológico forestal **de forma general fue de D=.0957 y 1-D=.9043** Mientras que para la superficie propuesta a cambio de uso de suelo los **resultados de forma general fueron D=.1056 Y 1-D=.8944**.

Este índice es otra medida de diversidad ecológica sin embargo, a diferencia del índice de Shannon se enfoca más en la probabilidad de que dos individuos pertenezcan a la misma especie (dominancia). El valor del índice de Simpson (D) entre más cercano a 0 sea indica una mayor diversidad y una distribución más equitativa de las especies, mientras que entre más cercano a 1 sea, representa lo contrario. Por otro lado, la transformación de este índice (1-D) representa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de especies diferentes, entre más cercano es el valor a 1, representa una mayor diversidad.

Por lo que la interpretación de los valores generales obtenidos por este índice nos habla de que en el muestreo realizado en el SA (**D=.0957**) se obtuvo una alta diversidad con una distribución más equitativa entre especies, además con la transformación de este índice (**1-D=.9043**) se interpreta que el muestreo presenta una alta diversidad. Mientras que el muestreo realizado en la S-CUSAF (**D=.1056**) y (**1-D=.8944**) nos dice que la diversidad también es alta y distribuida equitativamente, ligeramente menos que las observaciones realizadas en el SA.

El último índice utilizado fue el índice de riqueza de Margalef (DMg), **los resultados obtenidos para la cuenca hidrológico forestal fueron de forma general DMg= 9.8902,** Mientras que para la superficie propuesta a cambio de uso de suelo **los resultados generales fueron DMg=5.8944.**

El índice de Margalef (DMg) a diferencia de los anteriores índices, no considera la abundancia, esto debido a que su enfoque principal es la riqueza de las especies, se utiliza principalmente para comparar la riqueza de especies entre comunidades con distintos tamaños de muestra. Un

valor alto de DMg indica una alta riqueza de especies en relación al tamaño de la muestra. Los valores obtenidos menores a 1 se interpretan como baja riqueza de especies, los valores entre 1 y 3 se interpretan como riqueza moderas y los mayores a 3 se interpretan como alta diversidad. Por lo que a partir de los resultados generales obtenidos en este análisis podemos interpretar que el Índice de Margalef para el SA (DMg=9.8902) y la S-CUSAF (DMg=5.8944) nos indica que la riqueza de especies en el SA es mayor a la encontrada en la S-CUSAF.

Finalmente, con el objetivo de verificar la ausencia - presencia de especies tanto en la cuenca hidrológico forestal como en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, se generó un Check List del resultado de ambos muestreos el cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 94. Lista comparativa de presencia-ausencia de especies en la S-CUSAF vs SA sin medidas de mitigación.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	PRESENCIA - AUSENCIA	
				SA	S-CUSAF
1	Pteridaceae	Doradilla	*Astrolepis sinuata*	*	
2	Poaceae	Pasto 2	*Briza sp*	*	*
3	Poaceae	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	*	*
4	Euphorbiaceae	Mala mujer	*Cnidoscolus multilobus*	*	
5	Euphorbiaceae	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	*	*
6	Poaceae	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	*	*
7	Bromeliaceae	Lechuguilla	*Hechtia lepidophylla*	*	
8	Bromeliaceae	Guapilla	*Hechtia podantha*	*	
9	Amaranthaceae	Pluma	*Iresine diffusa*	*	
10	Verbenaceae	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	*	
11	Polemoniaceae	Jarrito	*Loeselia coerulea*	*	
12	Loasaceae	Conito	*Mentzelia hispida*	*	*
13	Poaceae	Zacate lanudo	*Muhlenbergia pubescens*	*	
14	Asteraceae	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	*	*
15	Lamiaceae	Casquete potosino	*Scutellaria potosina*	*	
16	Selaginellaceae	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	*	*
17	Asteraceae	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	*	*
18	Asteraceae	Gallito de monte	*Zinnia peruviana*	*	
19	Asparagaceae	Maguey áspero	*Agave asperrima*	*	*
20	Asparagaceae	Lechuguilla	*Agave difformis*	*	

21	Asparagaceae	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	*	*
22	Fabaceae	Charrasquillo	*Calliandra eriophylla*	*	
23	Cannabaceae	Granjeno	*Celtis pallida*	*	*
24	Rhamnaceae	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	*	*
25	Fabaceae	Escobilla	*Dalea bicolor*	*	*
26	Asparagaceae	Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum*	*	
27	Sapindaceae	Chapulixtle	*Dodonaea viscosa*	*	
28	Ephedraceae	Sanguinaria	*Ephedra compacta*	*	
29	Euphorbiaceae	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	*	*
30	Fouquieriaceae	Ocotilla	*Fouquieria splendens*	*	*
31	Rutaceae	Barreta	*Helietta parvifolia*	*	*
32	Euphorbiaceae	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	*	*
33	Rhamnaceae	Tullidora	*Karwinskia humboldtiana*	*	
34	Rhamnaceae	Capulincillo	*Karwinskia mollis*	*	*
35	Krameriaceae	Chayotillo	*Krameria cytisoides*	*	
36	Zygophyllaceae	Gobernadora	*Larrea tridentata*	*	
37	Scrophulariaceae	Cenizo	*Leucophyllum minus*	*	
38	Fabaceae	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	*	
39	Fabacaeae	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	*	*
40	Fabaceae	Uña de gato	*Mimosa texana*	*	*
41	Fabaceae	Cabello de ángel	*Painteria revoluta*	*	*
42	Fabaceae	Huizache	*Vachellia farnesiana*	*	*
43	Fabaceae	Huizache chino	*Vachellia schaffneri*	*	
44	Asteraceae	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	*	*
45	Scrophulariaceae	Tepozán	*Buddleja cordata*	*	
46	Burseraceae	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	*	*
47	Fabaceae	Colorín	*Erythrina americana*	*	
48	Fabaceae	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	*	*
49	Oleaceae	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	*	*
50	Fabaceae	Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	*	
51	Fabaceae	Mauto	*Lysiloma divaricatum*	*	
52	Fabaceae	Mezquite	*Neltuma laevigata*	*	*
53	Fagaceae	Encino quiebra hacha	*Quercus rugosa*	*	
54	Fagaceae	Encino gris	*Quercus grisea*	*	
55	Fabaceae	Palo prieto	*Senna wislizeni*	*	*
56	Asparagaceae	Palma pita	*Yucca filifera*	*	*

57	Cactaceae	Biznaga cónica	*Cochemiea conoidea*	*	
58	Cactaceae	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	*	*
59	Cactaceae	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	*	*
60	Cactaceae	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	*	*
61	Cactaceae	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	*	*
62	Cactaceae	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	*	*
63	Cactaceae	Alicoché cocuá	*Echinocereus cinerascens*	*	
64	Cactaceae	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	*	*
65	Cactaceae	Huamisha	*Ferocactus histrix*	*	
66	Cactaceae	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	*	*
67	Cactaceae	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	*	*
68	Cactaceae	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	*	*
69	Cactaceae	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	*	*
70	Cactaceae	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	*	*
71	Cactaceae	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	*	*
72	Cactaceae	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	*	*
73	Cactaceae	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	*	
74	Cactaceae	Nopal chamacuelo	*Opuntia tomentosa*	*	
75	Cactaceae	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortieri*	*	*

En el análisis comparativo de los muestreos en sistema ambiental contra la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales se encontró que las 43 especies identificadas en la superficie del proyecto se encuentran distribuidas en el SA y en esta última, se observaron 32 especies que no fueron observadas en la S-CUSAF (marcadas en rojo). Lo que nos garantiza que la especies afectadas se mantengan su biodiversidad en la región.

Con la ejecución del programa de rescate y reubicación de flora silvestre como medida de mitigación, las especies que por razones de temporalidad o estacionalidad no fue posible identificar en el sistema ambiental, se incorporan al ecosistema afectado con las actividades de cambio de uso de suelo, concluyendo que las mismas se mantendrán de dicho ecosistema.

Análisis comparativo de la composición faunística entre el SA vs S-CUSAF.

Con el objetivo de demostrar que, con las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales, se realizó un análisis de la composición faunística en la superficie de cambio de uso de suelo en relación a la cuenca hidrológico forestal, con cuyos datos obtenidos fue posible

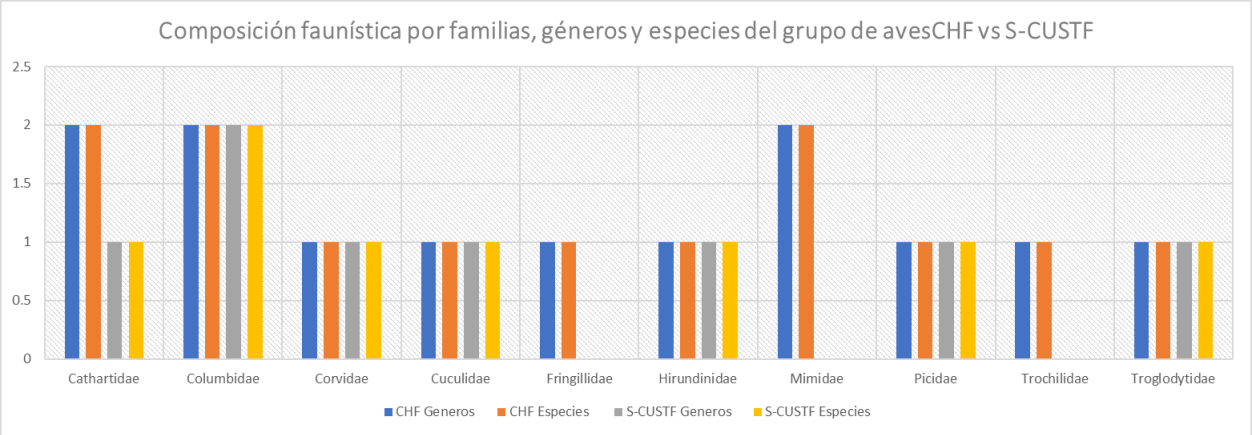
realizar un comparativo con los datos de riqueza por familia, género y especies, considerando la abundancia e índice de diversidad para cada grupo faunístico, cuyos resultados se describen a continuación

Grupo de aves.

En relación al grupo de aves, podemos observar que la cuenca hidrológico forestal presenta 10 familias con 13 géneros y 13 especies, mientras que en la superficie de cambio de uso de suelo fue posible identificar 7 familias con 8 géneros y 8 familias, sin embargo, es importante precisar que todas las familias, géneros y especies identificadas en la superficie del proyecto también se encuentran identificadas en la cuenca hidrológico forestal, por lo que el riesgo de verse disminuidas con motivo de las actividades de cambio de uso de suelo es nulo, máxime que están incluidas en el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre, cuyo objetivo es evitar dañar e incluso evitar la muerte accidental por motivo del cambio de uso de suelo.

Tabla 95. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de aves. SA vs S-CUSAF.

No.	**Familia**	**SA**		**S-CUSAF**	
		Géneros	**Especies**	**Géneros**	**Especies**
1	*Cathartidae*	2	2	1	1
2	*Columbidae*	2	2	2	2
3	*Corvidae*	1	1	1	1
4	*Cuculidae*	1	1	1	1
5	*Fringillidae*	1	1	0	0
6	*Hirundinidae*	1	1	1	1
7	*Mimidae*	2	2	0	0
8	*Picidae*	1	1	1	1
9	*Trochilidae*	1	1	0	0
10	*Troglodytidae*	1	1	1	1
	Total	**13**	**13**	**8**	**8**



Grafica 35**.** Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de aves. SA vs S-CUSAF.

De acuerdo con la gráfica anterior, se puede observar que las familias que presentan una riqueza y abundancia mayor en la cuenca hidrológico forestal son la *Cathartidea, Columbidae* y *Mimidae,* mientras que en la superficie de cambio de uso de suelo es la *Columbidae* el resto de las familias en ambas condiciones geográficas son similares en cuanto a la riqueza y abundancia.

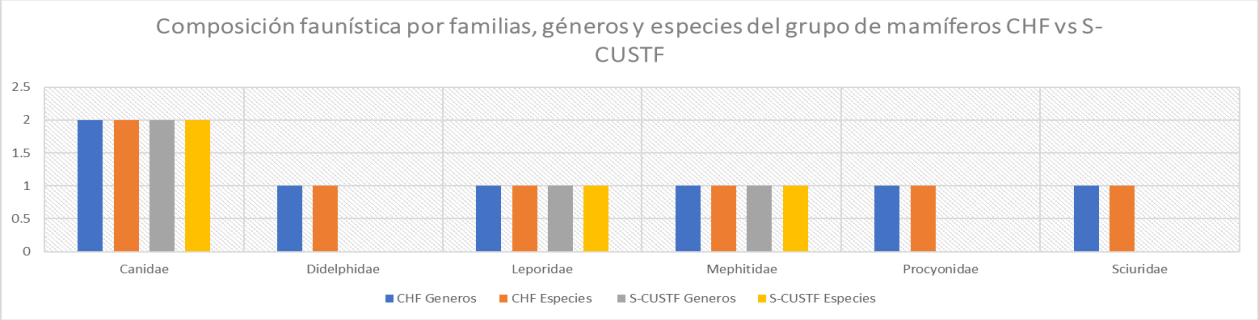
Grupo de mamíferos

En relación al grupo faunístico de los mamíferos, se identificó una mayor riqueza y abundancia en la cuenca hidrológica forestal, registrándose un total de 6 familias, con 7 géneros y 8 especies, mientras en la superficie de cambio de uso de suelo fue posible identificar 3 familias con 4 géneros y 4 especies, a pesar de que la microcuenca presenta mayor riqueza y abundancia es importante precisar que tanto las familias como los géneros y especies identificados en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, estos se encuentra ampliamente distribuidas en la cuenca hidrológica forestal, esto no permite garantizar conservar y mantener las especies, aún y con la ejecución del cambio de uso de suelo en la superficie del proyecto.

Tabla 96. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de mamíferos. SA vs S-CUSAF.

No.	Familia	SA		S-CUSAF	
		Géneros	Especies	Géneros	Especies
1	*Canidae*	2	2	2	2
2	*Didelphidae*	1	1	0	0
3	*Leporidae*	1	1	1	1
4	*Mephitidae*	1	1	1	1

5	*Procyonidae*	1	1	0	0
6	*Sciuridae*	1	1	0	0
	Total	**7**	**7**	**4**	**4**



Grafica 36**.** Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de mamíferos. SA vs S-CUSAF.

En la gráfica anterior, se puede observar que la familia que representa una mayor riqueza y abundancia tanto en la cuenca hidrológica forestal como en la superficie de cambio de uso de suelo en la *Canidae* el resto de las familias presenta similitud en cuanto a dichos indicadores.

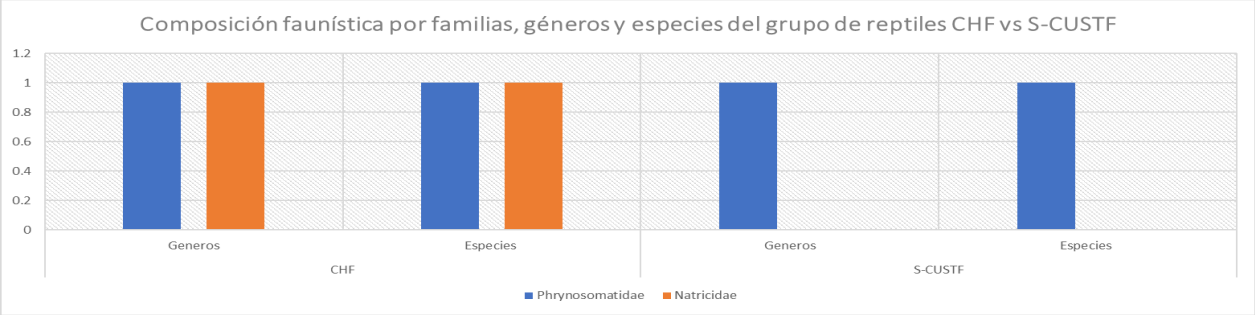
Grupo de reptiles

El grupo faunístico de reptiles fue el menos representado en las dos condiciones geográficas (SA vs S-CUSAF), quizá el factor que allá influido sea la época del muestro, aun así la cuenca hidrológico forestal es la que registro mayor riqueza con 2 familias, 2 género y 2 especies, mientras que la superficie de cambio de uso de suelo solo fue posible identificar una (1) familia, un (1) género y una (1) especie, a pesar de la baja presencia de especies de este grupo, la especies registrada en el área del proyecto también fueron registradas e identificadas en la cuenca hidrológico forestal, por lo que se concluye que no se verá afectada su estructura y composición, con motivo del cambio de uso de suelo, sin embargo, tanto la especies de este grupo como, el de aves y mamíferos están incluidas en el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre, considerando en algunos casos la movilidad de algunas especies.

Tabla 97. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de reptiles. SA vs S-CUSAF.

No.	**Familia**	**SA**		**S-CUSAF**	
		Géneros	**Especies**	**Géneros**	**Especies**
1	*Phrynosomatidae*	1	1	1	1

No.	Familia	SA		S-CUSAF	
		Géneros	Especies	Géneros	Especies
2	*Natricidae*	1	1	0	0
	Total	**2**	**2**	**1**	**1**



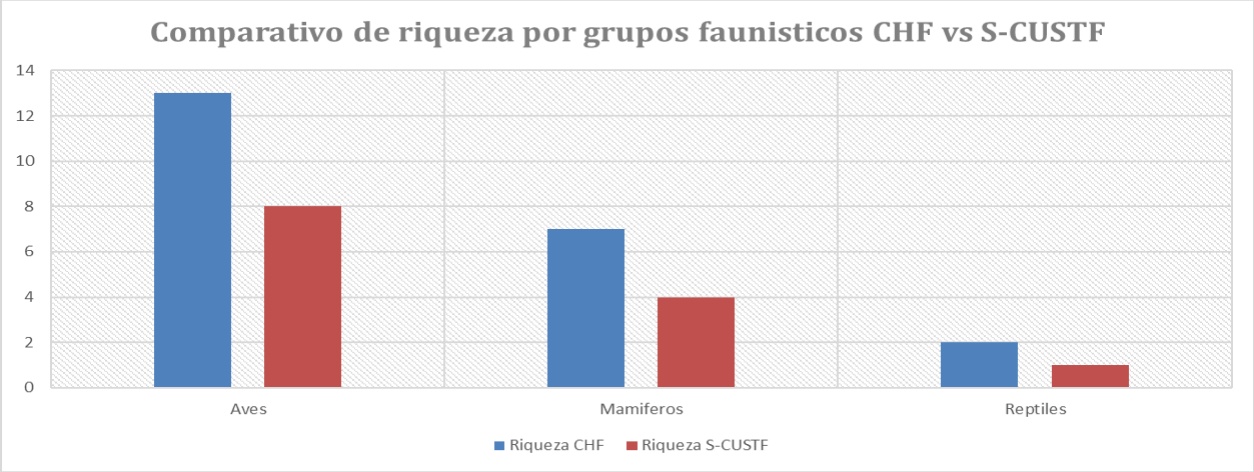
Grafica 37**.** Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de reptiles. SA vs S-CUSAF.

De acuerdo con la gráfica anterior, se puede observar la presencia de dos (2) familias, un (1) género y una (1) especie en la cuenca hidrológico forestal y una (1) familia con un (1) género y una (1) especie para la superficie de cambio de uso de suelo la cual se encuentra identificada y distribuida en la cuenca en mención.

En relación a la riqueza e índices de diversidad por grupos faunísticos en la cuenca hidrológico forestal y la superficie de cambio de uso de suelo, se obtuvo como resultado que el grupo de aves tanto en la cuenca como en la superficie a cambio de uso de suelo presenta una riqueza mayor con 13 y 8 especies respectivamente, aunque el SA presenta una mayor riqueza, en el caso del grupo de mamíferos con 7 y 4 especies, donde el SA presenta también una mayor riqueza y finalmente el grupo de reptiles con 2 y 1 donde el SA registra mayor riqueza, sin embargo, cabe señalar que todas las especies que representan la riqueza en la superficie de cambio de uso de suelo también fueron registradas e identificadas en la cuenca hidrológico forestal, lo que nos indica que aun con la ejecución del proyecto, estas se mantendrán en el ecosistema por afectar, máxime que están incluidas en el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre propuesto.

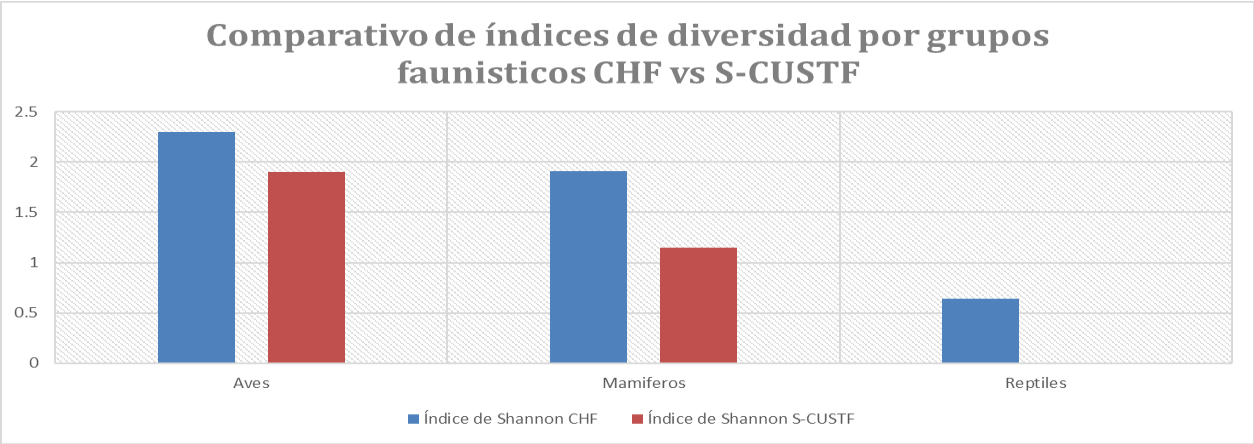
Tabla 98. Comparativo faunístico entre riqueza e índices de diversidad por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF.

Grupos	Riqueza		Índice de Shannon	
	SA	S-CUSAF	SA	S-CUSAF
Aves	13	8	2.302	1.905
Mamíferos	7	4	1.907	1.149
Reptiles	2	1	0.637	0.000



Grafica 38**.** Comparativo faunístico de riqueza por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF.

De acuerdo con la gráfica anterior, se puede observar que el grupo de aves es el que presenta una mayor riqueza en ambas condiciones geográficas, seguido por el de mamíferos y el que menos riqueza represento fue el de reptiles.



Grafica 39**.** Comparativo faunístico de índices de diversidad por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF.

En base a la gráfica anterior sobre el comparativo faunístico de índices de diversidad por grupo faunísticos, se observa el mismo comportamiento que la riqueza, donde el grupo de aves presenta una mayor diversidad tanto en la cuenca hidrológico forestal como en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales (SA 2.302 vs S-CUSAF 1,905) respectivamente.

Le sigue el grupo representado por los mamíferos (SA 1.907 vs S-CUSAF 1.149) respectivamente, y finalmente el grupo de reptiles (SA 0.637 vs S-CUSAF 0.000), dando como resultado que la cuenca hidrológico forestal presenta una mayor diversidad en todos los grupos con la superficie de cambio de uso de suelo.

Finalmente, se elaboró una Chek-List comparativa de presencia – ausencia de especies en las dos condiciones geográficas, es decir, cuenca hidrológico forestal y superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, donde se comprobó que todas las especies registradas e identificadas en la superficie del proyecto también se encuentran registradas e identificadas en la cuenca hidrológico forestal, por lo que aun, llevándose a cabo la ejecución del cambio de uso de suelo, estas se mantienen en el ecosistema por afectar, sin embargo, obedeciendo a la movilidad de las mismas, la forma más segura de garantizar su conservación es incluirlas en su totalidad dentro del programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.

Tabla 99. Check-List de presencia – ausencia de especies entre el SA vs S-CUSAF.

Aves						
No.	**Familia**	**Nombre común**	**Nombre científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**SA**	**S-CUSAF**
1	*Cathartidae*	Aura	*Cathartes aura*	No	6	0
2	*Cathartidae*	Zopilote	*Coragyps atratus*	No	*4*	4
3	*Columbidae*	Tortola cola larga	*Columbina inca*	No	18	3
4	*Columbidae*	Huilota	*Zenaida macroura*	No	8	4
5	*Corvidae*	Cuervo	Corvus corax	No	4	1
6	*Cuculidae*	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	No	2	1
7	*Fringillidae*	Dominico	*Carduelis psaltria*	No	5	0
8	*Hirundinidae*	Golondrina común	*Hirundo rustica*	No	16	1
9	*Mimidae*	Cenzontle	*Mimus polyglottos*	No	2	0
10	*Mimidae*	Cuitlacoche	*Toxostoma curvirostre*	No	4	0

11	*Picidae*	Pajaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	No	3	1
12	*Trochilidae*	Colibri lucifer	*Calothorax lucifer*	No	2	0
13	*Troglodytidae*	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	No	8	2
			Total		**82**	**17**
Mamíferos						
No.	**Familia**	**N. Común**	**N. Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**SA**	**S-CUSAF**
1	*Canidae*	Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	No	2	2
2	*Sciuridae*	Ardilla	*Spermophilus variegatus*	No	2	0
3	*Leporidae*	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	No	1	5
4	*Canidae*	Coyote	*Canis latrans*	No	2	1
5	*Procyonidae*	Mapache	*Procyon lotor*	No	2	0
6	*Mephitidae*	Zorrillo	*Conepatus leuconotus*	No	1	1
7	*Didelphidae*	Tlacuache	*Didelphis virginiana*	No	2	0
			Total		**12**	**9**
Reptiles						
No.	**Familia**	**N. Común**	**N. Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**SA**	**S-CUSAF**
1	*Phrynosomatidae*	Lagartija Espinosa Mexicana	*Sceloporus spinosus*	No	2	1
2	*Natricidae*	Culebra del agua	*Thamnoplis cytopsis*	No	1	0
			Total		**3**	**1**

Así mismo es importante precisar que la totalidad de especies registradas en ambas condiciones geográficas, ninguna de ellas se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo ninguna categoría de riesgo, por lo que no se afectaran especies con algún tipo de restricción ecológica.

Consumación.

Como resultado del análisis comparativo de la composición florística y faunística del área propuesta a cambio de uso de suelo con relación al sistema ambiental, se concluye que dichos elementos biológicos no se verán disminuidos ni afectados en cuanto a su estructura y composición con motivo del cambio de uso de suelo, por lo siguiente;

- ✓ En relación a las especies de flora silvestre identificadas en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, estas, se encuentran amplia y bastamente distribuidas en el sistema ambiental. Lo que nos garantiza que todas las especies por afectar con el cambio de uso de suelo se mantengan y conserven en el ecosistema.

- ✓ También es importante precisar que el sistema ambiental presenta una mayor riqueza, abundancia y diversidad de familias, géneros y especies comparado con la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, lo que nos garantiza que aun con la ejecución del cambio de uso de suelo dichas familias, géneros y especies se mantienen y conserven en el ecosistema analizado.

- ✓ Respecto a la fauna silvestre, del análisis comparativo se obtuvo como resultado que todas las familias, géneros y especies identificados en la superficie de cambio de uso de suelo, todas ellas se encuentran ampliamente distribuidas en el sistema ambiental con una mayor riqueza, abundancia y diversidad, sin embargo, obedeciendo a la movilidad de las mismas, estas están incluidas en el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre con el objetivo de garantiza su permanencia y su conservación en el ecosistema.

- ✓ Así mismo, es importante precisar que de las especies de fauna silvestre registradas e identificadas en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales y sistema ambiental, ninguna se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo, por lo que no se afectaran especies incluidas con algún tipo de restricción ecológica.

Como resultado del análisis anterior, se concluye que, aun y con la ejecución del cambio de uso de suelo en áreas forestales propuesto, en las condiciones biológicas de flora y fauna silvestre presentes en la superficie del proyecto y con la debida aplicación de las medidas de prevención, mitigación y mitigación, principalmente los programas de rescate y reubicación de flora, el de reforestación con especies nativas y el de rescate y reubicación de fauna silvestre, la biodiversidad no se verá afectada, garantizado con ello la sostenibilidad de la flora y fauna

silvestre como precepto de excepción para destinar la superficie al aprovechamiento sustentable mediante las actividades extractivas en la superficie propuesta, acreditándose de esta manera que no se contraviene la política de conservación y el propio programa de ordenamiento ecológico.

Suelo

De igual manera, de acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos de erosión hídrica y eólica en el SA y la S-CUSAF, y el propio análisis comparativo de este elemento que se vertió y las medidas de prevención, mitigación y mitigación propuestas, ha quedado demostrado que el suelo presente en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales no se verá afectado por erosión hídrica y eólica, como se describe a continuación.

Análisis comparativo de las tasas de erosión de los suelos en la S-CUSAF.

Con el objetivo de estimar las tasas de erosión hídrica y eólica de los suelos y predecir los efectos que se tendrían por el cambio de uso de suelo propuesto, en la superficie propuesta, se utilizó la metodología de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) y la utilizada en el documento Ordenamiento Ecológico Regional Cuenca del Valle de México, el cual se basa en los parámetros utilizados por el Manual de Ordenamiento Ecológico. SEDUE. 1988 ambas descritas en el apartado de suelos, modelos que permitieron estimar en campo, la erosión hídrica y eólica potencial, actual y total con proyecto de los suelos, cuyos resultados se desglosan a continuación.

Estimación de erosión hídrica y eólica en la S-CUSAF.

Mediante el desarrollo de las metodologías antes mencionadas, se obtuvo como resultado una estimación hídrica y eólica de **42.993 ton/ha/año con proyecto**, sin embargo, tomando en cuenta la superficie solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales que en este caso es de **19.71 hectáreas**, nos resulta un pérdida total de **847.398 toneladas de sedimentos**, si tomamos en cuenta el periodo proyectado de ejecución del cambio de uso de suelo de 16 años, tendríamos una pérdida total de **13,558.368 toneladas**, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 100. Resultados estimados de erosión hídrica y eólica por hectárea y total en la S-CUSAF.

Tipo de erosión	Súp. CUSAF Has.	Erosión potencial (ton/ha/año)	Erosión Actual Sin Proyecto		Erosión Total Con Proyecto	
			Ton/ha/año	Total	Ton/ha/año	Total
Hídrica	19.71	64.551	6.455	127.231	7.081	139.572
Eólica	19.71	35.912	21.547	424.696	35.912	707.826

Tipo de erosión	Súp. CUSAF Has.	Erosión potencial (ton/ha/año)	Erosión Actual Sin Proyecto		Erosión Total Con Proyecto	
			Ton/ha/año	Total	Ton/ha/año	Total
Total	**19.73**	**100.463**	**28.002**	**551.927**	**42.993**	**847.398**

Obras de conservación de suelos propuesta.

Con el objetivo de evitar la erosión hídrica y eólica en la superficie de cambio de uso de suelo, se propone la construcción de barreras de piedra acomodada en curvas de nivel, por lo que para estimar la capacidad de retención por metro lineal, primeramente se procedió a determinar la pendiente media de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, para nuestro caso, es de **6.12% de pendiente,** la cual junto con la altura de la barrera de piedra de **0.30 m (b)** y aplicando la fórmula de pendiente, nos permite establecer la distancia horizontal, que se estima es de **4.90 m (h)**, a la cual llegarían los azolves, cuando la barrera alcance su máxima capacidad de retención para lo cual fue diseñada, el resultado obtenido es el área del triángulo rectángulo que se forma en metros cúbicos.

Fórmula 1. Estimación del volumen del triángulo rectángulo.

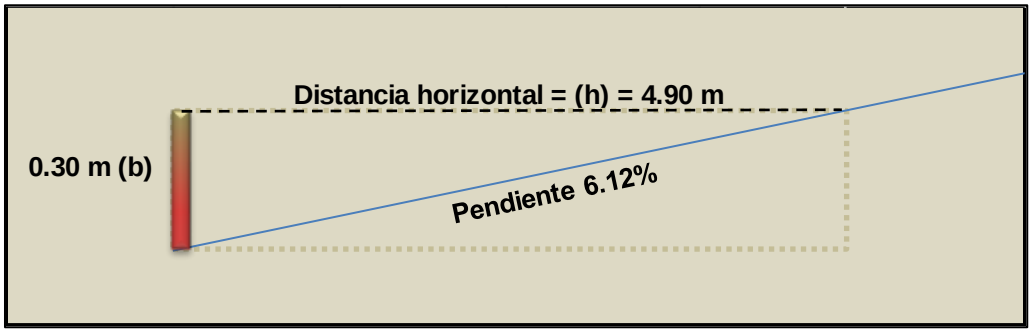
$$V = \left(\frac{b * h}{2}\right) * l$$

Con los parámetros antes descritos, previamente estimados, se procedió a desarrollar la fórmula de pendiente, misma que fue desarrollada en una hoja de Excel, con el objetivo de sintetizar el desglose correspondiente.

Tabla 101. Memoria de cálculo de volumen de obras de conservación de suelo.

DIMENSIONES DE LA BARRERA					RESULTADOS				Erosión Total
U. de M.	Base (b)	Altura (h)	Pendiente (%)	Largo (h)	Vol. (m^3)	Toneladas	Densidad	Vol./ml (ton)	(ton/ha/año)
m	0.3	4.90	6.12	1	0.74	0.74	1.1	0.8088	847.398
cm	30	490	6.12	100	735,294.12	0.74	1.1	0.8088	847.398

La distancia horizontal se obtiene dividiendo la base, es decir, altura de la barrera de 0.30 m, entre el resultado de dividir, la pendiente media del terreno (S-CUSAF) entre 100, dando como resultado la distancia horizontal, a la cual llegarían los azolves una vez que la barrera llegue a su máxima capacidad, como se ilustra a continuación.



Una vez obtenida el área del triángulo rectángulo, esta cantidad se multiplica por 1, es decir, un metro lineal, en seguida para obtener el peso de suelo, esta cantidad se multiplica por la densidad aparente (que se determina de acuerdo con la textura del suelo) y con el uso de la siguiente tabla.

Tabla 102. Textura del suelo y densidad aparente.

TEXTURA DEL SUELO Y DENSIDAD APARENTE	
TEXTURA DEL SUELO	**DENSIDAD APARENTE (GRAMOS / MILILITRO)**
Arena	1.6
Franco arenoso	1.5
Franco	1.4
Franco limoso	1.3
Franco arcilloso	1.2
Arcilla	1.1

Fuente: Manuel de Obras y Practicas. Protección y Restauración y Protección de suelos forestales. CONAFOR – SEMARNAT, 2007 segunda reimpresión.

Para nuestro caso se tomó el valor de un suelo arcilloso, como el que presenta la superficie de cambio de uso de suelo, es decir, por 1.1, estimándose de esta manera las toneladas por metro lineal de barrera de piedra, para nuestro caso de **0.75 ton/ml.**

Una vez estimada la cantidad de sedimentos por metro lineal **(0.74 ton/ml)** se divide entre el total de sedimentos estimados **847.398 toneladas**, arrojando como resultado el volumen de obras de conservación en metros lineales, para nuestro caso **1,047.69 metros lineales** de barreas de piedra acomodada, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 103. Estimación del volumen de obras de conservación en la S-CUSAF.

Tipos de erosión	Súp. CUSAF (has.)	Capacidad por ml (ton.)	Sedimentos totales (ton.)	Volumen de obra (ml)
Hídrica y eólica	19.71	0.74	847.398	1,047.69

Considerando que los **1,047.69 metros lineales de piedra acomodada** son suficientes para retener las **847.398 toneladas de sedimentos**, por lo tanto, estamos ante el cumplimiento del precepto normativo que marca la Ley, el de evitar la erosión de los suelos con motivo del cambio de uso de suelo, tal como se puede demostrar en la siguiente tabla.

Tabla 104. Estimación de volumen retenido con las obras de conservación en la S-CUSAF.

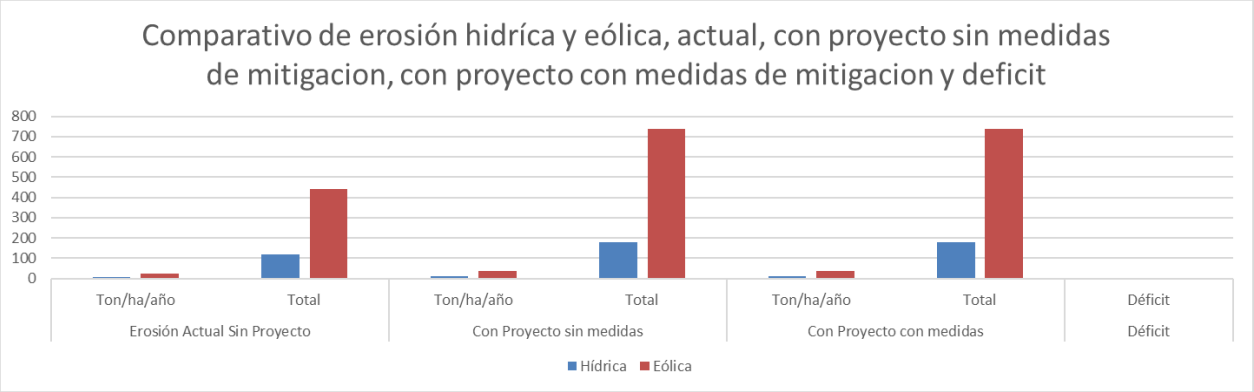
Tipos de erosión	Súp. CUSAF (has.)	Capacidad (ton./ml)	Sedimentos totales estimados (ton.)	Volumen de obra requerido (ml)	Volumen de obra propuesto (ml)	Sedimentos totales retenidos (ton.)	Déficit
Hídrica y eólica	19.71	0.74	847.398	1,047.69	1,047.69	847.398	0.00

De acuerdo con los resultados de erosión hídrica y eólica en la superficie propuesta cambio de uso de suelo, de no ejecutarse el proyecto en consecuencia no se modifican las condiciones originales, manteniéndose las estimaciones actuales, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 105. Comparativo de erosión hídrica y eólica, actual sin proyecto, con proyecto sin medidas y con proyecto con medidas de prevención.

Tipo de erosión	Súp. CUSAF Has.	Erosión potencial (ton/ha/año)	Erosión Actual Sin Proyecto		Erosión Total Con Proyecto		Déficit
			Ton/ha/año	Total	Ton/ha/año	Total	
Hídrica	19.71	64.551	6.455	127.231	7.081	139.572	0.00
Eólica	19.71	35.912	21.547	424.696	35.912	707.826	0.00
Total	**19.73**	**100.463**	**28.002**	**551.927**	**42.993**	**847.398**	**0.00**

Sin embargo, de llevarse a cabo el cambio de uso de suelo, sin la aplicación de medidas preventivas, en este caso la construcción de barreras de piedra acomodada en curvas de nivel, se perderían en total **847.398 toneladas de sedimentos**.



Grafica 40**.** Comparativo de erosión hídrica y eólica, sin proyecto, con proyecto sin medidas y con proyecto con medidas de prevención.

Con base en el análisis comparativo antes descrito y considerando que se busca mantener un equilibrio y potencial y evitar cualquier tipo de riesgo en la UGA, para destinarla al aprovechamiento sustentable se concluye que este elemento no sufrirá daños por erosión hídrica y eólica, además de que el proyecto contempla la ejecución de obras de conservación de suelo a fin de retener las **847.398 toneladas de sedimentos,** es decir, que de acuerdo a la gráfica anterior, este volumen se retendría al final de la ejecución del cambio de uso de suelo en áreas forestales, garantizando con ello un equilibrio y evitando poner en resigo la estabilidad de la UGA.

Agua

Del mismo modo, de acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos intercepción e infiltración de agua en la S-CUSAF y el propio análisis comparativo de este elemento y las medidas de prevención, mitigación y mitigación propuestas, ha quedado demostrado que la intercepción e infiltración de agua de lluvia en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales no se verá afectado una vez de eliminada la vegetación forestal, como se describe a continuación.

Análisis comparativo de la calidad, captación e infiltración del agua en la S-CUSAF.

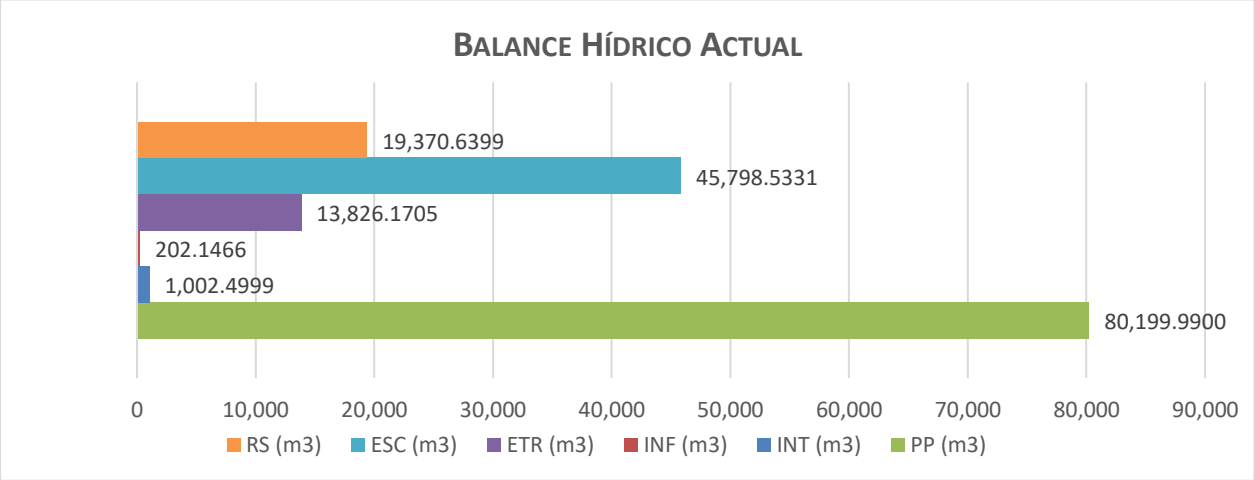
Con la metodología desarrollada en el apartado de hidrología superficial fue posible estimar el balance hídrico, el cual nos permitió conocer los procesos de precipitación, evapotranspiración, escurrimiento, infiltración y recarga en la S-CUSAF, cuyos resultados se muestran a continuación.

Captación de agua de lluvia actual en la S-CUSAF.

De acuerdo con los resultados de la tabla, en el balance hídrico observamos que el 57.11% del agua precipitada se escurre lo cual está relacionado con las propiedades físicas del suelo, la intensidad de la lluvia y la cobertura vegetal, por lo que se pierden en la escorrentía 45,798.5331 m^3, la recarga subterránea representa el 24.15% del agua precipitada representando un volumen de 19,370.6399 m^3, el 17.24%, por lo que corresponde a la evaporación del agua y está relacionado directamente con las condiciones climáticas y el estado de la cobertura vegetal dentro de la superficie con vegetación de **Matorral Crasicaule** por lo que anualmente se evapotranspiran 13,826.1705 m^3, y posteriormente tenemos la intercepción con un 1.25% que está relacionado con la cobertura de las copas por lo que la vegetación capta 1,002.4999 m^3 y para finalizar tenemos la infiltración en el suelo o el agua que queda disponible para el uso de las plantas que corresponde a tan solo el 0.25% o 202,1466 m^3.

Tabla 106. Balance hídrico actual en la S - CUSAF.

Polígono	PP (m3)	INT (m3)	INF (m3)	ETR (m3)	ESC (m3)	RS (m3)
CUSAF	80,199.9900	1,002.4999	202.1466	13,826.1705	45,798.5331	19,370.6399
Total	**80,199.9900**	**1,002.4999**	**202.1466**	**13,826.1705**	**45,798.5331**	**19,370.6399**
%	**100.00%**	**1.25%**	**0.25%**	**17.24%**	**57.11%**	**24.15%**



Grafica 41**.** Balance hídrico actual.

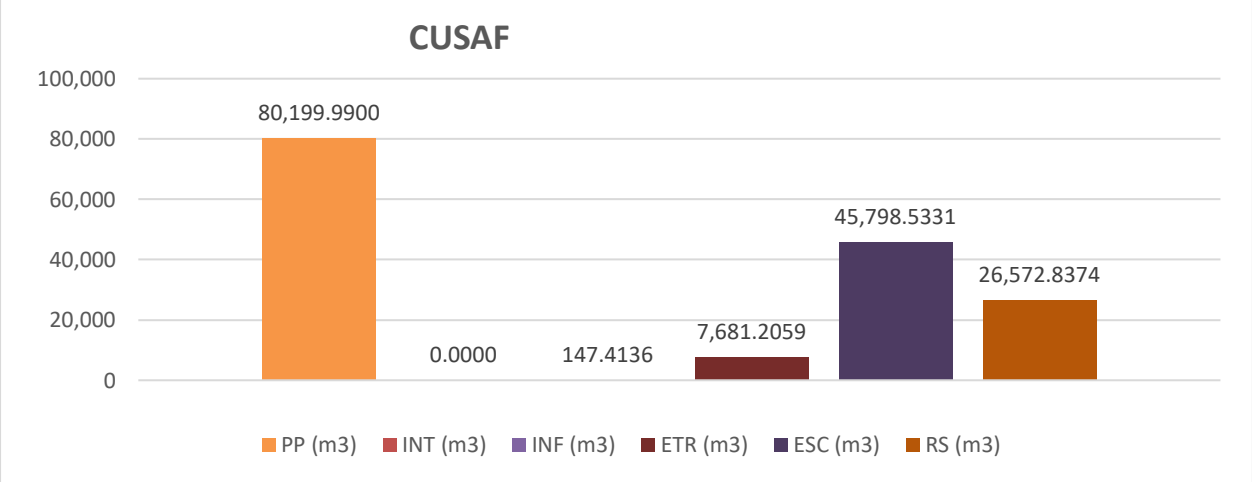
Estimación de volumen de captación de agua Con CUSAF.

Con los datos obtenidos para el balance hídrico observamos que el escurrimiento representa el 57.11%, es decir, 45,798.5331 m^3 con la ausencia de cobertura vegetal, en seguida tenemos la recarga subterránea del 33.13% de la precipitación por lo que se recargarán al acuífero

anualmente, es decir, 26,572.8374 m^3, posteriormente tenemos la evaporación con 9.58% ya que la evaporación disminuirá al eliminar la vegetación por lo que anualmente se evaporarán 7,681.2059 m^3 por efecto de la evaporación del suelo, la infiltración en el espacio poroso corresponde a 0.18% del agua precipitada por lo que en el área de vacíos se infiltrará 147.4136 m^3 antes de que inicie el proceso de escurrimiento y finalmente con la remoción de la vegetación la intercepción de la vegetación pasará a 0%, sin embargo solo se trata de una afectación temporal.

Tabla 107. Balance hídrico Con CUSAF.

Balance hídrico Con CUSAF						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	0.0000	147.4136	7,681.2059	45,798.5331	26,572.8374
Total	**80,199.9900**	**0.0000**	**147.4136**	**7,681.2059**	**45,798.5331**	**26,572.8374**
%	**100.00%**	**0.00%**	**0.18%**	**9.58%**	**57.11%**	**33.13%**



Grafica 42**.** Balance hídrico Con CUSAF.

Si comparamos la recarga subterránea que resultan del balance hídrico actual, es decir, sin remoción de la vegetación forestal, contra la que resulta con proyecto, es decir, una vez eliminada la vegetación forestal, se obtiene el déficit de infiltración que **– 7,202.20 m^3** de agua, lo que supondría que es la afectación con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales, sobre la vegetación presente, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 108. Comparativo entre el balance hídrico Sin Proyecto y Con Proyecto.

Balance hídrico actual						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	1,002.4999	202.1466	13,826.1705	45,798.5331	19,370.6399
Total	**80,199.9900**	**1,002.4999**	**202.1466**	**13,826.1705**	**45,798.5331**	**19,370.6399**
%	**100.00%**	**1.25%**	**0.25%**	**17.24%**	**57.11%**	**24.15%**
Balance hídrico con CUSAF						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	0.0000	147.4136	7,681.2059	45,798.5331	26,572.8374
Total	**80,199.9900**	**0.0000**	**147.4136**	**7,681.2059**	**45,798.5331**	**26,572.8374**
%	**100.00%**	**0.00%**	**0.18%**	**9.58%**	**57.11%**	**33.13%**
Déficit		**-1002.50**	**-54.73**	**-6,144.96**	**0.00**	**7,202.20**

Con el objetivo de mitigar el deterioro de la calidad del agua y la disminución en su captación por la remoción de la vegetación forestal, se propone la construcción de barreras de piedra acomodada en curvas de nivel, de tinas ciegas o zanjas trincheras, y el establecimiento de barreras vivas y terrazas individuales como actividades de restauración, así mismo, la colocación de letrinas portátiles, la colocación de contenedores para el almacenamiento de residuos sólidos urbanos, aislamiento de los Arroyos El Barrosal y Bernal con la franja de protección y las obras de mitigación del incremento de escurrimientos pluviales, previo a las actividades de cambio de uso de suelo, mismas que se describen a continuación.

De acuerdo con el análisis de los resultados del elemento agua superficial, se concluye que se mantiene un equilibrio, es decir, no se pone en riesgo el potencial hídrico de la UGA evitando poner en riesgo su estabilidad, por lo que no se contraviene la política de la misma ni del propio ordenamiento local, siendo factible destinar la superficie al aprovechamiento sustentable mediante la extracción de roca caliza.

En consumación, de acuerdo con el análisis comparativo de los resultados de flora y fauna silvestre, agua y suelo, factores ambientales que determinan el equilibrio de los ecosistemas y que garantiza su estabilidad y funcionamiento, y tomando en consideración las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas para cada uno de estos factores, se concluye que es factible destinar la superficie del proyecto al aprovechamiento sustentable, mediante actividades extractivas, toda vez que ha quedado demostrado que se garantiza la sostenibilidad de la flora y fauna silvestre, se mitigan la erosión del suelo y no se pone en riesgo la cantidad y

calidad del agua, garantizando la estabilidad, el equilibrio y su potencial de la unidad de gestión ambiental.

Ahora bien, de acuerdo con el estudio, análisis y vinculación de los lineamientos, estrategias y criterios de regulación ambiental, asignados para la política de la unidad de gestión ambiental en comento, se concluye que no se contravienen con la propuesta del estudio impacto ambiental para cambio de uso de suelo en áreas forestales para actividades extractivas, más bien, a través de los *criterios para la extracción de materiales (CE),* se fomentar en cierta medida dichas actividades, en apego a ciertas características y el cumplimiento de la normatividad en la materia, equivalente al trámite de solicitud de impacto ambiental para cambio de uso de suelo en áreas forestales, como requisito para su realización. En adhesión a lo anterior, para cada uno de los lineamientos, estrategias y criterio de regulación ambiental, se proponen medidas de prevención, mitigación y compensación, por lo que es factible destinar la superficie del proyecto al aprovechamiento sustentable mediante las actividades extractivas que se proponen.

En este mismo sentido, de igual manera es importante precisar, que las actividades extractivas, solo están condicionadas en la política de Conservación que soporta la unidad de gestión ambiental, ***(*) previa evaluación de la autoridad competente***, en este caso el municipio de Tolimán o su equivalente el H. Ayuntamiento del mismo, o a quienes este designe, el cual mediante Sesión de Cabildo de fecha 23 de febrero de 2021, aprobó y autorizó el cambio de uso de suelo de conservación a actividades extractivas (Banco de materiales pétreos y trituración) en una superficie inicial de 20.00 hectáreas, derivado del dictamen emitido por la Comisión de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Tolimán con el apoyo de las dependencias de la administración pública municipal involucradas, designada en Sesión Ordinaria de Cabildo número 57 de fecha 16 de febrero de 2021, considerando procedente autorizar y aprobar la solicitud de actualización de cambio de uso de suelo de conservación a actividades extractivas (Banco de materiales pétreos y trituración) en una superficie inicial de 20.00 hectáreas) las cuales se ubican dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) número 8 "La Campana" de acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecologico Local del Municipio de Tolimán, respecto al programa de ordenamiento ecológico local, como versa en la protocolización ante notario público del acuerdo de cabildo en mención.

En este orden de ideas, se tiene que, si bien el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Tolimán publicado en el Periódico Oficial del Estado de Querétaro "La Sombra de Arteaga" el 25 de septiembre de 2028 establece que la superficie solicitada a cambio de uso de

suelo en áreas forestales, está considerada con política de conservación, con un uso de suelo incompatible de actividades extractivas, lo cierto es que dicho Programa fue modificado mediante Actualización de Cambio de Uso de Suelo, aprobado en Sesión Extraordinaria de Cabildo número 58 de 28 de febrero de 2021, publicada en el Periódico Oficial del Estado de Querétaro "La Sombra de Arteaga" el 24 de mayo de 2021.

En consideración a lo anterior, fundado y motivado se acredita que el proyecto motivo de la solicitud de cambio de uso de suelo en áreas forestales a actividades extractivas no contraviene el programa de ordenamiento ecológico local, por lo que no existe motivo alguno que coarte el uso de suelo solicitado.

Como resultado de la vinculación del proyecto con la política de UGA, los lineamientos, estrategias y criterios que regulan las actividades dentro de la misma, se concluye que no existe restricción ecológica, técnica y legal que coarte el uso de suelo solicitado ante las instancias correspondientes.

Ya que ha quedado demostrado que las actividades extractivas en la unidad de gestión ambiental, a pesar de estar condicionadas previa evaluación de las instancias competentes, jurídicamente no están prohibidas, tan es así que el H. Ayuntamiento de Tolimán, Qro., aprobó y autorizo el cambio de uso de suelo de conservación a actividades extractivas, mismo que cumple con todas las formalidades de ley para ser un documento idónea y de dominio público.

También ha quedado de manifiesto y demostrado que el proyecto Banco de materiales pétreos, no contraviene la política de la UGA, ni los lineamientos, estrategias y criterios que regulan las actividades dentro de la misma, por el contrario se hicieron gestiones adicionales ante la Comisión Nacional del Agua con el objetivo de evitar la posible afectación de recursos geohidrológicos cercanos a la superficie del proyecto, donde la misma instancia federal confirmo que el proyecto no contraviene lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales.

En este mismo sentido, en el estudio de impacto ambiental para cambio de uso de suelo en áreas forestales quedo demostrado que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantienen, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitigan en la superficie afectada por la remoción de la vegetación forestal, dando cumplimiento a los preceptos de excepción establecidos en el artículos 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y 141 de su Reglamento y que ya fue autorizado.

II.7 Programa Municipal de Desarrollo Urbano Actualizado 2023 del Municipio de Tolimán, Querétaro.

En sesión Ordinaria de Cabildo Número 32 de fecha 27 de enero de 2023 el H. Ayuntamiento del municipio de Tolimán, dentro de los puntos de la orden del día, el relativo al Numeral III aprobó por unanimidad la Actualización del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Tolimán. La elaboración de la actualización de este programa tiene como objetivo establecer un instrumento claro y sólido; acorde a las dinámicas del municipio y congruente con las políticas superiores de planeación; útil y eficiente para la planeación urbana al corto, mediano y largo plazo.

En apego a dicho Programa, la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, se encuentra distribuida en dos usos de suelo, es decir, 9.28 hectáreas o el 47.09% se ubican en un uso de suelo de ***Conservación Ecológica CE,*** mientras que el resto 10.43 hectáreas o 52.91% en un uso de suelo catalogado como ***Industria IM,*** como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 109.Distribución de la superficie propuesta a CUSAF conforme el PMDU-TA.

Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Tolimán Actualizado (PMDU-TA)			
Usos de suelo PMDU-TA	**Súp. Has.**	**Súp. M2**	**Súp. %**
Conservación Ecológica CE	9.28	92,823.10	47.09
Industria Mediana IM	10.43	104,305.57	52.91
Total	**19.71**	**197,128.67**	**100.00**

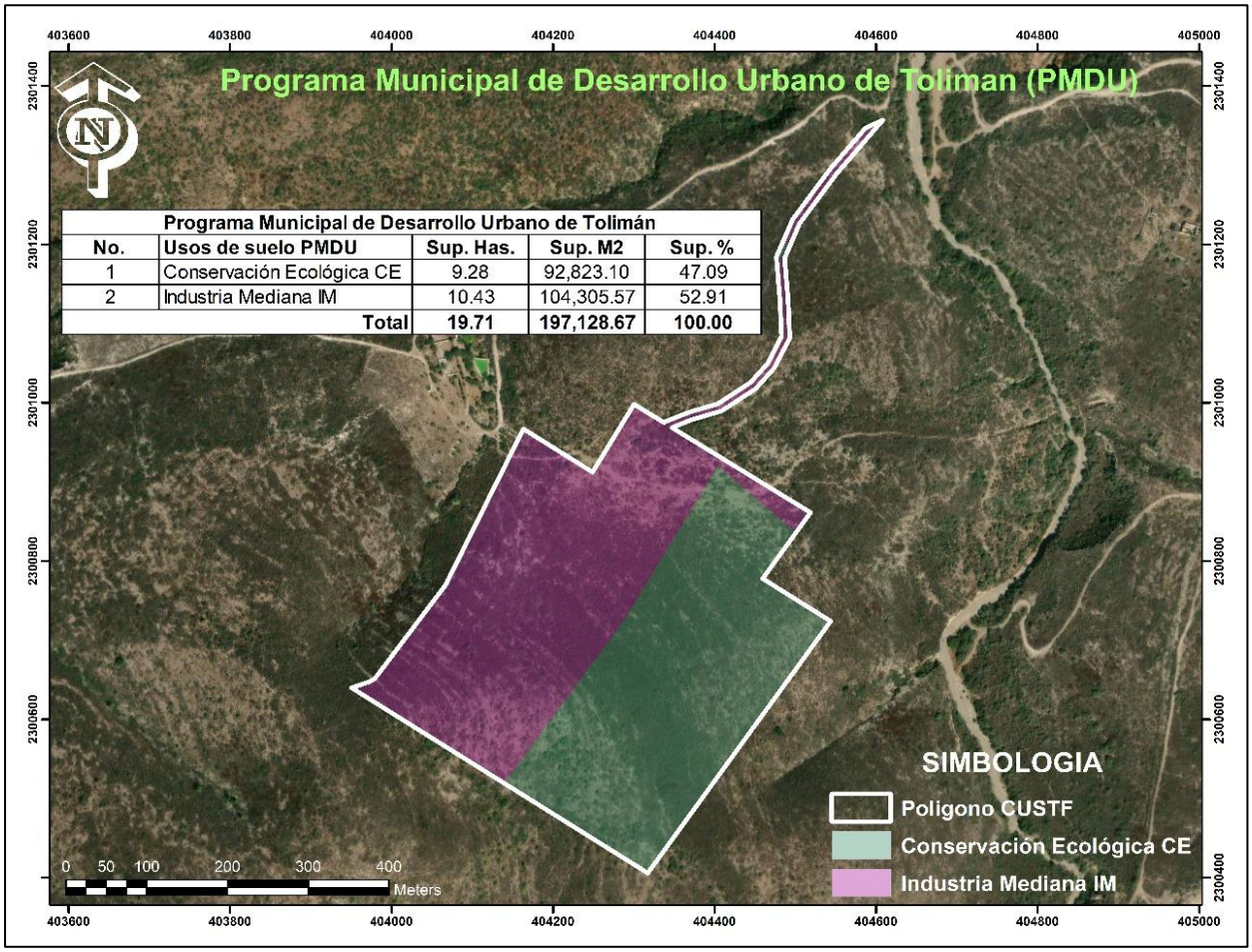


Imagen 12. Distribución de la superficie propuesta a CUSAF conforme el PMDU-TA.

En este mismo tenor, conforme al Anexo C Tabla de Compatibilidad de uso de suelo del PMDU, las actividades extractivas pretendidas por el proyecto, únicamente se encuentran permitidas en el uso de suelo de Industria (I), es decir, en una superficie de 10.43 hectáreas, mientras que en el uso de suelo de Conservación Ecológica (CE), no están permitidas, es decir, en una superficie de 9.28 hectáreas de la superficie total solicitada a cambio de uso de suelo en áreas forestales, de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 110. Anexo C Tabla de compatibilidad de uso de suelo del Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Tolimán Actualizado.

Anexo C: Tabla de compatibilidad de uso de suelo														
Permitido			**Zonificación Primaria**											
			Suelo Urbano y Urbanizable										**Suelo No Urbanizable**	
Prohibido			**Zonificación Secundaria**											
USO GENÉRICO	**GRUPOS DE GIROS**	**GIROS**	**Habitacional Rural (HR)**	**Habitacional Mixto (HM)**	**Habitacional Mixto Medio (HMM)**	**Comercio y Servicios (CS)**	**Industria (I)**	**Equipamiento E**	**Agroturístico (AT)**	**Zonas Arqueológicas (ZA)**	**Conservación Agropecuaria (CA)**	**Conservación Ecológica (CE)**	**Protección Ecológica (PE)**	**Protección a Cauces y Cuerpos de Agua (PCCA)**
Actividades extractivas	Actividades extractivas	Minería, extracción y explotación de minerales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas.												
		Cortes, extracción y trituración de materiales pétreos, cal, yeso.												

Sin embargo, es importante precisar que la zonificación de usos de suelo propuestos por el municipio dentro del PMDU 2023, tuvo un error involuntario desde su proyección, toda vez que no consideró y no tomó en cuenta que el predio donde se ubica el proyecto cuenta con un derecho adquirido desde antes de la aprobación de la actualización de dicho instrumento de uso de suelo.

Toda vez que con fecha 28 de febrero de 2021 el H. Ayuntamiento Constitucional del municipio de Tolimán, Querétaro., mediante Sesión Extraordinaria de Cabildo y considerando el Dictamen que emitió la Comisión de Desarrollo Urbano y Ecología, autorizó y aprobó el Cambio de Uso de Suelo a Actividades Extractivas (Banco de materiales pétreos y trituración) en una superficie inicial de 20.00 (veinte) hectáreas, al predio denominado "El Barrosal", Delegación Municipal de San Antonio de La Cal, Tolimán, Querétaro, mismo que fue publicado en el Periódico Oficial "La Sombra de Arteaga" con fecha 14 de mayo de 2021 y Protocolizado ante Notario Público con fecha 28 de mayo de 2021 e inscrito en el Registro Público de la Propiedad el 9 de julio de 2021, cumpliendo de esta manera con todas formalidades de ley como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 111. Descripción del acuerdo de cabildo de fecha 28 de febrero de 2021 aprobado por el H. Ayuntamiento de Tolimán, Qro.

DICTAMEN DE USO DE SUELO	
Clave catastral:	180 200 857 336 059
Ubicación:	Buenavista, San Antonio de La Cal, Tolimán, Querétaro.
Municipio:	Tolimán, Qro.
Superficie total del predio:	261.00 Hectáreas.
Superficie autorizada y aprobada:	Inicial 20.00 Hectáreas.
Uso de suelo de la zona:	Conservación.
Uso analizado:	Actividades extractivas (Banco de materiales pétreos y trituración)
Respuesta:	***Permitido***
Publicación "La Sombra de Arteaga"	14 de mayo de 2021
Protocolización ante Notario Público.	28 de mayo de 2021
Registro Público de la Propiedad.	9 de julio de 2021
701 Modificación de Plan de Desarrollo Urbano.	

Quedando la superficie aprobada y delimitada mediante las siguiente coordenadas geográficas UTM WGS84 que se muestran en la siguiente tabla.

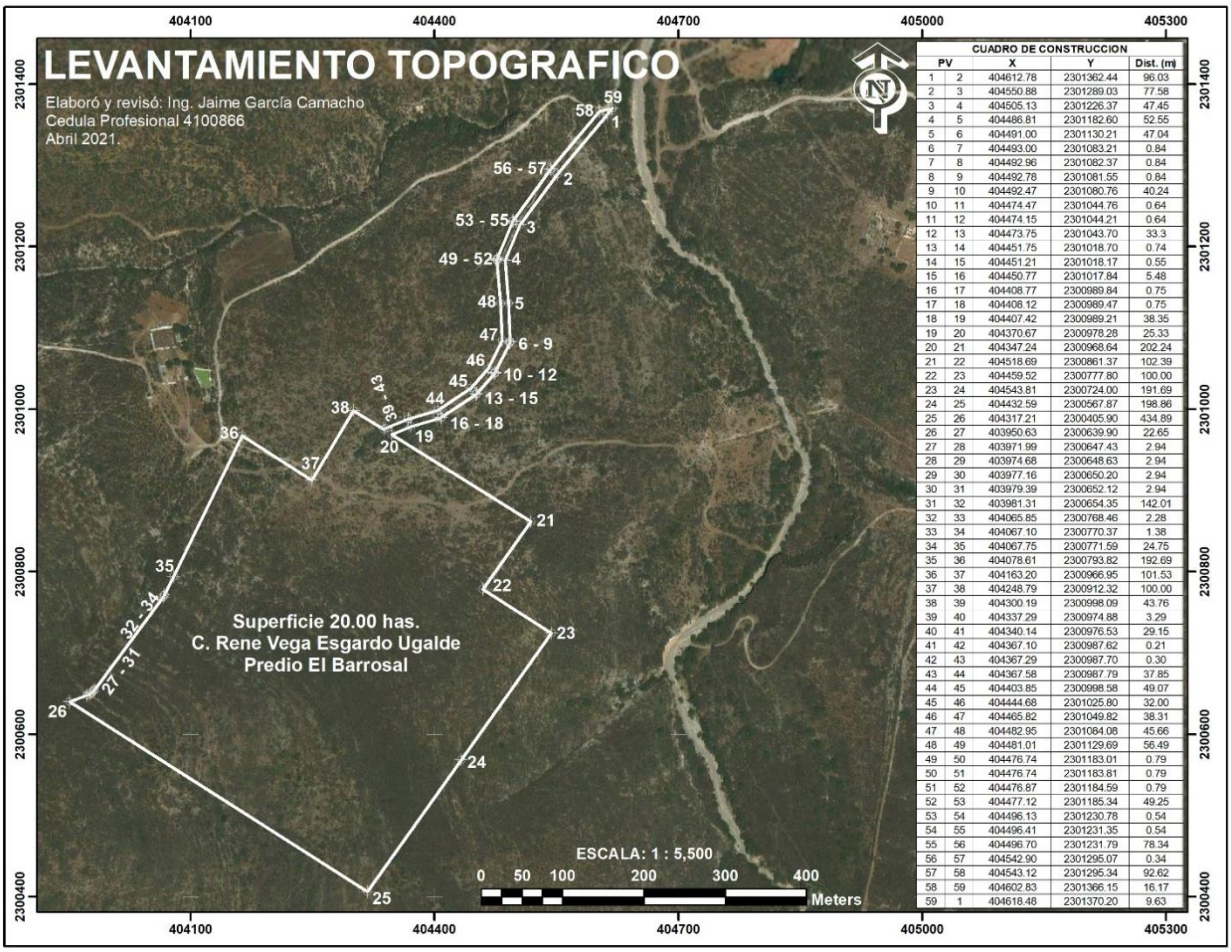
Tabla 112. Delimitación geográfica UTM WGS84 de la superficie aprobada a cambio de uso de suelo por el H. Ayuntamiento de Tolimán de fecha 28 de febrero de 2021.

PV		**X**	**Y**	**Dist. (m)**
1	2	404612.78	2301362.44	96.03
2	3	404550.88	2301289.03	77.58
3	4	404505.13	2301226.37	47.45
4	5	404486.81	2301182.60	52.55
5	6	404491.00	2301130.21	47.04
6	7	404493.00	2301083.21	0.84

PV		X	Y	Dist. (m)
7	8	404492.96	2301082.37	0.84
8	9	404492.78	2301081.55	0.84
9	10	404492.47	2301080.76	40.24
10	11	404474.47	2301044.76	0.64
11	12	404474.15	2301044.21	0.64
12	13	404473.75	2301043.70	33.3
13	14	404451.75	2301018.70	0.74
14	15	404451.21	2301018.17	0.55
15	16	404450.77	2301017.84	5.48
16	17	404408.77	2300989.84	0.75
17	18	404408.12	2300989.47	0.75
18	19	404407.42	2300989.21	38.35
19	20	404370.67	2300978.28	25.33
20	21	404347.24	2300968.64	202.24
21	22	404518.69	2300861.37	102.39
22	23	404459.52	2300777.80	100.00
23	24	404543.81	2300724.00	191.69
24	25	404432.59	2300567.87	198.86
25	26	404317.21	2300405.90	434.89
26	27	403950.63	2300639.90	22.65
27	28	403971.99	2300647.43	2.94
28	29	403974.68	2300648.63	2.94
29	30	403977.16	2300650.20	2.94
30	31	403979.39	2300652.12	2.94
31	32	403981.31	2300654.35	142.01
32	33	404065.85	2300768.46	2.28
33	34	404067.10	2300770.37	1.38
34	35	404067.75	2300771.59	24.75
35	36	404078.61	2300793.82	192.69
36	37	404163.20	2300966.95	101.53
37	38	404248.79	2300912.32	100.00

PV		X	Y	Dist. (m)
38	39	404300.19	2300998.09	43.76
39	40	404337.29	2300974.88	3.29
40	41	404340.14	2300976.53	29.15
41	42	404367.10	2300987.62	0.21
42	43	404367.29	2300987.70	0.30
43	44	404367.58	2300987.79	37.85
44	45	404403.85	2300998.58	49.07
45	46	404444.68	2301025.80	32.00
46	47	404465.82	2301049.82	38.31
47	48	404482.95	2301084.08	45.66
48	49	404481.01	2301129.69	56.49
49	50	404476.74	2301183.01	0.79
50	51	404476.74	2301183.81	0.79
51	52	404476.87	2301184.59	0.79
52	53	404477.12	2301185.34	49.25
53	54	404496.13	2301230.78	0.54
54	55	404496.41	2301231.35	0.54
55	56	404496.70	2301231.79	78.34
56	57	404542.90	2301295.07	0.34
57	58	404543.12	2301295.34	92.62
58	59	404602.83	2301366.15	16.17
59	1	404618.48	2301370.20	9.63
			Superficie (has)	**20.00**

En este tenor se concluye que las actividades extractivas a llevarse a cabo en una superficie de 19.71 hectáreas son compatibles con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Actualizado 2023 de Tolimán, Qro., en apego al derecho adquirido desde antes de su proyección y formalidades correspondientes, por lo que no existe impedimento técnico – jurídico para emitir la autorización de impacto ambiental solicitada, máxime que dicho argumento legal ya fue acatado con la emisión de la autorización de cambio de uso de suelo en áreas forestales del proyecto que nos ocupa por parte de esa Oficina de Representación en el Estado de Querétaro de la SEMARNAT.



CUADRO DE CONSTRUCCION

PV		X	Y	Dist. (m)
1	2	404612.78	2301362.44	96.03
2	3	404550.88	2301289.03	77.58
3	4	404505.13	2301226.37	47.45
4	5	404486.81	2301182.60	52.55
5	6	404491.00	2301130.21	47.04
6	7	404493.00	2301083.21	0.84
7	8	404492.96	2301082.37	0.84
8	9	404492.78	2301081.55	0.84
9	10	404492.47	2301080.76	40.24
10	11	404474.47	2301044.76	0.64
11	12	404474.15	2301044.21	0.64
12	13	404473.75	2301043.70	33.3
13	14	404451.75	2301018.70	0.74
14	15	404451.21	2301018.17	0.55
15	16	404450.77	2301017.84	5.48
16	17	404408.77	2300989.84	0.75
17	18	404408.12	2300989.47	0.75
18	19	404407.42	2300989.21	38.35
19	20	404370.67	2300978.28	25.33
20	21	404347.24	2300968.64	202.24
21	22	404518.69	2300861.37	102.39
22	23	404459.52	2300777.80	100.00
23	24	404543.81	2300724.00	191.69
24	25	404432.59	2300567.87	198.86
25	26	404317.21	2300405.90	434.89
26	27	403950.63	2300639.90	22.65
27	28	403971.99	2300647.43	2.94
28	29	403974.68	2300648.63	2.94
29	30	403977.16	2300650.20	2.94
30	31	403979.39	2300652.12	2.94
31	32	403981.31	2300654.35	142.01
32	33	404065.85	2300768.46	2.28
33	34	404067.10	2300770.37	1.38
34	35	404067.75	2300771.59	24.75
35	36	404078.61	2300793.82	192.69
36	37	404163.20	2300966.95	101.53
37	38	404248.79	2300912.32	100.00
38	39	404300.19	2300998.09	43.76
39	40	404337.29	2300974.88	3.29
40	41	404340.14	2300976.53	29.15
41	42	404367.10	2300987.62	0.21
42	43	404367.29	2300987.70	0.30
43	44	404367.58	2300987.79	37.85
44	45	404403.85	2300998.58	49.07
45	46	404444.68	2301025.80	32.00
46	47	404465.82	2301049.82	38.31
47	48	404482.95	2301084.08	45.66
48	49	404481.01	2301129.69	56.49
49	50	404476.74	2301183.01	0.79
50	51	404476.74	2301183.81	0.79
51	52	404476.87	2301184.59	0.79
52	53	404477.12	2301185.34	49.25
53	54	404496.13	2301230.78	0.54
54	55	404496.41	2301231.35	0.54
55	56	404496.70	2301231.79	78.34
56	57	404542.90	2301295.07	0.34
57	58	404543.12	2301295.34	92.62
58	59	404602.83	2301366.15	16.17
59	1	404618.48	2301370.20	9.63

Imagen 13. Delimitación geográfica UTM WGS84 de la superficie aprobada a cambio de uso de suelo por el H. Ayuntamiento de Tolimán de fecha 28 de febrero de 2021.

II.8 Decretos y Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas

La superficie del proyecto propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, no se ubica ni forma parte de áreas naturales protegidas de carácter federal, estatal o municipal, el ANP más cercana al sitio se ubica a 4.6 kilómetros aproximadamente y se trata del "Paisaje Natural Peña de Bernal" tal como se puede observar en la siguiente imagen:

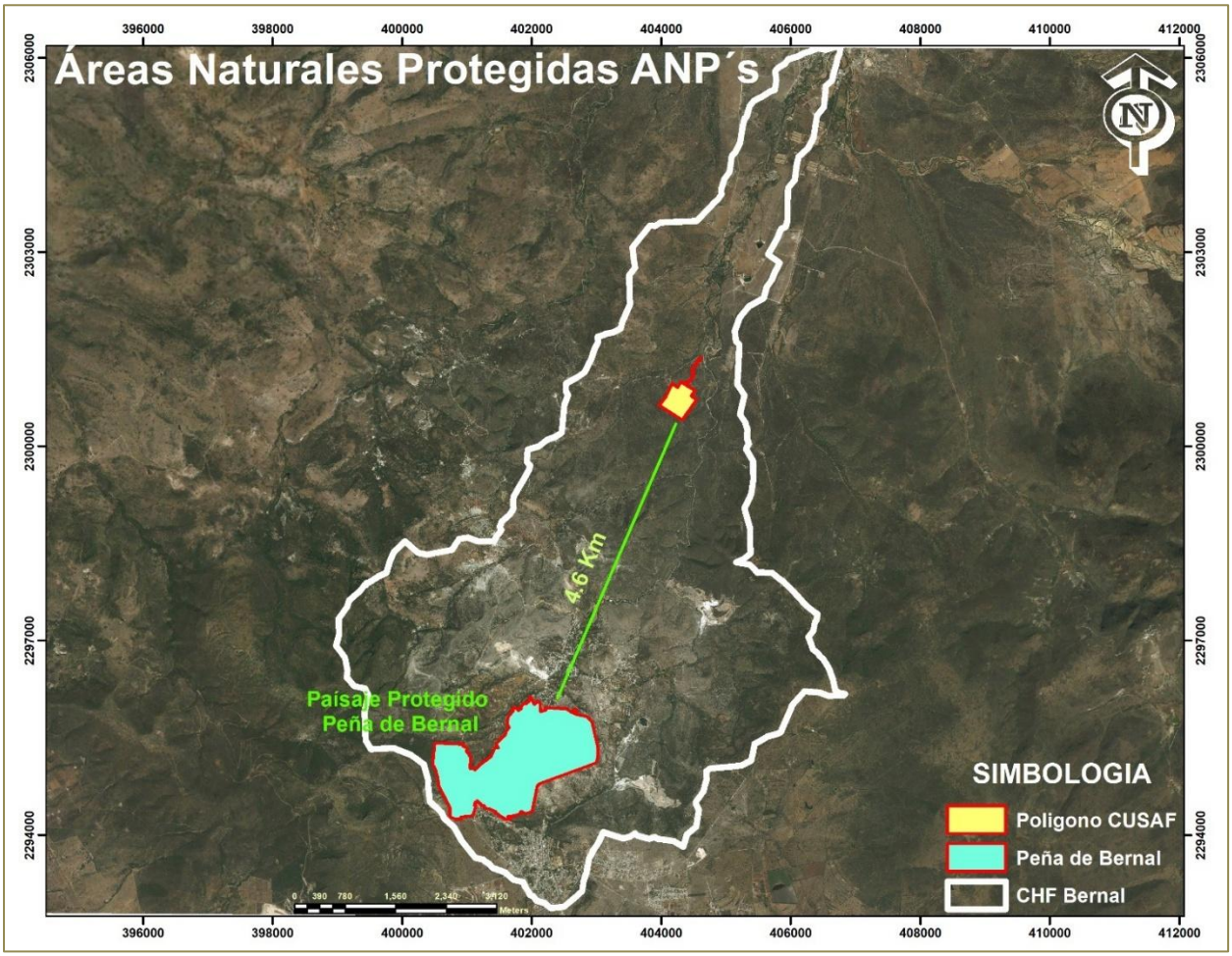


Imagen 14. Áreas Naturales Protegidas en el área de influencia del proyecto.

Con información de la Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad CONABIO por sus siglas, consultada en su página web www.conabio.gob.mx, es importante precisar que la superficie del proyecto y propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales no se ubica dentro de ninguna modalidad de Región Hidrológica Prioritaria (RHP's); Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA's) y Regiones Terrestres Prioritarias (RTP's), tal como se puede evidenciar a continuación.

Región Hidrológica Prioritaria (RHP 's).

De acuerdo a dicha fuente la República Mexicana cuenta con 110 polígonos de Regiones Hidrológicas Prioritarias, clasificadas como Regiones del alta diversidad (AAB), Regiones de uso por sectores (AU), Regiones amenazadas (AA) y Regiones de desconocimiento científico (AD), específicamente la superficie del proyecto propuesta a cambio de uso de suelo en áreas

forestales, no pertenece ni se encuentra dentro de ningún polígono de región hidrológica prioritaria, tal como se puede evidencian en el siguiente mapa georreferenciado.

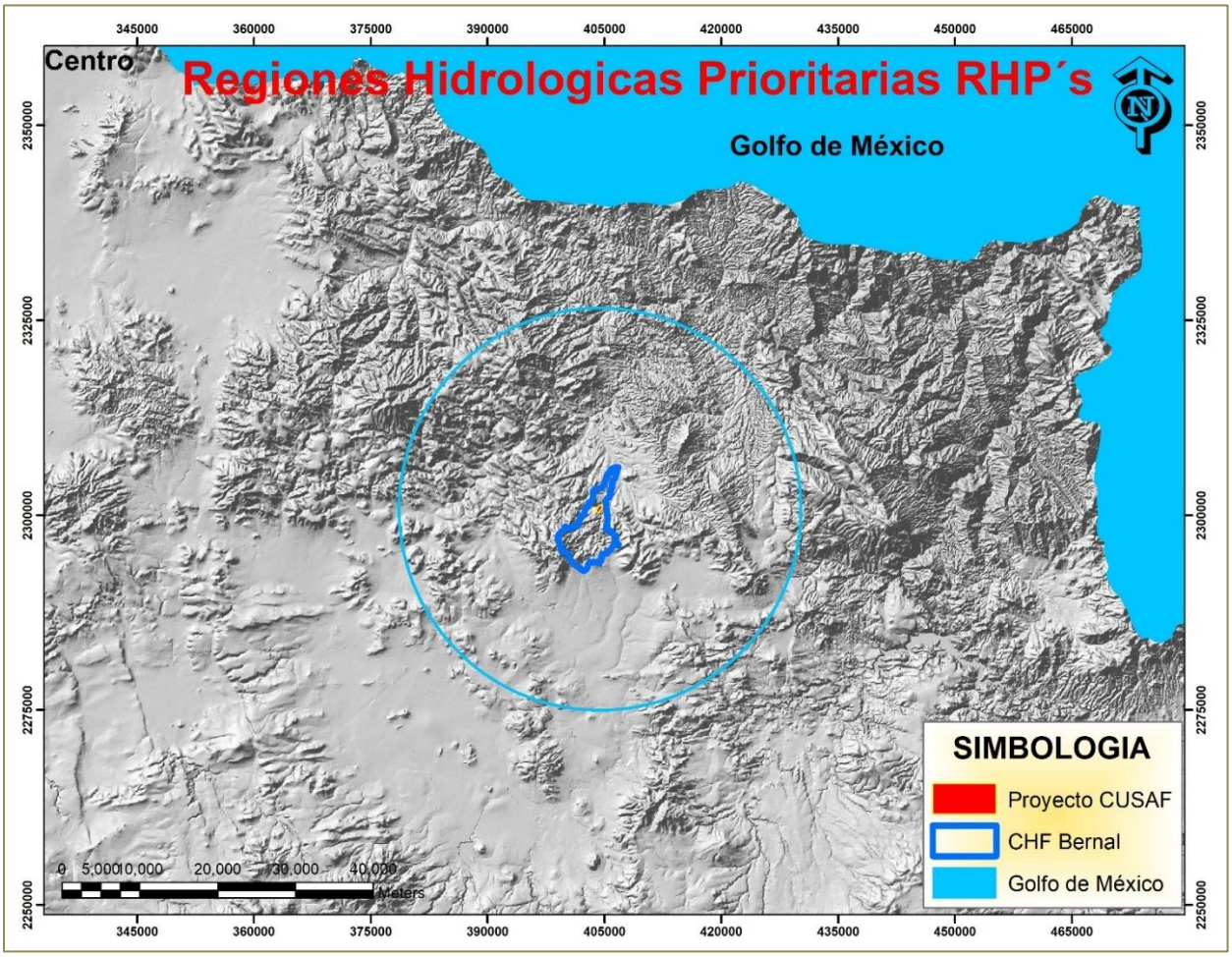


Imagen 15. Regiones Hidrológicas Prioritarias RHP's

Áreas de importancia para la Conservación de las Aves (AICA's)

De acuerdo a CONABIO el país cuenta con 230 áreas, cada área o AICA contiene una descripción técnica que incluye descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico que incluye las especies registradas en la zona, su abundancia (en forma de categorías) y su estacionalidad en el área. El listado completo incluye un total 230 áreas, que incluyen más de 26,000 registros de 1,038 especies de aves (96.3% del total de especies para México según el American Ornithologist's Unión). Adicionalmente, se incluye en al menos un área, al 90.2% de las especies listadas como amenazadas por la ley Mexicana (306 de 339 especies) y al 100 % de las especies incluidas en el libro de Collar et al. (1994, Birds to Watch 2). De las 95 especies endémicas de México (Arizmendi y Ornelas en prep.) todas están registradas en al menos un área.

Este instrumento busca ser una herramienta para los sectores de toma de decisiones que ayude a normar criterios de priorización y de asignación de recursos para la conservación. Ser una herramienta para los profesionales dedicados al estudio de las aves que permita hacer accesible a todos, datos importantes acerca de la distribución y ecología de las aves en México. Ser una herramienta de difusión que sea utilizada como una guía para fomentar el turismo ecológico tanto a nivel nacional como internacional. Ser un documento de renovación periódica que permita fomentar la cooperación entre los ornitólogos y los aficionados a las aves, para lograr que este documento funja siempre como una fuente actualizada de información. Fomentar la cultura "ecológica", especialmente en lo referente a las aves, sirviendo como herramienta para la formación de clubes de observadores de aves, y de otros tipos de grupos interesados en el conocimiento y la conservación de estos animales. Para el caso que nos ocupa es importante preciar que la superficie del proyecto propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales no pertenece ni se encuentra dentro de ningún polígono de los 230 definidos por la CONABIO en consecuencia este no presenta criterios de regulación establecidos por la misma institución que deban ser materia de analices para el presente proyecto.

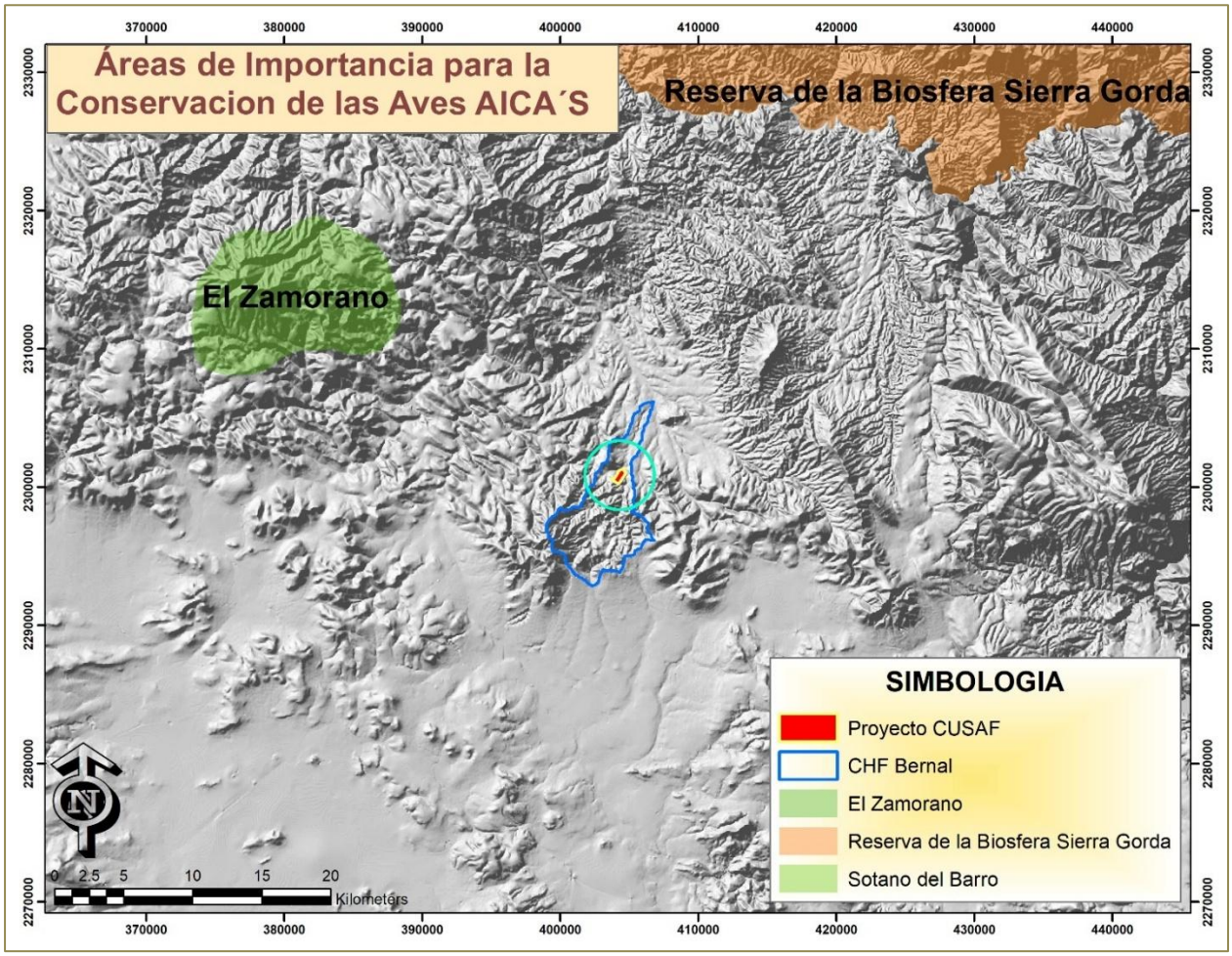


Imagen 16. Mapa de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

Regiones Terrestres Prioritarias (RTP's)

El país está dividido en 152 regiones terrestres prioritarias, abarcando una superficie de 515,558 km^2. El Proyecto Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), en particular, tiene 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 ecosistémica 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.

En este caso, el proyecto o superficie solicitada para cambio de uso de suelo de áreas forestales no se opone al gran objetivo planteado por la CONABIO ya que este no se ubica dentro de ninguna de estas áreas terrestres prioritarias, tal como se puede ilustrar en el siguiente mapa.

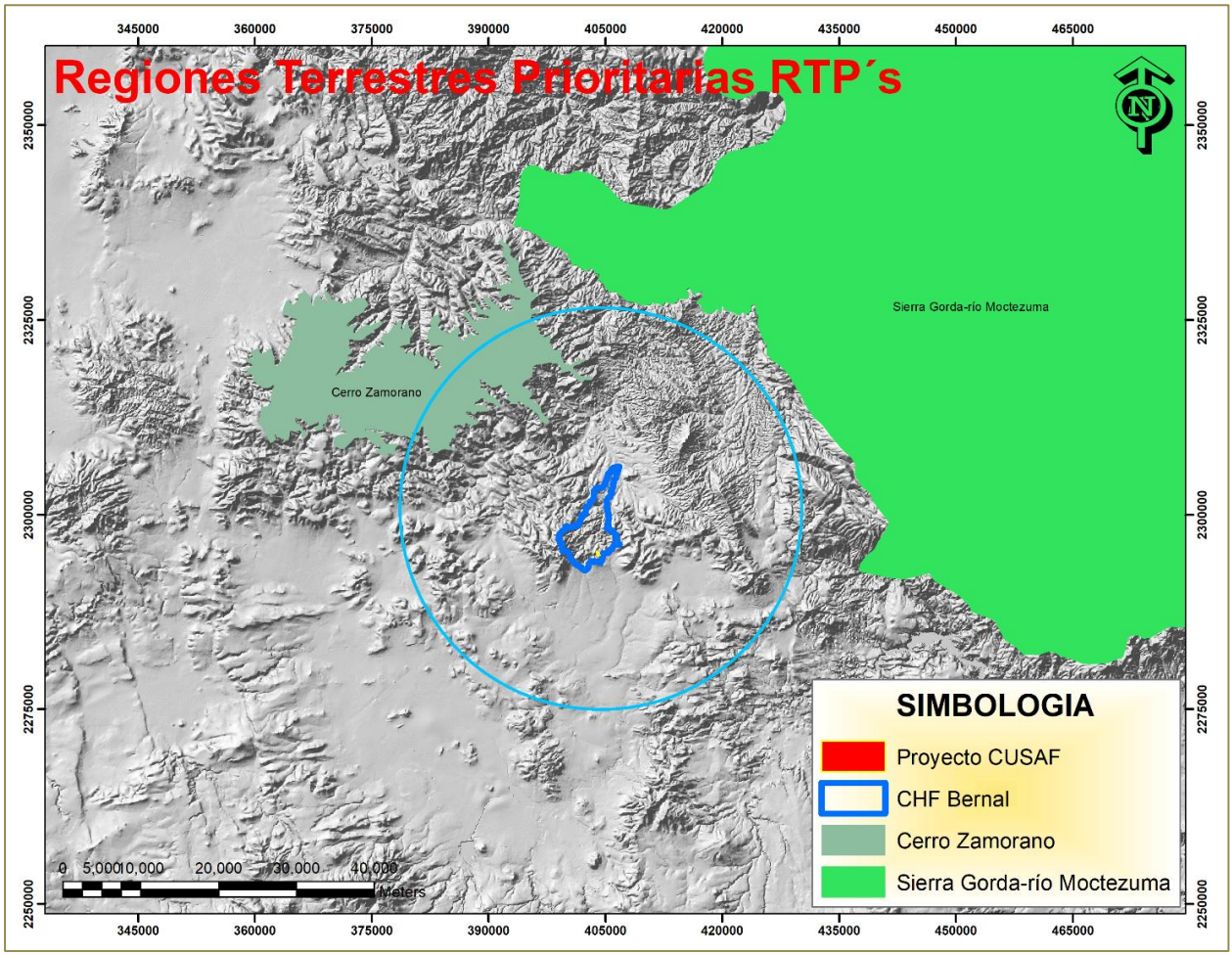


Imagen 17. Mapa de Regiones Terrestres Prioritarias RTP'S

Como se ha podido demostrar el área del proyecto no presenta ninguna restricción en cuanto a áreas prioritarias que requieran atención especial y más aún que motiven a proponer medidas especiales sobre los impactos que va a generar.

II.9 Normas Oficiales Mexicanas

Así mismo y considerando la naturaleza del proyecto en este caso el aprovechamiento de piedra caliza del subsuelo, mediante un uso de suelo para actividades extractivas (AE), el cual para poder llevarse a cabo en el área clasificada como áreas forestales, se requiere necesariamente del cambio de uso de suelo en áreas forestales, lo cual para dar cumplimiento a los preceptos normativos del artículo 93 de la Ley General del Desarrollo Forestal Sustentable, que establecen*; La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en áreas forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales*

demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal., se llevó a cabo una revisión exhaustiva de las Normas Oficiales aplícales al proyecto, cuya vinculación y cumplimiento se describen a continuación;

Tabla 113. Vinculación del proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto.

NOM	Objetivo	Vinculación y cumplimiento
NOM-059-SEMARNAT-2010 Modificación Anexo Normativo III 14/112019	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.	Tomando en cuenta el objetivo de la Norma Oficial Mexicana en mención y considerando que, dentro de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, se identificó y registro la presencia de una especie bajo la categoría de *Amenazada (A),* tal es el caso de la biznaga asiento de suegra ***(Echinocactus platyacanthus, Link & Otto),*** Tomando en cuenta dicha restricción y con el objetivo de garantizar su permanencia y diversidad dentro del ecosistema por afectar con el cambio de uso de suelo, en particular, dentro del programa de rescate y reubicación de flora silvestre propuesto se incluyen un subprograma especial de rescate y reubicación incluyendo el total de los individuos estimados de dicha especie dentro de la superficie del proyecto, dando cumplimiento de esta manera con dicha norma.

NOM	Objetivo	Vinculación y cumplimiento
NOM-120-SEMARNAT-2011	Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.	Aunque el banco de materiales pétreos, se ubica en un área de matorral xerófilo de tipo matorral crasicaule, sus actividades serán a cielo abierto donde se pretende el aprovechamiento de material rocoso no reservado a la federación, en este sentido dicha explotación se apegara al Código Ambiental del Estado de Querétaro.
NOM-041-SEMARNAT-2015	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Se inspeccionará que todos los vehículos con estas características que formen parte de la flotilla durante la operación del proyecto cuenten con la verificación vehicular vigente para el estado de Querétaro.
NOM-045-SEMARNAT-2006	Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diésel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.	Se inspeccionará que todos los vehículos con estas características que formen parte de la flotilla durante la operación del proyecto cuenten con la verificación vehicular vigente para el estado de Querétaro.
NOM-003-RECNAT-1996	Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte.	Si llegase a establecer en la autorización correspondiente el cumplimiento de la presente Norma, se genera el expediente y se harán las gestiones necesarias para cumplir con los procedimientos, criterios y especificaciones establecidos en la presente Norma.

NOM	Objetivo	Vinculación y cumplimiento
NOM-080-SEMARNAT-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	Con el propósito de evitar contaminación por ruido sobre todo el equipo generador del mismo será calibrado de acuerdo a la presente Norma, y además se establecerá un horario de 7:00 am a 17:30 horas para evitar molestias a la población en general.
NOM-025-SSA1-2014	Que establece los valores limite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM 10 y PM 2.5 en el aire y los criterios para su evaluación.	Se realizará anualmente un estudio perimetral de partículas suspendidas PM 10 y PM 2.5 mismo que se informará a la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Poder Ejecutivo (SEDESU), la SEMARNAT y a la PROFEPA para que determine con conducente.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Los residuos como aceites usados, estopas impregnadas de aceite, filtros de aceite, lubricantes etc., de utilizarse en las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales dentro del sitio del proyecto, serán manejados conforme la normatividad en la materia lo establezca y mediante la contratación de un prestador de servicios para este tipo de residuos que cuente con la autorización de la SEDESU y la SEMARNAT para estos fines.

II.10 Vinculación del proyecto con pueblos indígenas.

La superficie total del proyecto, es decir, las 19.71 hectáreas, se desarrollará en un predio de propiedad privada, ubicado en la localidad de Buenavista. Si bien dicha denominación no figura con una clave individualizada en el Catálogo Nacional de Pueblos y Comunidades Indígenas y Afro mexicanas, la localidad pertenece de forma político-administrativa y cultural a la ***Delegación Municipal de San Antonio de la Cal*** (localidad que sí se encuentra plenamente registrada en dicho Catálogo).

Tabla 114. Vinculación del proyecto con pueblos originarios.

Estado (s)	Municipio (s)	Localidad (s)
Querétaro	Tolimán	Buenavista

Sin embargo, la delimitación del Área de Influencia, se restringió a la poligonal del predio y sus zonas de amortiguamiento inmediatas, excluyendo por completo el núcleo poblacional, agrario o cultural de San Antonio de la Cal, el cual se ubica fuera del radio de afectación por ruido, emisiones o vibraciones a una distancia de aproximadamente 4.6 kilómetros de sitio del proyecto a centro de población referido. Asimismo, por tratarse de un régimen de propiedad privada, no existe afectación ni ocupación de tierras comunales o ejidales pertenecientes a pueblos originarios.

De igual manera, es importante precisar que las actividades proyectadas no obstruyen caminos rituales, capillas oratorias de linaje familiar (chimales) ni afectan visual o físicamente la geografía sagrada de la región, al ubicarse dicho proyecto inmerso en la geografía accidentada de la región.

III. DESCRIPCIÓN DE LA REGION ECOLOGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA.

III. 1 Delimitación del área de influencia del proyecto

El área de influencia comprende el ámbito espacial donde se manifiestan los impactos ambientales y sociales presentes y potenciales a producirse como consecuencia de la ejecución de las actividades del proyecto.

III.1.1 Criterios para determinar el área de influencia.

El criterio fundamental para identificar el área de influencia ambiental del estudio de impacto ambiental, fue reconocer los componentes ambientales que serán afectados por las actividades que se desarrollan en el proyecto, en las fases de preparación del sitio y extracción de materiales pétreos. Al respecto, debemos tener en cuenta que el ambiente relacionado con el proyecto, se puede caracterizar esencialmente como un **ambiente físico (suelo, agua y aire)** en el que existe y se desarrolla una **biodiversidad (flora y fauna)**, así como un **ambiente socioeconómico, con sus evidencias y manifestaciones culturales.** Otro aspecto a tener en cuenta será la identificación precisa de las actividades que se desarrolla durante las diferentes fases del proyecto.

Para establecer en forma definitiva el área de influencia ambiental del proyecto, se efectúa no sólo una identificación, sino también una evaluación de los impactos ambientales potenciales y los riesgos debido al proyecto que puedan tener implicaciones en la vulnerabilidad de los componentes ambientales. Por lo expuesto, se ha considerado conveniente distinguir los siguientes conceptos:

- Área de influencia directa. AID.

Está, corresponde al polígono propuesto para cambio de uso de suelo y sus respectivos componentes ambientales físicos y biológicos, en si se trata del área donde se generarán los impactos con mayor intensidad de naturaleza negativa como positiva. En el AID es donde se considera pueden disiparse la generación de partículas, ruidos, vibraciones, emisión de combustión de vehículos automotores. Es decir, que los impactos ambientales generados no sobrepasen el polígono autorizado del proyecto al aplicar las medidas de prevención y mitigación.

Tabla 115. Delimitación geográfica del área de influencia directa (AID)

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	404347	2300969
2	404519	2300861
3	404460	2300778
4	404544	2300724
5	404433	2300568
6	404317	2300406
7	403951	2300640
8	403972	2300647
9	403975	2300649
10	403977	2300650
11	403979	2300652
12	403981	2300654
13	404066	2300768
14	404067	2300770
15	404068	2300772
16	404079	2300794
17	404163	2300967
18	404249	2300912
19	404300	2300998
20	404337	2300975
21	404340	2300977
22	404367	2300988
23	404367	2300988
24	404368	2300988
25	404404	2300999
26	404445	2301026
27	404466	2301050
28	404483	2301084
29	404481	2301130
30	404477	2301183

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
31	404477	2301184
32	404477	2301185
33	404477	2301185
34	404496	2301231
35	404496	2301231
36	404497	2301232
37	404543	2301295
38	404543	2301295
39	404587	2301347
40	404608	2301357
41	404551	2301289
42	404505	2301226
43	404487	2301183
44	404491	2301130
45	404493	2301083
46	404493	2301082
47	404493	2301082
48	404492	2301081
49	404474	2301045
50	404474	2301044
51	404474	2301044
52	404452	2301019
53	404451	2301018
54	404451	2301018
55	404409	2300990
56	404408	2300989
57	404407	2300989
58	404371	2300978
	Superficie (Has)	**19.71**

- Área de influencia indirecta. AII.

El área de influencia indirecta se definió previendo la afectación hacia zonas urbanas y centros de población cercanos al área del proyecto, y en consideración que es la única restricción que existe para este tipo de proyectos, es decir, la explotación de bancos de materiales, siendo dicha condicionante para la expedición de la licencia de explotación, ya que sin esta no es posible la ejecución del proyecto que nos ocupa, para nuestro caso el área de influencia indirecta quedo de 1.5 kilómetros a la redonda.

Tabla 116. Delimitación geográfica del área de influencia indirecta (AII)

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	405118	2301350
2	405117	2301331
3	405115	2301311
4	405112	2301291
5	405109	2301272
6	405104	2301253
7	405099	2301233
8	405094	2301214
9	405087	2301196
10	405080	2301177
11	405072	2301159
12	405063	2301141
13	405054	2301124
14	405044	2301107
15	405033	2301090
16	405021	2301074
17	405019	2301071
18	405016	2301067
19	405014	2301064
20	405007	2301056
21	405001	2301048
22	404995	2301040
23	404991	2301035

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
24	404990	2301028
25	404996	2301010
26	405001	2300992
27	405006	2300974
28	405010	2300956
29	405013	2300937
30	405015	2300919
31	405017	2300900
32	405018	2300882
33	405024	2300863
34	405029	2300844
35	405034	2300825
36	405037	2300806
37	405040	2300786
38	405042	2300767
39	405043	2300747
40	405044	2300728
41	405044	2300708
42	405043	2300689
43	405041	2300669
44	405038	2300650
45	405035	2300630
46	405031	2300611
47	405026	2300592
48	405021	2300573
49	405014	2300555
50	405007	2300537
51	405000	2300519
52	404991	2300501
53	404982	2300484
54	404972	2300467

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
55	404962	2300450
56	404951	2300434
57	404840	2300278
58	404724	2300116
59	404713	2300100
60	404700	2300084
61	404687	2300069
62	404673	2300055
63	404659	2300041
64	404644	2300027
65	404628	2300015
66	404613	2300002
67	404596	2299991
68	404579	2299980
69	404562	2299970
70	404544	2299961
71	404526	2299952
72	404508	2299944
73	404490	2299937
74	404471	2299930
75	404451	2299924
76	404432	2299919
77	404413	2299915
78	404393	2299912
79	404373	2299909
80	404353	2299907
81	404333	2299906
82	404313	2299906
83	404293	2299906
84	404273	2299908
85	404253	2299910

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
86	404234	2299913
87	404214	2299917
88	404194	2299921
89	404175	2299927
90	404156	2299933
91	404137	2299939
92	404119	2299947
93	404101	2299955
94	404083	2299964
95	404065	2299974
96	404048	2299984
97	403682	2300218
98	403665	2300229
99	403649	2300241
100	403634	2300253
101	403619	2300266
102	403604	2300279
103	403590	2300293
104	403577	2300308
105	403564	2300323
106	403552	2300338
107	403540	2300354
108	403529	2300371
109	403519	2300387
110	403509	2300405
111	403500	2300422
112	403492	2300440
113	403485	2300458
114	403478	2300477
115	403472	2300496
116	403467	2300515

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
117	403462	2300534
118	403458	2300553
119	403455	2300573
120	403453	2300592
121	403451	2300612
122	403451	2300632
123	403451	2300651
124	403452	2300671
125	403453	2300691
126	403456	2300710
127	403459	2300730
128	403463	2300749
129	403467	2300768
130	403473	2300787
131	403479	2300806
132	403486	2300825
133	403494	2300843
134	403502	2300861
135	403511	2300878
136	403521	2300895
137	403531	2300912
138	403542	2300928
139	403554	2300944
140	403566	2300960
141	403579	2300975
142	403593	2300989
143	403607	2301003
144	403621	2301016
145	403636	2301029
146	403638	2301031
147	403714	2301186

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
148	403723	2301204
149	403732	2301220
150	403742	2301237
151	403753	2301253
152	403764	2301268
153	403776	2301283
154	403789	2301298
155	403802	2301312
156	403815	2301326
157	403829	2301339
158	403844	2301352
159	403859	2301364
160	403874	2301375
161	403890	2301386
162	403906	2301396
163	403923	2301405
164	403940	2301414
165	403957	2301423
166	403975	2301430
167	403993	2301437
168	404011	2301443
169	404030	2301449
170	404048	2301453
171	404057	2301471
172	404067	2301488
173	404078	2301504
174	404085	2301516
175	404093	2301527
176	404139	2301590
177	404148	2301602
178	404150	2301604

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
179	404161	2301618
180	404221	2301688
181	404233	2301703
182	404247	2301717
183	404260	2301730
184	404275	2301743
185	404289	2301756
186	404305	2301768
187	404320	2301779
188	404336	2301789
189	404353	2301799
190	404370	2301809
191	404387	2301817
192	404405	2301825
193	404422	2301832
194	404441	2301839
195	404459	2301845
196	404478	2301850
197	404485	2301852
198	404493	2301854
199	404512	2301859
200	404532	2301863
201	404552	2301866
202	404571	2301868
203	404591	2301869
204	404611	2301870
205	404631	2301870
206	404650	2301869
207	404670	2301867
208	404690	2301865
209	404709	2301862

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
210	404729	2301858
211	404748	2301853
212	404767	2301848
213	404786	2301841
214	404804	2301834
215	404823	2301827
216	404841	2301818
217	404858	2301809
218	404875	2301799
219	404892	2301789
220	404909	2301777
221	404925	2301766
222	404940	2301753
223	404955	2301740
224	404969	2301726
225	404983	2301712
226	404996	2301698
227	405009	2301682
228	405021	2301667
229	405033	2301650
230	405043	2301634
231	405054	2301617
232	405063	2301599
233	405072	2301581
234	405080	2301563
235	405087	2301545
236	405094	2301526
237	405099	2301507
238	405104	2301488
239	405109	2301469
240	405112	2301449

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
241	405115	2301430
242	405117	2301410
243	405118	2301390
244	405118	2301370

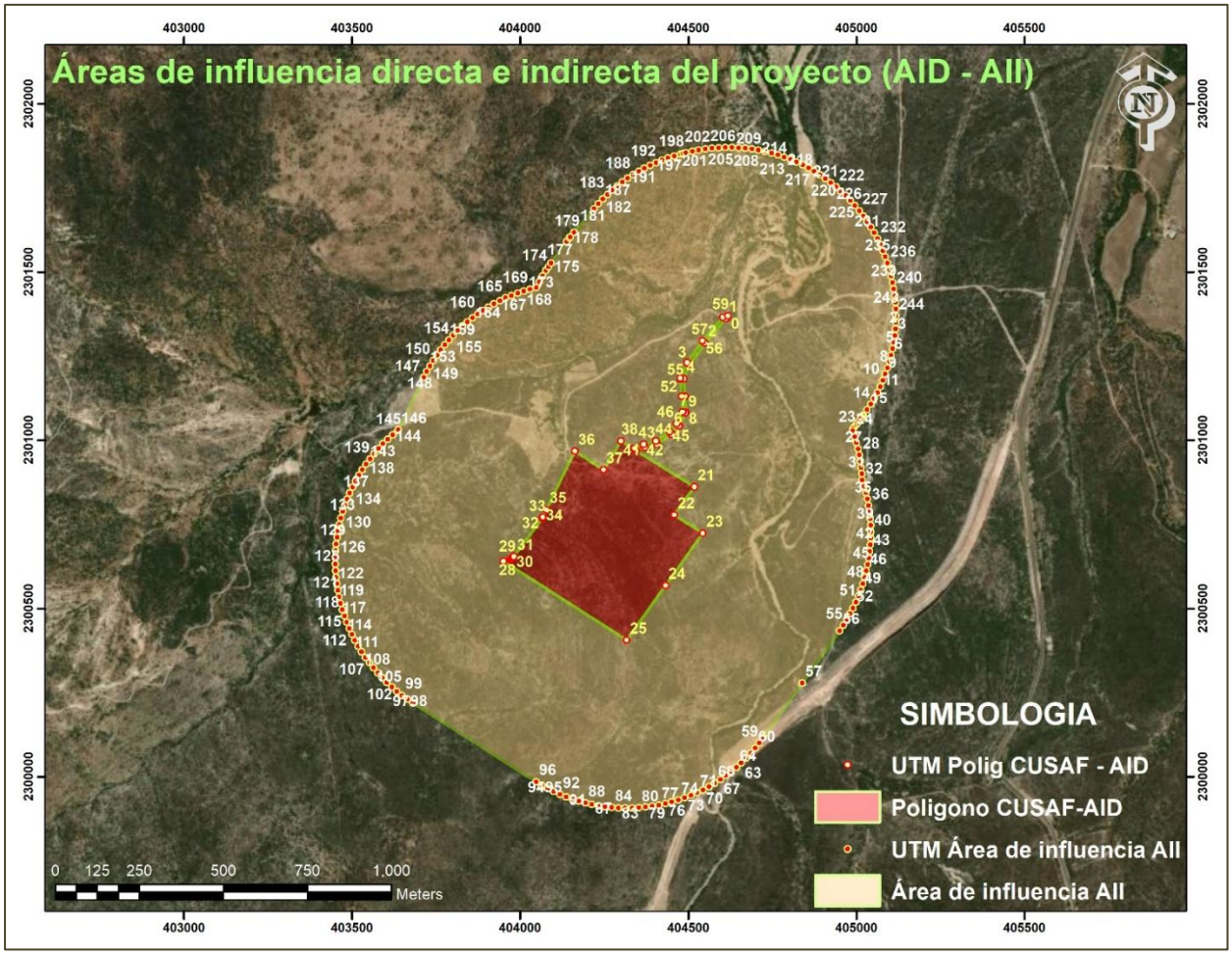


Imagen 18. Delimitación geográfica de las áreas de influencia directa e indirecta (AID – AII).

De los factores más importantes tomados en cuenta son:

Las zonas urbanas y/o centros de población que es uno de los criterios que pudiese impedir la ejecución del proyecto por el tipo de impactos que se generan, principalmente la emisión de partículas y polvos. En este sentido es importante precisar que dentro de este radio, no se ubican centros de población que sean afectados con las actividades del proyecto.

Los criterios del medio biofísico son los siguientes.

La dirección de los escurrimientos del sitio del proyecto hasta una distancia donde se pudiesen manifestar sus efectos llámese sedimentos, contaminantes, etc., En este sentido, la superficie de cambio de uso de suelo no afecta arroyos ni cuerpos de agua permanentes, ni inherentes a la Comisión Nación del Agua CONAGUA.

La dirección y velocidad de los vientos para prever las emisiones atmosféricas que causen molestias a los habitantes aledaños y en el área de influencia.

En este sentido los impactos positivos del proyecto como la mejora en la calidad de vida, la generación de empleos locales y regionales también influyeron en esta determinación del AII.

Áreas de impacto.

Impacto directo

El impacto directo se generará en la superficie del proyecto principalmente en la preparación del sitio trayendo como consecuencia dispersión de partículas, ruidos y vibraciones, sus efectos son puntuales e intermitentes y pueden ser mitigados. Sin embargo, no solo se generan impactos negativos, también se consideran algunos impactos positivos como la generación del empleo mejorando la calidad de vida estos impactos sin proyecto serían imposible de percibirlos principalmente por personas que se dedican a dichas actividades.

Impacto indirecto.

El impacto indirecto puede extenderse a una área mayor considerando el radio de 1.5 km del área de influencia, entre estos sería la dispersión del partículas principalmente que pueden alcanzar grandes distancias considerando el factor del viento, ello sino se garantiza la efectividad de las medidas de mitigación propuesta y dentro de los impactos positivos sería la mano de obra, es decir, la generación de empleos a nivel local y regional.

III.1.2. Problemática en el área de influencia del proyecto.

Tomando en cuenta la valoración de los impactos ambientales, es importante señalar, que muchos de ellos ya se encuentran presentes en el área de influencia del proyecto, como es el caso de la contaminación del aire por dispersión de partículas y la generación de ruido, la vegetación forestal también sufre los embates, dado que muchos bancos de materiales se encuentran en funcionamiento que en su momento soportaron un uso de suelo forestal, lo que ha

traído como consecuencia una modificación en las condiciones originales del hábitat de la fauna silvestre.

En el área de influencia del proyecto, los impactos ambientales más significativos que se prevé para el proyecto, es la generación de ruido este será un factor que incremente la ausencia de fauna silvestre en los lugares más seguros y alejados del área de influencia directa del proyecto, generando estrés en algunas especies que pudieran estar cercanas al proyecto. Sin duda habrá contaminación del aire por la generación de partículas y ruido por la operación de equipo y maquinaria, sin embargo, este impacto puede ser minimizado mediante riegos periódicos en los frentes de obra y la aplicación de las medidas de mitigación descritas en la licencia de explotación. Se pronostica que pudiera haber contaminación del agua sino se toman en serio las medidas de prevención, principalmente la de prevenir derrames de sustancias como gasolina, diésel u otros, producto de descomposturas mecánicas. Sin embargo, con la ejecución de dichas medidas este impacto sería nulo. En lo que respecta al suelo en el área de influencia del proyecto se pudo observar un alto grado de degradación ya que se observan cárcavas y también se observa erosión tipo laminar, en pendientes pronunciadas.

Específicamente en el área del proyecto se pudo observar erosión de tipo laminar a pesar de que no hay actividades de explotación, sin embargo, se contempla la aplicación de riegos constantes durante la etapa de despalme y previamente la construcción de una barrera de piedra acomodada del área de cambio de uso de suelo en áreas forestales, con la finalidad de evitar la erosión del suelo con dichas actividades.

Actualmente para poder llegar al área del proyecto, existe un camino de terracería con suficientes dimensiones para cualquier tipo de transporte y es el que será empleado para desarrollar las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales y en las subsecuentes etapas como operación y funcionamiento, lo anterior, para evitar la apertura de nuevos caminos que traigan como consecuencia el aumento de impactos ambientales sin haber necesidad.

El compromiso como promovente ante estas problemáticas, es garantizar que las medidas de prevención y mitigación propuestas en la MIA P y las que dicte la autoridad competente se ejecuten y lleven a cabo tal cual han sido propuestas, a fin de contrarrestar el grado de afectación del suelo, la vegetación y el agua principalmente.

III.2 Delimitación del área de estudio o sistema ambiental (SA)

El proyecto se localiza macro-regionalmente dentro de la **Región Ecológica Elevaciones Semiáridas Meridionales**, según la clasificación de la CONABIO y la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), es una ecoregión Nivel 1. Corresponde exactamente a lo que en listados tradicionales de vegetación o geografía física se denomina de forma combinada como las **Planicies Elevadas del Norte** y las mesetas del **Altiplano Central o Altiplanicie Mexicana**.

Esta región representa aproximadamente el **12% del territorio de México,** abarcando una superficie aproximada de **22,641,697 hectáreas** (equivalente a poco más de **226,416 kilómetros cuadrados**). Funciona como una gigantesca franja ecológica de transición entre la aridez extrema del norte y los bosques templados montañosos.

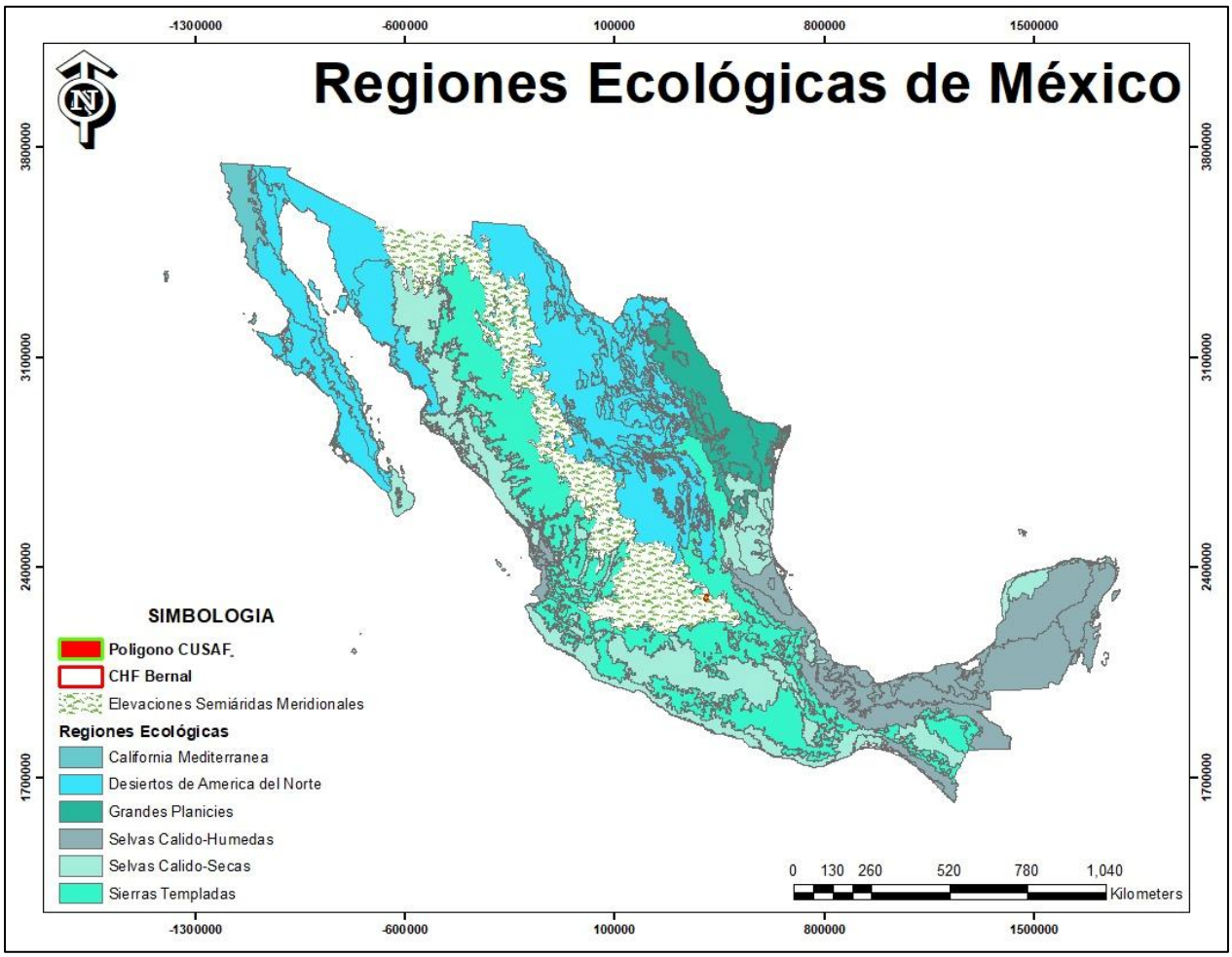


Imagen 19. Regiones Ecológicas de México.

1. Ubicación y Geografía

Extensión: Se extiende de forma continua desde el norte en Sonora y Chihuahua, descendiendo hacia el sur por Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Jalisco e incluso porciones de Michoacán, Puebla y el Valle del Mezquital e Hidalgo.

Límites naturales: Colinda al occidente con las **Sierras Templadas** (piedemonte de la Sierra Madre Occidental) y al oriente con los **Desiertos de América del Norte** (Desierto Chihuahuense).

Paisaje: Se compone de colinas, mesetas bajas, valles aluviales interiores y llanuras extensas que se encuentran a altitudes considerables (generalmente entre los 1,500 y 2,200 metros sobre el nivel del mar).

2. Clima

Tipo: Semiáridos (secos esteparios).

Características: Cuenta con inviernos fríos y veranos cálidos. Las lluvias son estacionales (predominantemente en verano), moderadas a escasas, pero consistentemente mayores que las de las zonas puramente desérticas vecinas.

3. Vegetación y Flora

El paisaje vegetal original está dominado por zonas abiertas y arbustivas:

Pastizales naturales: Es la ecorregión por excelencia de las gramíneas. Abundan los zacates como el *navajita*, *banderilla*, *popotillo*, *galleta* y *zacatón*.

Matorrales de transición: Presencia densa de matorrales xerófilos, huizaches, mezquitales (bosques bajos de mezquite) y vegetación gipsófila.

Zonas eco tonales: En los límites con las sierras se entremezclan matorrales con encinos y pinos enanos.

4. Fauna Destacada

Sirve como corredor biológico para especies adaptadas a llanuras altas:

Mamíferos: Alberga al perrito de la pradera de cola negra, el bisonte americano, el tejón, el venado bura, coyotes y gatos montés.

Aves y reptiles: Es zona crítica para aves rapaces como el águila real, el halcón aplomado y diversas especies de lagartijas e insectos endémicos (muchos de origen neotropical antiguo).

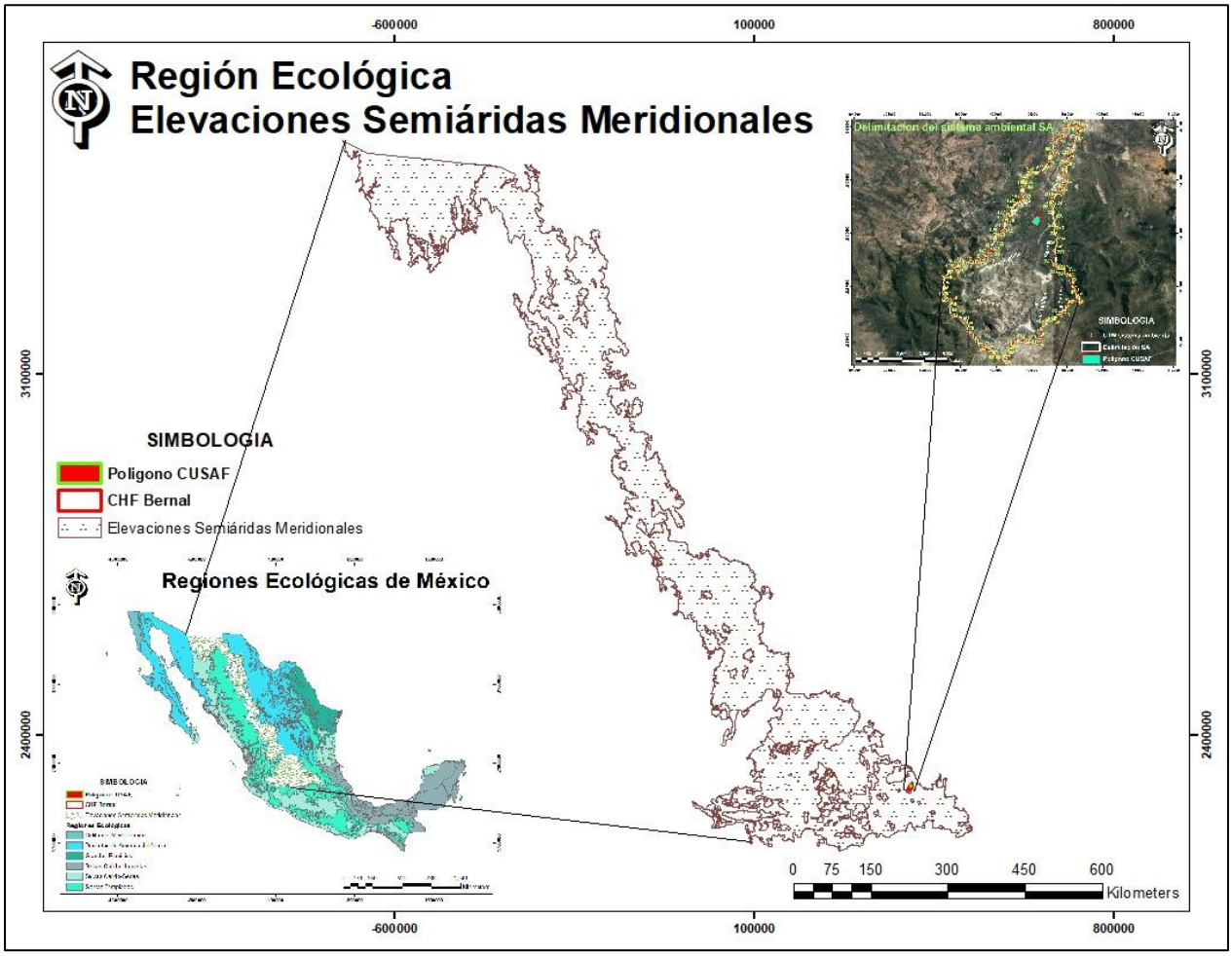


Imagen 20. Clasificación Ecológica del proyecto y del sistema ambiental.

Sin embargo, considerando que las actividades del proyecto para el aprovechamiento de roca caliza que implican el cambio de uso de suelo en áreas forestales en **19.71 hectáreas (S-CUSAF)**, se definió el **Sistema Ambiental (SA)** utilizando un criterio hidrológico-topográfico basado en los límites de la **Microcuenca Bernal**. Esta delimitación es técnicamente idónea debido a que, a pesar de contar con un **régimen intermitente**, la unidad de microcuenca permite modelar de forma integral el balance hídrico, el riesgo de erosión por la pérdida de cobertura forestal y el transporte potencial de sedimentos hacia las zonas bajas del relieve. Así como presentar las condiciones de paisaje, clima, tipos de vegetación y flora, suelos y rasgos faunísticos propios de la región ecológica donde se localiza el proyecto.

Así mismo, el señalamiento de su problemática tiene como objeto conocer las condiciones, procesos sociales y ambientales que ocurren dentro de dicha unidad geográfica definida. Esta

descripción es relevante en el análisis ambiental del proyecto porque se reconocen las características iniciales (o estado cero) en el cual se insertará el proyecto que pretende llevarse a cabo. Al constituirse como marco de referencia, la descripción de los procesos que se desarrollan dentro del SA es posible llevar a cabo la evaluación de los posibles impactos ambientales del proyecto.

Enseguida se presenta el análisis que permitió delimitar el SA, el área de influencia así como la descripción de los componentes y procesos que ocurren dentro del mismo. El sistema puede ser definido como un conjunto de elementos que interactúan y son interdependientes, de forma tal que las interrelaciones pueden modificar a alguno o todos los demás componentes del sistema. Dada su naturaleza, todas las partes mantienen una interacción recíproca y cada parte puede influir en el comportamiento del conjunto. Esto implica que la forma de actuar de un sistema no es predecible mediante el análisis de sus partes por separado, sino que la estructura del sistema es lo que determina los resultados (Ritter *et al*., 2007).

En el análisis del sistema ambiental resulta importante establecer los límites del mismo aun cuando existan relaciones de distintos niveles. Por tanto, una forma de delimitar el sistema es identificando un espacio uniforme, de hecho una región puede definirse como el espacio geográfico ambientalmente homogéneo, resultado de la interacción de los componentes bióticos y abióticos cuya delimitación deriva de la uniformidad y continuidad de los mismos.

En la demarcación del Sistema Ambiental (SA) del proyecto es importante delinear los ecosistemas espacialmente como un marco de referencia de los posibles impactos que puedan derivarse de la ejecución de un proyecto. En este proceso, la regionalización implica la división de un territorio en áreas menores con características comunes ya sean de orden físico, humano, funcional o todos los anteriores que permitan entender y analizar los procesos que ocurren dentro del mismo. Así, en la demarcación del SA se consideró establecer los límites del mismo con base en una unidad homogénea en la cual se encuentra el proyecto. Las características del medio físico influyen en el desarrollo de las comunidades bióticas como lo demuestran los estudios llevados a cabo sobre la relación entre la variedad de ambientes y la riqueza de especies (Priego *et al*, 2004, Huerta y García-Moya, 2004, Priego *et al*., 2003). Cada uno de los componentes que integran el ambiente interactúan recíprocamente dando como resultado unidades del territorio que cuentan con características similares en estructura y función.

Es así que para delimitar el SA del proyecto, se consideraron los criterios que integren las condiciones físicas, bióticas y sociales que permitan definir la calidad e integridad del sistema. El criterio empleado fue la delimitación de la microcuenca en la que se inserta el proyecto. La microcuenca es una unidad física determinada por la línea divisora de las aguas (parteaguas), que delimita los puntos desde los cuales toda el agua escurre hacia el fondo de un mismo valle, río o arroyo. La importancia de emplear una microcuenca como unidad de estudio, radica en que en ella ocurren relaciones indivisibles entre los aspectos económicos (relacionados a los bienes y servicios producidos en su área), sociales (relacionados a los patrones de comportamiento de los usuarios directos e indirectos de los recursos de la cuenca) y ambientales (relacionados al comportamiento o reacción de los recursos naturales frente a los dos aspectos anteriores).

Con base a lo anterior, se utilizó el modelo digital elaborado por el extinto Fideicomiso de Riesgo Compartido 2007 Escala 1:50,000 cuya delimitación de microcuencas se realizó a nivel estatal en Querétaro., a partir de dicho modelo se realizó un procesamiento mediante el software ARGIS 10.1 para ubicar y delimitar la microcuenca definida como nuestro sistema ambiental, para ello se realizó una verificación en campo para determinar si la microcuenca se ajusta a las corrientes superficiales y al parteaguas. A partir de lo anterior se determinó que el proyecto abarca la microcuenca de Bernal para ello se formó un solo polígono, formando así la cuenca hidrológico – forestal definida como el SA.

La superficie de la microcuenca de Bernal es de 4,470.61 hectáreas y tiene un perímetro de 41.71 Km^2, como se puede observar en el siguiente mapa donde se muestran sus elevaciones y corrientes de agua, vialidades y poblaciones que se encuentran dentro del mismo.

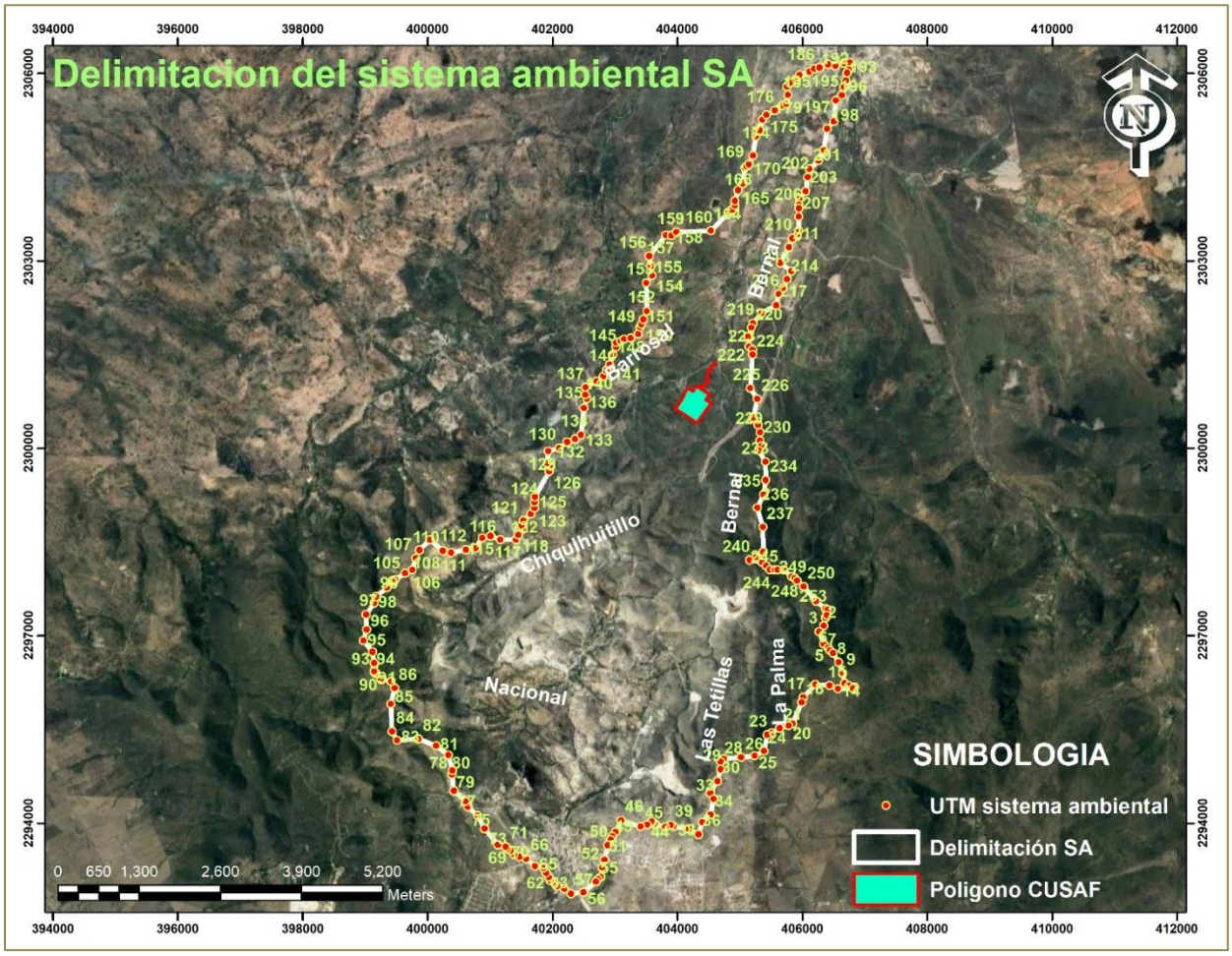


Imagen 21. Delimitación de la microcuenca como Sistema Ambiental (SA)

Tabla 117. Delimitación geográfica en coordenadas UTM WGS84 del sistema ambiental.

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	406369	2297283
2	406344	2297154
3	406273	2297062
4	406341	2296862
5	406413	2296805
6	406445	2296762
7	406494	2296722
8	406586	2296572
9	406650	2296398

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
10	406681	2296235
11	406748	2296192
12	406838	2296180
13	406816	2296156
14	406573	2296146
15	406436	2296199
16	406210	2296217
17	406018	2296009
18	405992	2295931
19	405841	2295590
20	405784	2295560
21	405637	2295518
22	405505	2295440
23	405441	2295412
24	405387	2295150
25	405236	2295072
26	405020	2295048
27	404746	2295028
28	404691	2294981
29	404696	2294861
30	404648	2294670
31	404533	2294513
32	404531	2294481
33	404579	2294387
34	404535	2294130
35	404397	2294011
35	404339	2293819
36	404186	2293907
38	403942	2293940
39	403893	2293968

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
40	403808	2293939
41	403630	2293985
42	403605	2294010
43	403593	2294025
44	403518	2293974
45	403412	2293944
46	403101	2294044
47	403013	2293858
48	402960	2293786
49	402936	2293734
50	402883	2293645
51	402835	2293409
52	402799	2293287
53	402773	2293135
54	402732	2293101
55	402696	2293061
56	402493	2292893
57	402296	2292870
58	402192	2292948
59	402072	2292987
60	402018	2293052
61	401966	2293076
62	401944	2293129
63	401894	2293203
64	401862	2293278
65	401720	2293307
66	401580	2293428
67	401472	2293463
68	401389	2293495
69	401331	2293565

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
70	401274	2293592
71	401251	2293620
72	401128	2293650
73	400912	2293911
74	400798	2294119
75	400647	2294254
76	400608	2294347
77	400420	2294516
78	400391	2294779
79	400397	2294841
80	400328	2295089
81	400137	2295233
82	399859	2295345
83	399515	2295323
84	399432	2295463
85	399414	2295905
86	399473	2296158
87	399419	2296263
88	399257	2296297
89	399170	2296399
90	399151	2296420
91	399143	2296430
92	399152	2296543
93	399148	2296565
94	399114	2296738
95	398972	2296919
96	399022	2297094
97	399013	2297341
98	399143	2297521
99	399177	2297621

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
100	399346	2297767
101	399415	2297861
102	399440	2297860
103	399441	2297885
104	399484	2297898
105	399637	2297999
106	399754	2298052
107	399812	2298243
108	399867	2298369
109	400042	2298538
110	400241	2298358
111	400377	2298332
112	400618	2298377
113	400765	2298402
114	400877	2298568
115	401006	2298594
116	401169	2298533
117	401415	2298538
118	401451	2298611
119	401529	2298709
120	401504	2298760
121	401534	2298840
122	401651	2298944
123	401714	2299038
124	401712	2299133
125	401718	2299223
126	401949	2299630
127	401975	2299708
128	401921	2299760
129	401933	2299951

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
130	402108	2300003
131	402234	2300102
132	402362	2300148
133	402461	2300214
134	402501	2300642
135	402556	2300788
136	402523	2300853
137	402530	2300971
138	402707	2301070
139	402812	2301148
140	402860	2301244
141	402914	2301341
142	402965	2301493
143	403019	2301617
144	403017	2301692
145	403096	2301715
146	403146	2301740
147	403253	2301764
148	403372	2301823
149	403401	2301936
150	403428	2301985
151	403454	2302061
152	403512	2302195
153	403503	2302646
154	403594	2302760
155	403571	2302911
156	403550	2303074
157	403820	2303410
158	403907	2303405
159	403984	2303456

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
160	404542	2303478
161	404831	2303778
162	404871	2303814
163	404924	2303892
164	404922	2303961
165	404970	2304129
166	405050	2304240
167	405085	2304488
168	405111	2304512
169	405142	2304543
170	405210	2304682
171	405266	2304989
172	405285	2305074
173	405314	2305095
174	405362	2305255
175	405427	2305336
176	405557	2305405
177	405681	2305481
178	405750	2305508
179	405774	2305654
180	405757	2305791
181	405803	2305849
182	405904	2305907
183	405959	2305975
184	406119	2306030
185	406195	2306074
186	406274	2306094
187	406415	2306146
188	406533	2306126
189	406674	2306164

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
190	406764	2306173
191	406749	2306060
192	406722	2306012
193	406696	2305886
194	406667	2305787
195	406632	2305651
196	406538	2305567
197	406507	2305237
198	406403	2305114
199	406343	2304764
200	406262	2304601
201	406116	2304471
202	406086	2304342
203	406057	2304116
204	405956	2303989
205	405950	2303893
206	405951	2303842
207	405943	2303704
208	405947	2303480
209	405917	2303391
210	405846	2303359
211	405788	2303218
212	405649	2302968
213	405827	2302832
214	405756	2302702
215	405699	2302567
216	405626	2302464
217	405581	2302290
218	405352	2302162
219	405210	2302000

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
220	405184	2301924
221	405131	2301782
222	405152	2301624
223	405201	2301576
224	405203	2301497
225	405171	2300958
226	405282	2300789
227	405213	2300491
228	405291	2300373
229	405329	2300257
230	405321	2300119
231	405347	2300038
232	405305	2299962
233	405412	2299778
234	405418	2299491
235	405381	2299259
236	405283	2299045
237	405367	2298737
238	405374	2298341
239	405256	2298254
240	405157	2298209
241	405359	2298177
242	405422	2298117
243	405481	2298051
244	405557	2298052
245	405608	2298049
246	405705	2298051
247	405831	2297944
248	405882	2297919
249	405917	2297879

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
250	406019	2297781
251	406225	2297550
252	406373	2297431
253	406407	2297416
254	406398	2297329

III.3 Caracterización y análisis del sistema ambiental

En este apartado se analiza de manera integral los aspectos abióticos, bióticos, sociales, económicos y culturales, así como los diferentes usos de suelo y del agua que hay en el área de estudio. También se considera la variabilidad estacional de los componentes ambientales para analizar su comportamiento.

III.3.1. Caracterización y análisis retrospectivo de la calidad ambiental del SA

III.3.1.1 Aspectos abióticos

a) Clima

De acuerdo a la clasificación de Koeppen, modificada por Enriqueta García y según la Carta de Climas 1:50,000 del INEGI, el clima del sistema ambiental corresponde al grupo de los climas áridos dentro del subgrupo de los semiáridos templados; el primero presenta una temperatura media anual entre 12º y 18º C, con una temperatura del mes más frio entre -3 y 18 C, con una temperatura del mes más caliente menor de 22 C; mientras que el segundo se caracteriza por presentar una temperatura media anual mayor de 18 C, y una temperatura del mes más frio menor de 18 C, con una temperatura del mes más caliente mayor a 22 C.

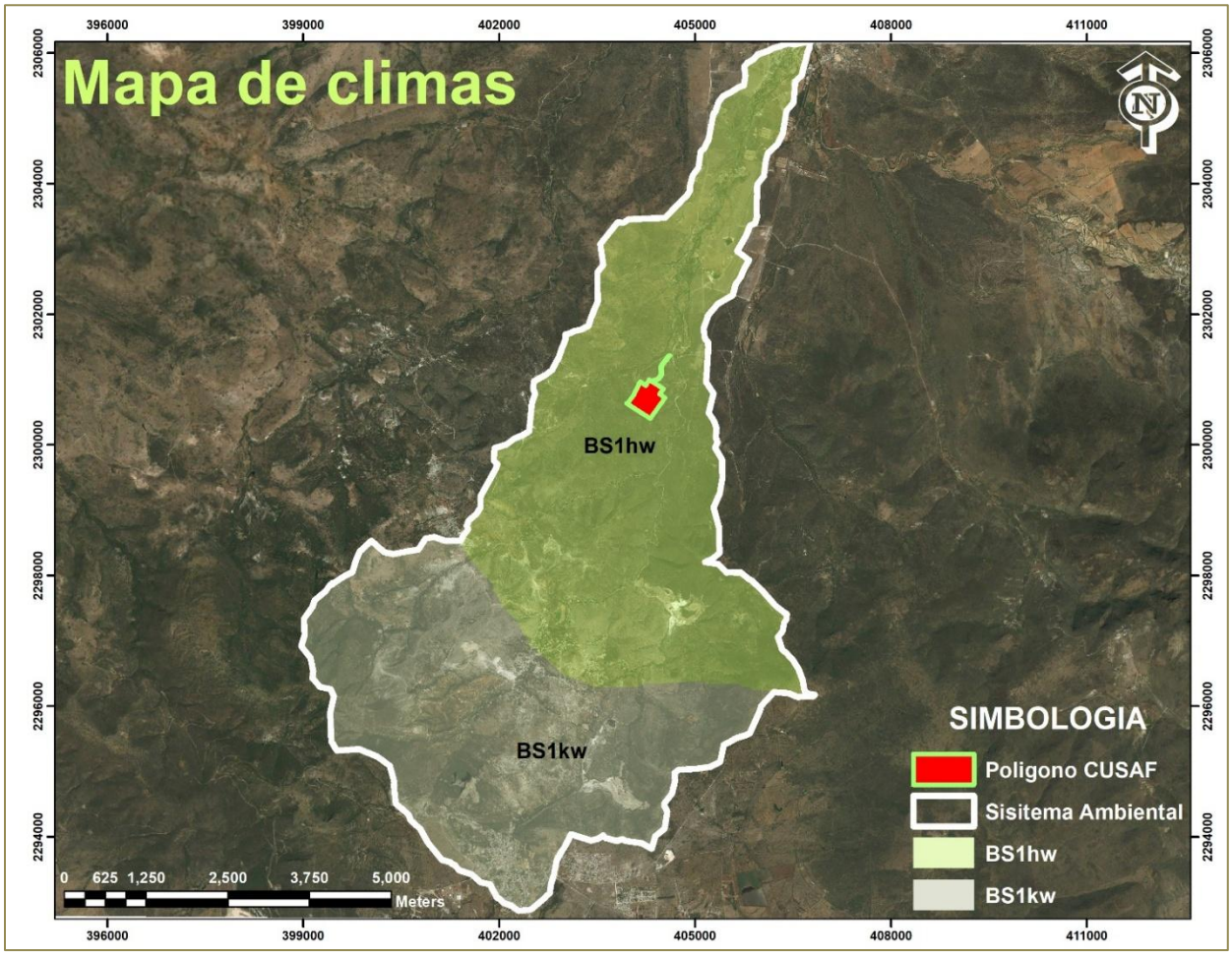


Imagen 22. Tipos de climas en el SA

El sistema ambiental presenta dos regímenes de lluvias, el primero con lluvias en verano y oscila entre 5 y 10% y el segundo presente un porcentaje bajo de precipitación invernal menor a 5%.

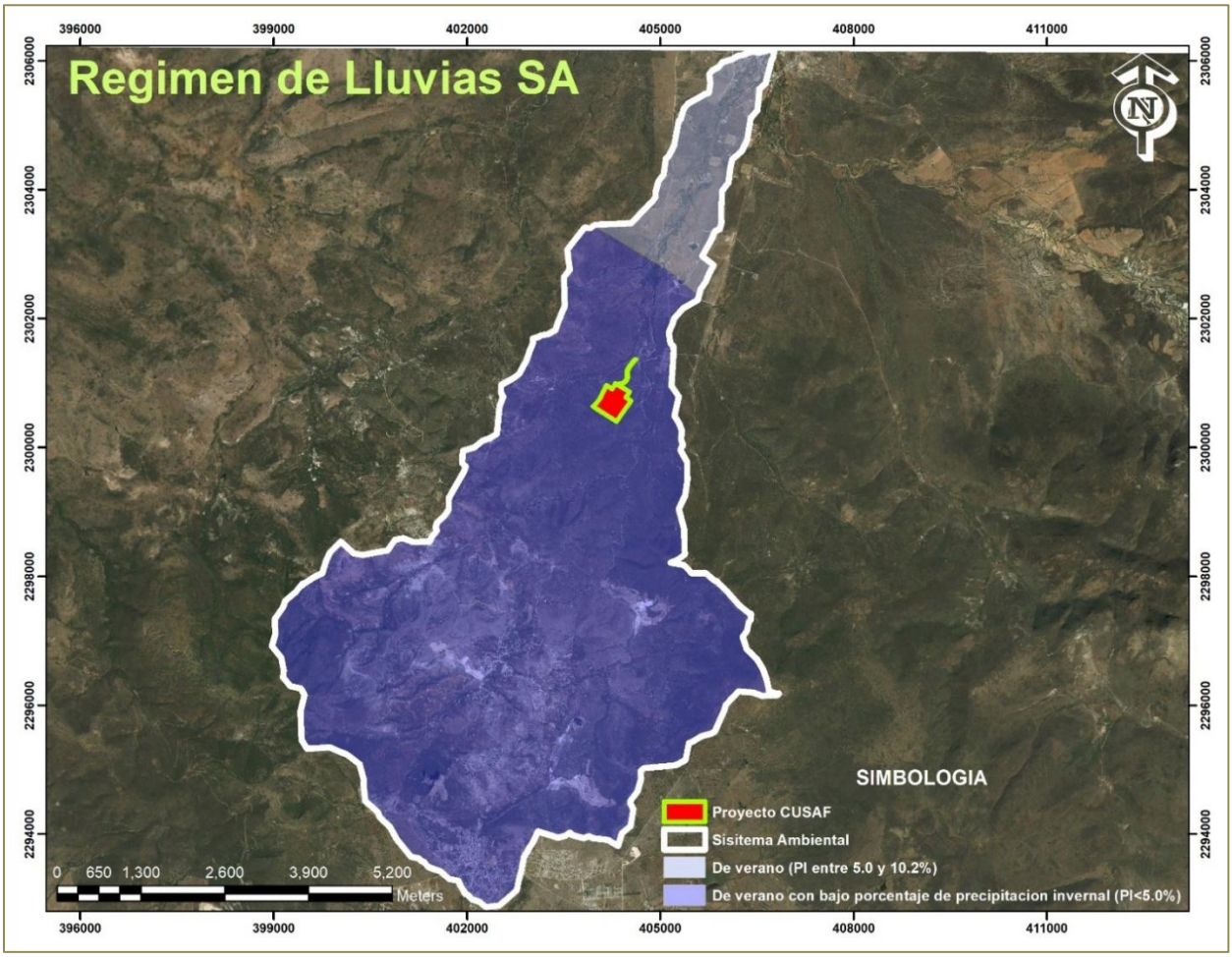


Imagen 23. Regímenes de lluvias en el SA.

Con el objetivo de caracterizar meteorológicamente la microcuenca, se consideró la Estación Meteorológica 22017 Tolimán, la cual es administrada por la Comisión Nacional del Agua y el Servicio Meteorológico Nacional, cuyos datos fueron consultados vía internet con periodos históricos de 1991 – 2020 que datan de más de 30 años, emitidos el 31 de enero de 2025. smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales_Climatologicas/Normales9120/qro/nor9120_22017.txt

Tabla 118.Estación climatológica de influencia en el sistema ambiental.

ESTACIÓN	UBICACIÓN		
	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (MSNM)
22017 Tolimán	20.85722222	-99.899722222	1720

Fuente: CONAGUA, 2015.

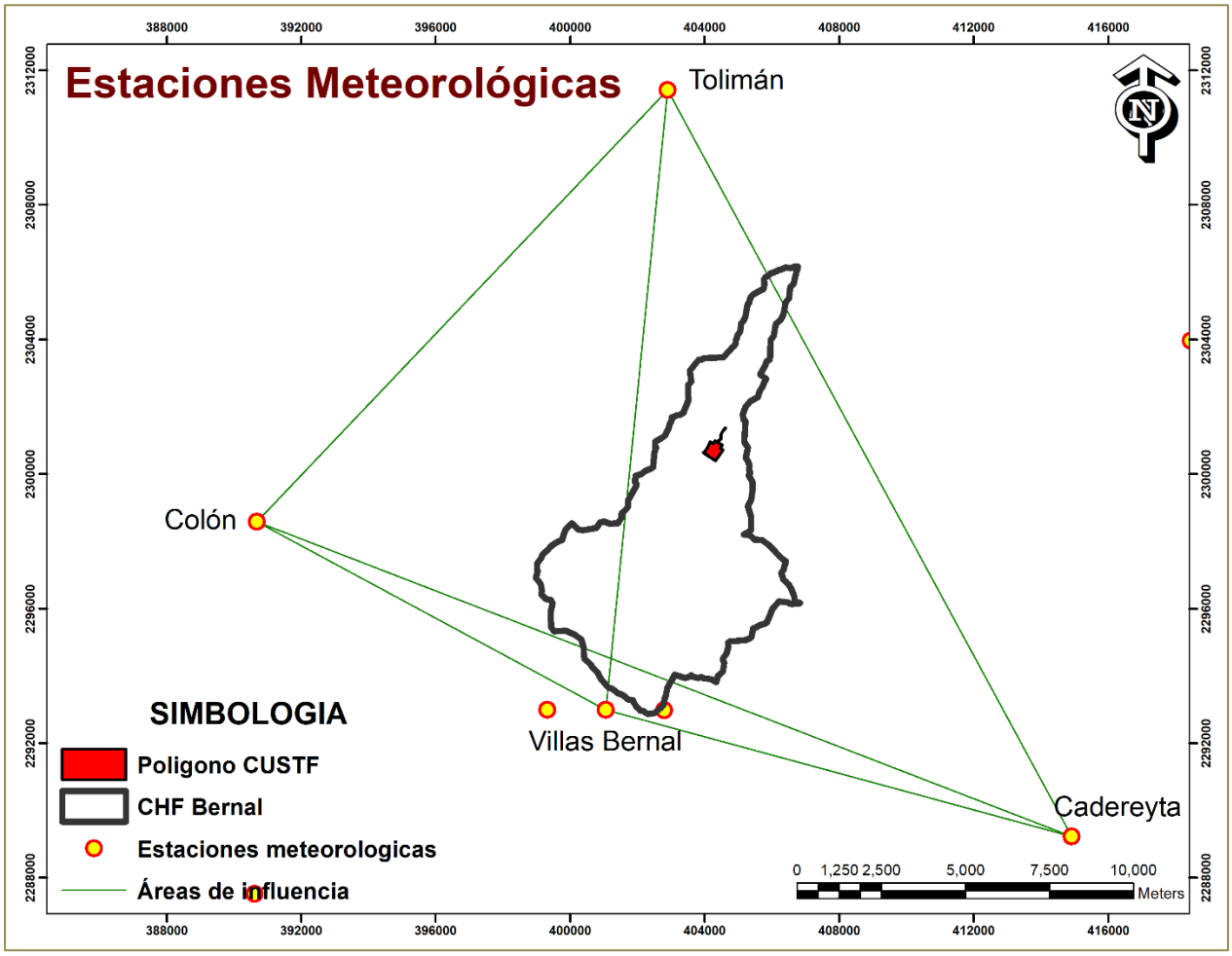


Imagen 24. Ubicación de Estaciones climatológicas.

Temperatura.

Con base en los datos de la estación climatológica antes descrita, se tiene que durante el periodo predomino una temperatura máxima normal de 27.6° C anual, mientras que la temperatura máxima mensual se presentó en abril de 2013 alcanzando los 35.9° C, mientras que la mínima se presentó en noviembre de 2004 con 29.5° C, tal como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 119. Temperaturas máximas en el SA.

TEMPERATURA MÁXIMA													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NORMAL	23.4	25.2	27.8	30.4	31.6	30.6	29.2	29.6	28	26.7	25	23.8	27.6
MÁXIMA MENSUAL	30.5	31.4	34.6	35.9	36	33.8	33.6	34.3	32.5	32.7	29.5	29.8	
AÑO DE MÁXIMA	2002	2003	2003	2013	2019	2012	2001	2013	2013	2004	2004	2007	
MÁXIMA DIARIA	35	36	39	39	41	38	37	37	38	36	35	37	
FECHA MÁX DIARIA	04/2002	14/2017	20/2003	22/2013	30/2018	14/1996	22/2001	19/2001	12/2003	23/2001	10/1994	19/2007	
AÑOS CON DATOS	27	26	26	26	26	27	27	27	26	26	27	27	

La temperatura media anual reportada fue de 19.3° C, la mínima se registró en diciembre con 14.9° C, mientras que la máxima ocurrió en mayo con 23° C, tal como se puede observar en la tabla siguiente.

Tabla 120. Temperatura media.

TEMPERATURA MEDIA													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NORMAL	15	16.5	18.7	21.3	23	22.7	21.8	21.6	20.8	18.8	16.7	14.9	19.3
AÑOS CON DATOS	27	26	26	26	26	27	27	27	26	26	27	27	

La estación climatológica correspondiente, reporta una temperatura normal anual de 11° C, mientras que la mínima mensual se registró en enero del 2000 con 2.4° C, y la mínima diaria el 22 de diciembre del 2033 con -4.0 C, cuyos registros se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 121. Temperatura mínima (valores máximos y mínimos).

TEMPERATURA MÍNIMA													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NORMAL	6.6	7.7	9.6	12.2	14.5	14.8	14.5	13.6	13.6	10.8	8.4	5.9	11
MÍNIMA MENSUAL	2.4	4.4	4.8	8.6	9.8	9.3	10.5	8.8	10.7	7.7	6.5	2.7	
AÑO DE MÍNIMA	2000	1996	1996	2001	2001	2015	2016	2015	2016	1996	2018	2018	
MÍNIMA DIARIA	-2	0	0	3	7	7	7	7	5	2	-3	-4	
FECHA MÍN DIARIA	03/2008	24/2009	01/1995	02/1994	23/2012	03/2015	08/1995	18/2000	30/2008	26/2007	15/2018	22/2003	
AÑOS CON DATOS	27	26	26	26	26	27	27	27	26	26	27	27	

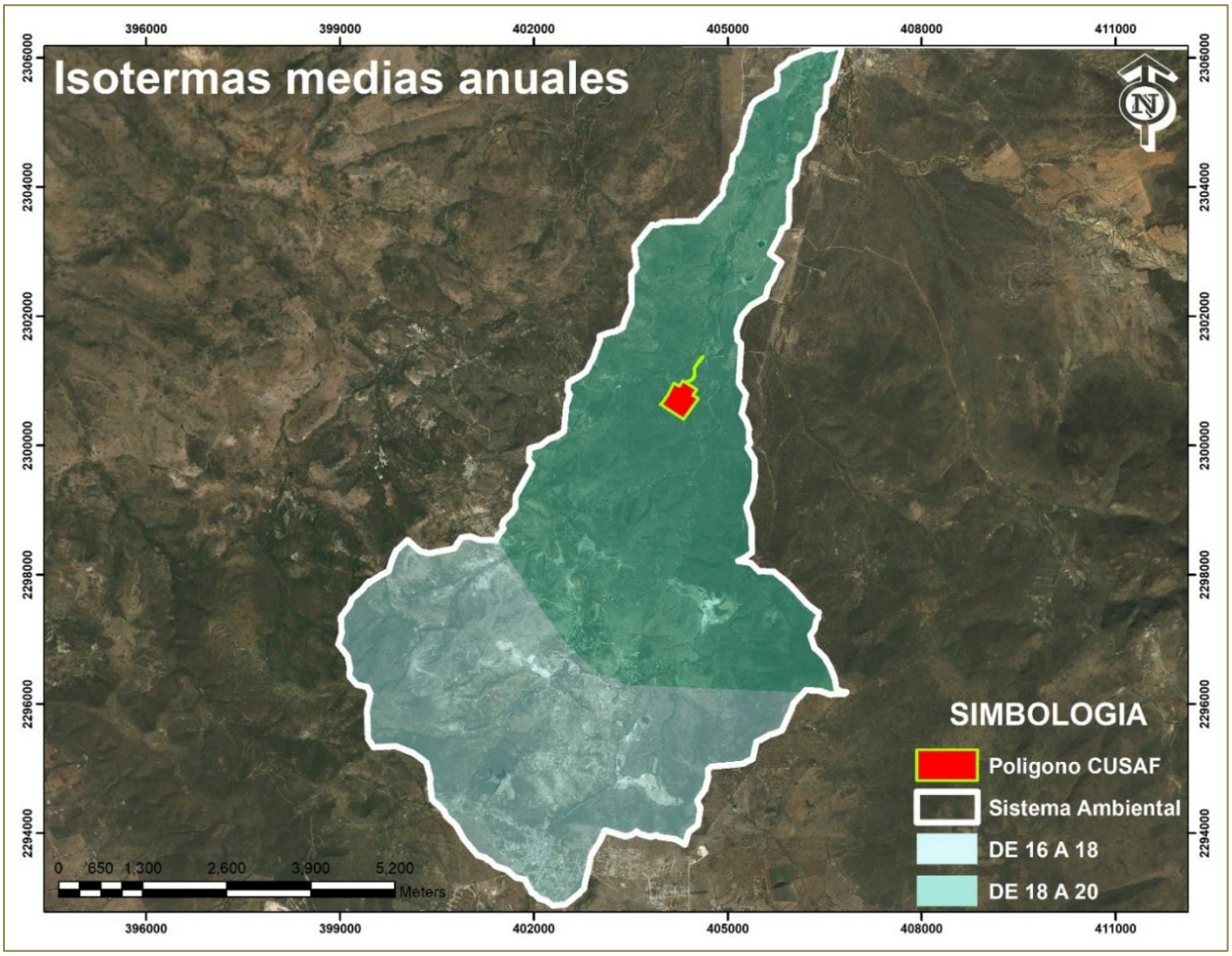


Imagen 25. Isotermas medias anuales en el SA.

La superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, se ubica en la isoterma cuyas temperaturas oscilan entre los 16° C y 18° C similar a la temperatura media anual reportada por la estación meteorológica.

Precipitación

En cuanto a precipitación en el periodo de registro, se tiene una precipitación normal anual de 406.9 mm, mientras que la máxima mensual ocurrió en octubre de 2007 con 342.0 mm y la máxima diaria fue registrada el 6 de octubre del mismo año con 134.0 mm, tal como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 122. Precipitación.

PRECIPITACIÓN													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NORMAL	11.3	12.8	7.1	9.4	33	60.5	74	65.1	70.1	47.9	12	3.7	406.9
MÁXIMA MENSUAL	47	141.1	38.5	44.5	125	153.8	181.9	129	180	342	82.5	26.5	
AÑO DE MÁXIMA	1992	2010	2004	2007	2008	2008	2007	2004	2003	2007	2007	2013	
MÁXIMA DIARIA	24	41.2	22	35	52	48	49.8	63	40	134	33	16	
FECHA MÁX DIARIA	28/1992	04/2010	10/2015	26/2008	14/2008	07/2004	01/2007	07/2015	13/1995	06/2007	21/2007	27/2013	
AÑOS CON DATOS	27	26	26	26	26	27	27	27	26	26	27	27	

En cuanto al número de días con lluvia se tiene que por año llueven alrededor de 36.1 días, mientras que en el mes de junio se presentan más días con lluvia con 5.6 días, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 123. Número de días con lluvia.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NUMERO DE DIAS CON													
LLUVIA	1.3	0.7	1.2	2.2	4.3	5.6	5.0	4.4	5.4	3.8	1.3	0.9	36.1
AÑOS CON DATOS	49	48	48	48	49	50	50	51	50	48	49	48	

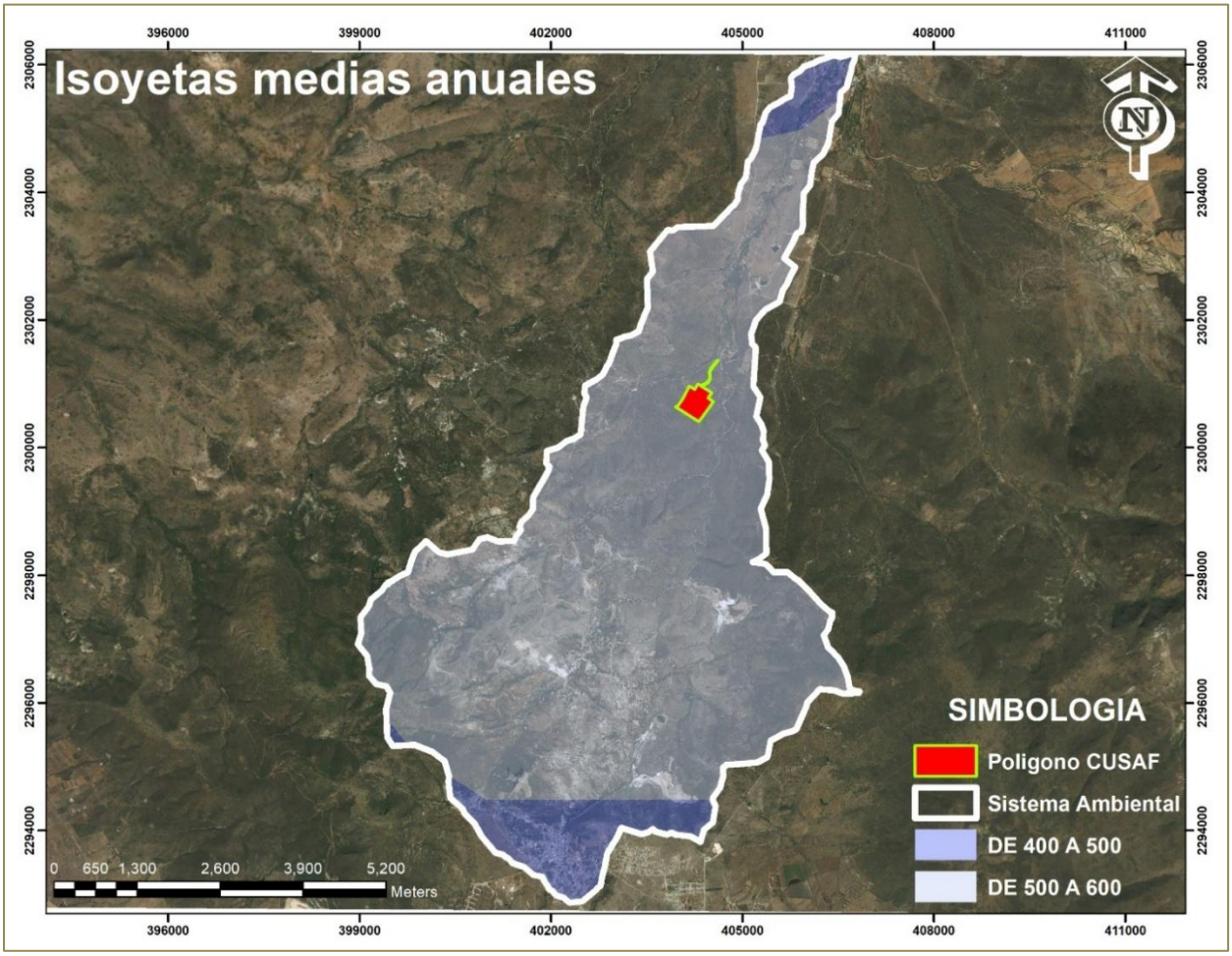


Imagen 26. Isoyetas medias anuales en el SA

Fenómenos meteorológicos

Niebla. De acuerdo a la estación climatológica consultada, en la zona no se registran días nublados, durante el periodo en los doce meses del año.

Tabla 124. Días con niebla.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NIEBLA	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
AÑOS CON DATOS	48	45	46	50	47	48	49	48	49	46	47	46	

Granizo. Durante el periodo de registro no se han presentado granizadas, en la zona, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 125. Días con granizo.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
GRANIZO	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
AÑOS CON DATOS	48	45	46	50	47	48	49	48	49	46	47	46	



Imagen 27. Días con granizo en el SA.

De lo anterior, se concluye que existe un riesgo bajo por presencia de granizo en el sistema ambiental.



Imagen 28. Riesgo por granizo en el SA.

Tormentas. Específicamente para el registro de días con tormentas las únicas registradas son en los meses de junio, julio y agosto acumulando un total de 0.5 días por año, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 126. Días con tormentas eléctricas.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TORMENTA E.	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
AÑOS CON DATOS	48	45	46	50	47	48	49	48	49	46	47	46	

La estación climatológica consultada, durante el periodo de 1991 - 2020 registro los siguientes fenómenos meteorológicos.

Tabla 127. Principales fenómenos climatológicos en el sistema ambiental.

FENOMENO	EM-Tolimán
Temperatura media anual	19.3° C
Temperatura máxima anual	27.6° C
Temperatura mínima anual	11.0° C
Precipitación media anual	406.3 mm

Fuente: CONAGUA, CGSMN 31-01-2025.

Vientos. De mayo a octubre, la dominancia de vientos, son aquellos que proceden del Este y Noreste, mientras que en este intervalo de tiempo, la frecuencia de los mismos es de un 80% para los que provienen del Este, el 10% del Norte y el 10% del Oeste.

Por otra parte, de noviembre a abril, los vientos dominantes continúan siendo del Este y Noreste, no obstante, las frecuencias son de un 40% para los provenientes del Este y de 15% para los del Norte. Se tienen para el periodo 2006-2009 los siguientes valores de velocidad para el viento.

Para el sistema ambiental donde se ubica el proyecto, la velocidad mínima de los vientos es de 13 km/h y la máxima llega alcanza hasta los 20 km/h y en promedio oscila entre los 15 y 17 km/h, dependiendo de la época del año.

b) Geología y geomorfología

Según la Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica, Escala 1:1´000,000 de la Secretaría de Programación y Presupuesto "SPP" (1980) y la Carta de Fisiografía Escala 1:250,000, el SA se localiza de manera particular dentro de la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico y en la Subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

Provincia Eje Neovolcánico: Abarca gran porción del centro y sur de Querétaro, la morfología del paisaje está representada por diversos tipos de estructuras volcánicas, como son conos cineríticos, volcanes compuestos, flujos piroclásticos y extensos derrames lávicos de basalto con formas de mesetas y planicies.

Particularmente el SA, se ubica en la subprovincia Llanuras y Sierra de Querétaro e Hidalgo. Esta Subprovincia dentro del estado de Querétaro es de 5001.61 km² (44.38% de la superficie estatal), la cual corresponde a la totalidad de los municipios de San Joaquín, Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros y Pinal de Amoles, así como porciones de Peñamiller, Tolimán y Cadereyta de Montes.



Imagen 29. Provincias fisiográficas del SA.

De acuerdo al Programa Estatal de Ordenamiento Ecologico (SEDESU, 2007), al sur del municipio de Tolimán, en las inmediaciones de San Antonio de la Cal, existen edificios volcánicos y otras elevaciones de menor altura, producto de acumulaciones de lava antigua. De las elevaciones más importantes cercanas a la superficie del proyecto, tenemos al Cerro de La Campana, la cual influye directamente sobre el sistema ambiental y área de evaluación, estos rasgos geomorfológicos se originaron a partir de eventos de vulcanismo que datan de la era cenozoica en el periodo terciario, mismos que depositaron material superficial del antiguo relieve de rocas sedimentarias de la era mesozoica, que dan lugar a las geoformas de lomeríos y valles intermontanos en donde puede apreciarse pendientes moderadas a fuertes con la presencia de afloramientos rocosos y suelo poco profundos. (UNAM, 2007). De ahí que, que el sistema ambiental y la superficie del proyecto, presenten un potencial importante para la extracción de rocas calizas de origen sedimentario, cuya topografía está conformada por lomeríos y valles intermontanos, con presencia de afloramiento de roca, que puede ser apreciado en imágenes

satelitales dentro de la superficie del proyecto, y que al mismo tiempo se pueda apreciar los suelos poco profundos, como han sido descritos en su apartado correspondiente.

Basamento y estratigrafía

El basamento en el sistema ambiental está formado por rocas sedimentarias marinas, una secuencia de calizas, calizas arcillosas, lutitas y lutitas calcáreas en estratos delgados o muy delgados. Ocasionalmente aparecen niveles de areniscas calcáreas y areniscas arcillosas.

Las calizas y lutitas en la zona, encajonan un pequeño cuerpo intrusivo llamada tal y como dicha localidad. Las rocas sedimentarias están, prácticamente, en toda de la zona, cubiertas por derrames basálticos y productos aluviales posteriores. Su espesor es desconocido.

El paisaje del SA es típicamente volcánico, presenta contrastes geomorfológicos asociados con la variada composición de las rocas. Las más antiguas, de composición riolita y andesítica, constituyen las montañas escarpadas y mesetas. Las unidades geológicas más recientes, de composición basáltica, forman pequeños conos cineríticos y mesetas de menos elevación.

El relieve suave es bruscamente cortado por fallas normales, que dieron lugar a formación de pilares y fosas estructurales, mismas que han sido rellenadas por sedimentos volcánicos, lacustres y aluviales, dando origen a los llamados Valles de Querétaro, San Juan del Rio y Tequisquiapan, con altitudes promedio de 1,800 a 1,900 msnm (INEGI, 1986; SARH, 1988).

Por otra parte la litología del SA, está constituida por rocas volcánicas del Terciario y Cuaternario de diversos tipos y texturas, que forman un extenso paquete superpuesto a las rocas del Mezozoica que caracterizan el domino de la Sierra Madre Oriental que a su vez está constituida por rocas de tipo Caliza-Lutita, Lutita-Arenisca, Ígneas extrusivas acidas y Ígneas extrusivas básicas.

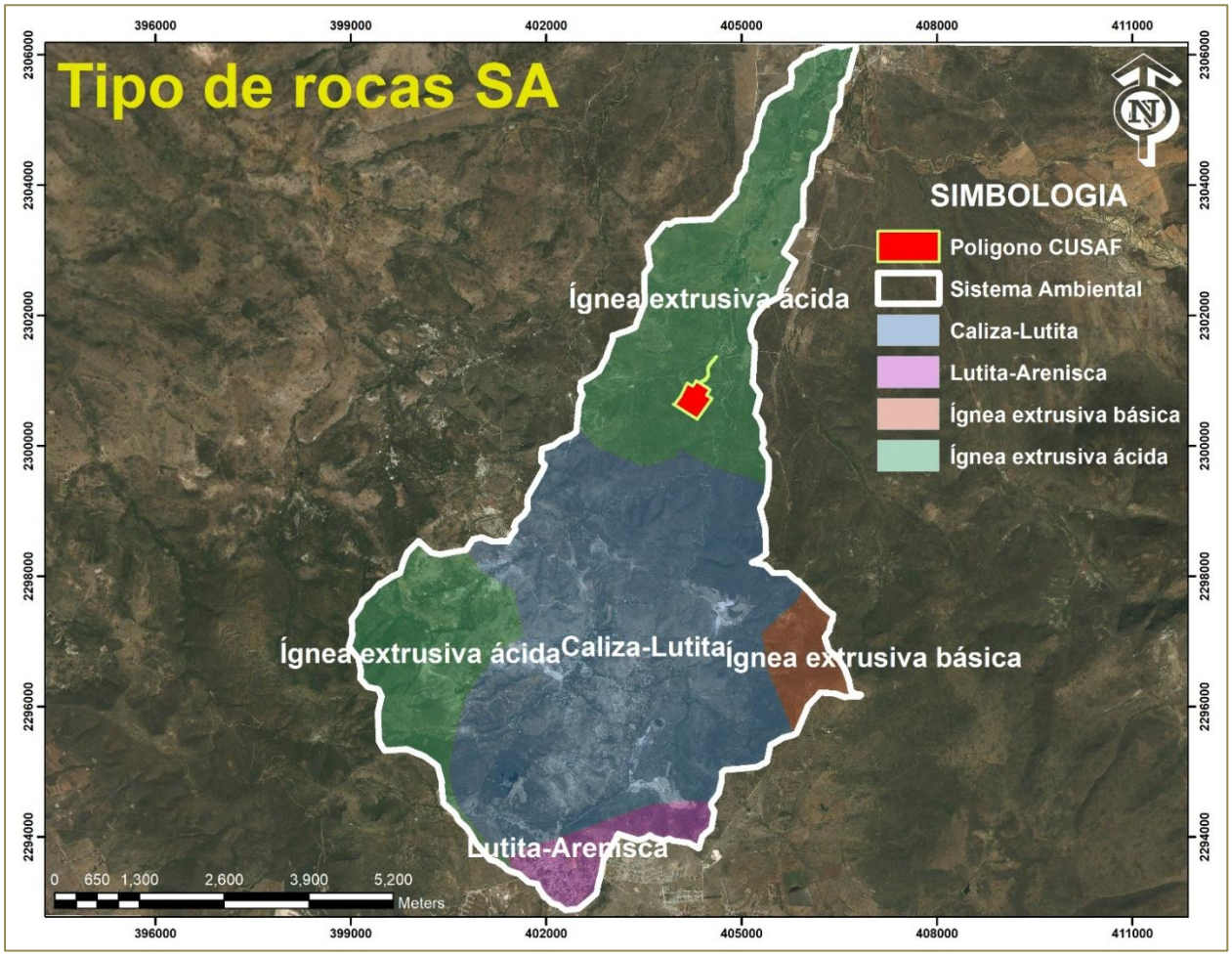


Imagen 30. Tipos de rocas en el SA.

Las clases de rocas encontradas en el SA son Ígneas extrusivas y sedimentarias en su mayoría marinas, donde las más antiguas datan del Jurásico y afloran en diversas localidades.

Las rocas ígneas que se forman sobre la superficie de la tierra se llaman rocas ígneas extrusivas, a estas rocas también se les conoce como rocas volcánicas, ya que se forman de la lava que se enfría en o sobre el nivel de la superficie de la Tierra, las rocas ígneas básicas están constituidas de basaltos, pudiendo ser de grano fino y color oscuro.

El basalto es un sustrato rocoso de gran dureza e impermeabilidad, forma grandes bloques (de un metro cúbico aproximadamente), separados por planos de fracturamiento en sistema horizontal y vertical muy abiertos. El tipo específico está clasificado como basalto de olivino negro que se interdigita y confunde con series volcánicas calcoalcalinas, como sucede con la andesita alterada en donde no se aprecia una diferencia clara.

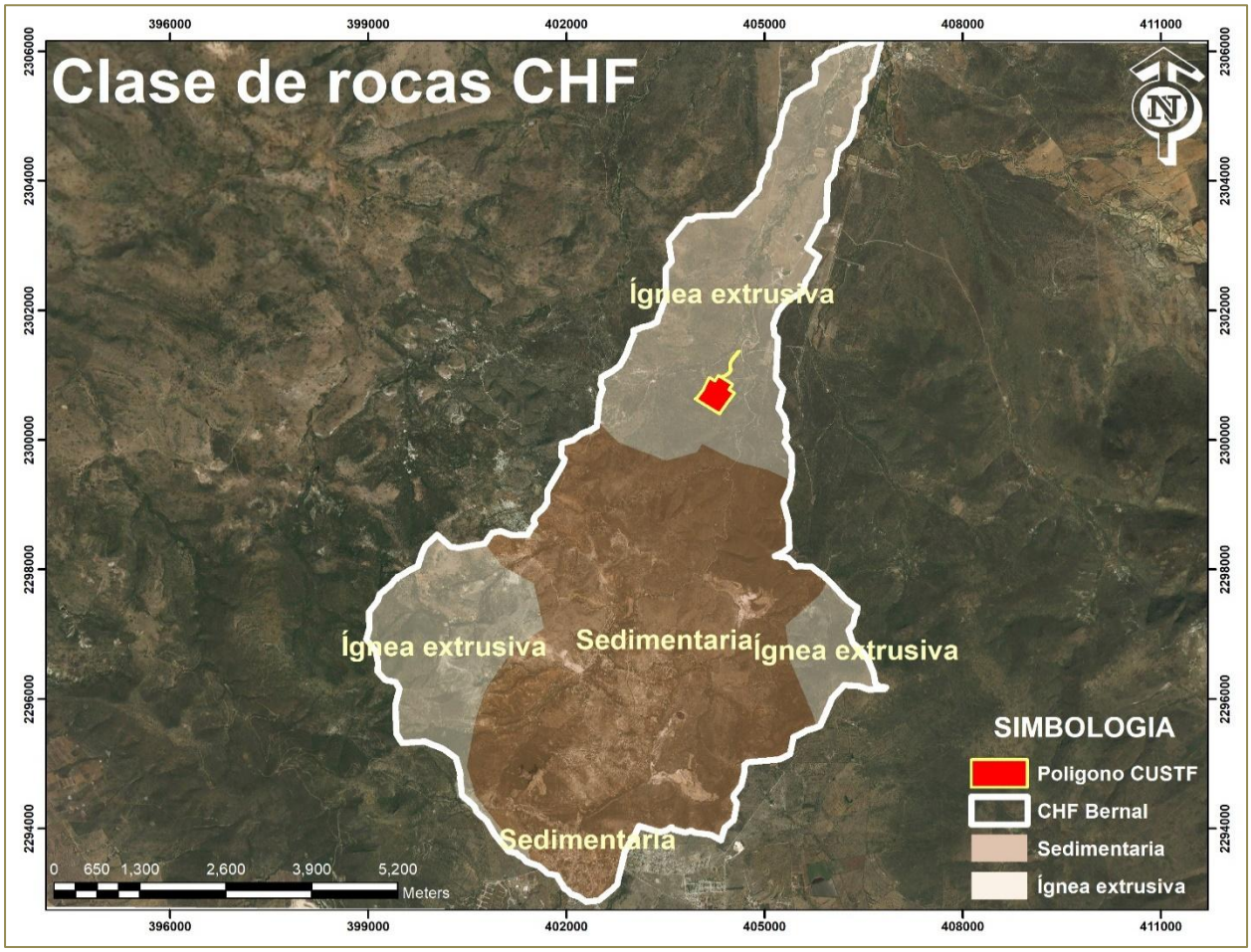


Imagen 31. Clases de rocas en el SA.

Topografía

El paisaje del sistema ambiental es típicamente volcánico, presenta contrastes geomorfológicos asociados con la variada composición de las rocas. Las más antiguas, de composición riolita y andesítica, constituyen las montañas escarpadas y mesetas. Las unidades geológicas más recientes, de composición basáltica, forman pequeños conos cineríticos y mesetas de menos elevación.

Con respecto a su geomorfología, en el siguiente cuadro se presentan las principales elevaciones, dentro del municipio de Tolimán.

Tabla 128.Principales elevaciones en el sistema ambiental

CERROS	ALTITUD (ASNM)
Cerro Banderillo	2,360
Cerro Boludo	2,340

CERROS	ALTITUD (ASNM)
Cerro El Pilón	2,300
Cerro Piedra China	2,260
Cerro Ronquillo	2,180
Cerro La Campana	2,120
Cerro El Calvario	1,720

Fuente. INEGI. Carta Topográfica, 1:250 000.

El relieve suave es bruscamente cortado por fallas normales, que dieron lugar a formación de pilares y fosas estructurales, mismas que han sido rellenadas por sedimentos volcánicos, lacustres y aluviales, dando origen a los llamados Valles de Querétaro, San Juan del Rio y Tequisquiapan, con altitudes promedio de 1,800 a 1,900 msnm (INEGI, 1986; SARH, 1988).

El SA presenta dos rangos altitudinales el primero comprende una asnm que va de los 1500 a los 2000 y el segundo de 2000 a 2500 asnm, en este último es donde se ubica el área solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales.

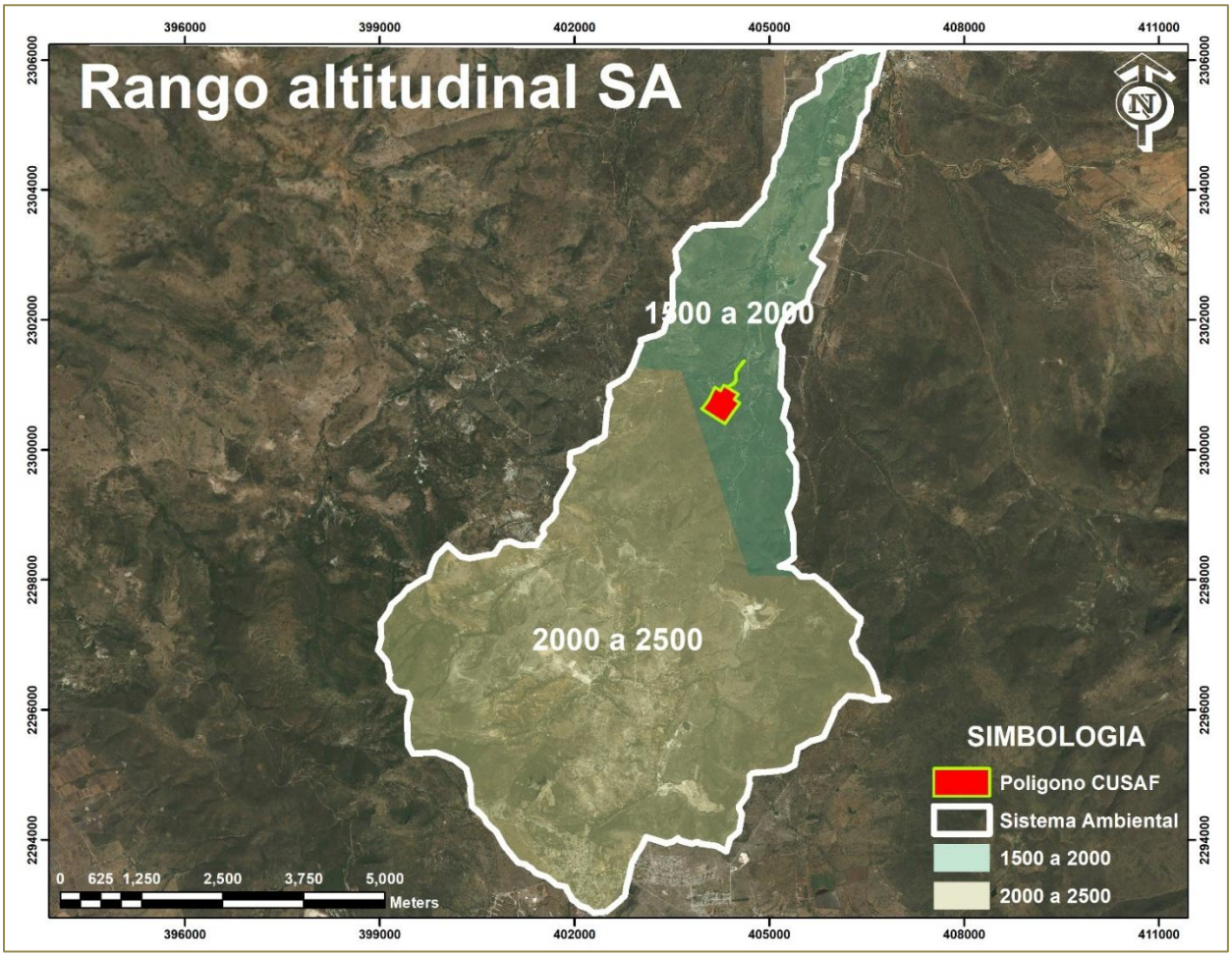


Imagen 32. Rangos altitudinales presentes en el SA

Las pendientes en el SA, son características de una zona serrana las cuales se caracterizan por presentar diversas variaciones las cuales van desde zonas planas con pendientes de 0% hasta pendientes muy abruptas mayores a 45%. Cuyos rangos se presente en la siguiente tabla.

Tabla 129. Rangos de pendientes del sistema ambiental.

RANGOS	HECTAREAS	METROS CUADRADOS	PORCENTAJE
< - 40	1,124.58	11,245,767.91	25.15
0-10	1,043.70	10,437,030.62	23.35
10-20	824.74	8,247,389.22	18.45
20-30	794.17	7,941,717.27	17.76
30-40	683.42	6,834,200.00	15.29
Total	**4,470.61**	**44,706,105.02**	**100.00**

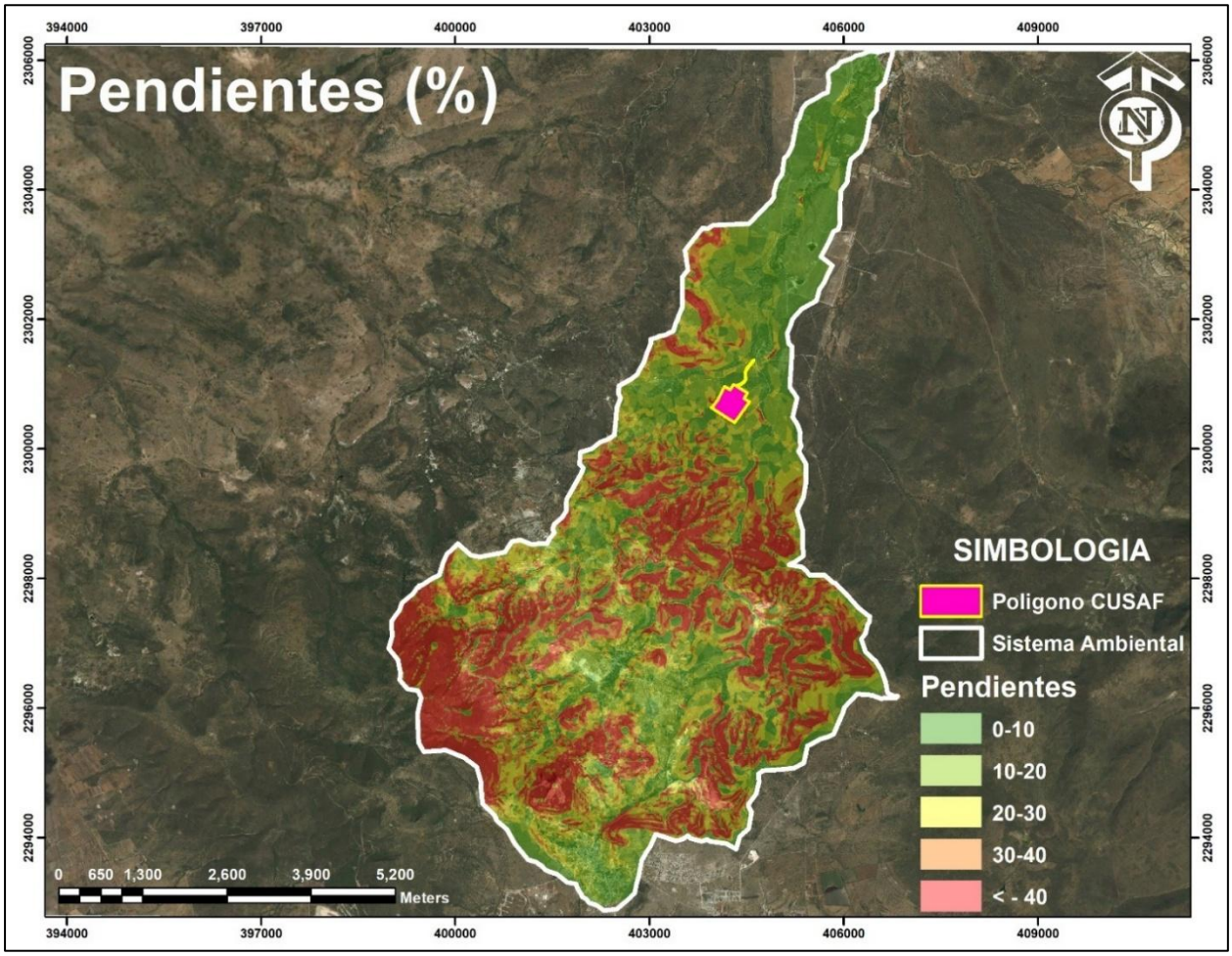


Imagen 33. Pendientes presentes en el SA

Por su parte la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, se ubica entre las cotas 1800 a 1900 msnm, con una longitud del terreno desde la parte más alta hacia la parte más baja de 1,085 metros lineales, con estos parámetros fue posible estimar la pendiente media que nos arrojó del 9.22%. En este mismo sentido, el 53% equivalente a 21.17 hectáreas presenta una pendiente que va del 10 al 20%, mientras que 8.46 hectáreas equivalente al 21% presenta una pendiente que oscila entre un 20 a un 30% y 6.89 hectáreas es decir, el 17% presentan una pendiente del 0 al 10%, el resto de la superficie presenta una pendiente que va del 30 al 40% y una mínima superficie llega a alcanzar una pendiente superior al 40%.

En consecuencia, por la naturaleza del proyecto, la pendiente del terreno no juega un papel determinante para el tipo de actividad principal, sino que al contrario, entre mayor es la pendiente, mayor el volumen de materiales pétreos disponibles para aprovechar, haciendo más redituable el aprovechamiento del banco de materiales pétreos.

Si bien es cierto, que las actividades de restauración pudieran demandar un tiempo mayor en función de la pendiente del terreno, sin embargo, es importante precisar que la explotación del banco de materiales se realizara siguiendo las curvas de nivel de forma uniforme, formando terrazas, las cuales deberán estar libres de obstáculos y montículos que pudieran interferir con las acciones de nivelación y restauración o rehabilitación del sitio explotado, esto equivaldría a la preparación del sitio para su restauración inmediata. Es decir, que una vez terminados los pisos en que se terminen de hacer las terrazas, estas deberán cubrirse con la capa de suelo fértil que se retiró durante la preparación de las áreas de explotación, con un espesor de 20 centímetros, y se reforestará con las especies nativas propuestas en el programa de reforestación propuesto con fines de restauración.

Por lo que el tiempo adicional únicamente estará en función del número de trabajadores que se empleen para dichas actividades de restauración, es decir, entre mayor número de trabajadores menor será el tiempo destinado para realizar dichas actividades.

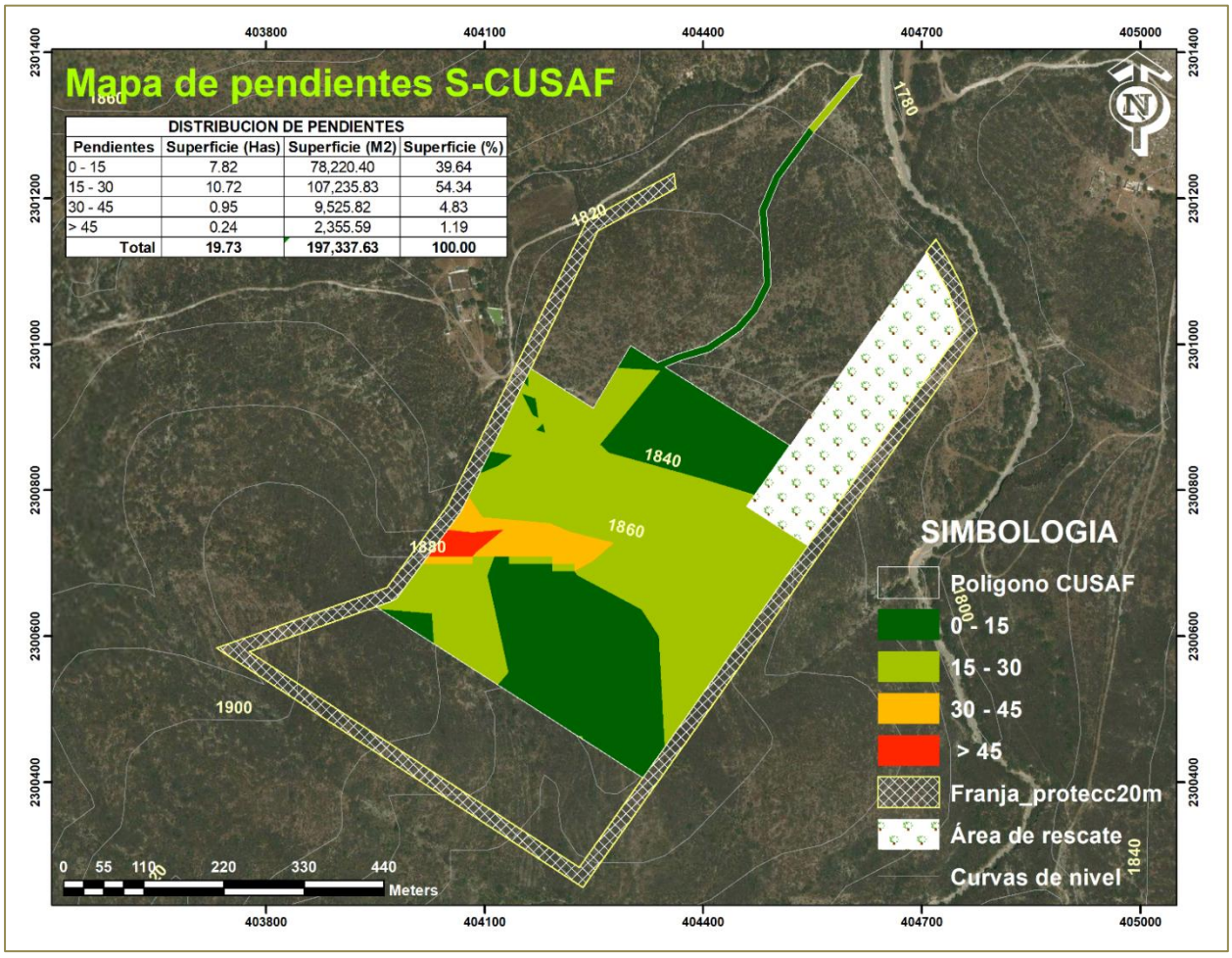


Imagen 34. Mapa de pendientes de la S-CUSAF

Si bien es cierto que entre mayor pendiente exista, se incrementa el riesgo de degradación del suelo, sin embargo, por el tipo de obras de conservación, que se propone, esta se estima en función tanto de las características del suelo, como de la pendiente media del terreno, por lo que la pendiente no representa ningún tipo de riesgo de erosión.

Fallas y fracturas

Con base en la información cartográfica del INEGI en su Carta de fallas y fracturas, en la superficie que comprende el SA y la superficie del proyecto, no existe este tipo de estructuras que representan riesgo alguno al uso de suelo propuesto en dicho predio.

Una **falla geológica** es una fractura en la corteza terrestre a lo largo de la cual se mueven los bloques rocosos que son separados por ella. Las fuerzas terrestres actúan sobre la zona de **falla**, y, por ello, los bloques rocosos a ambos lados de ella tienden a desplazarse.

Una **fractura geológica** es la separación bajo presión en dos o más piezas de un cuerpo sólido. La palabra se suele aplicar tanto a los cristales o materiales cristalinos como las gemas y el metal, como a la superficie tectónica de un terreno.

Existen varios sistemas de fallas y fracturas pero sólo aparecen representadas las que tienen orientación noroeste-sureste. Al parecer, estos patrones están relacionados con las zonas donde hay manifestaciones hidrotermales, como Tequisquiapan.

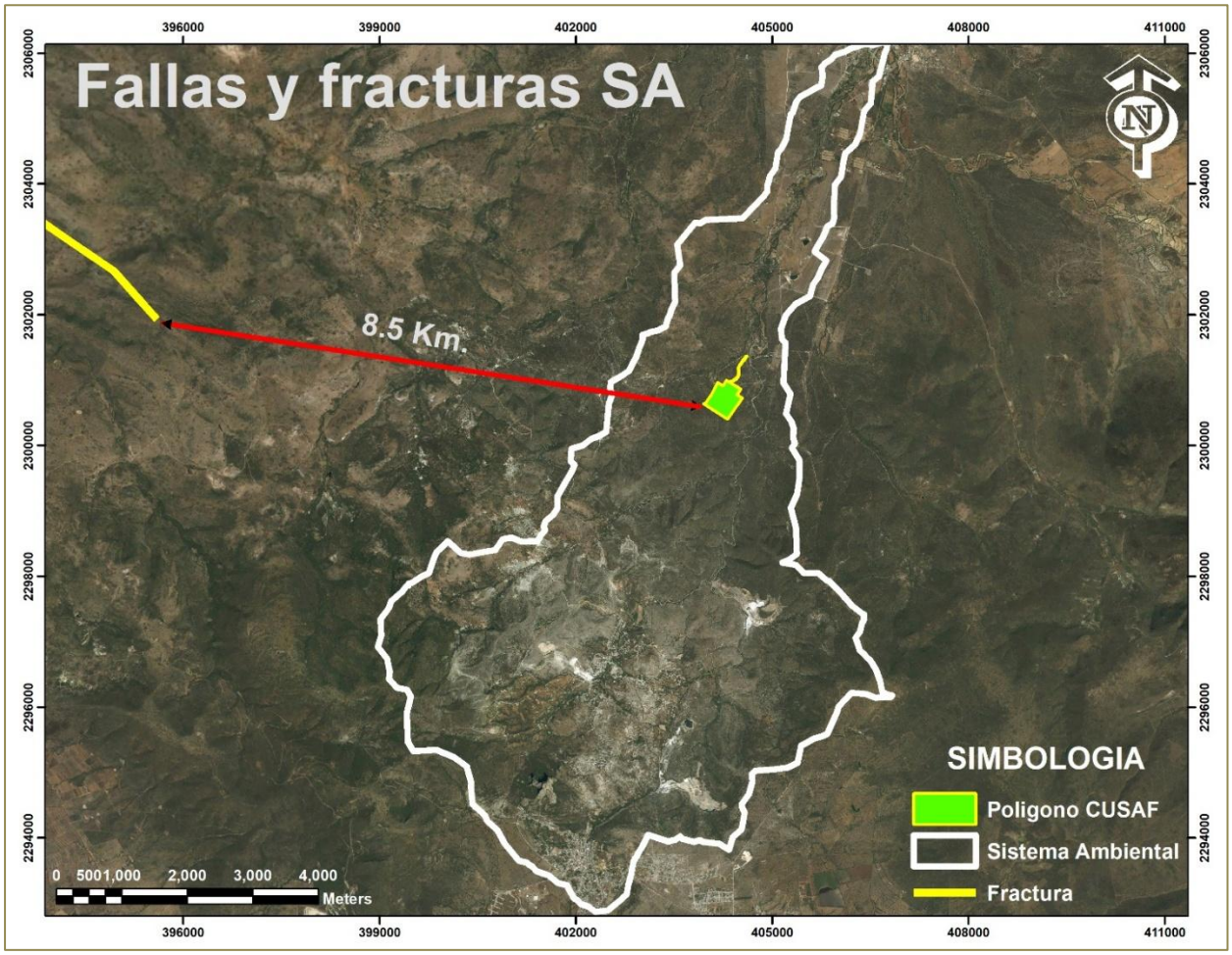


Imagen 35. Fallas y fracturas presentes en el SA

La fractura más próxima al área del proyecto se localiza a 8.5 kilómetros de distancia, al oeste del SA, lo que técnicamente se puede concluir que esta característica de la zona no pone en riesgo el uso de suelo solicitado, ya que como se abordó en la descripción el movimiento de este tipo de fracturas ocurre por medio de bloques.

Susceptibilidad de la zona a sismicidad

La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas creadas con fines de diseño antisísmico. Para realizar esta división, se utilizaron los catálogos de sismos de la República Mexicana generados desde inicios de siglo pasado con base en los grandes sismos que aparecen en los registros históricos y los registros de aceleración del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en el mismo siglo.

Estas zonas reflejan la frecuencia de los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo a esperar durante un siglo. La zona A es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.

La zona D es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad. Las otras dos zonas (B y C) son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

Aunque la Ciudad de México se encuentra ubicada en la zona B, debido a las condiciones del subsuelo del valle de México, pueden esperarse altas aceleraciones. En la siguiente carta se aprecia la ubicación del Sistema Ambiental con respecto a la zona en la que se encuentra, la cual es la B (Servicio Sismológico Nacional, 2013).

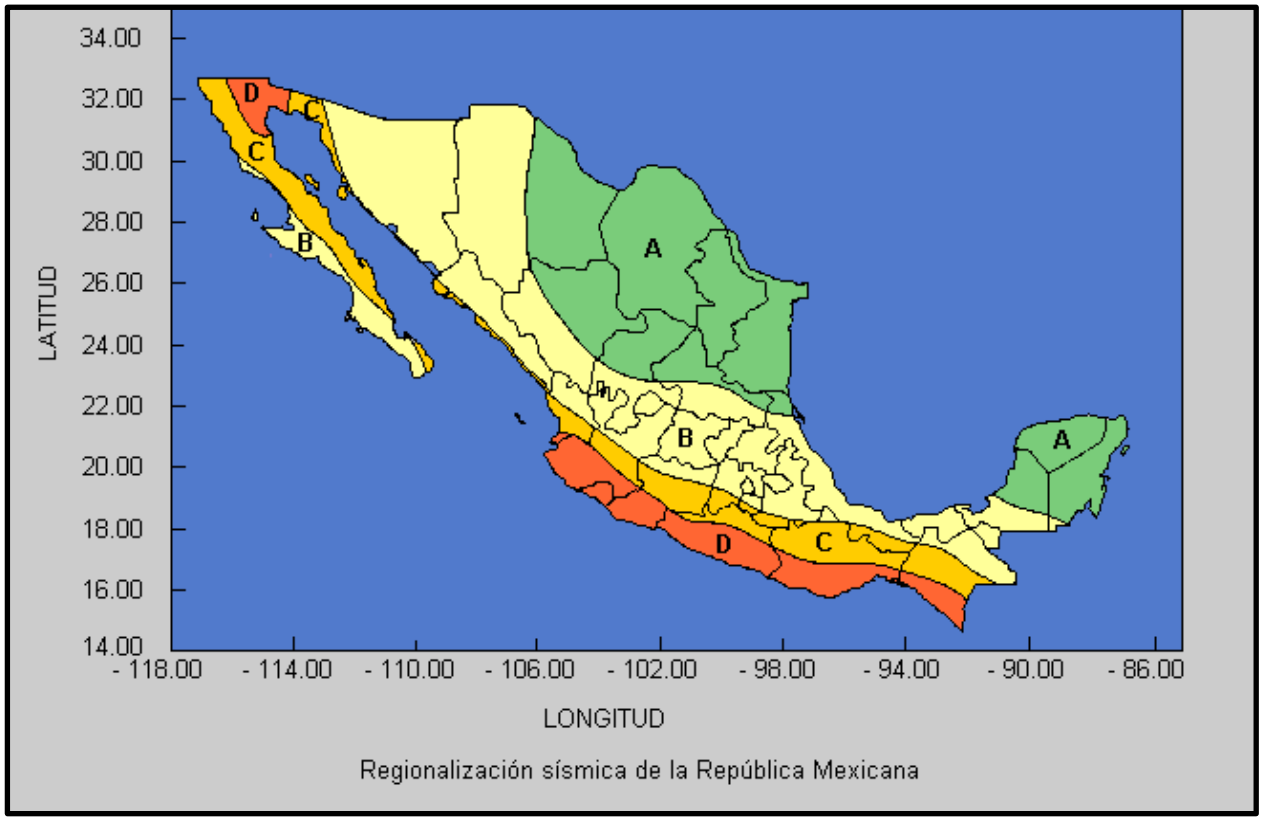


Imagen 36. Regionalización sísmica de la República Mexicana.

De acuerdo al Atlas Nacional de Riesgos, el estado de Querétaro y en particular el SA se ubica en una zona considerada con un riesgo sísmico bajo a deslizamientos o derrumbes, sismos y actividad volcánica.



Imagen 37. Riesgo sísmico.

Atlas de Riesgo del Municipio de Tolimán. Zona de riesgo o peligro ante eventos meteorológicos.

De acuerdo al Atlas de Riesgos del municipio de Tolimán, los riesgos ante eventos meteorológicos se consideran los siguientes; riesgos por derrumbes, zonas vulnerables a inundación y zonas vulnerables a la temporada invernal, ante eventos meteorológicos.

RIESGOS POR DERRUMBES.

Los riesgos por derrumbes tomando como referencia la cabecera municipal de Tolimán, están distribuidos de la siguiente manera; al Norte en las inmediaciones de las localidades Carrizalillo, La Vereda y antes de Manantiales (sobre carreteras), al Sur; en las localidades de Tierra

Volteada, Caleras de Bernal y Paraje La Capilla (sobre la carretera estatal 100 El Colorado – Higuerillas), al Este; al este de la localidad de San Pablo Tolimán sobre la carretera estatal 100 El Colorado – Higuerillas y al Oeste sobre el circuito de las localidades Casa Blanca, Mesa de Chagoya y Bomintzá.

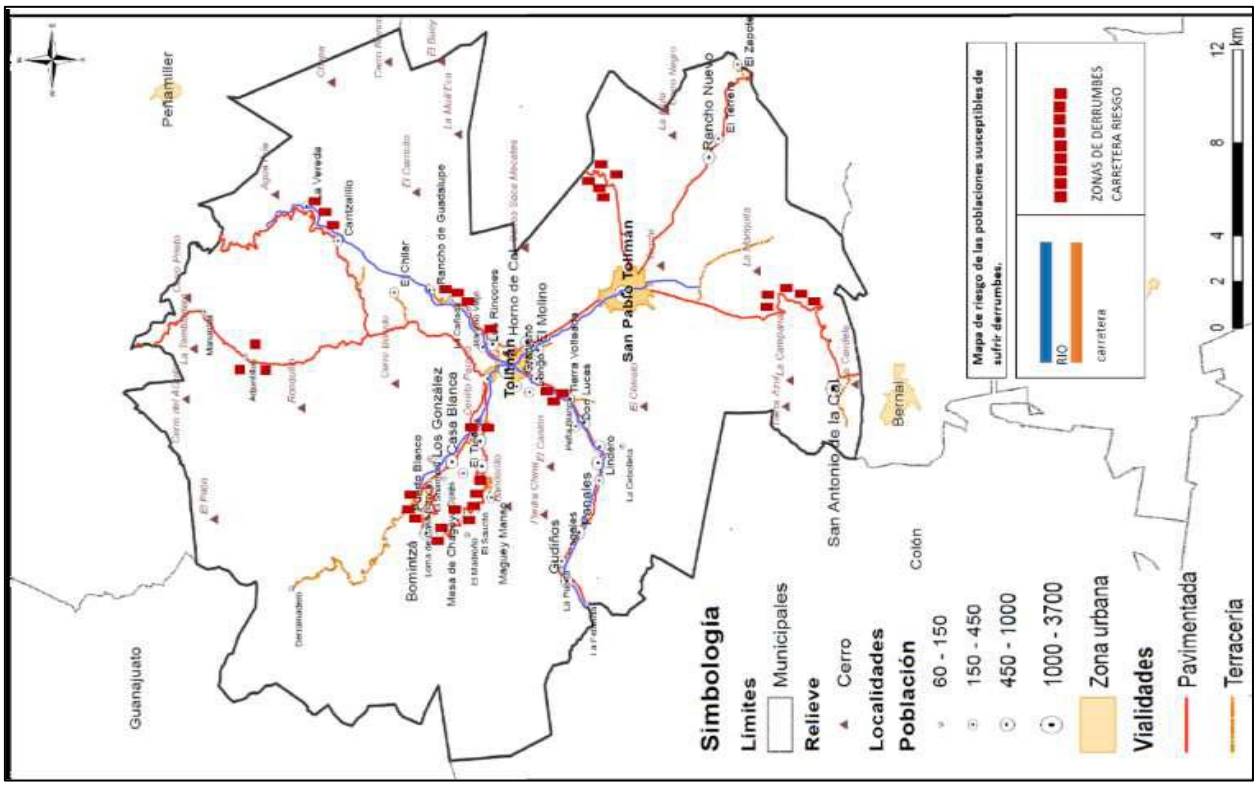


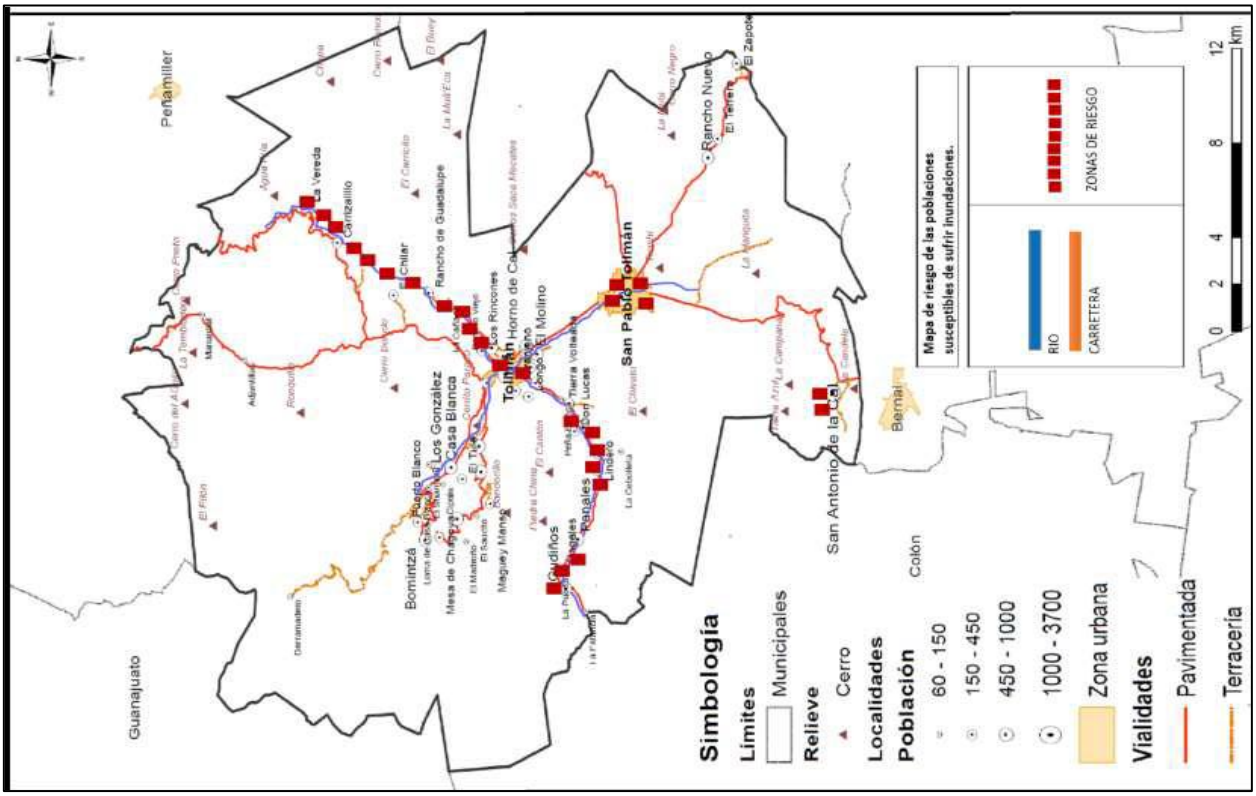
Imagen 38. Zonas de riesgo por derrumbes.

Fuente. Atlas de Riesgo del municipio de Tolimán.

De acuerdo a lo anterior, la superficie del proyecto o sitio de evaluación no se encuentra dentro de dichas zonas de riesgo por derrumbes, toda vez que esta se ubica entre los parajes del Cerro de La Campana y Buenavista.

ZONAS VULNERABLES A INUNDACIÓN

En el municipio de Tolimán, están definidas tres zonas vulnerables de inundación la primera es el rio Tolimán que atraviesa dicho municipio de suroeste a noreste, también se tiene considerado la zonas urbanas de San Pablo Tolimán y San Antonio de La Cal como zonas vulnerables a inundación, tal como se puede observar en la siguiente imagen.


Mapa de riesgo de las poblaciones susceptibles de sufrir inundaciones.
ZONAS DE RIESGO
RIO
CARRETERA
0 2 4 8 12 km
Simbología
Límites
Municipales
Relieve
Cerro
Localidades
Población
60 - 150
150 - 450
450 - 1000
1000 - 3700
Zona urbana
Vialidades
Pavimentada
Terracería
Peñamiller
Tolimán
San Pablo
Rancho Nuevo
San Antonio de la Cal
Bernal
Colón
Guanajuato
Los González
Casa Blanca
Bomintzá
Pueblo Blanco
Rancho de Guadalupe
Chilar
Carrizalillo
La Vereda
Horno de Cal
Molino
Rincones
Rosas
Tierra Vellada
Rancho Viejo
Rancho Nuevo
Rancho Nuevo
Rancho Nuev

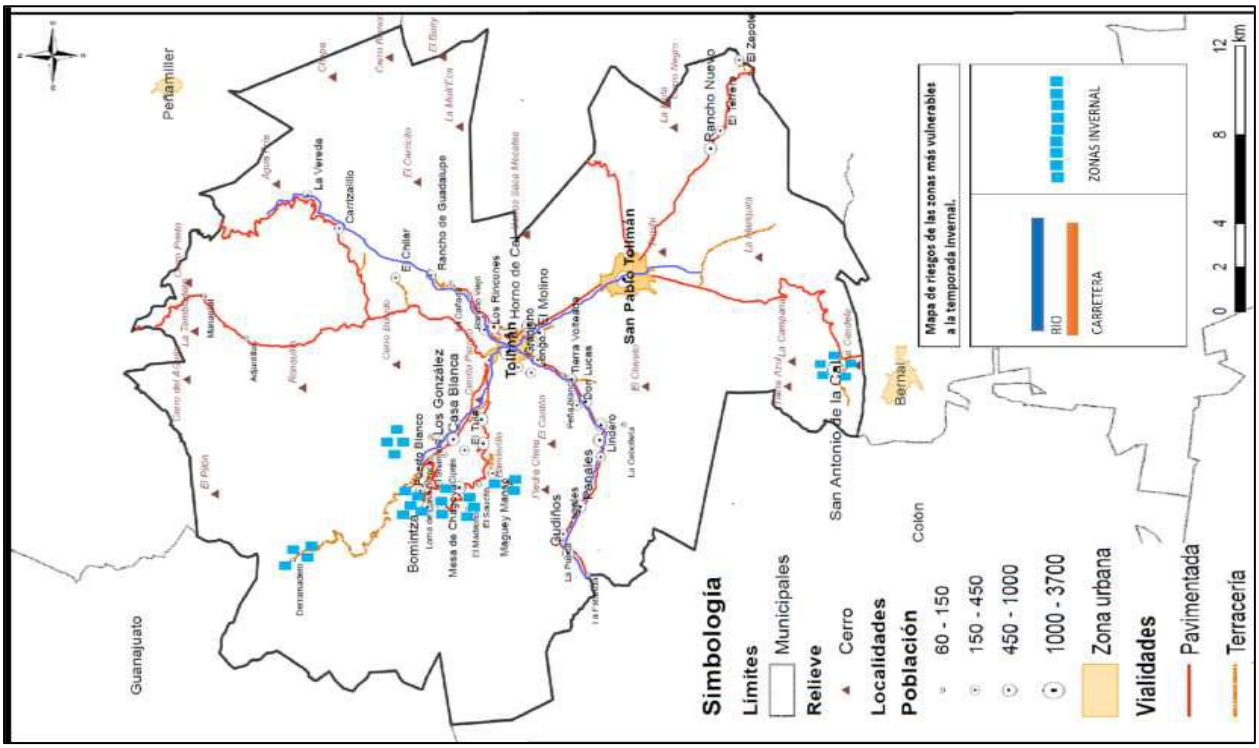


Imagen 40. Zonas vulnerables a la temporada invernal.

Fuente. Atlas de Riesgo del municipio de Tolimán.

c) Suelos

Según la Carta Edafológica 1:250 000 del INEGI - FAO, en el SA, se encuentran cuatro tipos de suelos, de los cuales destaca por su extensión el Litosol (I) con un 67.30%, abarcando un área de 3,008.87 hectáreas, en segundo lugar de acuerdo a su extensión, le sigue el de tipo Rendzina con el 24.54% y en menor extensión le Feozem háplico con 8.11% y con 0.05% el vertisol pélico.

Los **Litosoles**, su nombre significa literalmente suelo de piedra, se caracteriza por tener una capa superficial menor de 10 cm. de profundidad y están limitados por roca, tepetate o caliche duro, son de color gris muy oscuro o negro, su contenido de calcio y magnesio es alto y bajo de potasio, son de textura **arcillo arenoso** y soportan por lo general matorrales, por lo que su contenido de materia orgánica va de **moderada a pobre** y son muy susceptibles de ser erosionados; están asociados con suelos de color oscuro y de textura media como: Feozem y Vertisol.

Los **Litosoles** son suelos menos arcillosos que los que se asocian a las unidades de Vertisol. En algunas zonas donde afloran rocas calizas y esquistos ricos en carbonato de calcio, encontramos suelos someros, ricos en materia orgánica y calcio, denominados Rendzinas, asociados con Litosoles, similares pero menos profundos.

Las **Rendzinas** son suelos poco profundos y pedregosos que se representan sobre tocas calizas, los encontramos en climas cálidos o templados con lluvias moderadas o abundantes. Su vegetación natural es de matorral, selva o bosque. Se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en **humus y muy fértil**, que descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal. No son muy profundos. Son generalmente arcillosos. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos **bajos o moderados,** pero congregan peligro de erosión en las laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación de presentan. Su susceptibilidad a la erosión es moderada. No tiene subunidades.

Los suelos tipo **Feozem**, poseen un horizonte superficial oscuro, rico en humos y nutrientes, pueden o no tener carbonatos secundarios pero tienen alta saturación con base en el metro superior del suelo. Se caracterizan por ser suelos porosos, fértiles y son excelentes tierras agrícolas, susceptibles a la erosiona eólica e hídrica. Los Feozem calcárico se caracterizan por tener cal en todos sus horizontes. Son los Feozem más fértiles y productivos en la agricultura o ganadería, cuando son profundos y planos. Su susceptibilidad a la erosión es variable en función del tipo de terreno.

Los **Vertisoles Pélicos**, los encontramos principalmente en zonas llanas, así como en zonas con pendiente suave y laderas, son suelos minerales de color negro o gris oscuro, de pH ligeramente alcalino con contenido (entre 45 y 60 por ciento) de arcillas expandibles. Se agrietan y son típicamente duros y masivos cuando están secos (INEGI, 1986, CRQN, 2001, 2002b).

En algunas zonas sobreyacen a capas no consolidadas de aluvión o depósitos lacustres y en otras es común que se encuentren sobre capas de depósitos volcánicos, como tobas, que presentan en su mayoría cementación secundaria (edáfica) por sílice, denominada duripán. En algunas áreas una cementación secundaria de carbonato de calcio se ha producido sobre este tepetate. Estos **Vertisoles** suelen presentar pedregosidad considerable en laderas y pies de monte, tal condición se presenta en la zona de estudio done se ubica este tipo de suelo.

Los **Vertisoles profundos**, en zonas prácticamente sin pendiente, son suelos de permeabilidad moderada o alta cuando están secos y agrietados. No obstante, cuando la parte superficial (alrededor de 50 cm) alcanza la saturación y la arcilla se ha expandido, no admiten más agua, y su drenaje interno es lento. Por lo tanto, son susceptibles de inundarse y dejar correr el agua superficialmente. Los **Vertisoles pedregosos** de profundidad moderada que sobreyacen a conglomerados o rocas basálticas y brechas bastante fracturadas, son más porosos y presentan un mejor (aunque moderado) drenaje interno, que los de las zonas llanas. En algunos lomeríos o

laderas, los **Vertisoles** se asocian a suelos menos masivos y arcillosos, de color pardo, con horizonte superficial rico en materia orgánica (Feozem Háplicos), con mejor estructura y drenaje interno que los Vertisoles, así como otros suelos menos profundos (Litosoles). Los **Vertisoles** presentan drenaje interno moderado, y moderada o alta capacidad de retención de agua, pero la poca profundidad y la pendiente en que se encuentran muchos de ellos favorecen el escurrimiento sobre la infiltración.

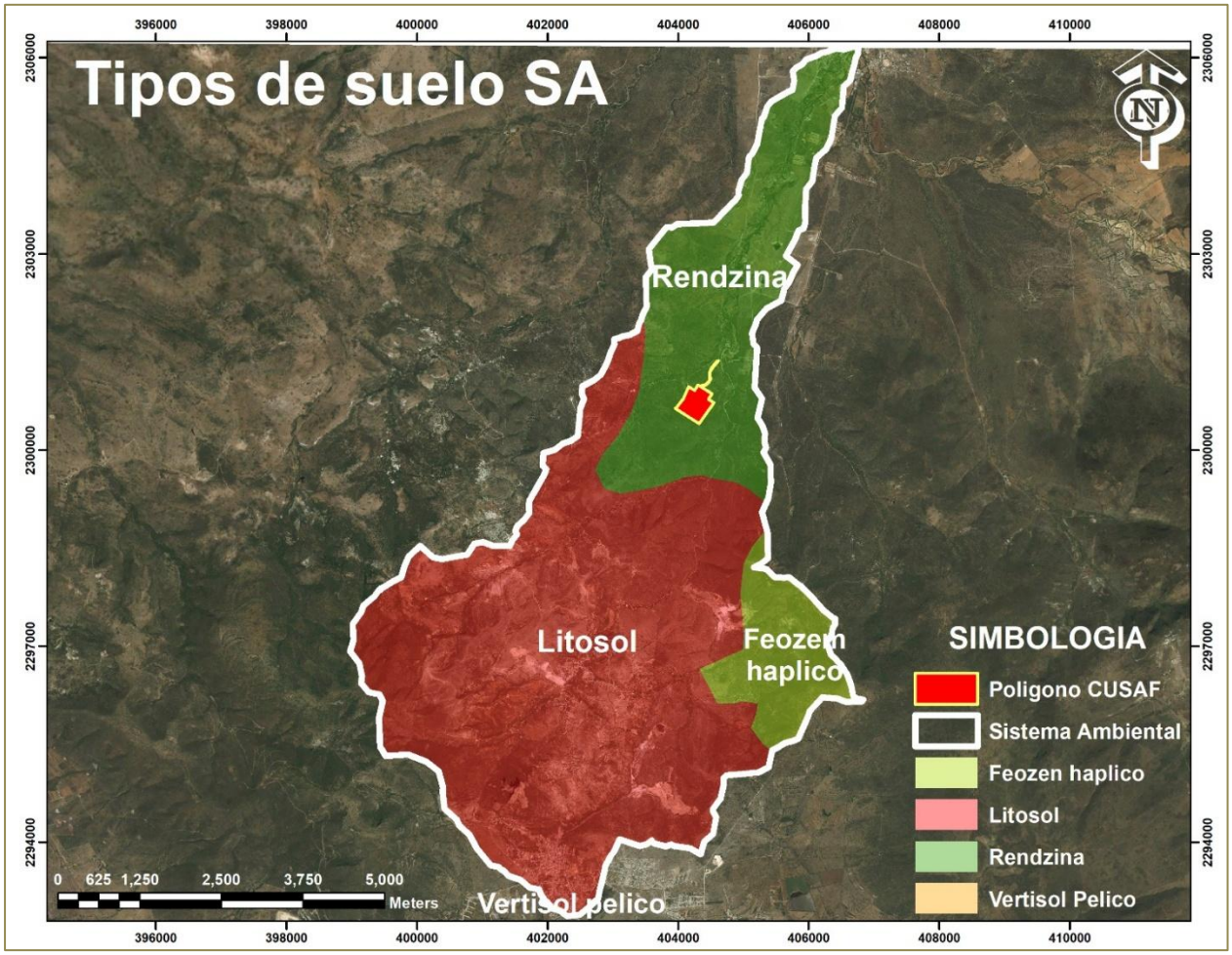


Imagen 41. Tipos de suelos en el SA. Fuente: INEGI – FAO.

Tabla 130 Tipo de suelo y su extensión en el sistema ambiental.

No.	TIPO DE SUELO	CLAVE	TEXTURA	FASE FISICA	SUP. (HAS)	SUP. (%)
1	Litosol	I	2	0	3,008.87	67.30
2	Rendzina	E	2	6	1,096.92	24.54
3	Feozen haplico	Hh	3	8	362.44	8.11
4	Vertisol Pelico	Vp	3	9	2.38	0.05
				TOTAL	**4,470.61**	**100.00**

Los suelos presentes en el SA presentan dos tipos de textura fina (3) y media (2), tres fases físicas, conforme al siguiente mapa.

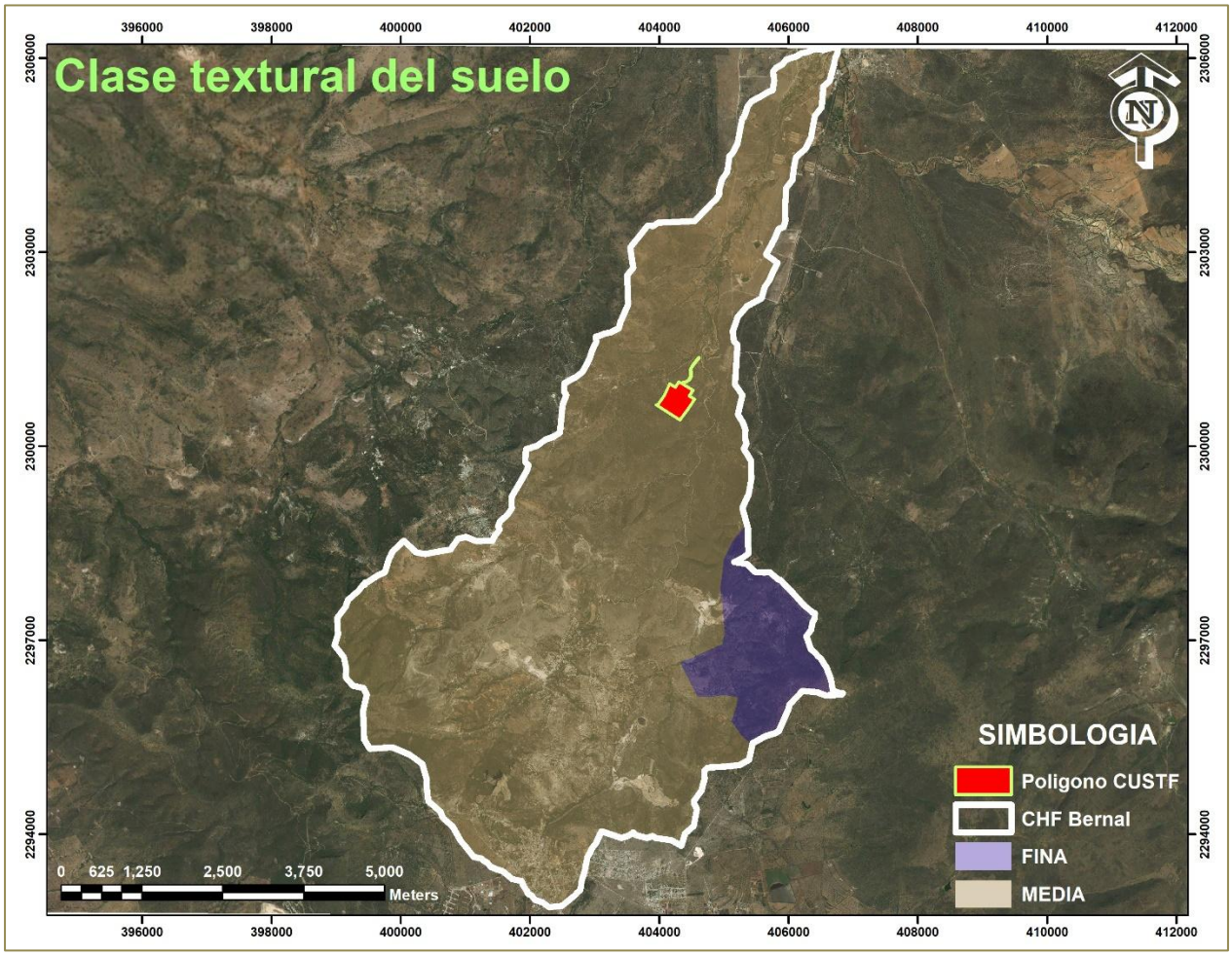


Imagen 42. Clase textural de los suelos en el SA. Fuente: INEGI – FAO.

En cuanto, a las fases físicas de los suelos, estos presentan tres fases; lítica, pedregosa y Petro cálcica.

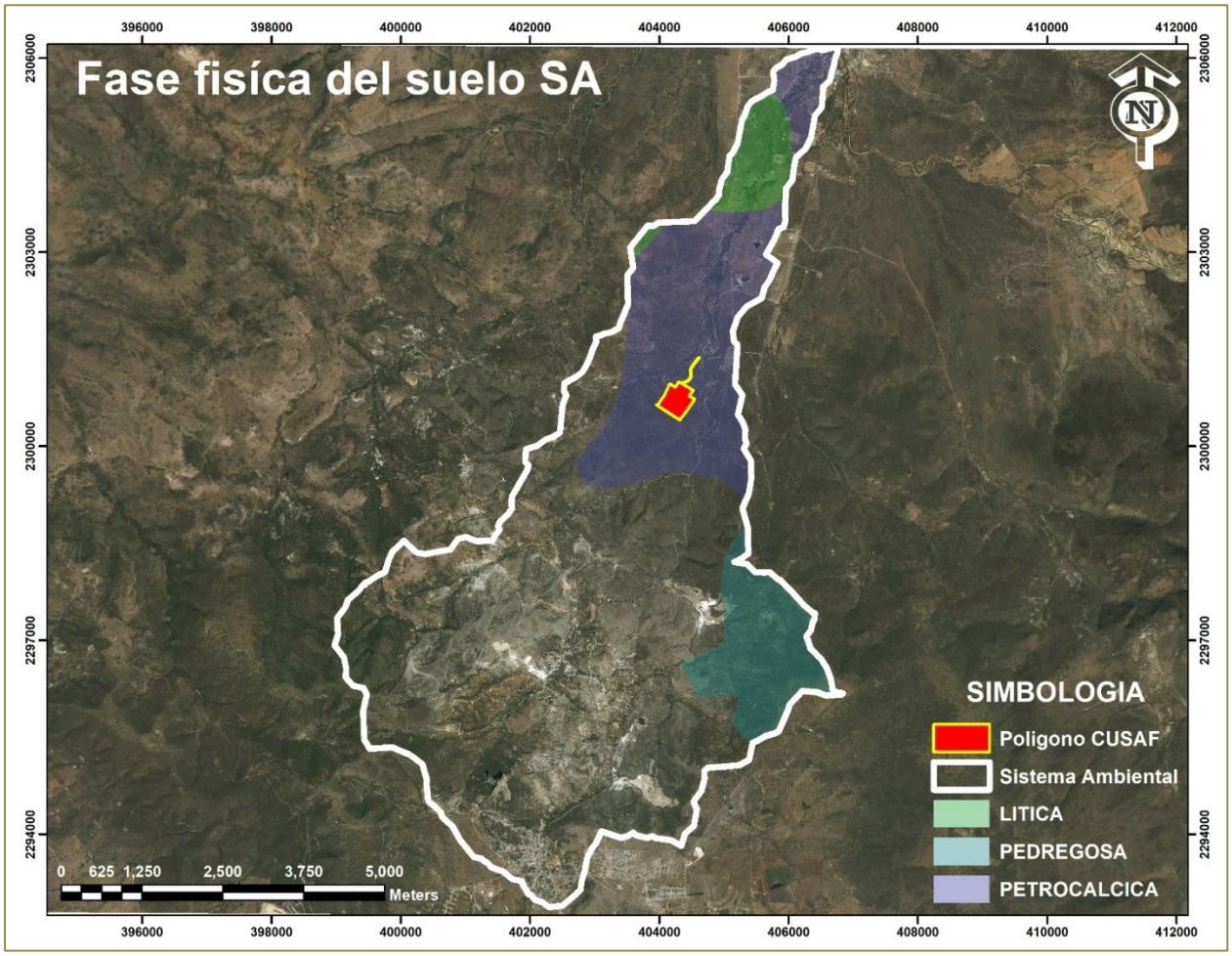


Imagen 43. Fases físicas de los suelos en el SA.

Los suelos presentes en el SA, no presentan ninguna fase química, tal se puede apreciar en la siguiente imagen.

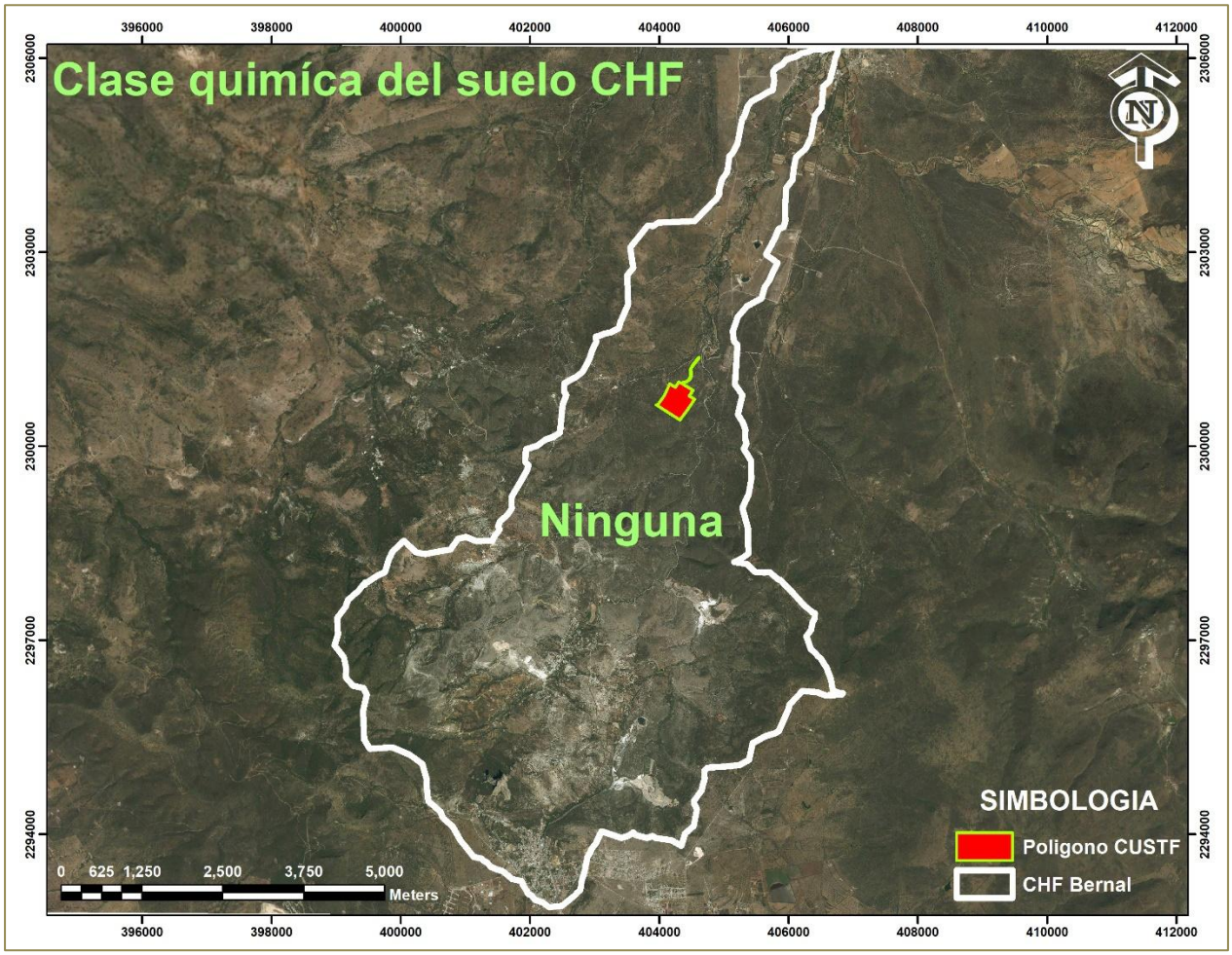


Imagen 44. Fases química de los suelos en el SA.

Los suelos se clasifican según diferentes criterios: su evolución, composición, capacidad de uso en agricultura y textura, entre otros.

Las partículas minerales que forman el suelo tienen diferentes tamaños y se llaman arena, limo y arcilla, de mayor a menor. La textura del suelo depende de la partícula mineral más abundante en él. Entonces, de acuerdo a la textura, los suelos se clasifican en:

Arenosos. En ellos predomina la arena. Por el tamaño grande de sus partículas, estos suelos no retienen el agua que baja a zonas más profundas. Generalmente son de color claro y como no contienen mucha materia orgánica no suelen ser productivos para la agricultura.

Limosos. Las partículas de tamaño medio, el limo, son las que predominan. Por ello, son suelos que no filtran el agua rápidamente, contienen mucha materia orgánica pero se compactan mucho al secarse.

Arcillosos. La arcilla, partícula de menor tamaño es la predominante. Son suelos casi impermeables pero muy compactos en ausencia de agua. Contienen mucha materia orgánica pero cuando están secos casi no permiten el crecimiento de las raíces.

Se llama suelo franco a aquel que tiene aproximadamente la misma proporción de las tres clases de partículas minerales y por ello tiene propiedades que lo hacen ideal para la agricultura.

De acuerdo con las definiciones anteriores, el suelo presente en la superficie del proyecto contiene una textura media, es decir, con un alto contenido de limos.

En cuanto a las fases físicas de los suelos, estos presentan tres fases; lítica, pedregosa y petrocalcica.

Susceptibilidad a la erosión del SA

Con el objetivo de determinar la erosión potencial y actual en la superficie del SA, se optó por utilizar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), un modelo que permite estimar en campo, la erosión actual y potencial de los suelos. Esta ecuación constituye un instrumento de planeación para establecer las prácticas y obras de conservación de suelos para que hagan que la erosión actual sea menor que la tasa máxima permisible de erosión. Cuyo resultado se obtiene con el desglose de la siguiente formula:

E = R K L S C P

Dónde:

E = Sedimentos aportados del cauce para una tormenta determinada sobre la Cuenca (t/ha).

R = Escurrimiento medio (m^3).

K = Erosionabilidad del suelo (t ha hr MJ-1 mm -1 ha-1)

L = Longitud de la pendiente (adimensional)

S = Grado de la pendiente (adimensional)

C = Cobertura vegetal (adimensional)

P = Prácticas mecánicas de control de la erosión.

Para explicar este modelo en forma práctica se utilizarán algunos resultados que se han obtenido de la investigación en México y que han permitido, a nivel nacional, hacer un uso adecuado de este modelo predictivo. La **erosión potencial** se estima con la siguiente ecuación:

Ep = R K LS

Factor R. Erosividad de la lluvia.

El factor erosividad de la lluvia R, definida como la capacidad potencial de ésta para causar erosión, es medida por medio de los índices de erosividad. Este factor se estimó a partir de la regionalización de precipitación hecha por Cortés (1991), quien determinó un mapa de isoerosividad con 14 regiones; así, el sistema ambiental donde se ubica el proyecto se ubica en la región V, para el cálculo del factor R:

De acuerdo con este procedimiento se elaboraron modelos de regresión donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el valor de R de la EUPS de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 131. Ecuaciones y distribución para estimar la Erosividad de la lluvia "R" en la República Mexicana.

Región	Ecuación	R^2
I	$R = 1.2078P + 0.002276P^2$	0.92
II	$R = 3.4555P + 0.006470P^2$	0.93
II	$R = 3.6752P - 0.001720P^2$	0.94
IV	$R = 2.8559P + 0.002983P^2$	0.92
V	$R = 3.4880P - 0.00088P^2$	0.94
VI	$R = 6.6847P + 0.001680P^2$	0.90
VII	$R = -0.0334P + 0.006661P^2$	0.98
VIII	$R = 1.9967P + 0.003270P^2$	0.98
IX	$R = 7.0458P - 0.002096P^2$	0.97
X	$R = 6.8938P + 0.000442P^2$	0.95
XI	$R = 3.7745P + 0.004540P^2$	0.98
XII	$R = 2.4619P + 0.006067P^2$	0.96
XIII	$R = 10.7427P - 0.00108P^2$	0.97
XIV	$R = 1.5005P + 0.002640P^2$	0.95

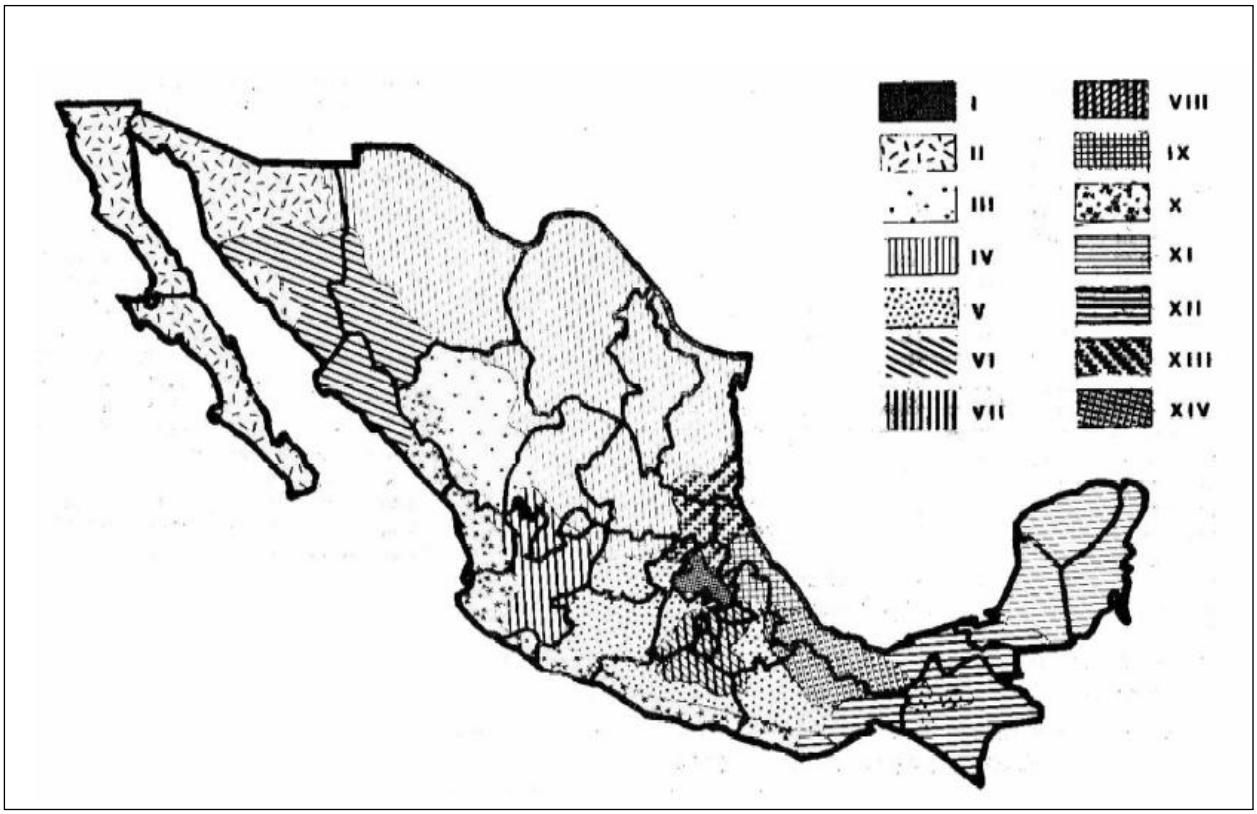


Imagen 45. Mapa de regiones con igual erosividad en la República Mexicana.

Para estimar R en el ámbito regional, se puede utilizar la precipitación anual y con un modelo lineal muy simple estimarlo. Para estimar el valor de erosividad, se empleó la ecuación para la región "V" que la región donde se ubica el sistema ambiental en estudio.

$R = 3.4880P – 0.00088P^2$

Dónde:

R = Erosividad de la lluvia en MJ mm / ha h

P = Precipitación media anual (mm)

Para el desarrollo de la formula se empleó la información de precipitación normal anual de la estación meteorológica Tolimán operada por la CONAGUA, siendo de 406.9 mm, obteniéndose como resultado el siguiente.

$$R = 3.4880 * (406.0) – 0.00088 * (406.9)^2$$

$$\boldsymbol{R = 1,273.57}$$

Factor K. Erosionabilidad del suelo.

La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende del tamaño de las partículas del suelo, del contenido de materia orgánica, de la estructura del suelo en especial del tamaño de los agregados y de la permeabilidad.

Para su estimación se utilizan fórmulas complicadas; para condiciones de campo se recomienda el uso de la siguiente tabla, para que con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, se estime el valor de erosionabilidad (K).

Tabla 132. Valores de erosionabilidad de los suelos (K) estimado en función de la textura y el contenido de materia orgánica (Morgan 1985).

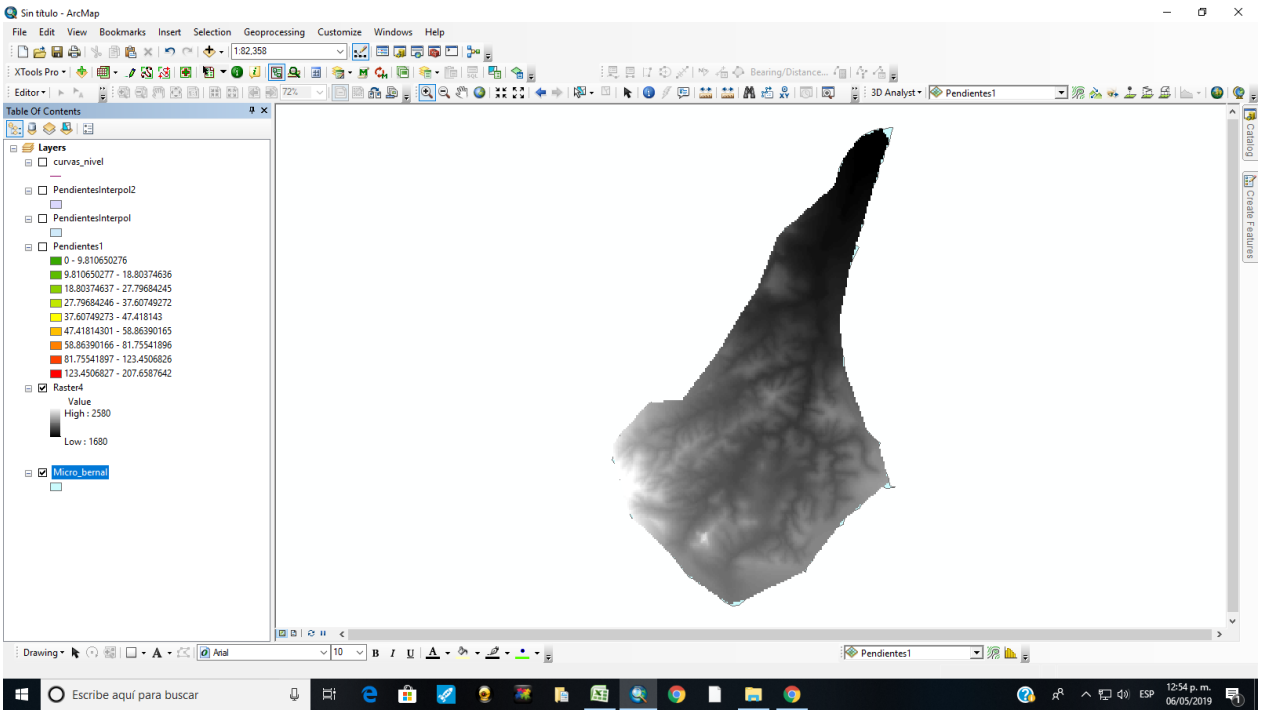
Textura	% de Materia Orgánica		
	0.0 - 0.5	0.5 - 2.0	2.0 - 4.0
Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.010
Arena fina migajosa	0.024	0.020	0.016
Arena migajosa	0.012	0.010	0.008
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.030
Limo	0.060	0.052	0.042
Migajón	0.038	0.034	0.029
Migajón arcillo arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026
Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
Migajón arenosa	0.027	0.024	0.019
Migajón arenosa fina	0.035	0.030	0.024
Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
Arcilla	0.013 - .029		

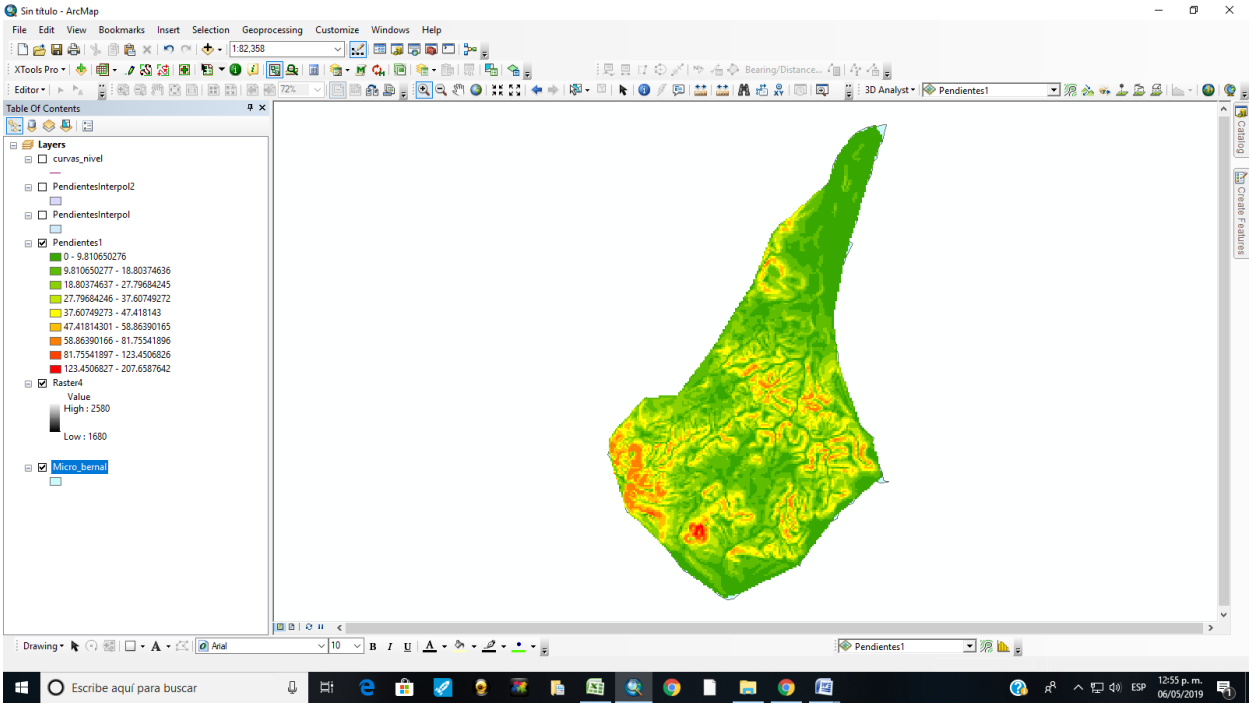
Con la información vertida en al apartado de suelo, fue necesario definir la textura y materia orgánica de cada tipo de suelo, dichos indicadores ponderarlos para determinar un factor K más apegado a la realidad del sistema ambiental, por consiguiente dichos parámetros se ilustran en la siguiente tabla.

Tabla 133. Determinación del Factor K para el sistema ambiental.

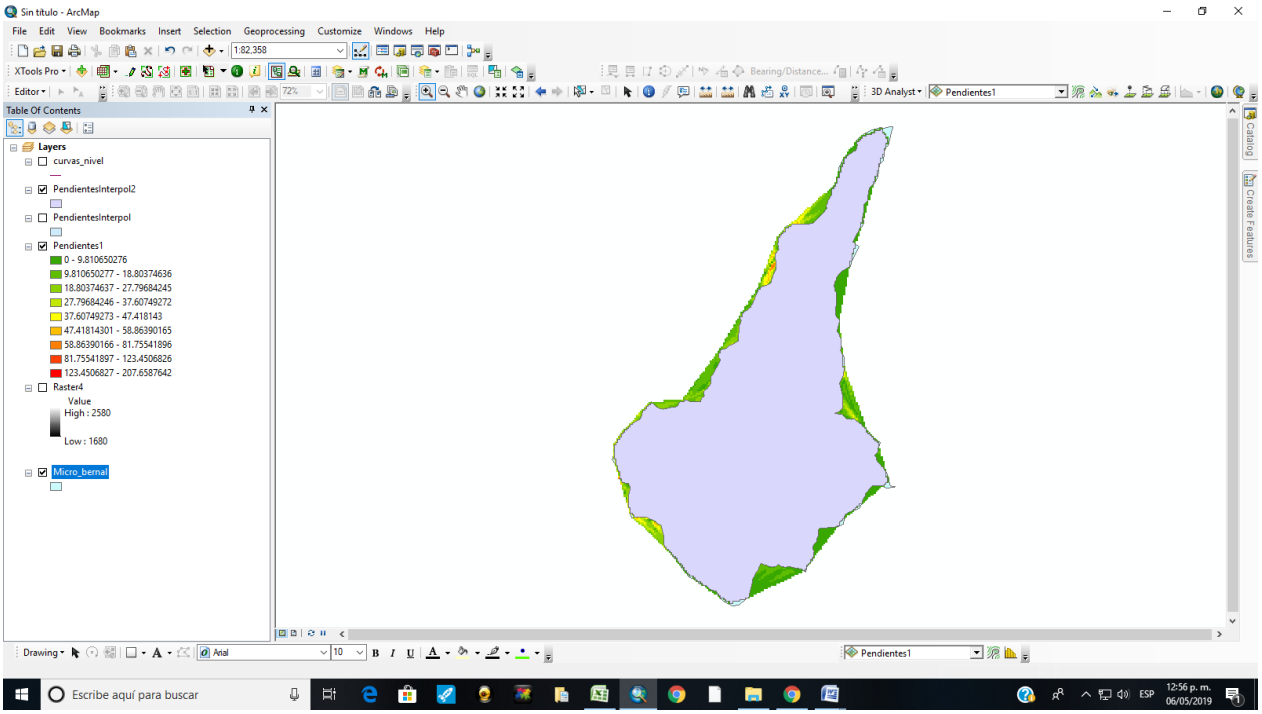
UNIDADES	TEXTURA	MATERIA ORGANICA	TEXTURA	FACTOR K
Litosol	Arcillo arenoso	Moderada a pobre	2	0.013
Rendzina	Arcillo arenoso	Moderada a pobre	2	0.013
Feozem háplico	Arcilloso	Ricos	3	0.012
Vertisol pélico	Arcilloso	Moderada a pobre	3	0.013
			Ponderación	**0.01275**

Pendiente media (S).- Para este caso, para estimar la pendiente media de la microcuenca se empleó el programa ArcMap 10.2, en el cual se usaron dos insumos geográficos/topográficos de la microcuenca; el archivo TIFF y el Shape del polígono de la microcuenca, el primero toma como referencia principal la altitud (altura) de cada una de las curvas de nivel que inciden directamente en el polígono de la microcuenca, una vez teniendo disponibles dichos insumos. El primer paso es crear un "mapa de pendientes en porcentaje" con el uso de la caja de herramientas (Spatial Analyst Tools – Surface - Slope).

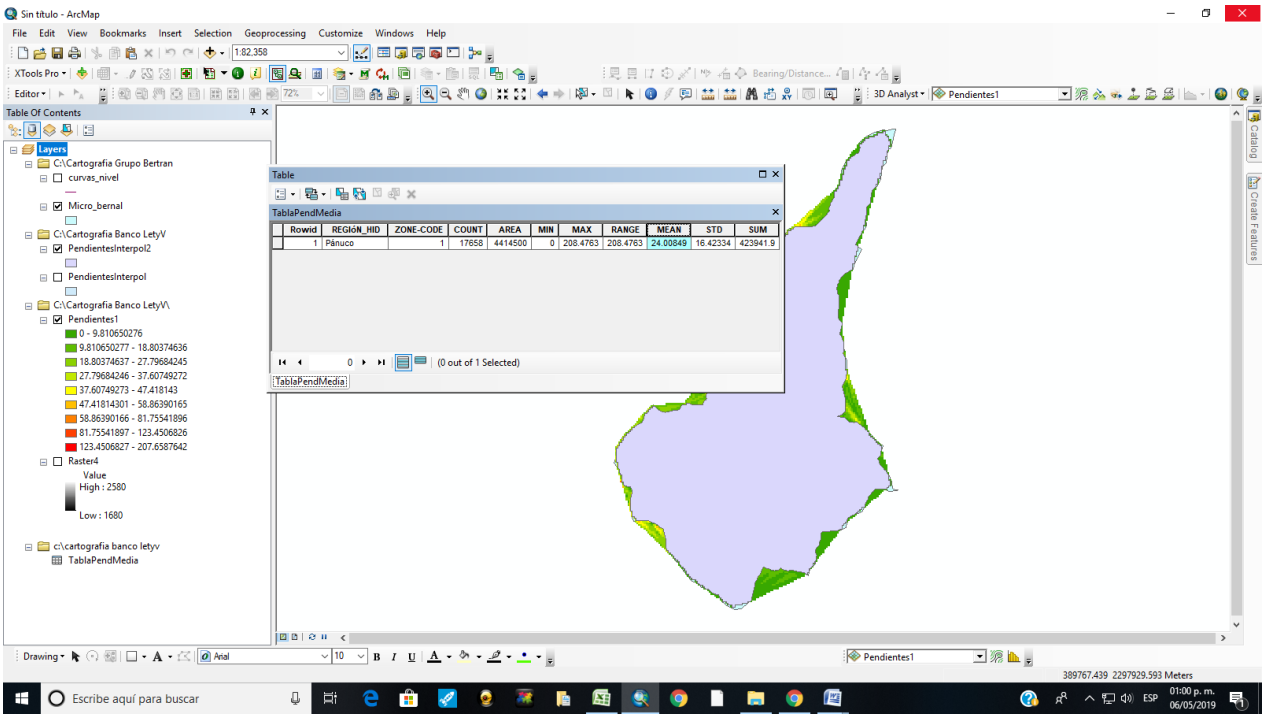




En el segundo paso de la metodología consistió en interpolar el "mapa de pendientes" que generamos con el Shape del polígono de la microcuenca, para ello usamos la caja de herramientas (3D Analyst Tools – Functional Surface – Interpolate Shape).



Para el tercer y último paso, nuevamente nos vamos a la caja de herramientas (Spatial Analyst Tools – Zonal – Zona Statistics as Table) y con el uso del "mapa de pendientes Interpolado" y el "mapa de pendientes original", se genera una "tabla de resultados" al abrir la tabla de resultado se ubica en el campo denominado "MEAN" cuyo parámetro nos indica la "pendiente media".



Para el caso de la microcuenca Bernal donde se ubica el proyecto nos arrojó una pendiente media de 24.00, que será el parámetro que utilizaremos para estimar los distintos indicadores relacionados a la microcuenca.

Longitud y Grado de pendiente (LS).- Para calcular **LS (factor de grado y longitud de la pendiente)** empleo la formula descrita en los ***TERMINOS DE REFERENCIA. Recuperación de Áreas degradadas por Disturbios y/o Perturbaciones Antropogénicas. CONAFOR – PRODERNOS, 2010*** la cual se describe a continuación:

$$LS = (\lambda)^{.05} * (0.0138 + 0.00965\,(S) + 0.00138(S)^2$$

Dónde.

LS = Factor de grado y longitud de la pendiente.

λ = Longitud de la pendiente

S = Pendiente media del terreno.

m = Parámetro cuyo valor es 0.5

Con los parámetros obtenidos para la microcuenca se obtuvo el factor LS, mismo que equivale a 13.995, resultado del desglose la formula antes mencionada.

$$LS = (\lambda)^{.05} * (0.0138 + 0.00965\,(S) + 0.00138(S)^2$$
$$LS = (14003)^{.05} * (0.0138 + 0.00965\,(S) + 0.00138(S)^2$$
$$LS = (118.334) * (0.0138 + 0.00965\,)(24.00) + 0.00138(24)^2$$
$$\boldsymbol{LS = 123.10}$$

Estimación de la Erosión Potencial. - Considerando el valor de R, al igual que los valores de K y LS determinados previamente, la erosión potencial para cada una de la microcuenca, sustituyendo estos valores en la ecuación antes descrita, se obtiene el siguiente resultado.

$$Ep = R\,K\,LS$$
$$Ep = (1{,}273.57) * (0.01275) * (123.10)$$
$$Ep = 1{,}998.909\ t/ha/año$$

Estimación de la Erosión Actual.- Para estimar la erosión actual fue necesario determinar la protección del suelo que le ofrece la cubierta vegetal y la resistencia que oponen las prácticas mecánicas para reducir la erosión de tal forma que si a la ecuación le incluimos los factores C y P entonces se puede estimar la erosión actual.

Factor de protección de la vegetación (C).- El factor de protección (C) se estima dividiendo las pérdidas de suelo de un lote con un cultivo de interés y las pérdidas de suelo de un lote desnudo. Los valores de C son menores que la unidad y en promedio indican que a medida que aumenta la cobertura del suelo el valor de C se reduce y puede alcanzar valores similares a 0. Por ejemplo, cuando existe una selva con una cobertura vegetal alta. Los valores de (C) que se reportan para diferentes partes del mundo y para México se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 134. Valores de C que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo.

Cultivo	Nivel de Productividad		
	Alto	**Moderado**	**Bajo**
Maíz	0.54	0.62	0.80
Maíz labranza cero	0.05	0.01	0.15
Maíz rastrojo	0.10	0.15	0.20
Algodón	0.30	0.42	0.49
Pastizal	0.004	0.01	0.10
Alfalfa	0.020	0.050	0.10
Trébol	0.025	0.050	0.10
Sorgo grano	0.43	0.55	0.70
Sorgo grano restrojo	0.11	0.18	0.25
Soya	0.48		
Soya después de maíz rastrojo	0.18		
Trigo	0.15	0.38	0.53
Trigo rastrojo	0.10	0.18	0.25
Bosque natural	0.001	0.01	0.10
Sabana en buenas condiciones	0.01	0.54	
Sabana sobrepastoreada	0.10	0.221	
Maíz – Sorgo, Mijo	0.4 a 0.9		
Arroz	0.1 a 0.2		
Algodón, tabaco	0.5 a 0.7		
Cacahuate	0.4 a 0.8		
Palma, cacao, café	0.1 a 0.3		
Piña	0.1 a 03		

El **parámetro de vegetación C**, representa la capacidad de la vegetación para impedir el arrastre de sedimentos; es decir, si el suelo permanece desnudo durante la época de lluvias, su capacidad de permitir el arrastre de material es más alta que si tuviese algún tipo de cobertura, de tal forma que su determinación requiere de un análisis temporal, donde se conjugue la presencia de lluvia (factor R), con la desnudez del suelo. Dentro de la EUPS el parámetro C representa un factor de reducción de erosión, por lo que carece de unidades.

La combinación se determina, primeramente, por el intervalo de tiempo en el cual se presentan las lluvias más erosivas (Figueroa et al, 1992), lo que requiere del análisis de lluvias con el consiguiente espacio temporal de presencia. Una vez ubicado este período, se analizan los tipos de cultivo, etapa fenológica y duración de éste para determinar por intervalos de tiempo, en qué momento se presenta de forma simultánea una pobre cobertura y altos valores de lluvia.

Adicionalmente estos intervalos de tiempo se cruzan con cada etapa fenológica del cultivo, asignándose un valor de C por cada intervalo de tiempo, hasta cubrir el total del lapso de evaluación (habitualmente anual). Cabe mencionar que esta asignación se hace por parcela o áreas con cultivos iguales (zonas homogéneas).

Resumiendo, la cobertura vegetal, es en esencia uno de los factores importantes para evitar la pérdida de suelo en un terreno. El **Factor C** se da generalmente en términos de su valor promedio anual para una combinación dada de vegetación presente, sistemas de cultivo, manejo y lluvia.

Tomando en cuenta lo anterior, y con el objetivo de determinar el valor de C, se consideraron los valores de (C) que se reportan para diferentes partes del mundo y para México que se presentan en la siguiente Tabla 17, con dichos valores se hizo una homologación tomando en cuenta el mapa de vegetación y uso actual del suelo de la microcuenca en la cual existen cuatro condiciones de uso de suelo con diferentes niveles de productividad, asignando un valor de C para cada condición y posteriormente se hizo una ponderación, dando como resultado un Valor de C para la microcuenca de 0.0181 se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 135. Ponderación del valor de C para el sistema ambiental.

TIPO DE VEGETACION Y USO ACTUAL DEL SUELO	NIVEL DE PRODUCTIVIDAD	FACTOR DE "C"
Pastizal inducido	Alto	0.004
Agricultura de temporal y riego	Alto	0.54
Matorral crasicaule	Alto	0.001
Zona urbana	-	-
	Ponderación	**0.181**

Al uso de suelo urbano se le asignó la calificación 0.00 dado que este uso de suelo no está considerado en la Tabla de valores C y de acuerdo con la USLE/RUSLE, las superficies totalmente impermeables no generan pérdida de suelo, por lo que su valor de C es prácticamente cero.

La fórmula para estimar la erosión hídrica actual únicamente toma en cuenta el factor C que sugiere la protección de la vegetación que le brinda al suelo para este caso se estimó de 0.0181.

$$\boldsymbol{Ea = R\,K\,LS\,C}$$

$$Ea = (1{,}273.568) * (0.01275) * (123.100) * (0.018)$$

$$Ea = 35.980\ ton/ha/año$$

En base a los resultados obtenidos se tiene que la microcuenca presenta una erosión actual de 35.980 ton/ha/año, considerando que la tasa permisible es de 10 ton/ha/año, se concluye que la perdida de sedimentos por efectos de la erosión, la zona se encuentra en proceso de degradación. Asumiendo que la superficie total del sistema ambiental es de 4,470.61 hectáreas, se tiene una **erosión hídrica actual total** de 160,852.55 toneladas de sedimentos.

EROSIÓN EÓLICA EN EL SISTEMA AMBIENTAL.

La erosión eólica se estimó con el uso de la metodología utilizada en el documento Ordenamiento Ecológico Regional Cuenca del Valle de México, el cual se basa en los parámetros utilizados por el Manual de Ordenamiento Ecológico. SEDUE. 1988.

Para el cálculo de la capa de erosión laminar eólica expresada en toneladas por hectárea por año (Ee) se aplicó la siguiente formula.

$$\boldsymbol{Ee = (IAVIE) * (CATEX) * (CAUSO)}$$

Donde.

Ee = Erosión eólica.

IAVIE = Índice de agresividad del viento.

CATEX = Calificación de textura y fase.

CAUSO = Calificación por uso de suelo.

Para determinar IAVIE, se empleó la siguiente ecuación.

$$IAVIE = 160.8252 - 0.7660\ (PECRE)$$

$$IAVIE = 160.8252 - 0.7660\ (71.32)$$

$$IAVIE = 160.8252 - 52.46$$

$$\boldsymbol{IAVIE = 115.845}$$

Asumiendo que para el sistema ambiental se tiene una precipitación media anual ponderada de 406.9 mm. Fuente: Estación Climatológica Tolimán. El valor del PECRE es el siguiente:

Dónde:

PECRE. Es el periodo de crecimiento que se define como el número de días por año con disponibilidad de agua y temperatura favorables para el desarrollo de un cultivo, se obtiene a través de la siguiente ecuación.

$$PECRE = 0.2408 * (PREC) - 0.0000372 * (PREC)^2 - 33.1019.$$

$$PECRE = 0.2408 * (406.9) - 0.0000372 * (406.9)^2 - 33.1019$$

$$PECRE = 90.85384 - 5.295617 - 33.1019$$

$$\boldsymbol{PECRE = 58.721}$$

Para determinar CATEX (Calificación de textura y fase), se empleó la siguiente tabla para suelos no calcáreos.

Tabla 136. Calificación de textura y fase para CATEX.

CATEX	TEXTURA Y FASE DE SUELOS NO CALCAREOS	
3.50	1	
1.25	2	
1.85	3	
1.75	2	Y fase gravosa o pedregosa
0.62	2	Y fase gravosa o pedregosa
0.92	3	Y fase gravosa o pedregosa

Considerando que el SA presenta cuatro unidades de suelo los cuales su textura esta entre 2 y 3 de tipo arcillosa - arenosa, al CATEX se le asignó el valor de 0.92.

Posteriormente para determinar CAUSOE (Calificación por uso de suelo) se empleó la siguiente Tabla.

Tabla 137. Calificación por uso de suelo para CAUSOE.

USO DE SUELO	CAUSOE
Agricultura de temporal. Chinanpa. Nopalera	0.70
Predio baldío Sitio de extracción. Zona sin vegetación aparente.	0.50
Matorral. Vegetación secundaria arbustiva y hierbas. Pastizal. Barranca.	0.30
Pastizal de alta montaña. Zona mixta de pastizal y bosque de oyamel. Zona mixta de pastizal y bosque de pino.	0.25
Bosque de encino perturbado. Bosque de oyamel perturbado. Bosque de pino perturbado. Bosque inducido. Bosque mixto de encino-pino (incluye pino-encino) perturbado. Bosque mixto pino-oyamel (incluye oyamel-pino) perturbado.	0.21
Agricultura de riego. Bosque de encino. Bosque de oyamel. Bosque de pino. Bosque mixto de encino-pino (incluye pino-encino). Bosque mixto pino-oyamel (incluye oyamel-pino).	0.20
Zona mixta de matorral con pinar.	0.16
Humedal. Zona inundable.	0.05
Asentamiento humano.	0.00

Cuerpo de agua. Infraestructura. Vialidad. Zona de crecimiento urbana. Zona urbana.	

De la clasificación de uso de suelo que se presenta en la Tabla anterior, las condiciones que más se asemejan a la superficie de cambio de uso de suelo son las de matorral, vegetación secundaria, pastizal y arbustiva y herbácea, por lo tanto el valor de CAUSOE es igual a 0.30.

Desarrollando la fórmula de erosión eólica se obtienen el siguiente resultado.

$$Era = (IAVIE)(CATEX)(CAUSO)$$
$$Eea = (115.845) * (0.92) * (0.30)$$
$$Eea = 31.973\ t/ha/año.$$

Con el desarrollo de la metodología antes descrita tenemos una erosión eólica actual de 31.973 ton/ha/año, suponiendo que el factor (0.30) es la protección de las condiciones de vegetación que le brinda al suelo, sustituyendo este factor por (0.70) que representan un suelo totalmente desnudo, se obtiene que la erosión eólica potencial es de 74.604 ton/ha/año, tal cual lo demuestra el siguiente calculo.

$$Eep = (IAVIE)(CATEX)(CAUSO)$$
$$Eep = (115.845) * (0.92) * (0.70)$$
$$Eep = 74.604\ t/ha/año.$$

Asumiendo que la superficie total del cuenca hidrológico - forestal es de 4,470.61 hectáreas, se tiene una **erosión eólica actual total** de 142,938.814 toneladas de sedimentos.

Susceptibilidad del suelo a la erosión en la superficie del proyecto.

Con el empleo de la misma metodología con que se estimaron las variables de susceptibilidad a la erosión para el área del SA, fue posible estimar los mismos parámetros para la superficie del **proyecto**, por lo que para no obviar todo el proceso solamente citaremos los resultados obtenidos

Factor R. Erosividad de la lluvia.

Este factor se estimó a partir de la regionalización de precipitación anual (P) hecha por Cortés (1991), quien determinó un mapa de isoerosividad con 14 regiones; así, la superficie de CUSAF se ubica en la región V para el cálculo del factor R:

De acuerdo con este procedimiento se elaboraron modelos de regresión donde a partir de datos de precipitación anual (P) se puede estimar el valor de R de la EUPS de acuerdo a la siguiente formula.

$$\boldsymbol{R = 3.4880P - 0.00088P^2}$$

Dónde:

R = Erosividad de la lluvia (MJ mm / ha h).

P = Precipitación media anual (mm).

Para el desarrollo de la formula se empleó la información de precipitación media anual de la Estación Climatológica Tolimán, operada por la CONAGUA la cual reporta una precipitación media anual es de 406.9 mm, para la superficie de cambio de uso de suelo.

$$\boldsymbol{R} = 3.4880 * (406.9) - 0.00088 * (406.9)2$$

$$\boldsymbol{R = 1,273.57}$$

Factor K. Erosionabilidad del suelo.

La susceptibilidad de los suelos a erosionarse depende del tamaño de las partículas del suelo, del contenido de materia orgánica, de la estructura del suelo en especial del tamaño de los agregados y de la permeabilidad.

Para su estimación se utilizan fórmulas complicadas; para condiciones de campo se recomienda el uso de la siguiente tabla, para que, con datos de la textura de los suelos y contenido de materia orgánica, se estime el valor de erosionabilidad (K).

Tabla 138. Determinación del Facto K para la S-CUSAF (Morgan 1985).

UNIDADES	TEXTURA	MATERIA ORGANICA	TEXTURA	FACTO K
Rendzina	Arcillo arenoso	Moderada a pobre	2	0.013
			Factor K	0.013

Pendiente media (S).- Este factor considera la longitud y el grado de pendiente. La pendiente media del terreno se obtiene dividiendo la diferencia de elevación del punto más alto del terreno al más bajo entre la longitud del mismo. Esto es:

$$S = \frac{Hf - Hi}{L} \text{ x } 100$$

Dónde:

S = Pendiente media del terreno (%).

Hf = Altura más alta del terreno (m).

Hi = Altura más baja del terreno (m)

L = Longitud del terreno (m).

S = (1820 – 1880) = 60 / 980 * 100

S = 6.12%

Considerando la altura sobre el nivel del mar de la parte más alta (1880 msnm) del área contra la elevación en la parte baja (1820 msnm), nos permitió obtener para la superficie propuesta la longitud de la pendiente (980 m), misma que es plasmada en la memoria de cálculo que se presenta más adelante. En este sentido la pendiente media es de 6.12%.

Longitud y Grado de pendiente (LS).- Este factor considera la longitud y el grado de pendiente, para calcular dicho factor, se empleó la formula con la cual se estimó el factor para el sistema ambiental, misma que se describe a continuación:

$$\boldsymbol{LS = (\lambda)^{m} * (0.0138 + 0.00965(S) + 0.00138(S)^{2}}$$

Dónde.

LS = Factor de grado y longitud de la pendiente.

λ = Longitud de la pendiente

S = Pendiente media del terreno.

m = Parámetro cuyo valor es 0.5

Con los parámetros obtenidos para el área propuesta a CUSAF se obtuvo el factor LS, mismo que equivale a 3.899 resultado del desglose la formula antes mencionada.

$$LS = (\lambda)^{.05} * (0.0138 + 0.00965\,(S) + 0.00138(S)^2$$

$$LS = (980)^{.05} * (0.0138 + 0.00965\,(6.12) + 0.00138(6.12)^2$$

$$LS = 3.899$$

Estimación de la tasa de erosión hídrica potencial.

Considerando el valor de R, al igual que los valores de K y LS determinados previamente, la erosión potencial para el área propuesta a CUSAF, sustituyendo estos valores en la ecuación antes descrita, se obtiene el siguiente resultado.

$$\boldsymbol{Ep = R\,K\,LS}$$

$$Ep = (1{,}273.57) * (0.013) * (3.899)$$

$$Ep = \boldsymbol{64.551\ ton/ha/año}$$

Estimación de la tasa de erosión hídrica actual.

Para estimar la erosión actual fue necesario determinar la protección del suelo que le ofrece la cubierta vegetal y la resistencia que oponen las prácticas mecánicas para reducir la erosión de tal forma que si a la ecuación le incluimos los factores C y P entonces se puede estimar la erosión actual.

Factor de protección de la vegetación C.-

A fin de determinar el valor de C se utilizó el mapa de vegetación y uso actual del suelo de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en el cual existen una sola condición determinada por el tipo de vegetación presente, en este caso vegetación secundaria de matorral crasicaule (bosque natural), con un nivel de productividad moderada, tal como se pudo observar en los recorridos de campo durante el muestreo florístico, por lo anterior cuyas condiciones se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 139. Ponderación del valor de C para la superficie a cambio de uso de suelo.

TIPO DE VEGETACION Y USO ACTUAL DEL SUELO	NIVEL DE PRODUCTIVIDA	FACTOR DE "C"
Bosque natural	Moderado	0.01

La fórmula para estimar la erosión hídrica actual únicamente toma en cuenta el factor C que sugiere la protección de la vegetación que le brinda al suelo para este caso se estimó de 0.01. Sustituyendo dichos valores tenemos una erosión hídrica actual 19.89 ton/ha/año.

$$\boldsymbol{Ea = R\,K\,LS}$$

$$Ea = (1{,}273.75) * (0.013) * (3.899) * (0.10)$$

$$Ea = \mathbf{6.455}\ ton/ha/año$$

En base a los resultados obtenidos se tiene para la superficie propuesta para cambio de uso de suelo una erosión hídrica actual, sin proyecto de 6.455 ton/ha/año, considerando una superficie total solicitada para cambio de uso de suelo de áreas forestales de 19.71 hectáreas, se estima una pérdida total actual de 1 ton/ha/año.

Estimación de la tasa erosión hídrica Con Proyecto (Con la eliminación de la vegetación).
Tomando en cuenta que el proyecto implica la remoción de la vegetación forestal, al hacer el análisis de cada uno de los factores que interviene para la estimación de la tasa de erosión, se concluye que el factor que se modifica es el Factor C (cobertura de la vegetación). Ahora bien, una vez eliminada la vegetación forestal se asume una condición de maíz labranza cero con una productividad baja.

El valor del Factor C para maíz en labranza convencional (0.1097) y en labranza cero (0.0610) fue comparado en un estudio que figura como fuente principal de una tesis de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA) de Colombia. El autor del estudio citado en la tesis es **Montes**, con la referencia al año **2002**.

Contexto del estudio

- **Investigadores adicionales**: Otras investigaciones de **Becerra (1997)** y **Reinal (1997)** también son mencionadas en la misma fuente como referencias para valores del Factor C.

- **Referencia posterior**: Un trabajo de tesis realizado por **Torreros (2016)** también se basa en estos datos para el análisis del Factor C.

- **Metodología**: El estudio de Montes comparó directamente el impacto de la labranza convencional versus la labranza cero en la erosión del suelo, analizando cómo la cobertura del rastrojo reduce la exposición del suelo y, por ende, el Factor C.

De acuerdo este estudio, en labranza convencional; el Factor C para maíz fue de 0.1097. En este sistema, al arar el suelo, se deja la superficie expuesta a la erosión hídrica y eólica, lo que equivaldría al cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Tabla 140. Modificación del Factor C.

TIPO DE VEGETACION Y USO ACTUAL DEL SUELO	NIVEL DE PRODUCTIVIDA	FACTOR DE "C"
Maíz labranza cero	Baja	0.1097

Sustituyendo dichos valores obtenemos el siguiente resultado

$$\boldsymbol{Ea = R\,K\,LS\,C}$$

$$Ea = (1{,}273.75) * (0.013) * (3.899) * (0.1097)$$

$$Ea = \mathbf{7.081}\ ton/ha/año$$

Por lo que resultaría una pérdida de suelo de **7.081 ton/ha/año**. Si tomamos en cuenta que la superficie solicitada de cambio de uso de suelo es de 19.71 hectáreas, se estima una pérdida de suelo por erosión hídrica de **139.572 ton/ha/año.**

ESTIMACIÓN DE LA TASA DE EROSIÓN EÓLICA EN LA S-CUSAF.

La erosión eólica se estimó con el uso de la metodología utilizada en el documento Ordenamiento Ecológico Regional Cuenca del Valle de México, el cual se basa en los parámetros utilizados por el Manual de Ordenamiento Ecológico. SEDUE. 1988.

Para el cálculo de la capa de erosión laminar eólica expresada en toneladas por hectárea por año (Ee) se aplicó la siguiente formula.

$$\boldsymbol{Ee = (IAVIE) * (CATEX) * (CAUSO)}$$

Donde.

Ee = Erosión eólica.

IAVIE = Índice de agresividad del viento.

CATEX = Calificación de textura y fase.

CAUSO = Calificación por uso de suelo.

Para determinar IAVIE, se empleó la siguiente ecuación.

$$\boldsymbol{IAVIE = 160.8252 - 0.7660\ (PECRE)}$$

$$IAVIE = 160.8252 - 0.7660\ (52.46)$$

$$IAVIE = 160.8252 - 40.1844$$

$$\boldsymbol{IAVIE = 115.845}$$

Dónde:

PECRE. Es el periodo de crecimiento que se define como el número de días por año con disponibilidad de agua y temperatura favorables para el desarrollo de un cultivo, se obtiene a través de la siguiente ecuación.

$$\boldsymbol{PECRE = 0.2408 * (PREC) - 0.0000372 * (PREC)^2 - 33.1019.}$$

$$PECRE = 0.2408 * (406.9) - 0.0000372 * (406.9) - 33.1019$$

$$PECRE = 97.981 - 6.159 - 33.1019$$

$$\boldsymbol{PECRE = 58.720}$$

Asumiendo que para el área de cambio de uso de suelo se tiene una precipitación media anual de 406.9 mm. El valor del PECRE es el siguiente:

Para determinar CATEX (Calificación de textura y fase), se empleó la siguiente tabla para suelos no calcáreos.

Tabla 141. Calificación de textura y fase para CATEX.

CATEX	TEXTURA Y FASE DE SUELOS NO CALCAREOS	
3.50	1	
1.25	2	
1.85	3	
1.75	2	Y fase gravosa o pedregosa
0.62	2	Y fase gravosa o pedregosa
0.92	3	Y fase gravosa o pedregosa

Considerando el tipo de suelo *(Rendzina)* en el área a CUSAF presenta una clase textural de tipo 2 arcillosa – arenosa, al CATEX se le asignó el valor de 0.62.

Posteriormente para determinar CAUSOE (Calificación por uso de suelo) se empleó la siguiente Tabla.

Tabla 142. Calificación por uso de suelo para COUSOE.

USO DE SUELO	**CAUSOE**
Agricultura de temporal. Chinampa. Nopalera	0.70
Predio baldío Sitio de extracción. Zona sin vegetación aparente.	0.50
Matorral. Vegetación secundaria arbustiva y hierbas. Pastizal. Barranca.	0.30
Pastizal de alta montaña. Zona mixta de pastizal y bosque de oyamel. Zona mixta de pastizal y bosque de pino.	0.25
Bosque de encino perturbado. Bosque de oyamel perturbado. Bosque de pino perturbado. Bosque inducido. Bosque mixto de encino-pino (incluye pino-encino) perturbado. Bosque mixto pino-oyamel (incluye oyamel-pino) perturbado.	0.21
Agricultura de riego. Bosque de encino. Bosque de oyamel. Bosque de pino. Bosque mixto de encino-pino (incluye pino-encino). Bosque mixto pino-oyamel (incluye oyamel-pino).	0.20
Zona mixta de matorral con pinar.	0.16
Humedal. Zona inundable.	0.05
Asentamiento humano. Cuerpo de agua. Infraestructura.	0.00

USO DE SUELO	CAUSOE
Vialidad. Zona de crecimiento urbana. Zona urbana.	

Estimación de la tasa de erosión eólica actual.

De la clasificación de uso de suelo que se presenta en la Tabla anterior, las condiciones que más se asemejan a la superficie de cambio de uso de suelo son las de matorral, vegetación secundaria, pastizal, arbustiva y herbácea, por lo tanto, el valor de CAUSOE es igual a 0.30.

Desarrollando la fórmula de erosión eólica se obtienen el siguiente resultado.

$$\boldsymbol{Eea} = (\boldsymbol{IAVIE}) * (\boldsymbol{CATEX}) * (\boldsymbol{CAUSO})$$

$$Eea = (IAVIE)(CATEX)(CAUSO)$$

$$Eea = (115.845) * (0.62) * (0.30)$$

$$\boldsymbol{Eea = 21.55\ t/ha/año.}$$

Estimación de la tasa de erosión eólica potencial.

Con el objetivo de estimar la erosión eólica potencial, se buscó en la Tabla de calificación por uso de suelo para COUSOE, una condición que asemejara un suelo totalmente desnudo para entonces utilizar dicho factor en la estimación de dicho paramento, por lo que dichas condiciones fueron; Predio baldío, Sitio de extracción y Zona sin vegetación aparente, con un factor de 0.50, por lo que sustituyendo dichos valores obtuvimos el siguiente resultado.

$$\boldsymbol{Eep} = (\boldsymbol{IAVIE})(\boldsymbol{CATEX})(\boldsymbol{CAUSO})$$

$$Eep = (115.845) * (0.62) * (\mathbf{0.50})$$

$$\boldsymbol{Eep = 35.912\ t/ha/año}.$$

Estimación de la tasa de erosión eólica con proyecto

Para estimar la tasa de erosión eólica con proyecto, se tomó en cuenta que la condición que prevalecerá será un suelo totalmente desnudo, equivalente al cambio de uso de suelo en áreas forestales, por lo tanto se empleó el mismo factor de 0.50 que corresponde a un Predio baldío, Sitio de extracción y Zona sin vegetación aparente, por lo que la estimación de erosión eólica con proyecto es igual a la estimación de erosión eólica potencial, es decir, de 35.912 ton/ha/año, por

lo que multiplicada por la superficie a CUSAF de 19.71 hectáreas nos da como resultado una pérdida de sedimentos de 707.826 ton/ha/año.

Tabla 143. Resultados de erosión total en el área a CUSAF.

Tipo de erosión	Súp. CUSAF Has.	Erosión potencial (ton/ha/año)	Erosión Actual Sin Proyecto		Erosión Total Con Proyecto	
			Ton/ha/año	Total	Ton/ha/año	Total
Hídrica	19.71	64.551	6.455	127.231	7.081	139.572
Eólica	19.71	35.912	21.547	424.696	35.912	707.826
Total	**19.71**	**100.463**	**28.002**	**551.927**	**42.993**	**847.398**

De acuerdo a las estimaciones de erosión hídrica y eólica, se pronostica una erosión total de **847.398 toneladas de sedimentos,** tomando en cuenta que el cambio de uso de suelo se va ejecutar en un periodo de 16 años, resulta una estimación de sedimentos de **13,558.368 toneladas**, con proyecto de no aplicarse las medidas de prevención.

Para evitar que se genere la tasa de erosión del suelo antes estimada, se está proponiendo la construcción de barreras de piedra acomodada en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Con el empleo de la formula siguiente fue posible estimar el volumen en metros lineales de barrera de piedra necesaria para retener los sedimento estimados que generaría el proyecto.

$$V = (b*h/2)h$$

Donde
V = Volumen en metros lineales de barrera.
b = Base
h = Altura

Tomando en cuenta la pendiente media de la S-CUSAF que resulto de **6.12%** y la estimación de erosión hídrica y eólica con proyecto de **847.398 toneladas** y considerando que con esta pendiente media se tendría una capacidad de retención de **0.74 toneladas** por metro lineal, por lo tanto, se requieren en total **1,047.69 metros lineales** de barrera de piedra acomodada, tal como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 144. Estimación del volumen de obras de conservación en la S-CUSAF.

Tipos de erosión	Súp. CUSAF (has.)	Capacidad por ml (ton.)	Sedimentos totales (ton.)	Volumen de obra (ml)
Hídrica y eólica	19.71	0.74	847.398	1,047.69

Se prevé que con la construcción de los **1,047.69 metros lineales de piedra acomodada,** se tenga la capacidad de retener las **847.398 toneladas de sedimentos** estimadas que se perderían con las actividades de cambio de uso de suelo, tal como se demuestra en la siguiente tabla.

Tabla 145. Estimación de volumen retenido con las obras de conservación en la S-CUSAF.

Tipos de erosión	Súp. CUSAF (has.)	Capacidad (ton./ml)	Sedimentos totales (ton.)	Volumen de obra estimado (ml)	Volumen estimado retenido (ton.)	Déficit
Hídrica y eólica	19.71	0.74	847.398	1,047.69	847.398	0.00

Sin embargo, de llevarse a cabo el cambio de uso de suelo, sin la aplicación de medidas preventivas, en este caso la construcción de barreras de piedra acomodada en curvas de nivel, se perderían en total **847.398 ton/ha/año**.

Estado de conservación del suelo

Causas de degradación del suelo

Con base en información consultada en la página digital de la CONABIO, en el SA, existe un área cuya causa de degradación de los suelos es por sobrexplotación de la vegetación para uso doméstico, disminuyendo drásticamente la cobertura vegetal y por consecuencia la protección que esta brinda a los suelos.



Imagen 46. Causas de degradación de los suelos en el SA.

Tipo de degradación del suelo

A consecuencia de lo anterior y tomando en cuenta la misma fuente consultada, se ha generado una degradación del suelo de tipo erosión eólica con perdida superficial del mismo por la acción del viento.



Imagen 47. Tipo de degradación de los suelos en el SA

Grado de erosión del suelo

Además de la erosión eólica presente en algunas zonas, también es evidente la presencia de erosión hídrica en extensiones importantes del SA confirmándose a través de la fuente consultada y en los propios recorridos de campo. De acuerdo a la CONABIO, la erosión presente en el SA, es de forma laminar y se presente en aquellas áreas donde existe erosión de tipo hídrica y eólica.

En consecuencia a lo anterior tenemos en el SA hay un grado de erosión que va de leve a moderada, en los polígonos donde existe la presencia de erosión hídrica y eólica.



Imagen 48. Grado de erosión de los suelos en el SA.

Por la ubicación de los polígonos donde se ha identificado algún grado de degradación de los suelos, estos se ubican principalmente en donde se practican algunas actividades antropogénicas como agricultura, actividades extractivas (bancos de materiales pétreos) pastoreo extensivo o en las inmediaciones de asentamientos humanos. Pudiéndose concluir que el grado de conservación de los suelos es muy bajo por las razones antes expuestas.

Ubicación del predio con respecto a la población más próxima

La ubicación del proyecto, se encuentra entre los 1800 y los 1900 msnm, y el predio se ubica asilado de asentamientos humanos o zonas urbanas.

Actividades y usos que actualmente tiene el predio

En la superficie del proyecto, actualmente se practica la ganadería, sin embargo, ante la baja rentabilidad y en congruencia con el uso de suelo aprobado por el H. Ayuntamiento de Tolimán, se ha decidido destinar esta área a actividades extractivas.

d) Geohidrología e hidrología superficial y subterránea

- ***Hidrología superficial***

El agua dulce es solo una pequeña parte (al 2%, aproximadamente) de la totalidad del agua del planeta (CECADESU, 2002). De ella, la gran mayoría se encuentra en forma sólida, fundamentalmente en los casquetes helados de Antártica y Groenlandia, y en mucha menos proporción en los hielos alrededor del Polo Norte, los témpanos en los océanos, los glaciares y las nieves perpetuas.

El agua dulce líquida, que es solo una mínima porción del total del agua en el planeta, se recambia en forma muy dinámica desde y hacia los lagos, ríos y depósitos artificiales, y lentamente, hacia depósitos subterráneos o acuíferos.

Toda ella, el agua superficial y subterránea, es de origen meteórico; esto es, proviene del agua evaporada, sobre todo océanos, por efecto de la energía solar, hacia la atmosfera, y de su precipitación en las zonas continentales e insulares del planeta, con una distribución muy desigual en el espacio y el tiempo, sobre las diversas regiones.

El agua comienza a tener importancia como recurso en el momento en el que entra en contacto con la superficie de la tierra. En este momento comienza un complejo proceso de movimiento del líquido, que los lleva en parte a evaporarse de nuevo hacia las atmosfera, a moverse a través de la superficie del planeta, a ser aprovechado por los seres vivos o a penetrar hacia zonas más o menos profundas de la corteza terrestre. Considerando lo anterior, el SA y el área de CUSAF hidrográficamente se clasifica de la siguiente manera.

Tabla 146. Clasificación hidrográfica del predio y el sistema ambiental.

REGION HIDROLOGICA	CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	MUNICIPIO
RH 26 Rio Panuco	D Rio Moctezuma	Victoria - Moctezuma	62 Bernal	Tolimán

Las principales corrientes intermitentes que tiene influencia en el sistema ambiental y la superficie del proyecto aunque no tienen ningún tipo de afectación son el arroyo Bernal que colinda con el área de influencia directa del lado Este y el arroyo Barrosal que se ubica del lado Oeste, para ambas corrientes intermitentes le fueron validadas sus zonas federales a fin de evitar afectaciones con el proyecto que nos ocupa, esta arroyos son afluentes del Rio Tolimán, el cual cruza 24.05 km en la parte de oeste atravesando la cabecera municipal. Según CONAGUA 2015a, este río adopta un rumbo hacia el noreste, siendo afluente del Río Extórax y Moctezuma, los que pertenecen a la Cuenca Hidrológica 26 del Río Pánuco. Después de la cabecera municipal se convierte a Rio San Pedro en dirección a San Pablo Tolimán recorre la distancia de 6.24 km para finalmente internarse en el Río Xichú con una distancia de 5.26 km el cual se localiza al norte en el límite con Peñamiller.

Sus afluentes son diversos arroyos clasificados como intermitentes que se distribuyen alrededor del municipio y que se conectan con el Río Tolimán tales como La Pitahaya, El Durazno, La Cueva, La Hartona, Encinos en la parte norte. En el centro La Palma, Pegajosa, La Joya, Jorge alrededor de la cabecera municipal y los ríos de El Cremadero, Los Salitres, Arroyo Hondo y La Muraya en el sur del área municipal.



Imagen 49. Clasificación hidrológica del SA.

Con base a la información generada con el apoyo de la Carta hidrológica, Escala 1:50 000 del INEGI, el sistema ambiental, cuenta con seis bordos cuyo uso principal es para abrevadero, destinados únicamente para uso ganadero, los bordos tiene en promedio una profundidad de 2.0 metros, teniendo una capacidad de almacenamiento de 52,080 M3 de agua, de estos cuerpos de agua no se tienen datos de su calidad, en cuento a fuentes de perturbación básicamente hay dos factores el primero de ellos es la constante presencia de personas por el desarrollo urbano y las actividad extractivas de materiales pétreos, para la producción de cal y agregados para la construcción.

Tabla 147. Numero de bordos intermitentes en el sistema ambiental.

No.	SUP. M2	CAPACIDAD M3 (2.0 M. PROF)	PERIMETRO	USO ACTUAL
1	6223.00	12,446.00	315.18	Abrevadero
2	4628.00	9,256.00	307.77	Abrevadero

No.	SUP. M2	CAPACIDAD M3 (2.0 M. PROF)	PERIMETRO	USO ACTUAL
3	5020.50	10,041.00	279.88	Abrevadero
4	4073.50	8,147.00	384.19	Abrevadero
5	5754.50	11,509.00	523.48	Abrevadero
6	340.72	681.44	92.40	Abrevadero
TOTAL		**52,080.44**		

En cuanto a la red hidrológica superficial esta se compone de 130.57 kilómetros lineales, todas ellas corrientes intermitentes, de estas la corriente principal de sistema ambiental es el denominado Arroyo Bernal, en la cual bifurcan los Arroyos Barrosal, Chiquitillo, La Palma, La Rosa, Las Tetillas y El Nacional siendo estos arroyos intermitentes los únicos que cuentan con nombre, es importante mencionar que el Arroyo Bernal es el que descarga toda su afluencia al Tolimán posteriormente al Rio Extórax, para de ahí desembocar al Rio Moctezuma y finalmente al Rio Panuco.

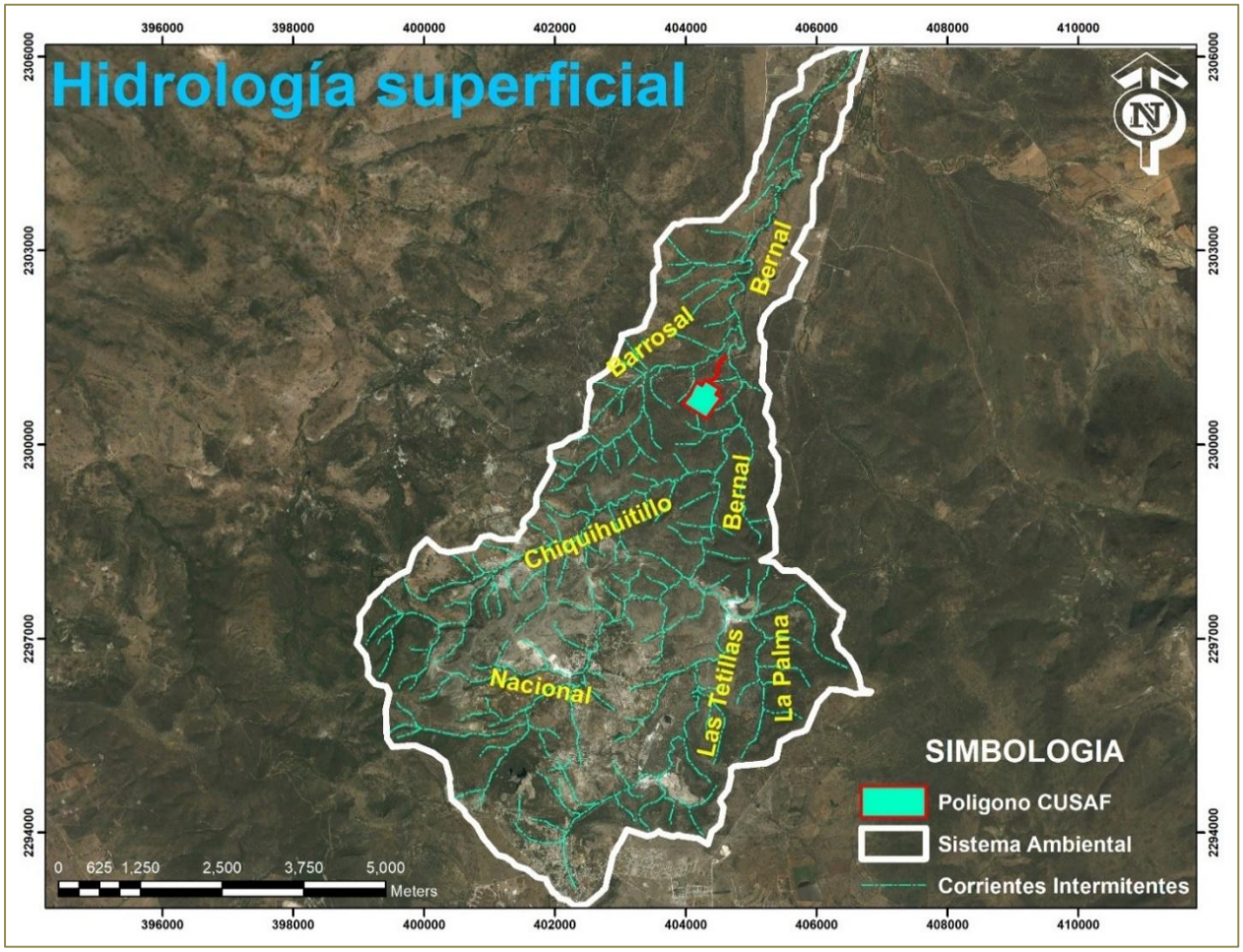


Imagen 50. Mapa de hidrología superficial del SA.

Con el objetivo de precisar las condiciones físico-hidrológicas de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, es menester enunciar las conclusiones derivadas de la validación del Estudio Hidrológico emitido mediante Oficio No. B00.921.04.-01747 de fecha 1 (primero) de octubre de 2020 ***(Anexo V.4.4)***, principalmente en lo que tiene que ver con la presencia de corrientes existentes en el contexto del polígono propuesto, las cuales versan de la siguiente manera.

…

En las conclusiones del estudio se menciona que el polígono del predio considera una franja de 20 m de ancho en todo el perímetro del predio, así como un área de rescate que conservará la condición actual. Y que los arroyos Bernal y Barrosal circundan el predio, pero no colinda con él ni se aproximan a la superficie del banco de material debido a la franja de protección que considera el proyecto, recomendando evitar la invasión de dichos arroyos y conservar los taludes estables con el drenaje superficial suficiente para evitar deslaves y azolves en las corrientes.

…

Debido a que el predio presenta linderos cercanos con los arroyos Bernal y Barrosal, ambos aportadores de la cuenca del río Tolimán que cuenta con declaratoria de propiedad nacional publicada en el Diario Oficial de la Federación de fecha 19 de agosto de 1919, es necesario que se delimiten sus zonas federales. Por ello deberán presentar en esta Dependencia el proyecto de delimitación de estos arroyos utilizando los gastos asociados al periodo de retorno de 10 años, mismos que deberán elaborar con las siguientes consideraciones.

Tabla 148. *Gastos para la delimitación de los arroyos federales.*

Nombre del arroyo	**Gasto m3/s**
Arroyo Bernal	14.88
Arroyo Barrosal	0.65

…

En base a ambas conclusiones se demuestra que el proyecto motivo de la presente solicitud de cambio de uso de suelo en áreas forestales no afecta arroyos de propiedad nacional o federales competencia de la Comisión Nacional del Agua, por el contrario señala y solicita la delimitación

de los Arroyos Bernal y Barrosal que de acuerdo a la declaratoria antes mencionada son de propiedad nacional, por estar cercanos al predio.

Ahora bien, es menester precisar que la delimitación de los arroyos Bernal y Barrosal ***(Anexo V.4.5)***, no se recomienda su delimitación con fines de aprovechamiento o afectaciones, sino por estar cercanos al polígono de cambio de uso de suelo y con fines de información de los mismos, para uso exclusivo de la Comisión Nacional del Agua, ya que ha quedado de manifiesto que el proyecto no afectara arroyos o cuerpos de agua de injerencia federal, tal cual se puede demostrar en la delimitación geográfica UTM que se muestra a continuación.

Tabla 149. Delimitación geográfica de la zona federal del margen derecho del arroyo Barrosal.

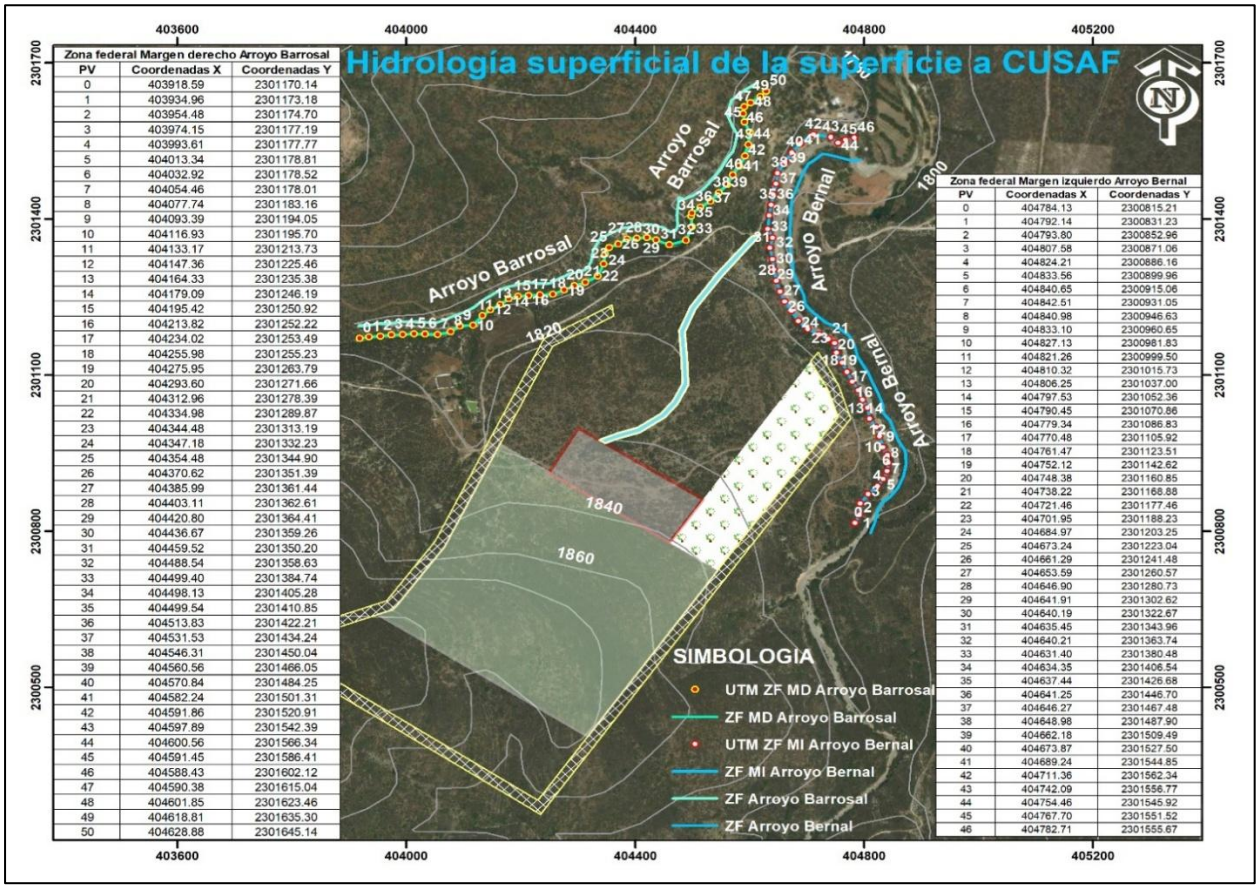
Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
0	403919	2301170
1	403935	2301173
2	403954	2301175
3	403974	2301177
4	403994	2301178
5	404013	2301179
6	404033	2301179
7	404054	2301178
8	404078	2301183
9	404093	2301194
10	404117	2301196
11	404133	2301214
12	404147	2301225
13	404164	2301235
14	404179	2301246
15	404195	2301251
16	404214	2301252
17	404234	2301253
18	404256	2301255
19	404276	2301264
20	404294	2301272

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
21	404313	2301278
22	404335	2301290
23	404344	2301313
24	404347	2301332
25	404354	2301345
26	404371	2301351
27	404386	2301361
28	404403	2301363
29	404421	2301364
30	404437	2301359
31	404460	2301350
32	404489	2301359
33	404499	2301385
34	404498	2301405
35	404500	2301411
36	404514	2301422
37	404532	2301434
38	404546	2301450
39	404561	2301466
40	404571	2301484
41	404582	2301501
42	404592	2301521
43	404598	2301542
44	404601	2301566
45	404591	2301586
46	404588	2301602
47	404590	2301615
48	404602	2301623
49	404619	2301635
50	404629	2301645

Tabla 150. Delimitación geográfica de la zona Federal del margen izquierdo del arroyo Bernal.

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
0	404784	2300815
1	404792	2300831
2	404794	2300853
3	404808	2300871
4	404824	2300886
5	404834	2300900
6	404841	2300915
7	404843	2300931
8	404841	2300947
9	404833	2300961
10	404827	2300982
11	404821	2300999
12	404810	2301016
13	404806	2301037
14	404798	2301052
15	404790	2301071
16	404779	2301087
17	404770	2301106
18	404761	2301124
19	404752	2301143
20	404748	2301161
21	404738	2301169
22	404721	2301177
23	404702	2301188
24	404685	2301203
25	404673	2301223
26	404661	2301241
27	404654	2301261
28	404647	2301281
29	404642	2301303

Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
30	404640	2301323
31	404635	2301344
32	404640	2301364
33	404631	2301380
34	404634	2301407
35	404637	2301427
36	404641	2301447
37	404646	2301467
38	404649	2301488
39	404662	2301509
40	404674	2301528
41	404689	2301545
42	404711	2301562
43	404742	2301557
44	404754	2301546
45	404768	2301552
46	404783	2301556



Zona federal Margen derecho Arroyo Barrosal

PV	Coordenadas X	Coordenadas Y
0	403918.59	2301170.14
1	403934.96	2301173.18
2	403954.48	2301174.70
3	403974.15	2301177.19
4	403993.61	2301177.77
5	404013.34	2301178.81
6	404032.92	2301178.52
7	404054.46	2301178.01
8	404077.74	2301183.16
9	404093.39	2301194.05
10	404116.93	2301195.70
11	404133.17	2301213.73
12	404147.36	2301225.46
13	404164.33	2301235.38
14	404179.09	2301246.19
15	404195.42	2301250.92
16	404213.82	2301252.22
17	404234.02	2301253.49
18	404255.98	2301255.23
19	404275.95	2301263.79
20	404293.60	2301271.66
21	404312.96	2301278.39
22	404334.98	2301289.87
23	404344.48	2301313.19
24	404347.18	2301332.23
25	404354.48	2301344.90
26	404370.62	2301351.39
27	404385.99	2301361.44
28	404403.11	2301362.61
29	404420.80	2301364.41
30	404436.67	2301359.26
31	404459.52	2301350.20
32	404488.54	2301358.63
33	404499.40	2301384.74
34	404498.13	2301405.28
35	404499.54	2301410.85
36	404513.83	2301422.21
37	404531.53	2301434.24
38	404546.31	2301450.04
39	404560.56	2301466.05
40	404570.84	2301484.25
41	404582.24	2301501.31
42	404591.86	2301520.91
43	404597.89	2301542.39
44	404600.56	2301566.34
45	404591.45	2301586.41
46	404588.43	2301602.12
47	404590.38	2301615.04
48	404601.85	2301623.46
49	404618.81	2301635.30
50	404628.88	2301645.14

Zona federal Margen izquierdo Arroyo Bernal

PV	Coordenadas X	Coordenadas Y
0	404784.13	2300815.21
1	404792.14	2300831.23
2	404793.80	2300852.96
3	404807.58	2300871.06
4	404824.21	2300886.16
5	404833.56	2300899.96
6	404840.65	2300915.06
7	404842.51	2300931.05
8	404840.98	2300946.63
9	404833.10	2300960.65
10	404827.13	2300981.83
11	404821.26	2300999.50
12	404810.32	2301015.73
13	404806.25	2301037.00
14	404797.53	2301052.36
15	404790.45	2301070.86
16	404779.34	2301086.83
17	404770.48	2301105.92
18	404761.47	2301123.51
19	404752.12	2301142.62
20	404748.38	2301160.85
21	404738.22	2301168.88
22	404721.46	2301177.46
23	404701.95	2301188.23
24	404684.97	2301203.25
25	404673.24	2301223.04
26	404661.29	2301241.48
27	404653.59	2301260.57
28	404646.90	2301280.73
29	404641.91	2301302.62
30	404640.19	2301322.67
31	404635.45	2301343.96
32	404640.21	2301363.74
33	404631.40	2301380.48
34	404634.35	2301406.54
35	404637.44	2301426.68
36	404641.25	2301446.70
37	404646.27	2301467.48
38	404648.98	2301487.90
39	404662.18	2301509.49
40	404673.87	2301527.50
41	404689.24	2301544.85
42	404711.36	2301562.34
43	404742.09	2301556.77
44	404754.46	2301545.92
45	404767.70	2301551.52
46	404782.71	2301555.67

Imagen 51. Hidrología superficial en la S-CUSAF

En este sentido es importante precisar, que la distancia mínima entre el polígono propuesto a cambio de uso de suelo y el Arroyo Barrosal es de aproximadamente 70 metros, mientras que la distancia máxima entre ambos puntos es de 122 metros, es decir, aun con la delimitación del cauce de 15 metros a partir del hombro en ambos sentidos, no se afectaría este cauce en particular, máxime que se está proponiendo el circulado perimetral previo al inicio de las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

En relación al Arroyo Bernal, si bien existen distancias más estrechas estas oscilas entre los 17 m y 70 metros del polígono del proyecto, es decir, que aun con la delimitación del cauce aún existe una franja de conservación que servirá de protección del mismo cauce, lo cual sumado al circulado perimetral, tanto de la superficie del cambio de uso de suelo y el área de rescate y conservación, con estas medidas se estaría garantizado evitar daños al cauce.

Por lo que para conocer los procesos de precipitación, escurrimiento, infiltración y recarga del **SA**. El método que se aplicó para la determinación del balance hídrico fue adoptado de la Norma

Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece las especificaciones y el criterio para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Su ventaja estriba en la sencillez de los datos que requiere, lo que facilita su aplicación.

Precipitación en el SA

Esta variable fue obtenida a través de la normal climatológica reportada por la Estación Climatológica Tolimán, reportando una precipitación media anual de 406.9 mm, por lo que dentro del área de la microcuenca de 4,470.61 hectáreas, se estima una precipitación total de 18'190,912.09 m³.

Resultado obtenido de la siguiente manera.

$$Precipitación\ en\ M^3 = (406.9/1{,}000) * (4{,}470.61 * 10{,}000)$$

$$Precipitación = (0.407) * (44'706{,}100)$$

$$Precipitación\ total = \mathbf{18'190{,}912.09}\ m^3$$

Infiltración (Inf) en el SA

Mediante el uso del balance hídrico de la zona, la infiltración, se determinó por la diferencia de la precipitación, menos la Intercepción, Evapotranspiración y el escurrimiento superficial, quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Inf = P - (Int + Ev + E)}$$

Donde.

P: Precipitación (m³/año).

Int: Intercepción (m³/año), por el dosel de la vegetación arbórea.

Ev: Evapotranspiración (m³/año), Evapotranspiración + Transpiración.

E: Escurrimientos superficial (m³/año).

Inf: Infiltración (m³/año), por el dosel de la vegetación arbórea

Intercepción de agua (Int) en el SA

La intercepción hace referencia a la cantidad de agua que es retenida y conservada en la vegetación, la hojarasca que esta sobre el suelo y que luego se evapora (Jiménez, 2009). La intercepción de la precipitación dentro del sistema ambiental se estimó mediante el coeficiente de intercepción correspondiente a los tipos de vegetación y uso de suelo que hay dentro de la misma.

Coeficiente de intercepción para Pastizal.

Aunque no hay un valor único, los estudios en ambientes semiáridos (que a menudo incluyen pastizales) reportan rangos amplios de intercepción. Por ejemplo, en vegetación de matorral semiárido, se han registrado valores de intercepción que van desde 2.5% hasta 56% de la lluvia total, lo que ilustra la gran variabilidad que también se puede esperar en los pastizales.

Coeficiente de intercepción para áreas agrícolas.

No existe un factor de intercepción fijo y universal para las zonas agrícolas, ya que este valor es muy variable y depende de múltiples factores. La intercepción se refiere a la cantidad de agua de lluvia que es retenida por el follaje y los residuos de los cultivos, y que luego se evapora sin llegar al suelo.

Los valores para las áreas agrícolas se determinan mediante estudios hidrológicos específicos y pueden fluctuar significativamente. Por ejemplo, en un estudio sobre el balance hídrico de la cuenca del río Chapingo en México, se observó que la intercepción en las zonas agrícolas variaba entre el 20% y el 23% de la precipitación total.

Rango de valores en cultivos específicos

Aunque los valores específicos varían, algunos estudios han proporcionado rangos de intercepción para cultivos comunes:

- **Maíz (Zea mays L.):** Entre el 12% y el 45% de la lluvia total.
- **Soya (Glycine max L.):** Entre el 12% y el 45% de la lluvia total.
- **Trigo de invierno (Triticum aestivum L.):** Hasta un 33% de la lluvia total.

Coeficiente de intercepción para zonas urbanas.

No existe un coeficiente de intercepción fijo y universal para las zonas urbanas, ya que la capacidad de retener la lluvia depende de la compleja mezcla de superficies que caracteriza a las ciudades. A diferencia de las áreas agrícolas o naturales, la intercepción urbana está determinada por varios componentes, cada uno con su propia capacidad de retención.

Componentes que influyen en la intercepción en zonas urbanas.

Vegetación urbana: Los árboles, arbustos y jardines son los principales elementos interceptores en las ciudades. Su capacidad de intercepción varía según la especie, la densidad del follaje y la época del año.

- **Bosques urbanos:** Algunos estudios han reportado tasas de intercepción en bosques urbanos que pueden llegar a superar las de bosques naturales, oscilando entre el 50% y el 76.5% para ciertas especies en eventos de lluvia específicos.
- **Árboles individuales:** La intercepción por árboles aislados puede variar entre el 15% y el 28% de la lluvia total, dependiendo de la especie y las condiciones.

Coeficiente de intercepción para matorral crasicaule.

El coeficiente de intercepción para matorral crasicaule se tomó del propuesto por Pritchett, 1991, para selvas, bosque y pastizales de 0.05.

Tabla 151. Factor de intercepción para matorrales.

USO DE SUELO Y/O CUBIERTA VEGETACIÓN (SA).	FACTOR DE "C"
Pastizal inducido	0.025
Agricultura de temporal y riego	0.12
Matorral crasicaule	0.05
Zona urbana	0.15

Para conocer el volumen de agua que se intercepta dentro del sistema ambiental, fue necesario conocer el agua que se precipita dentro de cada cubierta vegetal y el agua que es captada según el porcentaje, además los datos ya conocidos del sistema ambiental.

La intercepción de la superficie del sistema ambiental se consideró en base a las diferentes cubiertas presentes, la vegetación, la densidad y el coeficiente de intercepción, es decir, la cantidad de agua que cada rodal puede captar en su cobertura vegetal, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 152. Intercepción de la vegetación en el sistema ambiental.

CUBIERTA	SUP. HAS.	PRECIPITACION (M^3)	COBERTURA DE LA VEGETACION (%)	CAPTACION POR LA COBERTURA (M^3)	COEFICIENTE DE INTERCEPCION	INTERCEPCION M^3
Pastizal inducido	137.22	558,348.18	50	418,761.14	0.025	10,469.03
Agricultura del temporal y riego	928.6	3,778,473.40	50	2,833,855.05	0.12	340,062.61

CUBIERTA	SUP. HAS.	PRECIPITACION (M^3)	COBERTURA DE LA VEGETACION (%)	CAPTACION POR LA COBERTURA (M^3)	COEFICIENTE DE INTERCEPCION	INTERCEPCION M^3
Matorral crasicaule	3,403.01	13,846,847.69	75	10,385,135.77	0.05	519,256.79
Zona Urbana	1.79	7,283.51	25	5,462.63	0.15	819.39
Total	**4,470.62**	**18,190,952.78**		**13,643,214.59**		**870,607.82**

Con base a lo anterior, la intercepción total dentro de la microcuenca es de 870,607.82 m³, que representa el 4.79% del total de agua captada.

Evapotranspiración en el SA

De acuerdo a NOM-011-CONAGUA-2000, la Evapotranspiración es la cantidad de agua que retorna a la atmósfera en una determinada zona por evaporación del agua superficial y del suelo, y por transpiración de la vegetación.

Dado que los datos para la obtención de la evapotranspiración son escasos y las mediciones para encontrar el valor de las pérdidas de agua son difíciles y presentan altos costos para llevarse a cabo, se consideró el desarrollo de la fórmula propuesta por Turc, modificada por Cruz-Falcon, 2007, siendo esta la siguiente:

$$\boldsymbol{ET_{real} = \frac{P}{[.09 + (PII_T)^2]^{\frac{1}{2}}}}$$

Dónde:

ET_{real} = Evapotranspiración anual (mm)

P = Precipitación anual (mm)

$I_T = 300 + 25\ T + 0.05\ T^3$

T = temperatura media anual (°C)

Para determinar la evapotranspiración fue necesario conocer la temperatura media anual (ºC), para ello se consideró las temperaturas medias anuales de la estación climatológica Tolimán, resultando una temperatura media anual para la microcuenca de 27.6 ºC, la cual fue empleada para el desarrollo de dicha metodología.

Como resultado de dicha metodología se obtuvieron los siguientes resultados.

$$\boldsymbol{IT = 300 + 25\,T + 0.05\,T^3}$$

Donde.

T = Temperatura media anual ºC

Sustituyendo la formula antes mencionada:

$IT = (300 + 25 * (27.6) + 0.05 * POTENCIA(27.6,3))$

$IT = 2{,}041.23$

Dónde:

ET_{real} = Evapotranspiración anual (mm)

P = Precipitación anual (mm)

I_T = 300 + 25 T + 0.05 T²

T = Temperatura media del aire (°C)

Sustituyendo la formula se tiene:

$$\boldsymbol{ET_{real} = \frac{P}{[.09 + (PII_T)^2]^{\frac{1}{2}}}}$$

$ETreal = 406.9/(RAIZ(0.9 + (POTENCIA(406.9,2)/POTENCIA(2{,}041.23,2))))$

$ETreal = 420\ mm\ para\ la\ microcuenca\ por\ año.$

Tenemos, pues, una evapotranspiración real para el sistema ambiental de 420 mm por año.

Tabla 153. Evapotranspiración en el sistema ambiental

EVAPOTRANPIRACION ANUAL REAL (MM)	SUP. HAS	EVAPOTRANSPIRACION TOTAL ANUAL (M^3)
420	4,470.61	18,776,562.00

De acuerdo a las estimaciones realizadas la evapotranspiración es de 18,190,912.09 m^3, el coeficiente de evapotranspiración partiendo que se tiene una precipitación de 18,776,562.00 m^3 el coeficiente es del 96.88%.

Escurrimiento medio (E)

De esta manera para calcular el escurrimiento medio, fue necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento. La fórmula a utilizada fue la siguiente:

$$\boldsymbol{Vm = C\ Pm\ A}$$

Dónde:

Vm = Volumen medio que puede escurrir (m3)

A = Área de la cuenca (has)

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

Pm = Precipitación media (mm)

Primer Paso. Como se describió al inicio del presente capítulo, sobre las características de la cuenca hidrológico – forestal, la superficie del área de estudio se obtuvo a partir de la delimitación de la delimitación del SA siendo esta de (A = 4,470.61 hectáreas).

Segundo Paso. Para obtener el volumen de precipitación anual promedio (P), se consultó la información climatológica de la estación Tolimán que es la que influye de manera directa hacia la microcuenca, dichos valor de precipitación reportado es de (P = 406.9 mm).

Tercer Paso. Se obtiene el valor del coeficiente de escurrimiento C, tomando en cuenta la siguiente tabla, de acuerdo con los tipos de suelos, uso del suelo y pendiente.

Tabla 154. Valores del Coeficiente de escurrimiento "C". ***Schwab et al, 1981*.**

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Gruesa	Media	Fina
Bosques			
Llano (0-5% de pendiente)	0,10	0,30	0,40
Ondulado (5-10% de pendiente)	0,25	0,35	0,50
Montañoso (10-30% de pendiente)	0,30	0,50	0,60
Pastizales			
Llano (0-5% de pendiente)	0,10	0,30	0,40
Ondulado (5-10% de pendiente)	0,16	0,36	0,55
Montañoso (10-30% de pendiente)	0,22	0,42	0,60
Tierras cultivadas			
Llano (0-5% de pendiente)	0,30	0,50	0,60

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Gruesa	**Media**	**Fina**
Ondulado (5-10% de pendiente)	0,40	0,60	0,70
Montañoso (10-30% de pendiente)	0,52	0,72	0,82
Zonas urbanas	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llano (0-5% de pendiente)	0,40	0,55	0,65
Ondulado (5-10% de pendiente)	0,50	0,65	0,80

Para determinar el valor del coeficiente C, se empleó el mapa de vegetación y uso actual del suelo y las características de los tipos de suelo principalmente en lo que tiene que ver con la textura de los mismos, bajo estos criterios se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 155. Determinación del Valor de C para el sistema ambiental.

TIPO DE VEGETACION	TOPOGRAFIA	TIPO DE SUELO	TEXTURA	VALOR DE "K"
Pastizales	Ondulado (5-10% de pendiente)	Litosol	Arcillo arenoso	0.36
Zonas urbanas	Ondulado (5-10% de pendiente)	Rendzina	Arcillo arenoso	0.36
Matorral crasicaule (bosques).	Ondulado (5-10% de pendiente)	Feozem háplico	Arcilloso	0.36
Zonas urbanas	Ondulado (5-10% de pendiente)	Vertisol pélico	Arcilloso	0.36
			Valor C Ponderado	**0.36**

En base al procedimiento anterior, tenemos un valor de C ponderado para las características de vegetación, uso actual y tipos de suelo para la microcuenca de 0.36.

Desarrollando la formula correspondiente tenemos como resultado el siguiente.

$$\boldsymbol{Vm} = (\boldsymbol{C}) * (\boldsymbol{Pm}) * (\boldsymbol{A})$$

$$Vm = (.36) * (406.9) * (4470.61) * (10) *$$

$$Vm = 6'548{,}728.35\ m^3 año$$

Con el desarrollo de la formula correspondiente, tenemos un escurrimiento medio anual de 6'548,728.35 m³.

Cálculo de la Infiltración (Inf).

Con base en las estimaciones anteriores utilizando la ecuación de la Infiltración, se obtienen los siguientes resultados.

$$\boldsymbol{Inf} = \boldsymbol{P} - (\boldsymbol{Int} + \boldsymbol{Ev} + \boldsymbol{E})$$

$$Inf = 18'190{,}912.09 - (870{,}607.82 + 420 + 6'548{,}728.35$$

$$Inf = \boldsymbol{10'771{,}156.17\ m^3}$$

De acuerdo al resultado anterior, la infiltración total dentro del SA es de **10'771,156.17** m³/año, en las **4,470.61** hectáreas, lo que representa un 59.21% de lo que capta dicha superficie.

Captación de agua de lluvia actual en la S-CUSAF.

La infiltración, es el movimiento del agua a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares (Orosco, 2006)[1]. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie, y posteriormente superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos.

No es fácil medir la filtración al igual que la recarga subterránea, por lo que generalmente los valores de estos componentes del balance hídrico, se determinan por la diferencia de la precipitación, menos la intercepción, evapotranspiración y el escurrimiento superficial.

Orosco (2006)[2] realizó un balance hidrológico y valoración económica de la producción de agua en la microcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, utilizando la siguiente ecuación para determinar el balance hídrico:

1Orosco, P. L.M. 2006.Balance hídrico y valoración económica de la producción de agua en la microcuenca del Río Zahuapan, Tlaxco, Tlax. Tesis de maestría. División de Ciencias Forestales. UACH. 174 pp.

2 Orosco, P. L.M. 2006.Balance hídrico y valoración económica de la producción de agua en la microcuenca del Río Zahuapan, Tlaxco, Tlax. Tesis de maestría. División de Ciencias Forestales. UACH. 174 pp.

$$\boldsymbol{BH = P - (Int + Ev + E + Inf + Rs)}$$

Donde:

BH= Balance hídrico

P= Precipitación (mm año^{-1})

Int = Intercepción por el dosel y el suelo forestal (mm),

Ev = Evapotranspiración (mm año^{-1})

E = Escurrimiento superficial (m^3 ha^{-1})

Inf = Infiltración (mm h^{-1} ó día))

Rs = Recarga subterránea (mm h^{-1}, mm día^{-1} ó cm h^{-1}, cm día^{-1})

La ecuación anterior también fue descrita por Martínez de Azagra (1996)[3] en el modelo MODIPE

Precipitación.

El cálculo de precipitaciones medias para un área física cualquiera, pasa por el hecho de contar con una red mínima de estaciones pluviométricas. A partir, entonces, de estos requerimientos, es posible realizar un cálculo estimativo acerca del nivel medio de precipitaciones pluviales caídas sobre un área determinada.

Para el presente estudio, los requerimientos necesarios fueron tomados de la estación meteorológica 22017 Tolimán, que resulta ser la de mayor influencia en la microcuenca y la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Con los datos de precipitación registrados en la estación meteorológica y considerando la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, tenemos una precipitación total de 80,199.00 m^3, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 156 Agua precipitada actual en S- CUSAF.

Polígono	Área (m^2)	Estación SMN	Nombre SMN	Precipitación (mm)	Agua total precipitada (m^3)
CUSAF	197,100.00	22,017	Tolimán	406.9	80,199.99

3 Martínez de Azagra, A. Y Mongil, J.; 2006. Diseño de repoblaciones forestales en zonas áridas: tamaño del microembalse y relación entre el área de impluvio y el área de recepción. Investigaciones Geográficas 40: 201- 226.

Intercepción de la precipitación.

Para la obtención del valor se multiplica la precipitación total en el predio por la cobertura y el coeficiente de intercepción y todo se divide entre 10,000 para obtener el resultado en m^3 de agua interceptada en la superficie total del predio (Orosco, 2006).

$$\boldsymbol{Agua\ interceptada} = \frac{\boldsymbol{Agua\ total\ precipitada}\ (\boldsymbol{Cobertura}\ \%)\ (\boldsymbol{Coeficiente\ de\ intercepci\acute{o}n}\ \%)}{\mathbf{10000}}$$

La cobertura vegetal se determinó mediante la clasificación de imágenes satelitales, que resulto del 25%, mientras que el coeficiente de intercepción se tomó del propuesto por Pritchett, 1991, para selvas, bosque y pastizales de 0.05 siendo su equivalente para matorral crasicaule, como se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 157. Coeficiente de intercepción por tipo de vegetación

Tipo de vegetación	Coeficiente de intercepción	Referencia
Matorral crasicaule	5.00	Pritchett (1991)

Los resultados obtenidos se ilustran en la siguiente tabla:

Tabla 158. Intercepción de agua actual la S - CUSAF.

VEGETACIÓN	SUP. (m^2)	PRECIPITACION (M^3)	COBERTURA DE LA VEGETACION (%)	CAPTACION POR LA COBERTURA (M^3)	COEFICIENTE DE INTERCEPCION	INTERCEPCION M^3
Matorral crasicaule	197,100.00	80,199.99	25	20,049.9975	0.05	1,002.499875
Total	**197,100.00**	**80,199.99**	**25**	**20,049.9975**	**0.05**	**1,002.499875**

Infiltración.

La infiltración se estimó aplicando el principio del método de Green – Ampt y la Ley de Darcy, la cual sólo funciona para medios porosos no saturados, por lo que se limita a esta condición de suelo, cuyo método comprende los siguientes pasos.

I. Estimación del gradiente hidráulico del suelo.

A partir del Modelo Digital de Elevaciones obtenido del INEGI se obtuvo el gradiente hidráulico a partir de la siguiente:

$$\mathbf{i} = \frac{\boldsymbol{Hf - Hi}}{\boldsymbol{L}} = \boldsymbol{Pendiente}\ (\%)/\mathbf{100} = \boldsymbol{Adimensional}$$

Donde:

Hf= Cota más alta del terreno

Hi= Cota más baja del terreno

L= longitud del recorrido en metros

I= Gradiente hidráulico

La superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, se ubica entre las cotas **1820 y 1880 msnm**, con una longitud del terreno desde la parte más alta hacia las más baja de **980 metros lineales**, con estos parámetros fue posible estimar gradiente hidráulico que resulto de **0.06122,** como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 159. Cálculo del gradiente hidráulico en las áreas de CUSAF.

Polígono	Cota más alta (msnm)	Cota más baja (msnm)	Longitud del terreno (m)	Formula gradiente	Gradiente hidráulico
CUSAF	1,880	1,820	980	= (1880 - 1820) / 980	0.06122

II. Obtención de la conductividad hidráulica "K" y porosidad efectiva "e". Considerando las condiciones del área (conservado o degradado) y la textura del suelo, estos datos se obtienen de los parámetros de infiltración de Green-Ampt, conforme la siguiente tabla:

Tabla 160. Parámetros de infiltración de Green-Ampt para varias clases de suelo.

Clase de suelo	Porosidad efectiva "e"			Conductividad hidráulica "K"	
	Mínimo: suelos degradados /descubiertos	Media: Condiciones naturales	Máximo: Suelos conservados	cm/hr	mm/hr
Arena	0.354	0.417	0.480	11.78	117.8
Franco arenoso	0.283	0.412	0.541	1.09	10.9
Franco	0.334	0.434	0.534	0.34	3.4

Franco limoso	0.394	0.486	0.578	0.65	6.5
Franco arcillo-arenoso	0.235	0.330	0.425	0.15	1.5
Franco arcilloso	0.279	0.309	0.501	0.10	1.0
Franco arcillo-limoso	0.347	0.432	0.517	0.10	1.0
Arcilla arenosa	0.207	0.321	0.435	0.06	0.6
Arcilla limosa	0.334	0.423	0.512	0.05	0.5
Arcilla	0.269	0.385	0.501	0.03	0.3

La S – CUSAF, presentan una textura franco arcillo – limoso considerando las condiciones que presenta actualmente los valores de porosidad efectiva y conductividad hidráulica son los siguientes:

Tabla 161**.** Parámetros físicos de acuerdo a la clase de suelo la S - CUSAF.

Polígono	**Textura**	**Conductividad hidráulica (cm/hr)**	**Conductividad hidráulica (mm/hr)**	**Porosidad efectiva "e"**
CUSAF	franco arcillo – limoso	0.432	0.10	1.0

III. Calcular la velocidad de descarga.

Ecuación para la estimación de la velocidad de descarga.

$$V = k \cdot i$$

Donde:

V = Velocidad de descarga

k= coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica (mm/h)

i= Gradiente hidráulico (adimensional)

Tabla 162**.** Velocidad de descarga en la S - CUSF.

Polígono	**Gradiente hidráulico**	**Conductividad hidráulica (mm/hr)**	**Fórmula de velocidad de descarga "V"**	**Velocidad de descarga "V" (mm/hr)**
CUSAF	0.06122	0.432	= 0.06122 x 1.00	0.0612

IV. Calcular la velocidad de infiltración.

Ecuación para la estimación de la velocidad de infiltración.

$$v_i = \frac{1+e}{e} \cdot v$$

Donde:

v= velocidad de descarga en mm/seg.

e= porosidad efectiva.

vi= velocidad de infiltración, en mm/seg.

Tabla 163**.** Velocidad de infiltración en la S - CUSAF.

Polígono	Porosidad efectiva "e"	Velocidad de descarga "V" (mm/hr)	Fórmula de velocidad de infiltración	Velocidad de infiltración "Vi" (mm/hr)
CUSAF	0.432	0.0612	= (1+0.432) / 0.432 x 0.0612	0.2029

V. Calcular el área de espacios porosos.

El área efectiva son los espacios porosos por los cuales fluye el agua, para lo cual tomaremos como base una hectárea (10,000 m2).

Ecuación para la estimación del área de espacios porosos.

$$A_V = {}^{(A * V)}/_{v_i}$$

Donde:

AV = Área de vacíos

A = Área (10,000 m2)

V = Velocidad de descarga (m/hr)

vi = Velocidad de infiltración (m/hr)

Tabla 164**.** Área de vacíos por hectárea en la S - CUSAF.

Polígono	Velocidad de descarga "V" (m/hr)	Velocidad de infiltración "Vi" (m/hr)	Cálculo de Área de espacios porosos	Área de espacios porosos "Av" (m^2)
CUSAF	0.0000612	0.0002029	= (10,000 x 0.0000612) / 0.0002029	3,016.2642

VI. Calcular el área de espacios porosos en hectáreas para la S - CUSAF.

Para determinar el área de vacíos se convierte de metros cuadrados a hectáreas dividiéndolo entre 10,000 y posteriormente se multiplica por la superficie en hectáreas.

Tabla 165**.** Área de vacíos en la S - CUSF.

Polígono	Área de espacios porosos "Av" (m^2)	Área de espacios porosos en 1 ha	Superficie (ha)	Fórmula de área de espacios porosos total	Área total de espacios porosos (has)
CUSAF	3,016.2642	0.30163	19.71	= 0.30163 x 19.71	5.9451

VII. Se obtiene el gasto o volumen infiltrado, en este caso para 1 hectárea.

Ecuación para la estimación del volumen infiltrado.

$$\mathbf{V}\boldsymbol{Q} = \boldsymbol{Av} * \boldsymbol{V}$$

Donde:

AV = Área de vacíos

V = Velocidad de descarga (mm/hr)

Q = Volumen infiltrado (m3/hr/ha)

Tabla 166**.** Volumen infiltrado en el área de vacíos por hectárea en las áreas de CUSF.

Polígono	Velocidad de descarga "V" (m/hr)	Área de espacios porosos "Av" (m^2)	Cálculo del volumen infiltrado "Q"	Volumen infiltrado "Q" (m^3/hr/ha)
CUSAF	0.0000612	3,016.2642	= 0.0000612 x 3,016.2642	0.1846

VIII. Determinar la precipitación efectiva y tiempo efectivo de infiltración.

Como la infiltración en las primeras capas del suelo no puede presentarse todo el año, se definió un periodo de infiltración tomando en cuenta la precipitación efectiva, lo cual es el número días con lluvia al año debido a que la precipitación no se presenta a diario o cuando se presenta no siempre alcanza una intensidad que origine el fenómeno de infiltración.

Se consideró el período de lluvias y un tiempo efectivo de 6 horas ya que no puede presentarse las 24 horas del día, después de cada evento, tomando en cuenta que ésta no inicia en los primeros minutos de la precipitación.

Tabla 167**.** Número de días con precipitación efectiva de las estaciones de influencia

Estación climatológica	Precipitación efectiva (días)	Tiempo efectivo de infiltración (hr)
22017 "Tolimán"	30.7	6.0

IX. Calcular el volumen total infiltrado en el suelo,.

Se multiplica el volumen infiltrado en el área de vacíos por el tiempo efectivo de infiltración, el resultado se multiplica por los días de precipitación efectiva y finalmente multiplica por el área de vacíos por polígono.

Tabla 168**.** Volumen total infiltrado en el suelo en las áreas de CUSF.

Polígono	Volumen infiltrado "Q" (m^3/hr/ha)	Área total de espacios porosos (has)	Tiempo efectivo de infiltración (hr)	Precipitación efectiva (días)	Fórmula de volumen Infiltrado	Volumen Infiltrado anualmente (m3)
CUSAF	0.1846	5.9451	6	30.7	=5.9451x0.1846x6x30.7	202.1466

Evapotranspiración Potencial (ETP).

Este proceso representa la mayor pérdida de agua, por efecto de la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas, aquí se aplicó la fórmula de Thornthwaite (1948), modificada por Llorente (1969) para obtener la Evapotranspiración Potencial en la zona, para posteriormente obtener la Evapotranspiración Real aplicando el Método de Blanney-Criddle.

Primero; se calculó la Evapotranspiración Potencial (ETP), utilizando el método de Thornthwaite, el cual calcula el uso consuntivo mensual de agua, como una función de las temperaturas medias mensuales:

Tabla 169**.** Estimación de la ETP mensual y anual en la S -CUSAF.

Evapotranspiración mensual en milímetros (ETP)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
38.8580	49.0141	66.0958	90.4411	109.8884	109.2439	99.9011	94.8231	83.7281	64.8962	48.8079	37.9110

La tabla anterior muestra que la Evapotranspiración Potencial (ETP) estimada es de **893.6088 mm/año**, volumen mayor a la precipitación registrada. Sin embargo, este dato representa la demanda evaporativa de la atmosfera. Sin embargo, el dato que requerimos es el de la Evapotranspiración Real (ETR), es decir, la que ocurre de acuerdo a las condiciones prevalecientes en cuanto a clima, cobertura, propiedades físicas del suelo y manejo.

Evapotranspiración Real (ETR).

Para el caso de este proyecto, nos interesa conocer la ETR, determinada por el método Blanney-Criddle, que considera el tipo de vegetación o cobertura presente en la zona, puesto que cada especie tiene diferentes tipos de evapotranspiración a causa de diferentes procesos fisiológicos, se requiere que la información se presente de manera más específica.

Para estimar la evapotranspiración durante el ciclo vegetativo completo, se empleó la fórmula:

Ecuación para la estimación de la evaporación durante el ciclo vegetativo.

$$Et = Kg\ F$$

Donde:

Et = Evaporación durante el ciclo vegetativo, mm.

F = Factor de temperatura y luminosidad.

Kg = Coeficiente global de desarrollo.

El coeficiente global de desarrollo Kg varía entre 0.5 y 1.2, los cuales se presentan en el cuadro de coeficientes globales de desarrollo para diversos cultivos.

El factor de temperatura y luminosidad F se calculó de la siguiente manera:

Ecuación para la estimación el número de meses que dura el ciclo vegetativo.

$$F = \sum_{i=12}^{n} f_i$$

Donde:

n = número de meses que dura el ciclo vegetativo.

fi = Pi ((Ti+17.8) / 21.8)

Pi = porcentaje de horas de sol del mes i de acuerdo a la latitud.

Ti= Temperatura media del mes i en °C.

Los porcentajes de horas de sol del mes ***i*** con respecto a la latitud se toma de la siguiente tabla, para el área de estudio se consideraron los valores de latitud 20, haciendo referencia a la ubicación geográfica de la estación geográfica:

Tabla 170**.** Porciento de horas de sol mensual de acuerdo a la latitud.

LATITUD NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
19	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20	7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66
21	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62

Se tomaron los coeficientes globales de desarrollo (Kg) de Ortiz (2006):

Tabla 171**.** Coeficientes globales de desarrollo por uso de suelo.

Uso de suelo	Coeficiente considerado
Pastizales densos	0.75
Erosión	0.05
Bosque	0.90
Suelo desnudo	0.5

Una vez establecidos los coeficientes globales para los diferentes usos de suelo, se calculó el valor de la ETR; para lo cual se consideró un ciclo vegetativo de 12 meses.

Usando los valores de temperatura media mensual y el porcentaje de horas sol mensual, se sustituyen en la fórmula para calcular ***fi***, y obtener el factor ***F*** mensual, que se multiplica por el coeficiente global del cultivo, dando como resultado los valores de ETR mensuales, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 172**.** Estimación de la ETR para uso actual del suelo por el método de Blanney-Criddle.

Temperatura media (°C)											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
15.0	16.5	18.7	21.3	23.0	22.7	21.8	21.6	20.8	18.8	16.7	14.9
Porcentaje de horas de sol del mes i "Pi"											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66

Factor de temperatura y luminosidad "fi"											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
11.6455	11.4071	14.0810	15.2813	17.1248	16.7202	16.8028	16.1938	14.6963	13.7334	11.9959	11.4900
Coeficiente global de desarrollo "Kg"											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Et											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
10.4810	10.2664	12.6729	13.7532	15.4123	15.0482	15.1225	14.5744	13.2267	12.3601	10.7963	10.3410
	ETR (mm)	**154.0547**									

De esta forma el valor de la ETR es de **154.0547 mm/año**, que se pierden por este fenómeno, y que varían de acuerdo al tipo de cobertura presente en el lugar.

De acuerdo con Aparicio (2005) una vez obtenida la ETP y ETR, en la zona de estudio se calcula el coeficiente ponderado de Evapotranspiración con la siguiente fórmula:

Ecuación para la estimación del coeficiente ponderado de evapotranspiración.

$$K = \frac{ETR}{ETP}$$

Donde:

K = Coeficiente ponderado de Evapotranspiración.

ETR = Evapotranspiración Real

ETP = Evapotranspiración Potencial.

Sustituyendo los valores en la fórmula se tiene:

$$K = \frac{\mathbf{154.0547}}{\mathbf{893.6088}} = \mathbf{0.1724}$$

Evapotranspiración en la S - CUSF (m3).

Se obtiene multiplicando el volumen infiltrado (m3) por el coeficiente ponderado de ETR, dando como resultado el siguiente.

Tabla 173**.** Agua evapotranspirada en la S - CUSAF.

Polígono	Agua total precipitada (m^3)	K	Cálculo del agua evapotranspirada	Agua evaporada en el predio en (m3)
CUSAF	80,199.99	0.1724	= 80,199.99 x 0.1724	13,826.1705

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, tenemos que en la S – CUSF se evaporan 13,826.4783 m^3 que representan el 17.24% del agua total precipitada en la superficie del proyecto.

Escurrimiento medio superficial (E).

El escurrimiento superficial se determinó a través del Método de Curvas Numéricas propuesto en 1972 por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y adoptado por la CONAFOR en 2004.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

Determinar la cubierta vegetal (densidad de cobertura en porcentaje), y la cual se clasifica en cinco rangos:

Muy ralo: 0-20%
Ralo: 20-40%
Normal: 40-60%
Denso: 60-80%
Muy denso: >80%

Determinar el tratamiento:

Tratamiento:

- Terracería
- Pavimentado

Indicar a que grupo de suelo pertenece de acuerdo a las propiedades físicas indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 174**.** Grupos de suelos y descripción.

Grupo de suelos	Descripción de las características del suelo
A	Es el que ofrece menor escorrentía. Incluye los suelos que presentan mayor permeabilidad, incluso cuando están saturados. Comprenden los áreas profundos sueltos con predominio de arena o grava y con muy poco limo o arcilla (Arenosos, arenosos-limosos, loes, etc.)
B	Incluye los suelos de moderada permeabilidad cuando están saturados comprendiendo los áreas arenosos menos profundos que los del Grupo A, otros de textura franco-arenosa de mediana profundidad y los francos profundos
C	Es el que ofrece mayor escorrentía. Incluye los suelos que presentan gran permeabilidad cuando están saturados, por presenta r un estrato impermeable que dificulta la infiltración o porque en conjunto, su textura es franco – arcillosa o arcillosa
D	Es el grupo que ofrece mayor escorrentía. Incluye los suelos que presentan gran permeabilidad, tales como los áreas que presentan en la superficie o cerca de la misma una capa de arcilla muy impermeable y aquellos con subsuelo muy impermeable próximo a la superficie

Habiendo identificado las condiciones hidrológicas y el grupo de suelo, se determina el valor de la curva numérica a partir de la siguiente tabla:

Tabla 175**.** Valores de curvas numéricas (CN) para estimar escorrentía (SCS- USDA, 1964)

Caminos	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	Grupos de suelo			
			A	B	C	D
			Valor Curva Numérica			
Bosques	Muy ralo	N/A	56	75	86	91
	Ralo	N/A	46	68	78	84
	Normal	N/A	36	60	71	77
	Denso	N/A	26	52	62	69
	Muy denso	N/A	15	44	54	61
Caminos	Terracería	Regular	72	82	87	89
	Pavimentado	Mala	74	84	90	92

Fuente: CONAFOR (2004), citado por Orosco (2006).

Considerando la cobertura vegetal, así como la condición hidrológica y el tratamiento, tenemos la siguiente valoración de la Curva Numérica:

Tabla 176**.**Valores de curvas numéricas (CN) con la cobertura actual en la S - CUSF.

Polígono	Cobertura vegetal (%)	Textura	Grupo de suelo	Tratamiento	Curva Numérica
CUSAF	0	Franco arcilloso o arcillosa	C	Terracería	87

Obtenido el valor de la curva numérica, se utiliza en la determinación del cálculo de la retención máxima usando la siguiente fórmula.

Ecuación para la estimación de la retención máxima potencial de humedad.

$$\boldsymbol{S = (\frac{25400}{CN}) - 254}$$

Donde:

S = Retención máxima potencial de humedad (mm)

CN = Curva numérica

Sustituyendo, los valores de Curvas Numéricas, tenemos la siguiente retención máxima potencial:

Tabla 177**.** Cálculo de la retención máxima potencial actual en la S - CUSAF.

Polígono	Curva Numérica	Fórmula de la retención máxima potencial "S"	Retención máxima potencial
CUSAF	87	= (25,400 / 87) - 254	37.9540

Determinar el escurrimiento medio que, nos expresa el gasto medio en lámina de escurrimiento que se presenta en el área de interés, para una tormenta en particular (se consideró la máxima precipitación del mes más lluvioso) y se determina con la siguiente ecuación:

Ecuación para la estimación del escurrimiento medio en mm.

$$\boldsymbol{Q = [\frac{(P - 0.2S)2}{P + 0.8S}]}$$

Donde

Q = Escurrimiento medio en mm.

P = Precipitación en mm (para una tormenta en particular).

S = Potencial máximo de retención de humedad en mm.

Para este parámetro se utilizó la precipitación más alta reportada anualmente, que para la estación de influencia 22017 Tolimán fue de 74 mm y posteriormente, se sustituyó este valor en la fórmula anterior:

Tabla 178**.** Cálculo del escurrimiento medio actual en la S - CUSF.

Polígono	Retención máxima potencial	Precipitación para una tormenta P (mm)	Fórmula del Escurrimiento medio	Gasto Q - mm
CUSAF	37.9540	74	= [(74-0.25 (37.9540))^2/74+0.8(37.9540)]	42.2580

La obtención del coeficiente de escurrimiento ***(Ce)*** se origina de dividir el gasto medio escurrido, entre la precipitación del mes más lluvioso.

Tabla 179**.** Determinación de los coeficientes de escurrimiento actual en las áreas de CUSF.

Polígono	Precipitación para una tormenta P (mm)	Gasto Q -mm	Fórmula del coeficiente de escurrimiento	Coeficiente de escurrimiento *Ce*
CUSAF	74.0	42.2580	= 42.2580 / 74.0	0.5711

El escurrimiento se obtiene multiplicando la superficie por la precipitación media anual después la multiplicamos por el coeficiente de escurrimiento, o lo que es equivalente a multiplicar el agua precipitada (m3) por los coeficientes de escurrimiento:

Tabla 180**.** Escurrimiento actual en las áreas de CUSF.

Polígono	Agua total precipitada (m^3)	Coeficiente de escurrimiento (Ce)	Fórmula del escurrimiento	Escurrimiento (m^3)
CUSAF	80,199.99	0.5711	= 80,199.99 x 0.5711	45,798.5331

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, se estima un escurrimiento de 45,798.5331 m^3, que representan el 57.11% del agua precipitada en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Recarga subterránea o del acuífero

Después de la infiltración de agua en el suelo se inicia el movimiento vertical del agua, denominándose percolación, siendo el agua que fluye hacia las partes más profundas del suelo a través de espacios porosos y grietas de los estratos rocosos, quedando depositada en las formaciones geológicas como acuíferos, acuicludos, acuitardos, acuifugos, etc. (Orosco, 2006).

La forma más práctica para estimar la cantidad de agua que se recarga, se hace sustituyendo los valores obtenidos anteriormente en la fórmula del balance hídrico quedando:

Ecuación para la estimación de la recarga subterránea.

$$\boldsymbol{Rs = Pp - (Int + Inf + Etr + Esc)}$$

Donde:

***Pp*:** Precipitación total

***Int*:** Intercepción

***Etr*:** Evaporación

***Esc*:** Escurrimiento

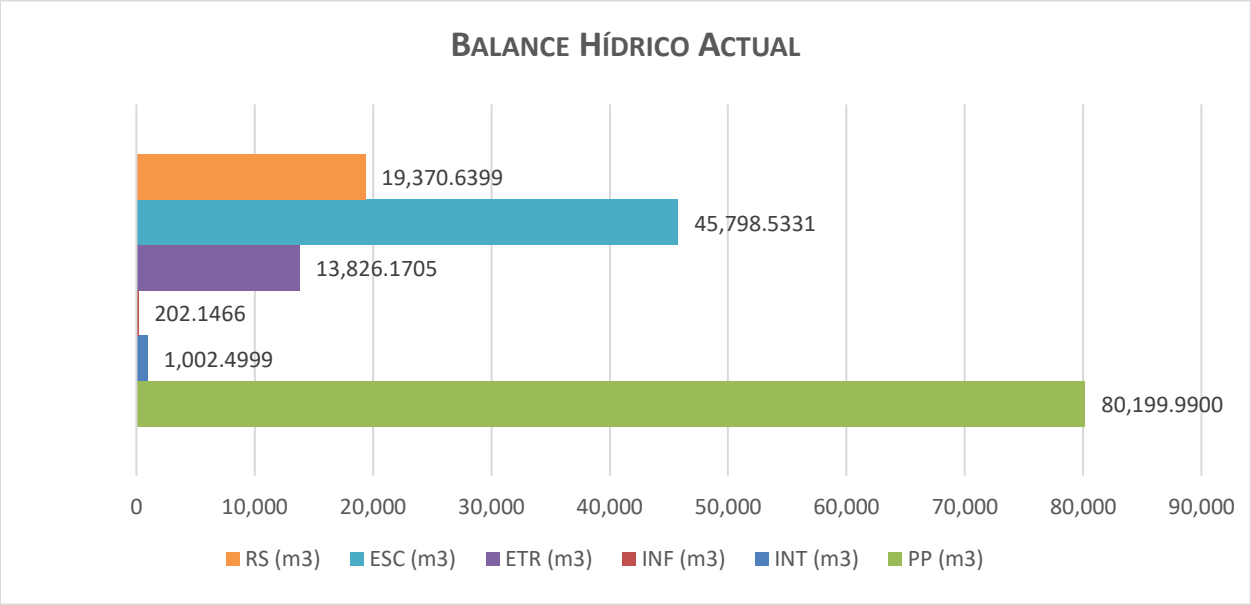
***Inf*:** Infiltración

Tabla 181**.** Balance hídrico actual en la S - CUSAF.

Polígono	PP (m3)	INT (m3)	INF (m3)	ETR (m3)	ESC (m3)	RS (m3)
CUSAF	80,199.9900	1,002.4999	202.1466	13,826.1705	45,798.5331	19,370.6399
Total	**80,199.9900**	**1,002.4999**	**202.1466**	**13,826.1705**	**45,798.5331**	**19,370.6399**
%	**100.00%**	**1.25%**	**0.25%**	**17.24%**	**57.11%**	**24.15%**

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, el balance hídrico observamos que el 57.11% del agua precipitada se escurre lo cual está relacionado con las propiedades físicas del suelo, la intensidad de la lluvia y la cobertura vegetal por lo que se pierden en la escorrentía 45,798.5331 m^3, la recarga subterránea representa el 24.15% del agua precipitada se recarga al acuífero por lo que se recargan anualmente 19,370.6399 m^3, el 17.24% del agua precipitada corresponde a la evaporación del agua y está relacionado directamente con las condiciones climáticas y el estado de la cobertura vegetal dentro de la superficie con vegetación de **Matorral Crasicaule** por lo que anualmente se evapotranspiran 13,826.1705 m^3, posteriormente tenemos la intercepción con un 1.25% que está relacionado con la cobertura de las copas por lo que la vegetación capta

1,002.4999 m^3 y para finalizar tenemos la infiltración en el suelo o el agua que queda disponible para el uso de las plantas que corresponde a tan solo el 0.25% o 202,1466 m^3.



Grafica 43**.** Balance hídrico actual.

Estimación de volumen de captación de agua Con CUSAF.

Con la remoción de la vegetación forestal, en efecto se modifican algunos de los componentes del balance hídrico; principalmente la intercepción. Por lo que siguiendo la misma metodología propuesta para la estimación de la captación de agua actual en S - CUSAF, se presenta el balance hídrico para el área de estudio a continuación:

Precipitación.

El cálculo de precipitaciones medias para un área física cualquiera, pasa por el hecho de contar con una red mínima de estaciones pluviométricas. A partir, entonces, de estos requerimientos, es posible realizar un cálculo estimativo acerca del nivel medio de precipitaciones pluviales caídas sobre un área determinada.

Para el presente estudio, los requerimientos necesarios fueron tomados de la estación meteorológica 22017 Tolimán, que resulta ser la de mayor influencia en la microcuenca y la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Con los datos de precipitación registrados en la estación meteorológica y considerando la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, tenemos una precipitación total de 80,199.00 m^3, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 182**.** Agua precipitada actual en S- CUSAF.

Polígono	Área (m^2)	Estación SMN	Nombre SMN	Precipitación (mm)	Agua total precipitada (m^3)
CUSAF	197,100.00	22,017	Tolimán	406.9	80,199.99

Intercepción de la precipitación.

Para la obtención del valor se multiplica la precipitación total en el predio por la cobertura y el coeficiente de intercepción y todo se divide entre 10,000 para obtener el resultado en m^3 de agua interceptada en la superficie total del predio (Orosco, 2006).

$$\boldsymbol{Agua\ interceptada} = \frac{\boldsymbol{Agua\ total\ precipitada}\ (\boldsymbol{Cobertura}\ \%)\ (\boldsymbol{Coeficiente\ de\ intercepci\acute{o}n}\ \%)}{\boldsymbol{10000}}$$

La cobertura vegetal será igual a ***(CERO 0) con la remoción de la vegetación forestal,*** bajo esta condición el coeficiente de intercepción es de 0.0, considerando que el proyecto contará con un uso de suelo catalogada dentro de **"Asentamientos humanos, cuerpos de agua y áreas sin vegetación aparente"**; los resultados obtenidos se ilustran en la siguiente tabla:

Tabla 183**.** Coeficiente de intercepción por tipo de vegetación

Tipo de vegetación	Coeficiente de intercepción	Referencia
Asentamientos humanos, cuerpos de agua y áreas sin vegetación aparente	0	Dionisio y Ramírez (2008)

Los resultados obtenidos se ilustran en la siguiente tabla:

Tabla 184**.** Intercepción de agua Con CUSAF.

VEGETACIÓN	SUP. (m^2)	PRECIPITACION (M^3)	COBERTURA DE LA VEGETACION (%)	CAPTACION POR LA COBERTURA (M^3)	COEFICIENTE DE INTERCEPCION	INTERCEPCION M^3
Matorral crasicaule	197,100.00	80,199.99	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	**197,100.00**	**80,199.99**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**

Infiltración.

La infiltración se estimó aplicando el principio del método de Green – Ampt y la Ley de Darcy, la cual sólo funciona para medios porosos no saturados, por lo que se limita a esta condición de suelo, cuyo método comprende los siguientes pasos.

I. Estimación del gradiente hidráulico del suelo.

A partir del Modelo Digital de Elevaciones obtenido del INEGI se obtuvo el gradiente hidráulico a partir de la siguiente:

$$\mathbf{i} = \frac{\boldsymbol{Hf - Hi}}{\boldsymbol{L}} = \boldsymbol{Pendiente}\ (\%)/\mathbf{100} = \boldsymbol{Adimensional}$$

Donde:

***Hf*=** Cota más alta del terreno

***Hi*=** Cota más baja del terreno

***L*=** longitud del recorrido en metros

***I*=** Gradiente hidráulico

La superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, se ubica entre las cotas **1820 y 1880 msnm**, con una longitud del terreno desde la parte más alta hacia las más baja de **980 metros lineales**, con estos parámetros fue posible estimar gradiente hidráulico que resulto de **0.06122,** como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 185**.** Cálculo del gradiente hidráulico en las áreas de CUSF.

Polígono	Cota más alta (msnm)	Cota más baja (msnm)	Longitud del terreno (m)	Formula gradiente	Gradiente hidráulico
CUSAF	1,880	1,820	980	= (1880 - 1820) / 980	0.06122

II. Obtención de la conductividad hidráulica "K" y porosidad efectiva "e".

Considerando las condiciones del área (conservado o degradado) y la textura del suelo, estos datos se obtienen de los parámetros de infiltración de Green-Ampt, conforme la siguiente tabla:

Tabla 186**.** Parámetros de infiltración de Green-Ampt para varias clases de suelo.

Clase de suelo	Porosidad efectiva "e"			Conductividad hidráulica "K"	
	Mínimo: suelos degradados /descubiertos	Media: Condiciones naturales	Máximo: Suelos conservados	cm/hr	mm/hr
Arena	0.354	0.417	0.480	11.78	117.8
Franco arenoso	0.283	0.412	0.541	1.09	10.9
Franco	0.334	0.434	0.534	0.34	3.4
Franco limoso	0.394	0.486	0.578	0.65	6.5
Franco arcillo-arenoso	0.235	0.330	0.425	0.15	1.5
Franco arcilloso	0.279	0.309	0.501	0.10	1.0
Franco arcillo-limoso	0.347	0.432	0.517	0.10	1.0
Arcilla arenosa	0.207	0.321	0.435	0.06	0.6
Arcilla limosa	0.334	0.423	0.512	0.05	0.5
Arcilla	0.269	0.385	0.501	0.03	0.3

La S – CUSAF, presentan una textura ***franco arcillo – limoso*** considerando las condiciones que presenta actualmente los valores de porosidad efectiva y conductividad hidráulica son los siguientes:

Tabla 187**.** Parámetros físicos de acuerdo a la clase de suelo la S - CUSAF.

Polígono	Textura	Conductividad hidráulica (cm/hr)	Conductividad hidráulica (mm/hr)	Porosidad efectiva "e"
CUSAF	Franco arcillo – limoso	0.10	1.0	0.347

III. Calcular la velocidad de descarga.

$$V = k \cdot i$$

Donde:

V = Velocidad de descarga

k= coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica (mm/h)

i= Gradiente hidráulico (adimensional)

Tabla 188**.** Velocidad de descarga en la S - CUSF.

Polígono	Gradiente hidráulico	Conductividad hidráulica (mm/hr)	Fórmula de velocidad de descarga "V"	Velocidad de descarga "V" (mm/hr)
CUSAF	0.06122	1.0	= 0.06122 x 1.1	0.0612

IV. Calcular la velocidad de infiltración.

$$v_i = \frac{1+e}{e} \cdot v$$

Donde:

v = velocidad de descarga en mm/seg.

E = porosidad efectiva.

Vi = velocidad de infiltración, en mm/seg.

Tabla 189**.** Velocidad de infiltración en la S - CUSAF.

Polígono	Porosidad efectiva "e"	Velocidad de descarga "V" (mm/hr)	Fórmula de velocidad de infiltración	Velocidad de infiltración "Vi" (mm/hr)
CUSAF	0.347	0.0612	= (1+0.347) / 0.347 x 0. 0612	0.2376

V. Calcular el área de espacios porosos.

El área efectiva son los espacios porosos por los cuales fluye el agua, para lo cual tomaremos como base una hectárea (10,000 m2).

$$A_V = {}^{(A * V)}/_{V_i}$$

Donde:

AV = Área de vacíos

A = Área (10,000 m2)

V = Velocidad de descarga (m/hr)

vi = Velocidad de infiltración (m/hr)

Tabla 190**.** Área de vacíos por hectárea en la S - CUSAF.

Polígono	Velocidad de descarga "V" (m/hr)	Velocidad de infiltración "Vi" (m/hr)	Cálculo de Área de espacios porosos	Área de espacios porosos "Av" (m^2)
CUSAF	0.0000612	0.0002376	= (10,000 x 0.0000612) / 0.0002376	2,575.7576

VI. Calcular el área de espacios porosos en hectáreas para la S - CUSAF.

Para determinar el área de vacíos se convierte de metros cuadrados a hectáreas dividiéndolo entre 10,000 y posteriormente se multiplica por la superficie en hectáreas.

Tabla 191**.** Área de vacíos en la S - CUSAF.

Polígono	Área de espacios porosos "Av" (m^2)	Área de espacios porosos en 1 ha	Superficie (ha)	Fórmula de área de espacios porosos total	Área total de espacios porosos (has)
CUSAF	2,575.7576	0.25758	19.71	= 0.25758 x 19.71	5.0768

VII. Se obtiene el gasto o volumen infiltrado, en este caso para 1 hectárea.

$$\boldsymbol{Q = Av * V}$$

Donde:

AV = Área de vacíos

V = Velocidad de descarga (mm/hr)

Q = Volumen infiltrado (m3/hr/ha)

Tabla 192**.** Volumen infiltrado en el área de vacíos por hectárea en las áreas de CUSAF.

Polígono	Velocidad de descarga "V" (m/hr)	Área de espacios porosos "Av" (m^2)	Cálculo del volumen infiltrado "Q"	Volumen infiltrado "Q" (m^3/hr/ha)
CUSAF	0.0000612	2,575.7576	= 0.0000612 x 2,575.7576	0.1576

VIII. Determinar la precipitación efectiva y tiempo efectivo de infiltración.

Como la infiltración en las primeras capas del suelo no puede presentarse todo el año, se definió un periodo de infiltración tomando en cuenta la precipitación efectiva, lo cual es el número días con lluvia al año debido a que la precipitación no se presenta a diario o cuando se presenta no siempre alcanza una intensidad que origine el fenómeno de infiltración.

Se consideró el período de lluvias y un tiempo efectivo de 6 horas ya que no puede presentarse las 24 horas del día, después de cada evento, tomando en cuenta que ésta no inicia en los primeros minutos de la precipitación.

Tabla 193**.** Número de días con precipitación efectiva de las estaciones de influencia

Estación climatológica	Precipitación efectiva (días)	Tiempo efectivo de infiltración (hr)
22017 "Tolimán"	30.7	6.0

IX. Calcular el volumen total infiltrado en el suelo,.

Se multiplica el volumen infiltrado en el área de vacíos por el tiempo efectivo de infiltración, el resultado se multiplica por los días de precipitación efectiva y finalmente multiplica por el área de vacíos por polígono.

Tabla 194 Volumen total infiltrado en el suelo en las áreas de CUSAF.

Polígono	Volumen infiltrado "Q" (m^3/hr/ha)	Área total de espacios porosos (has)	Tiempo efectivo de infiltración (hr)	Precipitación efectiva (días)	Fórmula de volumen Infiltrado	Volumen Infiltrado anualmente (m3)
CUSAF	0.1576	5.0768	6	30.7	=5.0768x0.1576x6x30.7	147.4136

Evapotranspiración Potencial (ETP).

Este proceso representa la mayor pérdida de agua, por efecto de la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas, aquí se aplicó la fórmula de Thornthwaite (1948), modificada por Llorente (1969) para obtener la Evapotranspiración Potencial en la zona, para posteriormente obtener la Evapotranspiración Real aplicando el Método de Blanney-Criddle.

Primero; se calculó la Evapotranspiración Potencial (ETP), utilizando el método de Thornthwaite, el cual calcula el uso consuntivo mensual de agua, como una función de las temperaturas medias mensuales:

Tabla 195**.** Estimación de la ETP mensual y anual en la S -CUSAF.

Evapotranspiración mensual en milímetros (ETP)											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
38.8580	49.0141	66.0958	90.4411	109.8884	109.2439	99.9011	94.8231	83.7281	64.8962	48.8079	37.9110

La tabla anterior muestra que la Evapotranspiración Potencial (ETP) estimada es de **893.6088 mm/año**, volumen mayor a la precipitación registrada. Sin embargo, este dato representa la demanda evaporativa de la atmosfera. Sin embargo, el dato que requerimos es el de la Evapotranspiración Real (ETR), es decir, la que ocurre de acuerdo a las condiciones prevalecientes en cuanto a clima, cobertura, propiedades físicas del suelo y manejo.

Evapotranspiración Real (ETR).

Para el caso de este proyecto, nos interesa conocer la ETR, determinada por el método Blanney-Criddle, que considera el tipo de vegetación o cobertura presente en la zona, puesto que cada especie tiene diferentes tipos de evapotranspiración a causa de diferentes procesos fisiológicos, se requiere que la información se presente de manera más específica.

Para estimar la evapotranspiración durante el ciclo vegetativo completo, se empleó la fórmula:

$$\boldsymbol{Et = Kg\ F}$$

Donde:

Et = Evaporación durante el ciclo vegetativo, mm.

F = Factor de temperatura y luminosidad.

Kg = Coeficiente global de desarrollo.

El coeficiente global de desarrollo Kg varía entre 0.5 y 1.2, los cuales se presentan en el cuadro de coeficientes globales de desarrollo para diversos cultivos.

El factor de temperatura y luminosidad F se calculó de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{F = \sum_{i=12}^{n} f_i}$$

Donde:

n = número de meses que dura el ciclo vegetativo.

fi = Pi ((Ti+17.8) / 21.8)

Pi = porcentaje de horas de sol del mes i de acuerdo a la latitud.

Ti= Temperatura media del mes i en °C.

Los porcentajes de horas de sol del mes ***i*** con respecto a la latitud se toma de la siguiente tabla, para el área de estudio se consideraron los valores de latitud 20, haciendo referencia a la ubicación geográfica de la estación geográfica:

Tabla 196**.** Porciento de horas de sol mensual de acuerdo a la latitud.

LATITUD NORTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
19	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20	7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66
21	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62

Se tomaron los coeficientes globales de desarrollo (Kg) de Ortiz (2006):

Tabla 197**.** Coeficientes globales de desarrollo por uso de suelo.

Uso de suelo	Coeficiente considerado
Pastizales densos	0.75
Erosión	0.05
Bosque	0.90
Suelo desnudo	0.5

Una vez establecidos los coeficientes globales para los diferentes usos de suelo, se calculó el valor de la ETR; para lo cual se consideró un ciclo vegetativo de 12 meses.

Usando los valores de temperatura media mensual y el porcentaje de horas sol mensual, se sustituyen en la fórmula para calcular ***fi***, y obtener el factor ***F*** mensual, que se multiplica por el coeficiente global del cultivo, dando como resultado los valores de ETR mensuales, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 198**.** Estimación de ETR para escenario sin vegetación.

Temperatura media (°C)											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
15.0	16.5	18.7	21.3	23.0	22.7	21.8	21.6	20.8	18.8	16.7	14.9
Porcentaje de horas de sol del mes i "Pi"											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66
Factor de temperatura y luminosidad "fi"											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
11.6455	11.4071	14.0810	15.2813	17.1248	16.7202	16.8028	16.1938	14.6963	13.7334	11.9959	11.4900
Coeficiente global de desarrollo "Kg"											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
Et											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
5.8228	5.7036	7.0405	7.6406	8.5624	8.3601	8.4014	8.0969	7.3482	6.8667	5.9979	5.7450
ET2 (mm)		**85.5860**									

De esta forma el valor de la ETR es de **85.5860 mm/año**, que se pierden por este fenómeno, y que varían de acuerdo al tipo de cobertura presente en el lugar.

De acuerdo con Aparicio (2005) una vez obtenida la ETP y ETR, en la zona de estudio se calcula el coeficiente ponderado de Evapotranspiración con la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{K = \frac{ETR}{ETP}}$$

Donde:

K = Coeficiente ponderado de Evapotranspiración.

ETR = Evapotranspiración Real

ETP = Evapotranspiración Potencial.

Sustituyendo los valores en la fórmula se tiene:

$$K = \frac{\mathbf{80.7413}}{\mathbf{893.6088}} = \mathbf{0.0958}$$

Evapotranspiración en la S - CUSF (m3).

Se obtiene multiplicando la precipitación media anual (m3) por el coeficiente ponderado de ETR, dando como resultado el siguiente.

Tabla 199**.** Agua evapotranspirada en la S - CUSAF.

Polígono	Agua total precipitada (m^3)	K	Cálculo del agua evapotranspirada	Agua evaporada en el predio en (m3)
CUSAF	80,199.99	0.0958	= 80,199.99 x 0.0958	7,681.2059

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, tenemos que en la S – CUSAF se evaporan 7,681.2059 m^3 que representan el 9.58% del agua total precipitada en la superficie del proyecto.

Escurrimiento medio superficial (E).

El escurrimiento superficial se determinó a través del Método de Curvas Numéricas propuesto en 1972 por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y adoptado por la CONAFOR en 2004.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

Determinar el tratamiento:

Tratamiento:

- Terracería
- Pavimentado

Indicar a que grupo de suelo pertenece de acuerdo a las propiedades físicas indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 200**.** Grupos de suelos y descripción.

Grupo de suelos	Descripción de las características del suelo
A	Es el que ofrece menor escorrentía. Incluye los suelos que presentan mayor permeabilidad, incluso cuando están saturados. Comprenden los áreas profundos sueltos con predominio de arena o grava y con muy poco limo o arcilla (Arenosos, arenosos-limosos, loes, etc.)

Grupo de suelos	Descripción de las características del suelo
B	Incluye los suelos de moderada permeabilidad cuando están saturados comprendiendo los áreas arenosos menos profundos que los del Grupo A, otros de textura franco-arenosa de mediana profundidad y los francos profundos
C	Es el que ofrece mayor escorrentía. Incluye los suelos que presentan gran permeabilidad cuando están saturados, por presenta r un estrato impermeable que dificulta la infiltración o porque en conjunto, su textura es franco – arcillosa o arcillosa
D	Es el grupo que ofrece mayor escorrentía. Incluye los suelos que presentan gran permeabilidad, tales como los áreas que presentan en la superficie o cerca de la misma una capa de arcilla muy impermeable y aquellos con subsuelo muy impermeable próximo a la superficie

Habiendo identificado las condiciones hidrológicas y el grupo de suelo, se determina el valor de la curva numérica a partir de la siguiente tabla:

Tabla 201**.** Valores de curvas numéricas (CN) para estimar escorrentía (SCS- USDA, 1964)

Caminos	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	Grupos de suelo			
			A	B	C	D
			Valor Curva Numérica			
Bosques	Muy ralo	N/A	56	75	86	91
	Ralo	N/A	46	68	78	84
	Normal	N/A	36	60	71	77
	Denso	N/A	26	52	62	69
	Muy denso	N/A	15	44	54	61
Caminos	Terracería	Regular	72	82	87	89
	Pavimentado	Mala	74	84	90	92

Fuente: CONAFOR (2004), citado por Orosco (2006).

Considerando la cobertura vegetal, así como la condición hidrológica y el tratamiento, tenemos la siguiente valoración de la Curva Numérica:

Tabla 202**.** Valores de curvas numéricas (CN) con la cobertura actual en la S - CUSAF.

Polígono	Cobertura vegetal (%)	Textura	Grupo de suelo	Tratamiento	Curva Numérica
CUSAF	0	Franco arcilloso o arcillosa	C	Terracería	87

Obtenido el valor de la curva numérica, se utiliza en la determinación del cálculo de la retención máxima usando la siguiente fórmula.

$$\boldsymbol{S = (\frac{25400}{CN}) - 254}$$

Donde:

S = Retención máxima potencial de humedad (mm)

CN = Curva numérica

Sustituyendo, los valores de Curvas Numéricas, tenemos la siguiente retención máxima potencial:

Tabla IV.1 Cálculo de la retención máxima potencial actual en la S - CUSAF.

Polígono	Curva Numérica	Fórmula de la retención máxima potencial "S"	Retención máxima potencial
CUSAF	87	= (25,400 / 87) - 254	37.9540

Determinar el escurrimiento medio que, nos expresa el gasto medio en lámina de escurrimiento que se presenta en el área de interés, para una tormenta en particular (se consideró la máxima precipitación del mes más lluvioso) y se determina con la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Q = [\frac{(P - 0.2S)2}{P + 0.8S}]}$$

Donde

Q = Escurrimiento medio en mm.

P = Precipitación en mm (para una tormenta en particular).

S = Potencial máximo de retención de humedad en mm.

Para este parámetro se utilizó la precipitación más alta reportada anualmente, que para la estación de influencia 22017 Tolimán fue de 74 mm y posteriormente, se sustituyó este valor en la fórmula anterior:

Tabla 203**.** Cálculo del escurrimiento medio actual en la S - CUSAF.

Polígono	Retención máxima potencial	Precipitación para una tormenta P (mm)	Fórmula del Escurrimiento medio	Gasto Q - mm
CUSAF	37.9540	74	= [(74-0.25 (37.9540))^2/74+0.8(37.9540)]	42.2580

La obtención de los coeficientes de escurrimientos se origina de dividir el gasto medio escurrido, entre la precipitación del mes más lluvioso.

Tabla 204**.** Determinación de los coeficientes de escurrimiento actual en las áreas de CUSAF.

Polígono	Precipitación para una tormenta P (mm)	Gasto Q -mm	Fórmula del coeficiente de escurrimiento	Coeficiente de escurrimiento
CUSAF	74.0	42.2580	= 42.2580 / 74.0	0.5711

El escurrimiento se obtiene multiplicando la superficie por la precipitación media anual después la multiplicamos por el coeficiente de escurrimiento, o lo que es equivalente a multiplicar el agua precipitada (m3) por los coeficientes de escurrimiento:

Tabla 205**.** Escurrimiento actual en las áreas de CUSAF.

Polígono	Agua total precipitada (m^3)	Coeficiente de escurrimiento (Ce)	Fórmula del escurrimiento	Escurrimiento (m^3)
CUSAF	80,199.99	0.5711	= 80,199.99 x 0.5711	45,798.5331

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, se estima un escurrimiento de 45,798.5331 m^3, que representan el 57.11% del agua precipitada en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Recarga subterránea o del acuífero

Después de la infiltración de agua en el suelo se inicia el movimiento vertical del agua, denominándose percolación, siendo el agua que fluye hacia las partes más profundas del suelo a través de espacios porosos y grietas de los estratos rocosos, quedando depositada en las formaciones geológicas como acuíferos, acuicludos, acuitardos, acuifugos, etc. (Orosco, 2006).

La forma más práctica para estimar la cantidad de agua que se recarga, se hace sustituyendo los valores obtenidos anteriormente en la fórmula del balance hídrico quedando:

$$\boldsymbol{Rs = Pp - (Int + Inf + Etr + Esc)}$$

Donde:

***Pp*:** Precipitación total

***Int*:** Intercepción

***Etr*:** Evaporación

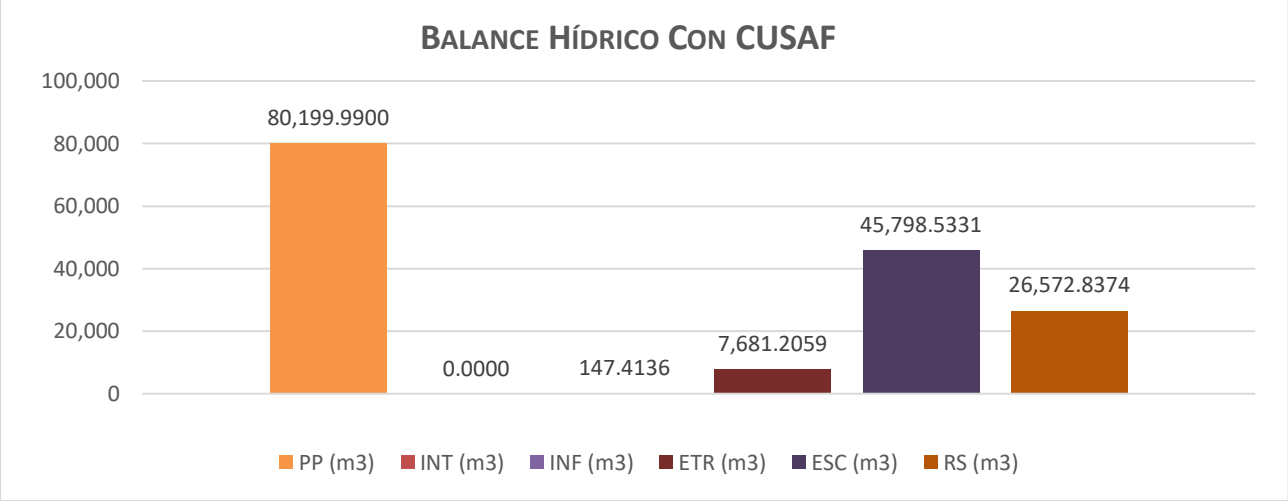
***Esc*:** Escurrimiento

***Inf*:** Infiltración

Tabla 206**.** Balance hídrico con S - CUSAF.

Balance hídrico Con CUSAF						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
	80,199.9900	0.0000	147.4136	7,681.2059	45,798.5331	26,572.8374
Total	**80,199.9900**	**0.0000**	**147.4136**	**7,681.2059**	**45,798.5331**	**26,572.8374**
%	**100.00%**	**0.00%**	**0.18%**	**9.58%**	**57.11%**	**33.13%**

Con los datos obtenidos para el balance hídrico observamos que el escurrimiento representa el 57.11%, es decir, 45,798.5331 m^3 con la ausencia de cobertura vegetal, en seguida tenemos la recarga subterránea del 33.13% de la precipitación por lo que se recargarán al acuífero anualmente, es decir, 26,572.8374 m^3, posteriormente tenemos la evaporación con 9.58% ya que la evaporación disminuirá al eliminar la vegetación por lo que anualmente se evaporarán 7,681.2059 m^3 por efecto de la evaporación del suelo, la infiltración en el espacio poroso corresponde a 0.18% del agua precipitada por lo que en el área de vacíos se infiltrará 147.4136 m^3 antes de que inicie el proceso de escurrimiento y finalmente con la remoción de la vegetación la intercepción de la vegetación pasará a 0%, sin embargo solo se trata de una afectación temporal.



Grafica 44**.** Balance hídrico Con CUSAF.

Tabla 207**.** Comparativo entre el balance hídrico Sin Proyecto y Con Proyecto.

Balance hídrico actual						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	1,002.4999	202.1466	13,826.1705	45,798.5331	19,370.6399
Total	**80,199.9900**	**1,002.4999**	**202.1466**	**13,826.1705**	**45,798.5331**	**19,370.6399**
%	**100.00%**	**1.25%**	**0.25%**	**17.24%**	**57.11%**	**24.15%**
Balance hídrico con CUSAF						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	0.0000	147.4136	7,681.2059	45,798.5331	26,572.8374
Total	**80,199.9900**	**0.0000**	**147.4136**	**7,681.2059**	**45,798.5331**	**26,572.8374**
%	**100.00%**	**0.00%**	**0.18%**	**9.58%**	**57.11%**	**33.13%**
Déficit		**-1002.50**	**-54.73**	**-6,144.96**	**0.00**	**7,202.20**

Tomando en cuenta lo anterior y a sabiendas que la vegetación forestal, esta intrínsecamente ligada con el agua de lluvia que se infiltra, si comparamos los resultados del balance hídrico actual, es decir, sin la remoción de la vegetación forestal, contra la que resulta con proyecto, es decir, una vez eliminada la vegetación forestal, en suma se obtiene el déficit de infiltración que de **7,202.20** m^3 de agua, lo que supondría que es la afectación con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales, sobre la vegetación presente, como se observa en la tabla anterior. Sobre este déficit se proyectará el volumen de obras de conservación de agua para su compensación, mismas que se describen a mayor detalles en el capítulo correspondiente de este estudio.

Hidrología subterránea

Una unidad hidrogeológica se define como "una zona que se comporta de una manera específica, distinta de las que la rodean, con respecto a su permeabilidad, la capacidad y el tipo de acuíferos que se presentan en ella, debido a la naturaleza y condiciones de las rocas y materiales que se encuentran debajo de la superficie y hasta el basamento.

A nivel de sistema ambiental en este se localiza en dos unidades geohidrológicas principalmente, las cuales se describen a continuación.

Material consolidado con posibilidades bajas.

Este tipo de unidad corresponde a depósitos aluviales, tobas limo-arcillosas, así como derrames basálticos, andesíticos e ignimbriticos intercalados e interdigitados, considerado un acuífero semiconfinado a libre, donde los derrames y los depósitos tobáceos dan, en algunos sitios, el carácter de semiconfinamiento. Los mecanismos de recarga provienen de las sierras periféricas, y las entradas subterráneas horizontales ocurren generalmente de Norte a Sur en ambos valles. Existe, recarga vertical proveniente de retornos de riego e infiltración de aguas pluviales, preferentemente desde arroyos y cuerpos de agua. Las descargas o salidas ocurren por causa de bombeo en pozos y por las salidas subterránea regionales. Esta unidad abarca aproximadamente el 50% de la superficie del sistema ambiental.

Material consolidado con posibilidades medias.

La permeabilidad media a alta, en medios granulares o rocas volcánicas fracturadas, son depósitos aluviales y sedimentos clásticos lacustres, con rocas volcánicas intercaladas con material granular, que descansan en rocas de naturaleza ignimbrítica que funciona como basamento debido al contraste litológico y de permeabilidad. Esta unidad funciona como acuífero libre a semiconfinado, ya que algunos horizontes de origen volcánico que se encuentran intercalados. Es factible que una parte de los volúmenes pluviales sean transmitidos a profundidad a través del medio fracturado, y llevados lateralmente hacia el resto del plan de hongos. Además, existe recarga por efecto de retornos de riego, por lo que se considera un lugar idóneo para favorecer los procesos de recarga vertical.

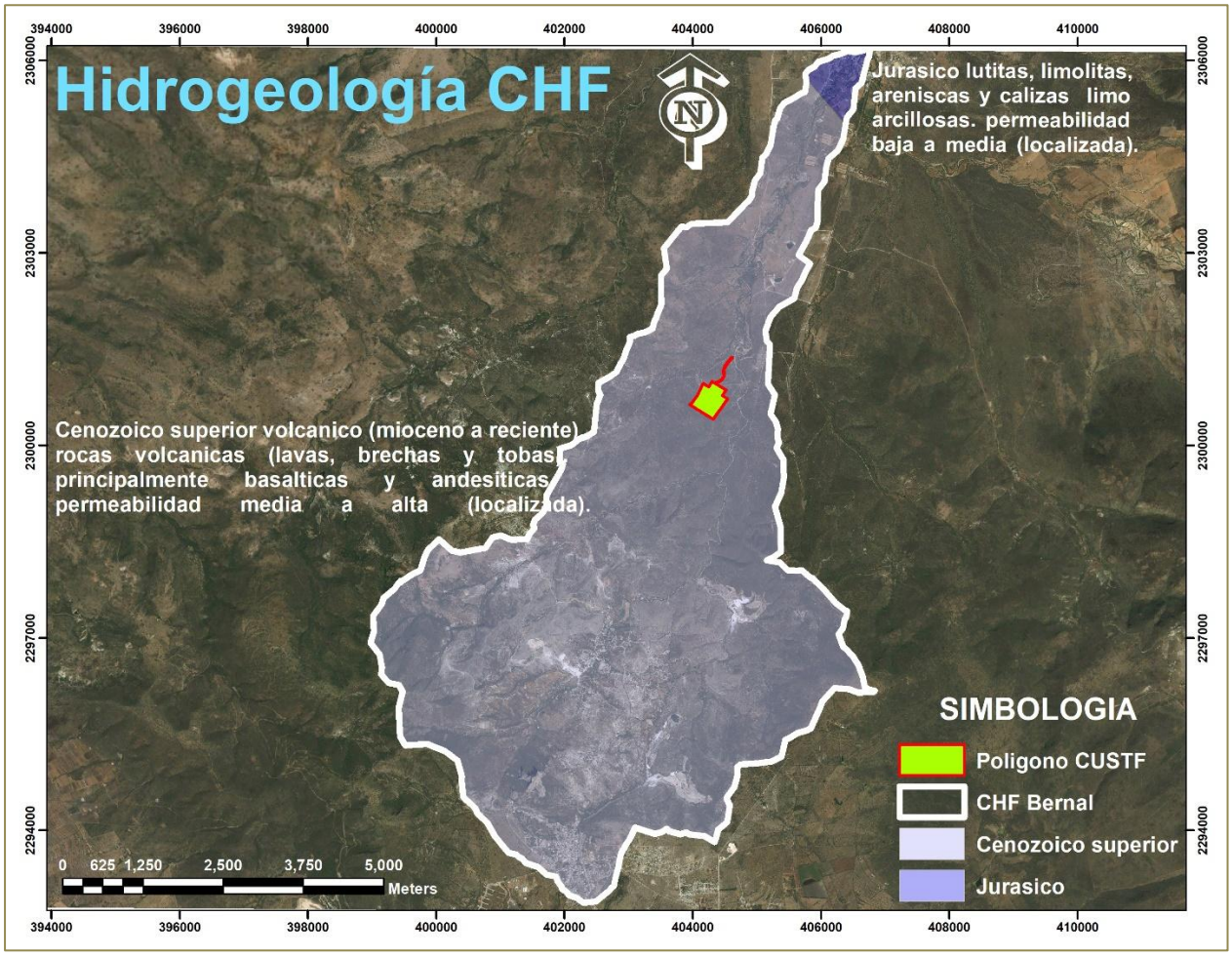


Imagen 52. Mapa de unidades geohidrológicas.

A nivel del SA ocupa dos pequeñas extensiones de los acuíferos de Tolimán y Tequisquiapan, con 649.84 hectáreas y 13.36 hectáreas respectivamente cuyas condiciones son las siguientes.

Tabla 208. Características de los acuíferos presentes en el sistema ambiental.

ACUIFERO	SUP. HAS (MICRO)	EXPLOTACION	VEDA	NIVEL ESTATICO	POZOS
Tolimán	649.84	En equilibrio	Libre	10-40	49
Tequisquiapan	13.36	Sobreexplotado	Veda	20-120	310
	663.20				**359**

Los acuíferos presentes en sistema ambiental, en cuanto a su extensión apenas representan el 14.83% de la superficie total, y una mínima parte del acuífero Tolimán, se ubica dentro de la superficie solicitada para cambio de uso de suelo.

La situación administrativa del Acuífero Tolimán indica que no se tienen vedas para el aprovechamiento de agua del subsuelo, por lo que está libre de alumbramiento.

La disponibilidad de aguas subterráneas conforme a la metodología indicada en la NOM-011-CNA-2000, es de 138,883 m^3 anuales, en tanto que la extracción de volúmenes por bombeo según el balance de 1996 es de 2.42 Mm^3 (Millones de metros cúbicos) empleados principalmente para uso agrícola, pecuario y público – urbano por su parte la recarga total media anual. Corresponde a 8.42 Mm^3/año.

En este valle se tienen censados 64 aprovechamientos, de los cuales 37 corresponden a pozos profundos, 22 son norias y 4 manantiales. De estas captaciones se encuentran activas; 15 pozos profundos, 16 norias y 4 manantiales. De acuerdo con el análisis realizado por la CNA y tomando en cuenta la información recopilada estableciendo que la profundidad del nivel estático no ha evolucionado en forma importantes desde 1980.

En relación a la calidad del agua, se compararon los resultados obtenidos de los análisis con las normas de calidad que exige Salubridad y Asistencia (SSA), resultando un agua de buena calidad para uso doméstico; por otra parte, los resultados de la clasificación agrologica de Wilcox, que clasifica el agua según el grado de salinidad y el contenido de sodio, concluyeron que las muestras de agua corresponden a buena calidad. De acuerdo a los puntos anteriores, se concluye que el agua en general es de buena calidad tanto para consumo humano, como para abrevadero y agricultura de riego.

Cabe destacar que en la extensión que ocupa el acuífero Tolimán, dentro del SA se ubican cuatro manantiales, el más cercano se encuentra a 3.5 km y el más alejado 8.7 a km por lo que ninguno será afectado con el uso de suelo propuesto.

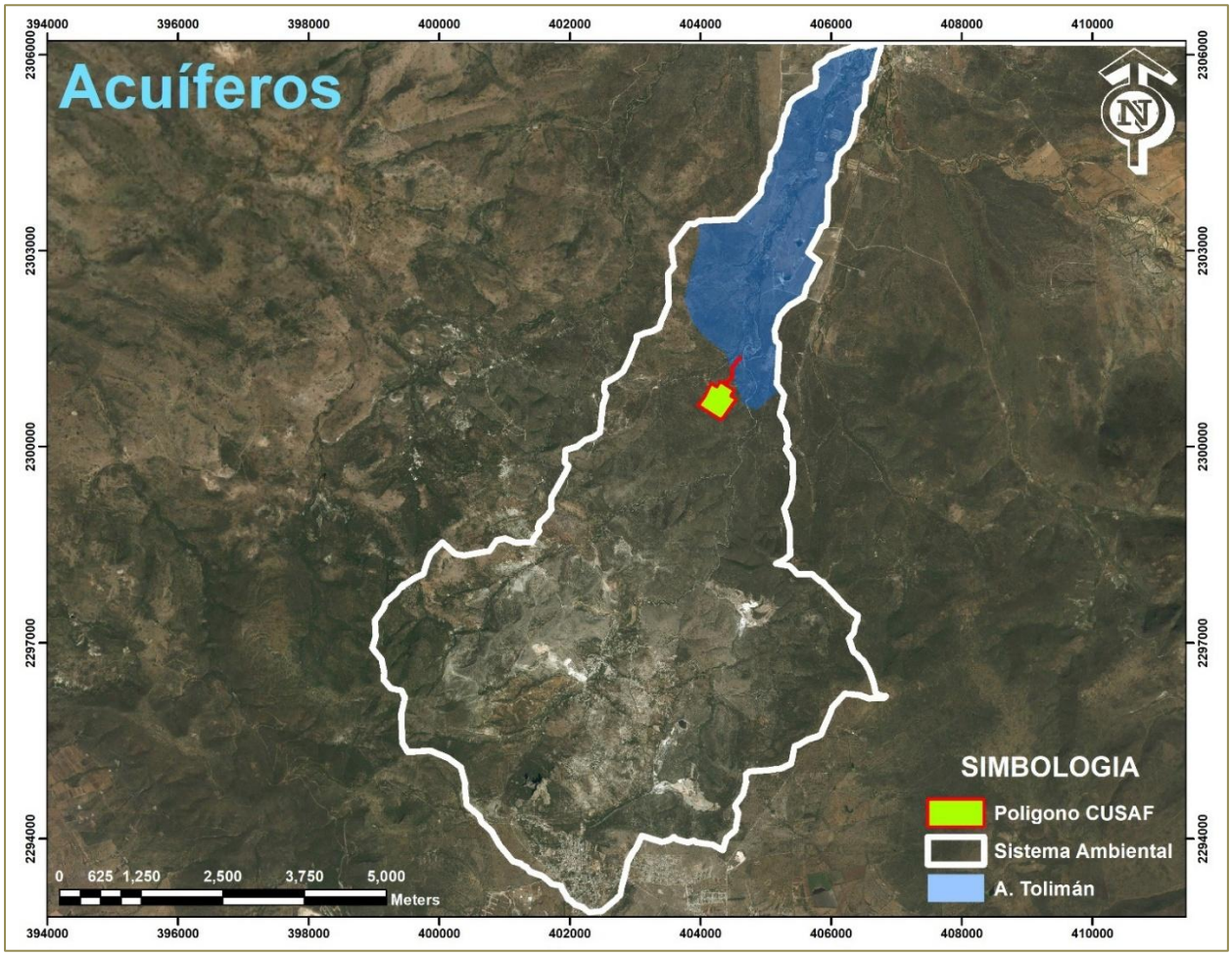


Imagen 53. Acuíferos en el SA

III.3.1.2 Aspectos bióticos

a) Vegetación

Con base a la Carta de Vegetación y uso actual del suelo, Serie VII del INEGI, el SA presenta cinco condiciones de uso de suelo, entre la que destaca por su extensión es el matorral xerófilo tipo crasicaule, este ecosistema dentro del sistema ambiental, abarca el 73.06% cubriendo una extensión de 3,266.26 hectáreas, le sigue la agricultura mixta con el 20.32% abarcando una superficie de 908.11 y en menos escala algunos pastizales inducidos y área urbanas respectivamente. Tal como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 209. Tipo de vegetación y uso actual del suelo en el SA.

Descripción	Súp. (Has.)	Sup. (M2)	Sup. (%)
ASENTAMIENTOS HUMANOS	1.79	17,949.30	0.04
MATORRAL CRASICAULE	667.61	6,676,090.60	14.93
PASTIZAL INDUCIDO	137.22	1,372,155.75	3.07
AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL	211.33	2,113,260.41	4.73
AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	619.69	6,196,929.91	13.86
AGRICULTURA DE TEMPORAL PERMANENTE	97.58	975,764.93	2.18
VEGETACION SECUNDARIA ARBUSTIVA DE MATORRAL CRASICAULE	2,613.16	26,131,573.22	58.45
VEGETACION SECUNDARIA HERBÁCEA DE MATORRAL CRASICAULE	122.24	1,222,381.65	2.73
TOTAL	**4,470.61**	**44,706,105.76**	**100.00**

Matorral crasicaule.

Este tipo de vegetación se encuentra entre los 1400 y 2500 m.s.n.m. (Zamudio y col.. 1992) De acuerdo con la descripción de la Carta de Vegetación y Uso Actual del Suelo del INEGI, el matorral crasicaule muestra predominancia de cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos que se desarrollan principalmente en zona áridas y semiáridas del centro y norte del país. Algunas especies características: *Opuntia streptacantha* (nopal cardón)*, O. tomentosa (nopal chamacuelo) y O. leucotricha* (nopal duraznillo) formando asociaciones nombradas como "nopaleras"; *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo)*, Neltuma laevigata* (mezquite blanco) y *Vachellia farnesiana* (huizache).

Esta comunidad se desarrollar preferentemente sobre suelos de laderas de cerros de naturaleza volcánica, aunque también desciende a suelos aluviales contiguos. La precipitación media anual varía entre 300 y 600 mm y la temperatura es de 16 C a 22 C en promedio anual. En algunas partes de San Luis Potosí y Guanajuato se le asocia con *Myrtillocactus geometrizans* y a veces también con *Steneocereus spp.,* Por otro lado con *Yucca decipiens* puede formar un estrato de eminencias, mientras que a niveles inferiores conviven muchas arbustos microfilos, por ejemplo, especies de *Mimosa, Acacia, Dalea, Prosopis, Rhus, Larrea, Brickelia, Eupatorium, Buddleia, Celtis,* entre otras. En el de México, predomina el género *Opuntia.* La altura de este matorral alcanza generalmente de 2 a 4 m., su densidad es variable, pudiendo alcanzar casi el 100% de cobertura, y el matorral puede admitir la numerosa presencia de plantas herbáceas.

Pastizal inducido.

Es vegetación dominada por gramíneas herbáceas. Los pastizales naturales en el sistema ambiental, están compuestos por especies del género *Aristida, Muhlembergia, Bouteloua, Lycurus y Buchloe*, y algunos que han invadido los potreros como; *Kikuyo (Pennisetum clandestinum).*

Esta vegetación dominada por gramíneas herbáceas, aun cuando puede presentarse otros elementos herbáceos, arbustivos y algunos árboles. En el sistema ambiental se aprovecha prácticamente en su totalidad para la ganadería extensiva.

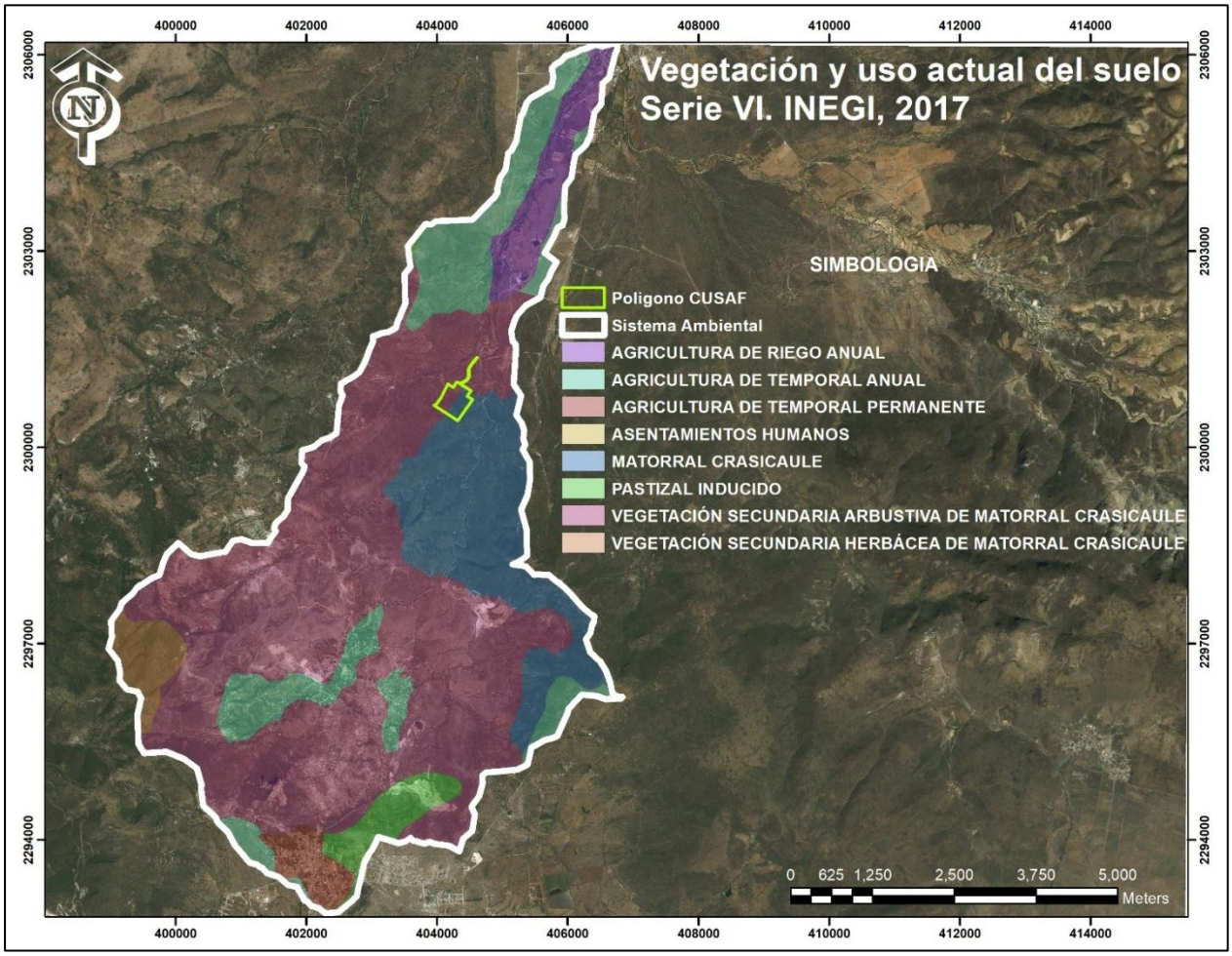


Imagen 54. Mapa de vegetación y uso actual del suelo del SA.

Estado de conservación de la vegetación en el SA.

El SA, soporta 3,266.26 hectáreas equivalente al 73.06% de matorral crasicaule de su extensión, y de acuerdo a la carta de vegetación y uso actual del suelo del INEGI Serie

V, de estas, 667.61 hectáreas equivalente a 20.44% son vegetación primaria y 2,598.76 hectáreas equivalente a 79.56% corresponde a vegetación secundaria ambas en proceso de degradación, el resto de la superficie sustenta otros usos de suelo como pastizal, agricultura de temporal y riego y asentamientos humanos, de las principales causa de degradación de la vegetación son el aprovechamiento con finas de autoconsumo, pastoreo extensivo y en algunos casos actividades extractivas sin haberse sometido a una regulación conforme a la normatividad ambiental vigente.

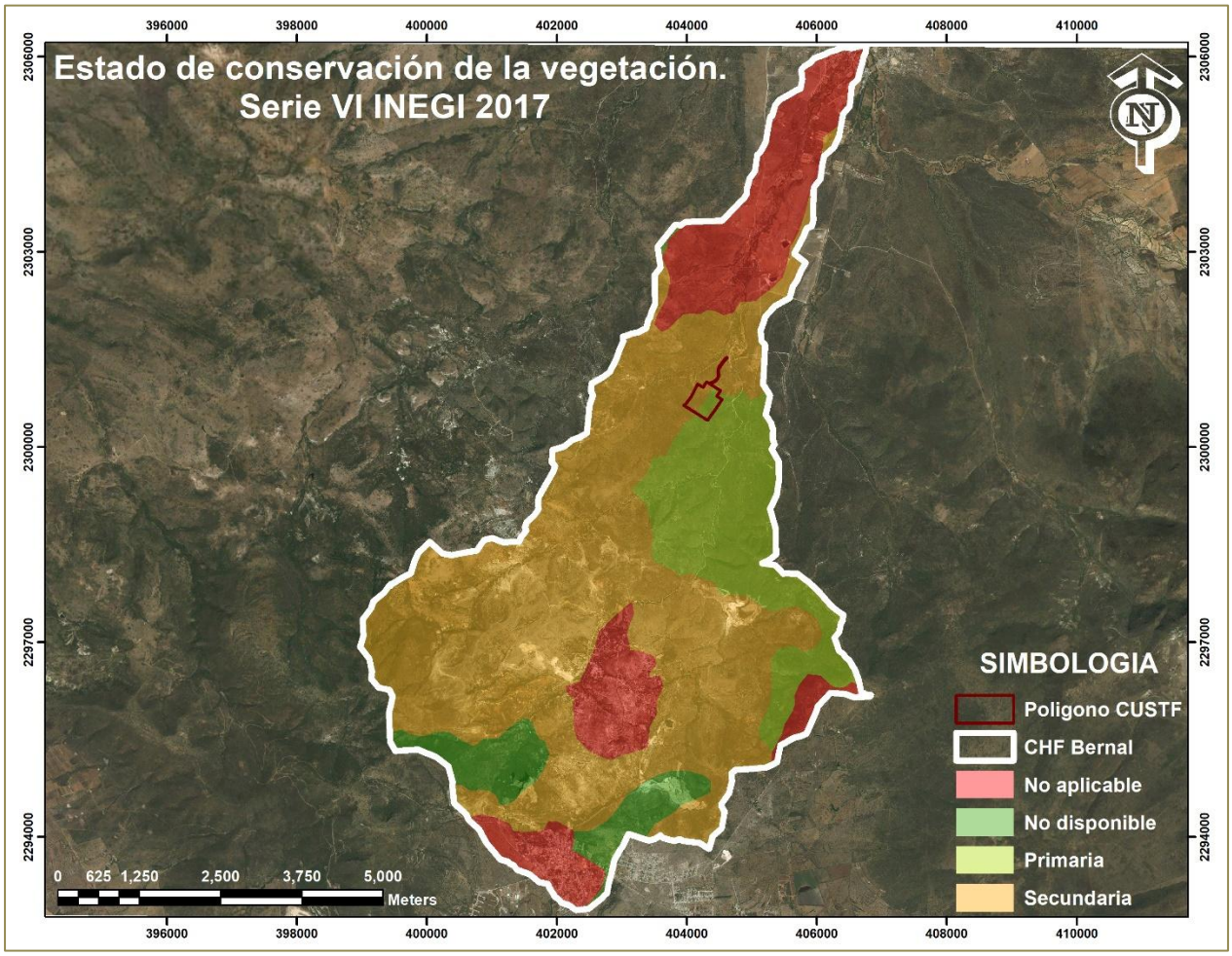


Imagen 55. Estado de conservación de la vegetación en el SA.

En base a la identificación de las especies de flora presentes en el (SA) y los datos obtenidos del muestreo de campo, fue posible determinar la estructura de la vegetación en la cual el estrato predominante es el herbáceo (24%), seguido del estrato arbustivo (33%) y en menor proporción el estrato arbóreo (17%). Estos estratos se identificaron a

partir de su porte y características dasométricas, además otra forma de vida encontrada en este muestreo son las cactáceas (25%).

Tabla 210. Especies potenciales y observaciones realizadas en el muestreo de flora silvestre en campo del SA.

No.	Estrato	Familia	Nombre común	Nombre científico	Total
1	Herbaceo	Pteridaceae	Doradilla	*Astrolepis sinuata*	2
2	Herbaceo	Poaceae	Pasto 2	*Briza sp*	3
3	Herbaceo	Poaceae	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	494
4	Herbaceo	Euphorbiaceae	Mala mujer	*Cnidoscolus multilobus*	2
5	Herbaceo	Euphorbiaceae	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	11
6	Herbaceo	Poaceae	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	6
7	Herbaceo	Bromeliaceae	Lechuguilla	*Hechtia lepidophylla*	78
8	Herbaceo	Bromeliaceae	Guapilla	*Hechtia podantha*	16
9	Herbaceo	Amaranthaceae	Pluma	*Iresine diffusa*	4
10	Herbaceo	Verbenaceae	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	3
11	Herbaceo	Polemoniaceae	Jarrito	*Loeselia coerulea*	3
12	Herbaceo	Loasaceae	Conito	*Mentzelia hispida*	42
13	Herbaceo	Poaceae	Zacate lanudo	*Muhlenbergia pubescens*	6
14	Herbaceo	Asteraceae	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	5
15	Herbaceo	Lamiaceae	Casquete potosino	*Scutellaria potosina*	12
16	Herbaceo	Selaginellaceae	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	49
17	Herbaceo	Asteraceae	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	7
18	Herbaceo	Asteraceae	Gallito de monte	*Zinnia peruviana*	6
19	Arbustivo	Asparagaceae	Maguey áspero	*Agave asperrima*	56
20	Arbustivo	Asparagaceae	Lechuguilla	*Agave difformis*	3
21	Arbustivo	Asparagaceae	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	14
22	Arbustivo	Fabaceae	Charrasquillo	*Calliandra eriophylla*	2
23	Arbustivo	Cannabaceae	Granjeno	*Celtis pallida*	5
24	Arbustivo	Rhamnaceae	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	4
25	Arbustivo	Fabaceae	Escobilla	*Dalea bicolor*	27
26	Arbustivo	Asparagaceae	Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum*	63

27	Arbustivo	Sapindaceae	Chapulixtle	*Dodonaea viscosa*	18
28	Arbustivo	Ephedraceae	Sanguinaria	*Ephedra compacta*	3
29	Arbustivo	Euphorbiaceae	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	7
30	Arbustivo	Fouquieriaceae	Ocotilla	*Fouquieria splendens*	88
31	Arbustivo	Rutaceae	Barreta	*Helietta parvifolia*	12
32	Arbustivo	Euphorbiaceae	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	9
33	Arbustivo	Rhamnaceae	Tullidora	*Karwinskia humboldtiana*	42
34	Arbustivo	Rhamnaceae	Capulincillo	*Karwinskia mollis*	26
35	Arbustivo	Krameriaceae	Chayotillo	*Krameria cytisoides*	2
36	Arbustivo	Zygophyllaceae	Gobernadora	*Larrea tridentata*	4
37	Arbustivo	Scrophulariaceae	Cenizo	*Leucophyllum minus*	3
38	Arbustivo	Fabaceae	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	5
39	Arbustivo	Fabacaeae	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	27
40	Arbustivo	Fabaceae	Uña de gato	*Mimosa texana*	68
41	Arbustivo	Fabaceae	Cabello de ángel	*Painteria revoluta*	32
42	Arbustivo	Fabaceae	Huizache	*Vachellia farnesiana*	6
43	Arbustivo	Asteraceae	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	3
44	Arbóreo	Scrophulariaceae	Tepozán	*Buddleja cordata*	2
45	Arbóreo	Burseraceae	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	103
46	Arbóreo	Fabaceae	Colorín	*Erythrina americana*	1
47	Arbóreo	Fabaceae	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	22
48	Arbóreo	Oleaceae	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	17
49	Arbóreo	Fabaceae	Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	3
50	Arbóreo	Fabaceae	Mauto	*Lysiloma divaricatum*	1
51	Arbóreo	Fabaceae	Mezquite	*Neltuma laevigata*	8
52	Arbóreo	Fagaceae	Encino quiebra hacha	*Quercus rugosa*	3
53	Arbóreo	Fagaceae	Encino gris	*Quercus grisea*	1
54	Arbóreo	Fabaceae	Palo prieto	*Senna wislizeni*	6
55	Arbóreo	Fabaceae	Huizache chino	*Vachellia schaffneri*	5
56	Arbóreo	Asparagaceae	Palma pita	*Yucca filifera*	18
57	Cactácea	Cactaceae	Biznaga cónica	*Cochemiea conoidea*	4
58	Cactácea	Cactaceae	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	**11**

59	Cactácea	Cactaceae	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	**20**
60	Cactácea	Cactaceae	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	**5**
61	Cactácea	Cactaceae	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	51
62	Cactácea	Cactaceae	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	1
63	Cactácea	Cactaceae	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	14
64	Cactácea	Cactaceae	Alicoché cocuá	*Echinocereus cinerascens*	7
65	Cactácea	Cactaceae	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	3
66	Cactácea	Cactaceae	Huamisha	*Ferocactus histrix*	11
67	Cactácea	Cactaceae	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	9
68	Cactácea	Cactaceae	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	22
69	Cactácea	Cactaceae	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	25
70	Cactácea	Cactaceae	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	56
71	Cactácea	Cactaceae	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	3
72	Cactácea	Cactacaeae	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	6
73	Cactácea	Cactaceae	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	26
74	Cactácea	Cactaceae	Nopal chamacuelo	*Opuntia tomentosa*	30
75	Cactácea	Cactaceae	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortieri*	4
				TOTAL	**1776**

En el estudio de la estructura vegetal del SA, mediante las especies identificadas, categorizar los estratos puede resultar subjetivo, ya que, por la morfología, edad y/o condiciones ambientales que presentan las especies vegetales es posible encontrar individuos de la misma especie que se pueden clasificar en más de un estrato, es decir, en el estado herbáceo, arbustivo e incluso arbóreo, salvo las cactáceas. Un ejemplo de este fenómeno en donde parece subjetivo conocer el estrato al que pertenecen las especies vegetales, podemos encontrarlo en especies como el Huizache prieto (*Vachellia schaffneri)* el cual es comúnmente clasificado como arbusto o árbol

pequeño dependiendo de la edad del espécimen y el crecimiento que se observe (Martínez y Díaz de Salas, 2017).

Esta situación se presenta principalmente en sitios donde existe un alto grado de degradación y/o el sitio está en proceso de restauración, donde algunas especies surgen como parte de la dinámica sucesionales como es el caso de la microcuenca estudiada.

***Método**:*

De acuerdo a lo anterior, para el levantamiento de datos de campo de las especies de flora silvestre, se utilizó un sitio de muestreo general con tres variantes en el mismo sitio, es decir, un sitio en el centro de forma cuadrada (1.00m X 1.00m) ocupando un área de 1.00 m^2 en el cual se registró la presencia del estrato herbáceo, para este estrato se consideró la altura y la morfología de los individuos preponderantemente, es decir, aquellos individuos con una altura inferior a 30 centímetros o en estado regenerativo. El segundo sitio fue de forma circular con un radio de 2.00 m ocupando una superficie de 12.56 m^2, en este sitio se registró la presencia de individuos del estrato arbustivo, es decir, aquellos individuos con una altura superior a 30 centímetros hasta 2.50 metros o más, considerando su morfología, es decir, que dicho individuo no presente características propias de una especie arbórea. El tercer y último sitio de muestreo, corresponde también a un sitio circular con un radio de 12.61 m y una superficie de 500 m^2, en el cual se registraron las cactáceas en base a su identificación taxonómica y la presencia de individuos que por sus características dasométricas y morfológicas sea posible clasificar como arbóreas, es decir, que no exista confusión entre el estrato arbustivo o arbóreo.

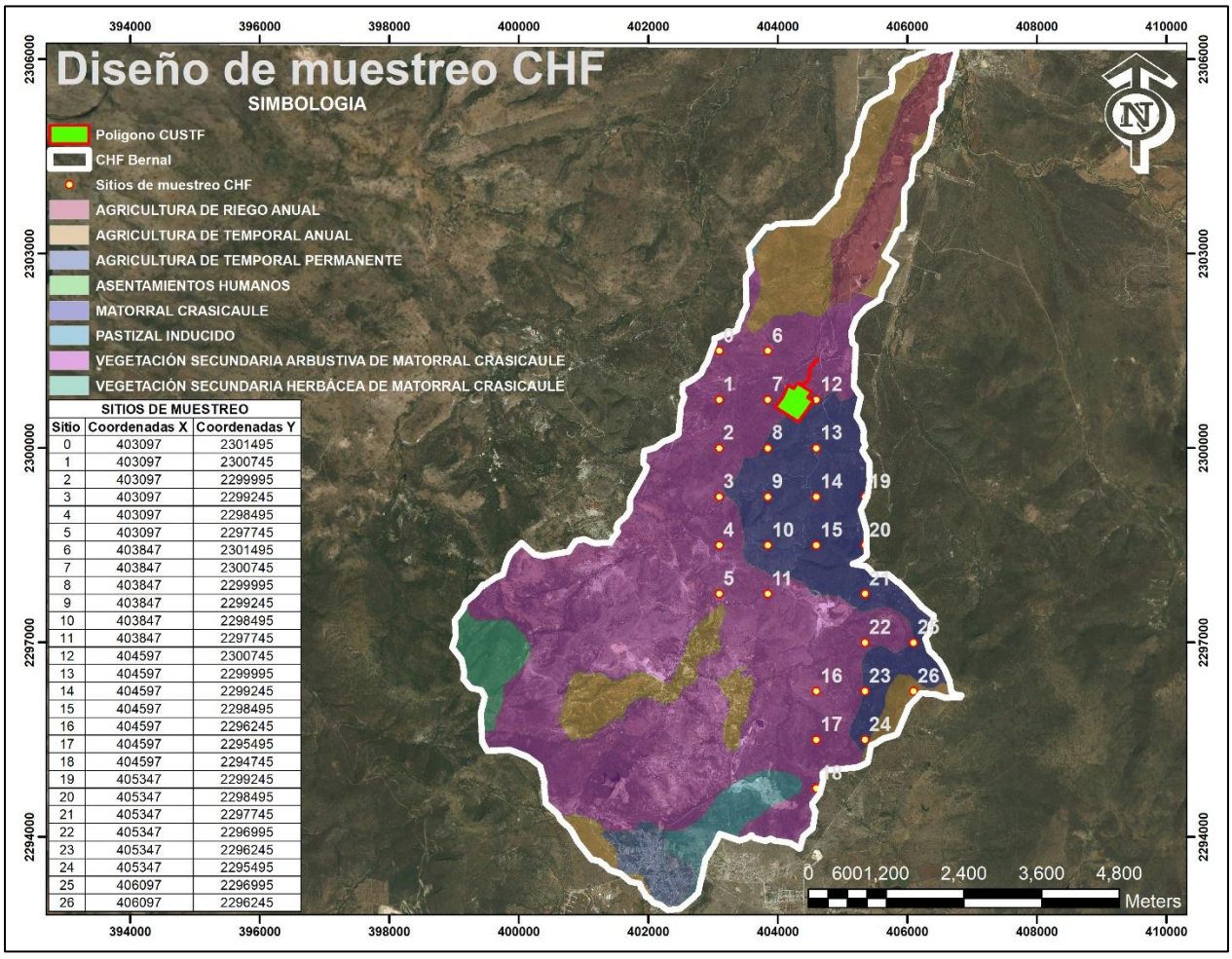
Tabla 211. Características dasométricas y morfológicas de apoyo para clasificar las especies por estratos.

Estratos	**Datos dasométricos y morfológicos**		
	Diámetro (cm)	**Altura (m)**	**Morfología**
Herbáceo	Menor 1	0 – 0.30	Regeneración natural o características taxonómicas
Arbustivo	Entre 1 y 10	0.30 – 2.50	Características taxonómicas
Arbóreo	Mayores 10	Mayores 2.50	Características taxonómicas
Cactáceas	Clasificación taxonómica		

Tabla 212. Características particulares de los sitios de muestreo para el tipo de vegetación matorral crasicaule en la microcuenca.

Forma del sitio	Radio (m)	Superficie (m^2)	Estrato.
Cuadrado	1.00X1.00	1.00	Herbáceo
Circular	2.00	12.56	Arbustivo
Circular	12.61	500.00	Arbóreo y Cactáceas

Considerando el sitio de 500 m^2 como la unidad principal de muestreo se tiene una superficie muestreada de 13,500 m^2. Esto nos arroja una intensidad de muestreo del 0.2% dirigida principalmente hacia el tipo de vegetación por afectar, en este caso matorral crasicaule.



SITIOS DE MUESTREO

Sitio	Coordenadas X	Coordenadas Y
0	403097	2301495
1	403097	2300745
2	403097	2299995
3	403097	2299245
4	403097	2298495
5	403097	2297745
6	403847	2301495
7	403847	2300745
8	403847	2299995
9	403847	2299245
10	403847	2298495
11	403847	2297745
12	404597	2300745
13	404597	2299995
14	404597	2299245
15	404597	2298495
16	404597	2296245
17	404597	2295495
18	404597	2294745
19	405347	2299245
20	405347	2298495
21	405347	2297745
22	405347	2296995
23	405347	2296245
24	405347	2295495
25	406097	2296995
26	406097	2296245

Imagen 56. Mapa de pre-muestreo en la microcuenca sobre matorral crasicaule.

Tabla 213. Ubicación geográfica de los sitios de pre-muestreo en el SA.

SITIOS DE MUESTREO		
Sitios	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
0	403097	2301495
1	403097	2300745
2	403097	2299995
3	403097	2299245
4	403097	2298495
5	403097	2297745
6	403847	2301495
7	403847	2300745
8	403847	2299995
9	403847	2299245
10	403847	2298495
11	403847	2297745
12	404597	2300745
13	404597	2299995
14	404597	2299245
15	404597	2298495
16	404597	2296245
17	404597	2295495
18	404597	2294745
19	405347	2299245
20	405347	2298495
21	405347	2297745
22	405347	2296995
23	405347	2296245
24	405347	2295495
25	406097	2296995
26	406097	2296245

a) Justificación del diseño y tamaño de los sitios de muestreo.

Se empleó el Método Sistemático al Azar, en el cual no interviene el criterio humano en la selección de los sitios de muestreo.

El Método Sistemático de Muestreo que comenzó a ser estudiado y adoptado por el Inventario Nacional Forestal desde 1961 y 1962 es hoy de uso generalizado consiste en la formación de Retículas, Secciones o Celdas cuadradas o rectangulares en la Zona de Estudio mediante el trazo de líneas horizontales y verticales formando a su vez filas y columnas y a la intersección, de estas se le denomina "Celda o Sección" en donde se ubican los sitios de muestreo y a la columna con sus respectivos Sitios de Muestreo se le denomina "Línea de Muestreo".

Existen dos esquemas del Muestreo Sistemático más conocidos: el Primero de ellos define columnas con un ancho de 1,000 m. y filas con un alto de 250 m, lo que da como resultado celdas con una superficie de 250,000 m² formando una retícula de 5 columnas por 20 filas, que da como resultado 100 sitios de muestreo.

Dado que los sitios de muestreo son circulares y tienen una superficie de 1000 m², este esquema proporciona una intensidad de muestreo del 0.4%, la cual se ha considerado como suficiente algunas veces como mayor de la requerida para obtener buena precisión en los muestreos para inventarios forestales regionales de grandes aéreas.

El Segundo Esquema de Muestreo planea un ancho de columnas de 400 m. y filas con un alto de 250 m. lo que da como resultado celdas con una superficie de 100,000 m² formando una retícula de 5 columnas por 8 filas, que da como resultado 40 sitios de muestreo.

En esta forma de distribuir el Muestreo considerando que los sitios son circulares y tienen una superficie de 1000 m², este esquema proporciona una intensidad de muestreo del 1%, la cual se ha considerada como elevada.

Para el caso específico del área de estudio, se siguió este mismo principio, sin embargo, como las áreas a muestrear no se encuentra de forma compacta, con el uso de Arc-Map se creó un "Fisher" el cual cosiste en alimentar el sistema a cada cuantos (m o km) queremos levantar cada sitio de muestreo en toda la microcuenca, ubicando al azar los sitios en el tipo de ecosistema a muestrear, quedando cada sitio a 1,500 metros en filas y columnas respectivamente.

Para el diseño de los sitios de muestreo en la microcuenca se tomó en cuenta el Manual y Procedimientos para el Muestreo de Campo. Re-muestreo 2011, elaborado por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Comisión Nacional Forestal (SEMARNAT-CONAFOR, 2011), para este tipo de vegetación, levantándose los sitios con las siguiente características y dimensiones.

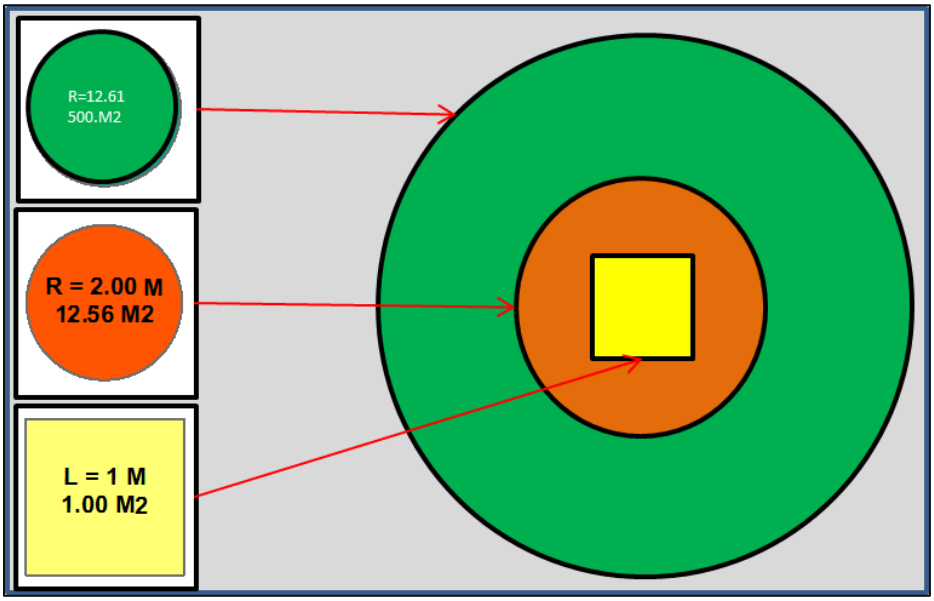


Imagen 57. Características de los sitios de muestreo en la microcuenca.

Tabla 214. Resumen y metodología del muestreo de flora silvestre en el sistema ambiental SA.

Componente	Tipo	Método	No. Sitios	Estacionalidad	Fecha de muestreo	Comunidad	Comunidad
Flora silvestre	Sistemático	Puntual	27	Invierno	Ene-26	Perenne	Terrestre

a) Representatividad y caracterización de la muestra.

Para sustentar que la muestra que se tomó en la superficie a SA nos refleja desde el punto de vista estadístico la confiabilidad necesaria, en este caso del 95%, realizaron las siguientes pruebas estadísticas:

Primero se partió de un muestreo preliminar y se define la variable que se evaluará, en nuestro caso se tomó la **riqueza de especies forestales**, es decir, el número de especies encontradas por cada sitio de muestreo. Para nuestro caso se tomaron en cuenta cinco sitios, los cuales se seleccionaron al azar, estos se muestran a continuación.

Tabla 215. Variables para el cálculo de confiabilidad de la muestra.

No. de muestra	Número de Sitio	Número de especies
1	1	10
2	5	11
3	6	12
4	18	15
5	22	13

La fórmula utilizada para el cálculo de la muestra fue la ecuación del cálculo del tamaño de muestra (n) para variables cuantitativas de una población finita. Al muestrear la vegetación, la población que se estudiará corresponde a una población finita, cuyos elementos son contables, pues se trata de cantidades concretas y estimables.

Para este cálculo se tienen que tomar en cuenta valores estadísticos como media y varianza de la muestra.

Cálculo del número de muestras:

Los datos fueron colocados en una hoja de Excel para realizar el cálculo del número de muestras necesarias para nuestro estudio. El cálculo de numero de muestras se realizó con la fórmula para el cálculo del tamaño de muestra para la proporción de una población finita:

Determinación de parámetros estadísticos

Media aritmética:

Para la determinación de la media aritmética se empleó la siguiente formula.

Ecuación de la media aritmética

$$\boldsymbol{X = \frac{\sum x_n}{n}}$$

Donde:

X : es la media aritmética.

x_n: Valores del conjunto de datos

n: Número de valores

Desviación estándar y varianza de una muestra y varianza:

Ecuación de la desviación estándar muestral

$$\boldsymbol{s = \sqrt{\frac{\sum(x - X)^2}{n - 1}}}$$

Ecuación de la varianza muestral

$$\boldsymbol{s^2 = \frac{\sum(x - X)^2}{n - 1}}$$

Donde:

X : es la media aritmética.

x: Valores del conjunto de datos

n: Número de valores

s: Desviación estándar de la muestra

s^2: Varianza de una muestra

Tabla 216. Valores estadísticos para caracterización estadística de la muestra

Número de muestra	**Número de Sitio**	**Número de especies**	$(x - X)$	$\lvert(x - X)\rvert$	$\lvert x - X\rvert^2$	**Valores estadísticos**
1	1	10	-2	**2**	**4**	Total (N) = **75**
2	5	11	-1	**1**	**1**	Media (X)= 12.2
3	6	12	1	**1**	**1**	Desviación estándar= **0.5**
4	18	15	3	**3**	**9**	Varianza= **0.25**
5	22	13	0	**0**	**0**	

$$\boldsymbol{X = \frac{\sum x_n}{n}}$$

$$X = \frac{10 + 11 + 12 + 15 + 13}{5} = \frac{61}{5} = 12.2$$

Si bien es cierto que se tomaron datos de 5 sitios de muestreo, sin embargo, no hay que perder de vista que para estimar el tamaño de la muestra se consideró como variable la riqueza de especies, por lo que la ecuación utilizada (Fórmula III.16), nos indica que debemos considerar el ***(N: Universo de los elementos del cual se ha elegido una cualidad a estudiar (variable))*** que valga la redundancia, para nuestro caso se tomó la riqueza de especies presentes en el universo, en decir, en la microcuenca, cuya riqueza fue de 75 especies.

Cálculo del número de muestras:

La ecuación del cálculo del tamaño de muestra (n) para variables cuantitativas de una población finita se utiliza en un muestreo aleatorio simple para determinar cuántos elementos deben seleccionarse de una población para obtener resultados estadísticamente significativos con un margen de error aceptable.

Cálculo del número de muestras para una población finita

$$n = \frac{N * {Z_a}^2 * S^2}{(N-1) * e^2 + {Z_a}^2 * S^2}$$

Donde:

n : Tamaño de la muestra.

S^2: Varianza de la muestra

N: Universo de los elementos del cual se ha elegido una cualidad a estudiar (variable).

Z: Valor crítico de distribución normal (valor obtenido de tablas)

e: Error máximo admisible.

Tabla 217. Valor de Z en tablas para .9750 (1.96) Extraído de Triola, 2009

TABLA A-2 (*continuación*) Área acumulativa desde la IZQUIERDA

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	* .9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767

Valores del muestreo:

S^2: Varianza de la muestra = .25

N: 75 especies

Z: 1.96 para un nivel de confianza del 95%

e: para el presente estudio fue de 15%

Desglose de fórmula:

$$\boldsymbol{n = \frac{N * {Z_a}^2 * S^2}{(N-1) * e^2 + {Z_a}^2 * S^2}}$$

$$n = \frac{75 * 1.96^2 * .5^2}{(75-1) * .15^2 + 1.96^2 * .5^2} = \frac{75 * 3.8416 * .25}{74 * .0225 + 3.8416 * .25} = \frac{72.03}{.2.6254} = 27.436$$

$$\boldsymbol{n = 27\ sitios}$$

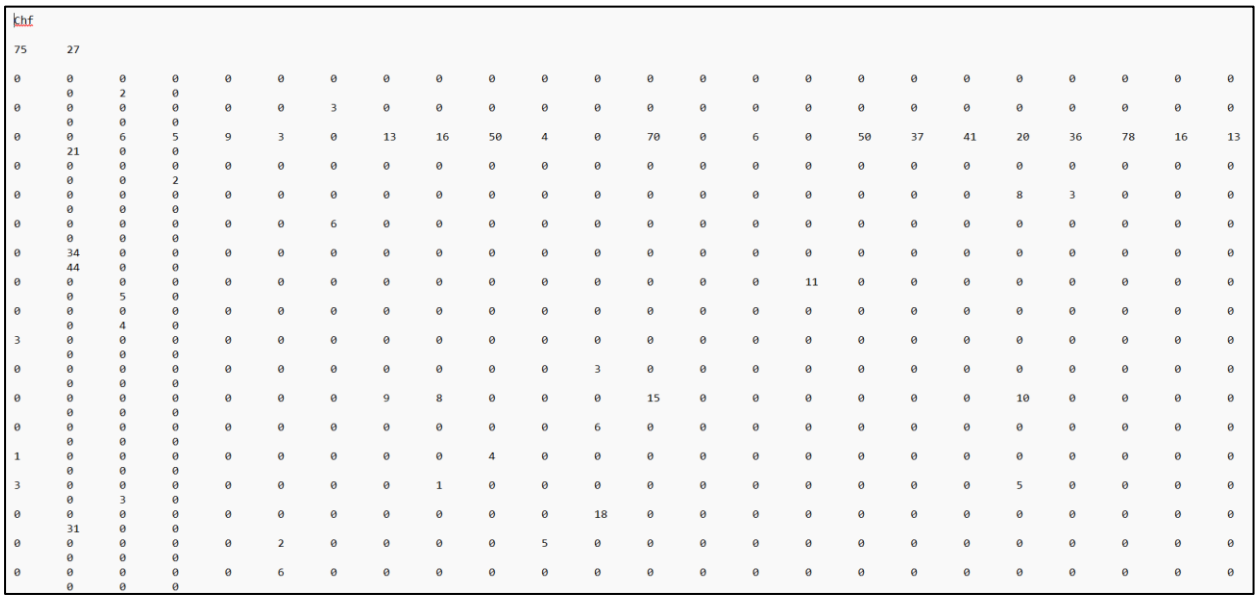
Por lo tanto para el presente muestreo, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 15% se trabajarán con 27 sitios.

Curva de acumulación de especies.

Con la finalidad de generar certidumbre sobre la confiabilidad del muestreo realizado se procedió a construir una Curva de Acumulación de Especies la cual permite evaluar la representatividad del esfuerzo de muestreo aplicado, con **un nivel de confianza del 95%.** Para ello fue necesario trabajar con los **27 sitios de muestreo** levantados donde fue posible identificar una riqueza de **75 especies**.

En este análisis se trabajó con los sitios levantados en el tipo de vegetación por afectar con el cambio de uso de suelo en áreas forestales en este caso matorral crasicaule dentro del SA, los cuales incluyen información del número de especies observadas, así como la abundancia por sitio de cada una de esas especies, con los datos obtenidos en campo y ordenados en Excel, se genera la siguiente tabla de texto delimitada por tabulaciones:

Tabla 218. Datos tabulares de abundancia para ingreso al Sistema EstimateS.



chf																								
75	27																							
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	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	0	0																					
0	0	6	5	9	3	0	13	16	50	4	0	70	0	6	0	50	37	41	20	36	78	16	13	
	21	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	2																					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	0	0	0	
	0	0	0																					
0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0																					
0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	44	0	0																					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	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	0	0	0
	0	4	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	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	0	0	0	0	0	0	9	8	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	
	0	0	0																					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	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	4	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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
	0	3	0																					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	31	0	0																					
0	0	0	0	0	2	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	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0																					

Posteriormente para realizar la construcción de la curva de acumulación de las especies se utilizó el programa denominado EstimateS versión 9.1; este programa es una aplicación de software libre para sistemas operativos Windows que calcula una variedad de estadísticas, estimadores e índices de biodiversidad basados en datos de muestreo biótico; calcula las curvas de acumulación de especies esperadas para las muestras de referencia con intervalos de confianza incondicionales del 95%, utilizando las fórmulas analíticas de Colwell et al. 2004 y Colwell et. al 2012

Para correr el programa EstimateS los datos deben venir en un archivo con formato de texto (delimitado por tabulaciones) (*.txt). El archivo está establecido de modo que cada fila representa una especie, y cada columna una unidad muestral (sitios). Los datos que aparecen son las abundancias de las especies registradas en cada unidad muestral. Tal como se puede observar la siguiente ventana que el programa nos confirma que estamos trabajando con 27 sitios y 75 especies:

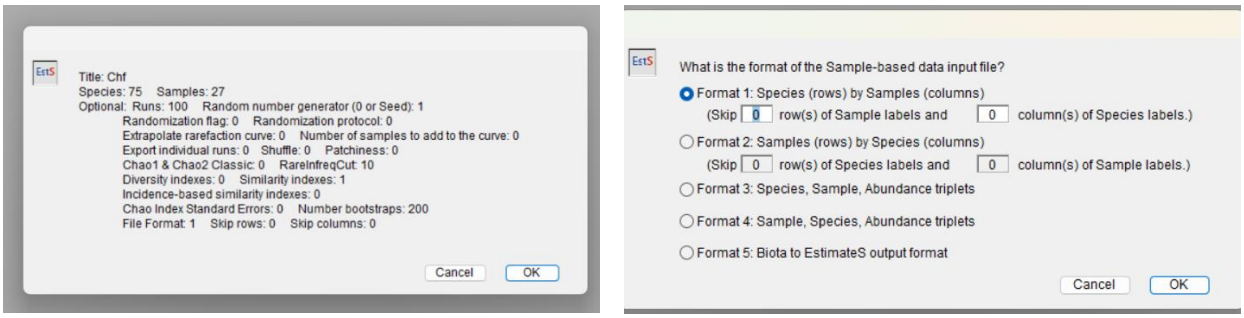


Imagen 58. Pasos y parámetros de entrada de datos del Sistema EstimateS.

El programa nos da la posibilidad de extrapolar los datos de las muestras incorporadas con la finalidad de prolongar la curva que será construida y poder observar su comportamiento después del último sitio evaluado, en este caso establecimos 3 sitios extrapolados:

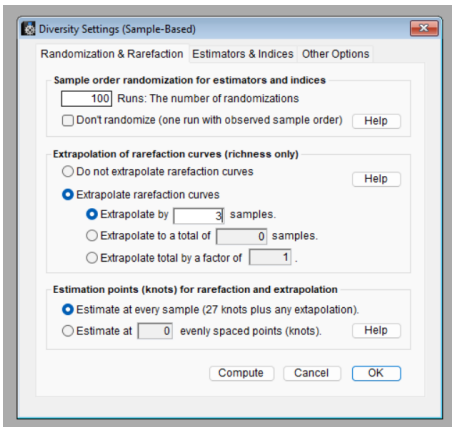


Imagen 59. Parámetros de EstimateS para agregar 3 muestreos más para la extrapolación de la curva.

De tal manera el programa procesa los datos y nos arroja la siguiente tabla con los resultados estadísticos:

Tabla 219. Resultados de Estímate para generar la curva de acumulación de especies.

Chf

Samples	Individuals (computed)	S(est) (analytical)	S(est) 95% CI Lower bound	S(est) 95% CI Upper bound	S(est) SD (analytical)	S Mean (runs)	Singletons Mean	Singletons SD (runs)	Doubletons Mean	Doubletons SD (runs)	Uniques Mean	Uniques SD (runs)	Duplicates Mean	Duplicates SD (runs)	ACE Mean	ACE SD (runs)	ICE Mean	ICE SD (runs)	Chao1 Mean	Chao1 95% CI Lower Bd.	Ch CI
1	65.77	10.96	8.43	13.48	1.28	10.97	2.56	1.88	2.15	1.79	10.97	3.07	0	0	13.12	4.47	10.97	3.07	12.63	11.29	
2	131.55	19.24	15.33	23.16	1.99	19.26	4.3	1.89	3.12	1.78	16.8	3.64	2.46	1.64	22.35	4.56	187.16	139.35	22.10	19.78	
3	197.33	25.82	21.05	30.59	2.43	25.91	5.12	2.18	4.15	1.94	19.98	4.02	4.99	2.14	29.33	5.09	102.35	54.48	28.89	26.52	
4	263.11	31.23	25.90	36.56	2.71	31.25	5.46	2.24	4.73	1.99	21.5	4.04	7.3	2.64	34.53	5.32	79.78	24.39	34.23	31.82	
5	328.88	35.79	30.09	41.50	2.91	36.99	5.61	2.10	5.49	2.30	22.91	3.85	8.74	2.89	39.08	5.02	77.52	17.23	38.80	36.52	
6	394.66	39.72	33.75	45.69	3.04	39.77	5.69	2.24	5.9	2.17	23.68	3.96	9.72	2.82	42.82	5	77.64	16.71	42.42	40.29	
7	460.44	43.15	37	49.30	3.13	42.99	5.69	2.30	5.96	2.21	23.72	3.94	10.52	2.89	45.91	4.99	76.76	13.92	45.68	43.55	
8	526.22	46.19	39.91	52.46	3.20	46.18	5.78	2.33	6.09	2.13	24.19	3.81	11.13	2.71	49.05	4.73	78.74	12.83	48.87	46.73	
9	592	48.91	42.55	55.27	3.24	49	5.91	2.40	6.11	2	24.69	3.93	11.58	3.05	51.86	4.76	81.42	12.66	51.75	49.56	
10	657.77	51.38	44.95	57.80	3.27	51.6	5.95	2.38	6.21	2.03	24.88	4	11.89	2.83	54.42	4.63	82.88	12.14	54.32	52.14	
11	723.55	53.63	47.16	60.10	3.30	53.72	5.78	2.39	6.32	1.97	25.04	4.02	12.05	3.08	56.38	4.59	84.83	12.10	56.19	54.21	
12	789.33	55.70	49.19	62.21	3.31	55.7	5.71	2.27	6.13	2.14	25.01	3.92	12.01	3.05	58.22	4.26	85.84	10.92	58.27	56.18	
13	855.11	57.64	51.10	64.17	3.33	57.64	5.48	2.16	6.22	2.17	24.88	3.60	12.26	2.91	59.95	3.99	86.43	9.76	59.99	58.10	
14	920.88	59.49	52.94	66.04	3.34	59.4	5.41	2.21	6.27	2.24	24.77	3.72	12.5	2.79	61.65	4.07	86.96	9.64	61.78	59.86	
15	986.66	61.05	54.47	67.63	3.35	60.86	5.3	2.14	6.21	2.16	24.74	3.83	12.39	2.77	63.06	4.03	87.88	9.99	63.17	61.35	
16	1052.44	62.61	56.01	69.21	3.36	62.36	5.29	1.93	6.11	2.16	24.63	3.7	12.57	2.69	64.49	3.63	88.42	9.49	64.51	62.77	
17	1118.22	64.07	57.45	70.69	3.37	63.81	5.06	1.79	6.1	2.29	24.63	3.82	12.65	2.62	65.77	3.57	89.32	9.73	65.82	64.17	
18	1184	65.45	58.80	72.10	3.39	65.23	4.92	1.66	5.95	2.23	24.69	3.50	12.65	2.49	67.08	3.39	90.11	8.67	67.15	65.56	
19	1249.77	66.75	60.07	73.43	3.40	66.59	4.86	1.52	5.82	2.11	24.69	3.17	12.84	2.34	68.37	3.02	91.19	7.59	68.37	66.87	
20	1315.56	67.98	61.27	74.70	3.42	67.76	4.7	1.41	5.78	1.88	24.4	2.98	13.46	2.30	69.46	2.92	91.57	6.95	69.33	68	
21	1381.33	69.15	62.40	75.90	3.44	68.93	4.52	1.41	5.75	1.70	24.29	2.67	13.74	2.25	70.53	2.62	92.24	6.06	70.37	69.15	
22	1447.11	70.26	63.46	77.05	3.46	70.08	4.51	1.30	5.66	1.59	24.04	2.58	14.11	2.15	71.67	2.49	92.73	5.89	71.51	70.29	
23	1512.88	71.30	64.46	78.15	3.49	71.23	4.44	1.23	5.59	1.54	24.05	2.40	14.33	2.19	72.75	2.31	93.69	5.34	72.59	71.42	
24	1578.66	72.30	65.40	79.20	3.52	72.2	4.32	0.98	5.49	1.43	23.85	2.07	14.62	1.92	73.64	1.90	94.28	4.50	73.45	72.36	
25	1644.44	73.25	66.29	80.21	3.55	73.18	4.19	0.76	5.37	1.21	23.62	1.83	15.08	1.57	74.53	1.54	94.87	3.89	74.31	73.32	
26	1710.22	74.14	67.12	81.17	3.58	74.18	4.1	0.67	5.17	0.81	23.41	1.26	15.56	1.28	75.44	1.05	95.42	2.62	75.26	74.30	
27	1776	75	67.89	82.10	3.62	75	4	0	5	0	23	0	16	0	76.17	0	95.46	0	75.99	75.11	
28	1841.77	75.80	68.62	82.99	3.66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	1907.55	76.57	69.29	83.85	3.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	1973.33	77.30	69.92	84.68	3.76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

El archivo que resulta se exporta en formato "ASCII file (.txt)" el cual se lee como documento de texto en block de notas; posteriormente la tabla exportada se copia en Excel. Del total de las columnas solo se quedarán aquellas que nos refieren los límites de la curva de acumulación de las especies con un nivel de confianza del 95%, los estimadores no paramétricos **ACE1 y Chao1** y el número de muestras levantadas así como las que fueron extrapoladas:

Tabla 220. Resultados de EstimateS en hoja de Excel para generar la curva de acumulación de especies.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	EstimateS (Version 9.1.0), Copyright R. K. Colwell: http://purl.oclc.org/estimates																							
2	Diversity Output from Input File: Chf (14 mayo, 2025)																							
3	Reference Sample = 27																							
4																								
5	Samples	Individuals (co	S(est)	S(est) 95% CI	S(est) 95% CI	S(est) SD	S Mean (runs	Singletons Me	Singletons SD	Doubletons M	Doubletons S	Uniques Mea	Uniques SD (r	Duplicates M	Duplicates SD	ACE Mean	ACE SD (runs	ICE Mean	ICE SD (runs)	Chao 1 Mean	Chao 1 95% C	Chao 1 95% C	Chao 1 SD (ar	Chao 2 Mean
6	1	65.78	10.96	8.44	13.49	1.29	10.97	2.56	1.89	2.15	1.8	10.97	3.07	0	0	13.13	4.47	10.97	3.07	12.63	11.3	23.71	2.35	10.97
7	2	131.56	19.25	15.33	23.16	2	19.26	4.3	1.9	3.12	1.79	16.8	3.65	2.46	1.65	22.35	4.56	187.16	139.35	22.11	19.79	37.24	3.36	47.52
8	3	197.33	25.83	21.06	30.6	2.43	25.91	5.12	2.18	4.15	1.95	19.98	4.02	4.99	2.14	29.33	5.1	102.35	54.48	28.9	26.53	43.34	3.3	52.57
9	4	263.11	31.24	25.91	36.57	2.72	31.25	5.46	2.25	4.73	1.99	21.5	4.04	7.3	2.65	34.54	5.32	79.78	24.4	34.24	31.82	48.34	3.25	54.29
10	5	328.89	35.8	30.09	41.51	2.91	35.99	5.61	2.11	5.49	2.3	22.91	3.86	8.74	2.9	39.08	5.02	77.52	17.24	38.8	36.53	52	3.05	59.67
11	6	394.67	39.72	33.75	45.69	3.05	39.77	5.69	2.25	5.9	2.17	23.68	3.97	9.72	2.83	42.82	5	77.64	16.71	42.43	40.29	54.8	2.86	63.45
12	7	460.44	43.15	37	49.3	3.14	42.99	5.69	2.31	5.96	2.22	23.72	3.94	10.52	2.89	45.92	4.99	76.76	13.93	45.68	43.55	58.12	2.88	65.48
13	8	526.22	46.19	39.92	52.47	3.2	46.18	5.78	2.34	6.09	2.13	24.19	3.81	11.13	2.71	49.06	4.74	78.74	12.83	48.88	46.74	61.17	2.86	68.51
14	9	592	48.92	42.55	55.28	3.25	49	5.91	2.41	6.11	2.01	24.69	3.93	11.58	3.06	51.87	4.76	81.42	12.67	51.75	49.56	64.2	2.91	72.39
15	10	657.78	51.38	44.96	57.81	3.28	51.6	5.95	2.38	6.21	2.04	24.88	4.01	11.89	2.84	54.43	4.64	82.88	12.14	54.32	52.14	66.65	2.88	74.77
16	11	723.56	53.63	47.16	60.1	3.3	53.72	5.78	2.39	6.32	1.97	25.04	4.02	12.05	3.08	56.39	4.59	84.84	12.11	56.2	54.21	67.71	2.67	77.26
17	12	789.33	55.71	49.2	62.21	3.32	55.7	5.71	2.28	6.13	2.15	25.01	3.92	12.01	3.06	58.22	4.27	85.85	10.93	58.27	56.19	70.32	2.79	79.47
18	13	855.11	57.64	51.11	64.18	3.33	57.64	5.48	2.17	6.22	2.18	24.88	3.61	12.26	2.91	59.95	3.99	86.44	9.77	60	58.11	71.42	2.6	80.58
19	14	920.89	59.49	52.94	66.05	3.34	59.4	5.41	2.22	6.27	2.24	24.77	3.73	12.5	2.8	61.65	4.08	86.97	9.64	61.78	59.86	73.2	2.61	81.99
20	15	986.67	61.06	54.48	67.63	3.36	60.86	5.3	2.15	6.21	2.17	24.74	3.84	12.39	2.77	63.06	4.04	87.88	10	63.18	61.35	74.5	2.57	83.69
21	16	1052.44	62.61	56.01	69.21	3.37	62.36	5.29	1.93	6.11	2.17	24.63	3.7	12.57	2.7	64.5	3.63	88.43	9.49	64.51	62.77	75.5	2.47	84.42
22	17	1118.22	64.07	57.45	70.7	3.38	63.81	5.06	1.79	6.1	2.3	24.63	3.82	12.65	2.63	65.78	3.57	89.32	9.74	65.83	64.17	76.5	2.37	85.8
23	18	1184	65.45	58.8	72.1	3.39	65.23	4.92	1.67	5.95	2.24	24.69	3.51	12.65	2.49	67.08	3.39	90.12	8.67	67.16	65.57	77.66	2.31	86.9
24	19	1249.78	66.76	60.07	73.44	3.41	66.59	4.86	1.52	5.82	2.11	24.69	3.17	12.84	2.35	68.38	3.03	91.19	7.59	68.38	66.88	78.5	2.21	87.91
25	20	1315.56	67.99	61.27	74.7	3.43	67.76	4.7	1.41	5.78	1.89	24.4	2.98	13.46	2.3	69.47	2.93	91.57	6.96	69.34	68	78.82	2.03	87.62
26	21	1381.33	69.15	62.4	75.91	3.45	68.93	4.52	1.41	5.75	1.7	24.29	2.68	13.74	2.26	70.54	2.63	92.24	6.06	70.38	69.16	79.37	1.91	88.11
27	22	1447.11	70.26	63.46	77.06	3.47	70.08	4.51	1.31	5.66	1.6	24.04	2.59	14.11	2.15	71.67	2.49	92.74	5.89	71.51	70.3	80.56	1.91	88.31
28	23	1512.89	71.31	64.46	78.16	3.49	71.23	4.44	1.23	5.59	1.54	24.05	2.41	14.33	2.19	72.75	2.31	93.69	5.35	72.6	71.42	81.47	1.86	89.19
29	24	1578.67	72.31	65.41	79.21	3.52	72.2	4.32	0.98	5.49	1.44	23.85	2.08	14.62	1.93	73.65	1.91	94.29	4.51	73.46	72.37	82.09	1.78	89.38
30	25	1644.44	73.25	66.29	80.21	3.55	73.18	4.19	0.76	5.37	1.22	23.62	1.83	15.08	1.57	74.54	1.54	94.88	3.89	74.32	73.32	82.61	1.68	89.45
31	26	1710.22	74.15	67.12	81.18	3.59	74.18	4.1	0.58	5.17	0.82	23.41	1.26	15.56	1.28	75.45	1.05	95.43	2.62	75.26	74.31	83.43	1.64	89.58
32	27	1776	75	67.9	82.1	3.62	75	4	0	5	0	23	0	16	0	76.18	0	95.47	0	76	75.11	83.97	1.58	89.33
33	28	1841.78	75.81	68.62	82.99	3.67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	29	1907.56	76.58	69.3	83.85	3.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	30	1973.33	77.3	69.93	84.68	3.76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

El estimador de cobertura basado en abundancia, por sus siglas en inglés (ACE) y CHAO1, son métodos estadísticos utilizados ampliamente para estimar la riqueza de especies (diversidad alfa) en una comunidad. El estimador no paramétrico ACE estima el número de especies raras y su

abundancia en la comunidad, mientras que el estimador CHAO1 es relativamente menos complejo pues solo estima la riqueza de especies basado en el número de especies raras en la muestra. Los valores de estos estimadores consideran las especies raras (CHAO1) y además la estructura de la comunidad (ACE), además, permiten reducir el sesgo del submuestreo.

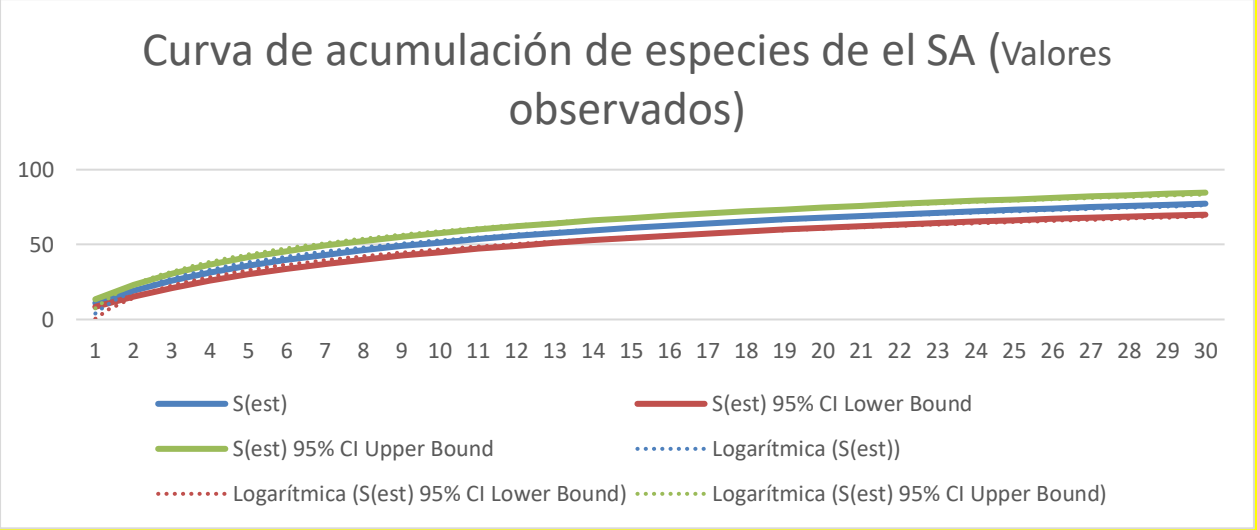
En la tabla de datos obtenidos de EstimateS para la construcción de la curva de acumulación de especies se puede identificar que en las columnas están los valores observados (S) así como como los obtenidos del análisis con los estimadores ACE y Chao 1 con su respectivo promedio. Estos datos se seleccionarán y se pondrán en otra hoja de cálculo para realizar la curva de acumulación de especies:

Tabla 221. Resultados obtenidos de los estimadores para generar la curva de acumulación de especies.

Promedio de observaciones	Promedio de ACE	Promedio de Chao 1
10.97	13.13	12.63
19.26	22.35	22.11
25.91	29.33	28.9
31.25	34.54	34.24
35.99	39.08	38.8
39.77	42.82	42.43
42.99	45.92	45.68
46.18	49.06	48.88
49	51.87	51.75
51.6	54.43	54.32
53.72	56.39	56.2
55.7	58.22	58.27
57.64	59.95	60
59.4	61.65	61.78
60.86	63.06	63.18
62.36	64.5	64.51
63.81	65.78	65.83
65.23	67.08	67.16
66.59	68.38	68.38

Promedio de observaciones	Promedio de ACE	Promedio de Chao 1
67.76	69.47	69.34
68.93	70.54	70.38
70.08	71.67	71.51
71.23	72.75	72.6
72.2	73.65	73.46
73.18	74.54	74.32
74.18	75.45	75.26
75	76.18	76
10.97	13.13	12.63
1470.79	**1531.79**	**1527.92**
%	**96.0177%**	**96.2609%**

Para visualizar sólo los valores muestreados se realizó la Curva de Acumulación de Especies con extrapolación logarítmica teniendo en cuenta el límite inferior y superior al 95% obtenido en EstimateS:

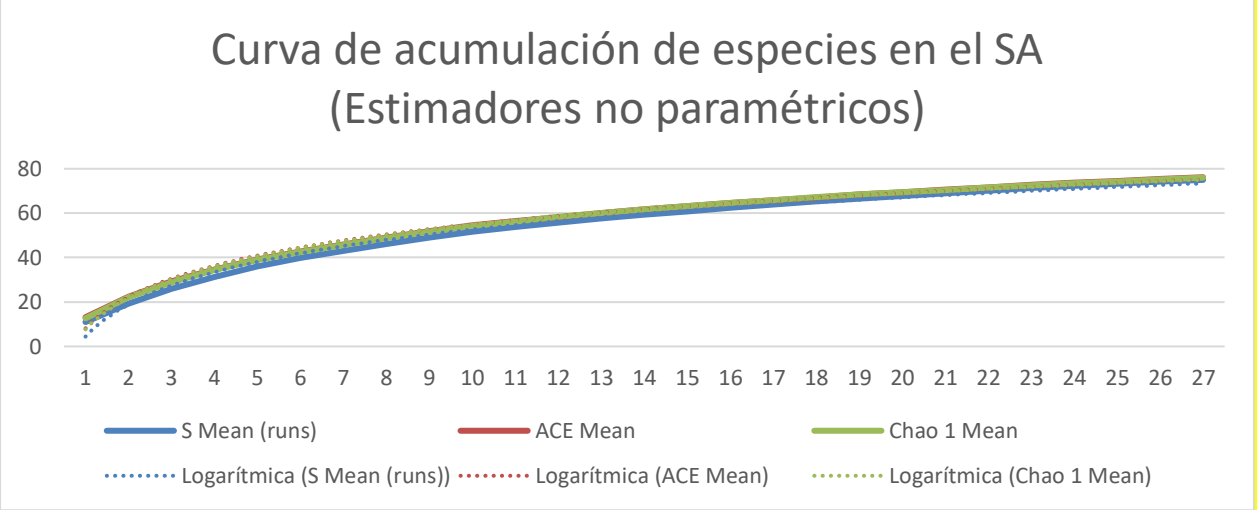


Grafica 45**.** Curva de acumulación de especies en el SA.

En la gráfica podemos observar que la Curva de Acumulación de Especies construida con la información obtenida en los sitios de muestreo (línea media azul), queda incluida entre el límite inferior (línea roja) y límite superior (línea verde) del grado de confiabilidad del 95%, así también podemos advertir que las muestras extrapoladas en la curva sigue un mismo curso dentro del

límite inferior y el límite superior, lo que nos indica que aún si continuáramos levantando sitios de muestreo en el SA, ya no se modifica el grado de confiablidad del 95%.

Posteriormente con los promedios de los datos obtenidos (S, ACE y Chao1) se construye la siguiente curva:



Grafica 46. Curva de acumulación de especies en el SA. Se muestra en línea punteada la curva logarítmica de cada uno de los indicadores.

Los valores del promedio de Chao1 y ACE fueron para ambos 95% lo cual nos indica una gran completitud de nuestro muestreo.

Finalmente concluimos que las **27 muestras tomadas en campo son suficientes para alcanzar un grado de confiabilidad del 95%,** y ya no sería necesario adicionar una mayor cantidad de sitios de muestreo puesto que a través de las muestras extrapoladas, la curva de acumulación de especies sigue un mismo curso, siempre por encima del límite inferior.

Análisis de diversidad de flora silvestre en el sistema ambiental.

Los índices de diversidad son considerados como medidas de la varianza de la distribución de la abundancia de especies. Algunos de los índices más aceptados son aquellos que combinan los dos componentes principales del concepto; el número de especies y la abundancia relativa de cada una. Los utilizados para expresar la biodiversidad específica son el índice de Shannon-Weiver (H'), Simpson (D) y Margalef (D_{Mg}) .

Para el caso del área de estudio los índices utilizados se aplicaron siguiendo las siguientes fórmulas

Índice de Shannon-Weiver (H') (1949)

$$\boldsymbol{H' = -\sum(P_i(log * Pi))}$$

$$\boldsymbol{P_{1=}n_i/N}$$

Índice de Simpson(D) (EH Simpson, 1949) e Índice de diversidad de Simpson (1-D)

$$\boldsymbol{D = \sum {P_i}^2 \quad y \quad 1 - D = \sum {P_i}^2}$$

Índice de Margalef (Magurran, 2004).

$$\boldsymbol{D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln{(N)}}}$$

Donde:

ni: número de individuos de la especie i

N: número total de individuos de todas las especies

Pi: proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos

Ln= Logaritmo natural (base e)

S= Número total de especies presentes

- Al final de la tabla se encuentra la sumatoria algebraica de Pi((Log)(Pi)) que da como resultado el Índice de diversidad de Shannon-Weaver, la sumatoria de ${P_i}^2$ correspondiente al índice de Simpson (D) y Margalef $D_{Mg}\,\frac{(s-1)}{lnN}$ resultado del índice de Margalef para dicho ecosistema florístico

El objetivo principal de un índice de diversidad es obtener una estimación cuantitativa de la variabilidad biológica que permita comparar entidades biológicas en el espacio y el tiempo.

El índice de Shannon-Weiver (1949) considera dos aspectos que contribuyen al concepto de diversidad en una comunidad: la riqueza de especies y la uniformidad (Ortiz-Burgos,2016). Este índice se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía

entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Pla,2006). La mayor limitación de este índice es que no tiene en cuenta la distribución de las especies en el espacio.

El índice de Simpson (D) estima si una comunidad determinada está compuesta por especies muy abundantes ya que en su metodología suma las abundancias de cada una al cuadrado y así, les da importancia a las especies con alto valor, varía entre 0 y 1, donde valores cercanos a 1 indican baja diversidad y dominancia de unas pocas especies. De manera complementaria los valores reportados por el complementario de este índice (1-D) mide la diversidad de la comunidad de una manera más intuitiva, también varía entre 0 y 1, pero en este caso, valores cercanos a 1 indican alta diversidad.

Por su parte el Índice de Margalef determina la biodiversidad de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies, en función del número total de individuos existentes en la muestra analizada. En este índice se toman en cuenta el número de especies (S) y el número de individuos (N)

En base al inventario de campo de las especies presentes en el predio, con el uso de la metodología antes descritas se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 222. Índices de diversidad del sistema ambiental.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)	Abundancia relativa (Pi)	pi^2	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)	H'
1	Doradilla	*Astrolepis sinuata*	No	Nativa	2	0.0011	0.0000	-6.7890	-0.0076	0.0076
2	Pasto 2	*Briza sp*	No	Introducida	3	0.0017	0.0000	-6.3835	-0.0108	0.0108
3	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	No	Introducida	494	0.2782	0.0774	-1.2796	-0.3559	0.3559
4	Mala mujer	*Cnidoscolus multilobus*	No	Endémico	2	0.0011	0.0000	-6.7890	-0.0076	0.0076
5	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	No	Nativa	11	0.0062	0.0000	-5.0842	-0.0315	0.0315
6	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	No	Introducida	6	0.0034	0.0000	-5.6904	-0.0192	0.0192
7	Lechuguilla	*Hechtia lepidophylla*	No	Endémico	78	0.0439	0.0019	-3.1254	-0.1373	0.1373
8	Guapilla	*Hechtia podantha*	No	Endémico	16	0.0090	0.0001	-4.7095	-0.0424	0.0424
9	Pluma	*Iresine diffusa*	No	Nativa	4	0.0023	0.0000	-6.0958	-0.0137	0.0137
10	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	No	Nativa	3	0.0017	0.0000	-6.3835	-0.0108	0.0108
11	Jarrito	*Loeselia coerulea*	No	Nativa	3	0.0017	0.0000	-6.3835	-0.0108	0.0108
12	Conito	*Mentzelia hispida*	No	Endémico	42	0.0236	0.0006	-3.7444	-0.0886	0.0886
13	Zacate lanudo	*Muhlenbergia pubescens*	No	Nativa	6	0.0034	0.0000	-5.6904	-0.0192	0.0192
14	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	No	Endémico	5	0.0028	0.0000	-5.8727	-0.0165	0.0165
15	Casquete potosino	*Scutellaria potosina*	No	Nativa	12	0.0068	0.0000	-4.9972	-0.0338	0.0338
16	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	No	Nativa	49	0.0276	0.0008	-3.5903	-0.0991	0.0991
17	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	No	Nativa	7	0.0039	0.0000	-5.5362	-0.0218	0.0218
18	Gallito de monte	*Zinnia peruviana*	No	Nativa	6	0.0034	0.0000	-5.6904	-0.0192	0.0192
19	Maguey áspero	*Agave asperrima*	No	Endémico	56	0.0315	0.0010	-3.4568	-0.1090	0.1090
20	Lechuguilla	*Agave difformis*	No	Endémico	3	0.0017	0.0000	-6.3835	-0.0108	0.0108
21	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	No	Endémico	14	0.0079	0.0001	-4.8431	-0.0382	0.0382
22	Charrasquillo	*Calliandra eriophylla*	No	Nativa	2	0.0011	0.0000	-6.7890	-0.0076	0.0076
23	Granjeno	*Celtis pallida*	No	Nativa	5	0.0028	0.0000	-5.8727	-0.0165	0.0165
24	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	No	Endémico	4	0.0023	0.0000	-6.0958	-0.0137	0.0137

25	Escobilla	*Dalea bicolor*	No	Nativa	27	0.0152	0.0002	-4.1863	-0.0636	0.0636
26	Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum*	(A)	Endémico	63	0.0355	0.0013	-3.3390	-0.1184	0.1184
27	Chapulixtle	*Dodonaea viscosa*	No	Nativa	18	0.0101	0.0001	-4.5917	-0.0465	0.0465
28	Sanguinaria	*Ephedra compacta*	No	Endémico	3	0.0017	0.0000	-6.3835	-0.0108	0.0108
29	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	No	Nativa	7	0.0039	0.0000	-5.5362	-0.0218	0.0218
30	Ocotilla	*Fouquieria splendens*	No	Nativa	88	0.0495	0.0025	-3.0048	-0.1489	0.1489
31	Barreta	*Helietta parvifolia*	No	Nativa	12	0.0068	0.0000	-4.9972	-0.0338	0.0338
32	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	No	Endémico	9	0.0051	0.0000	-5.2849	-0.0268	0.0268
33	Tullidora	*Karwinskia humboldtiana*	No	Nativa	42	0.0236	0.0006	-3.7444	-0.0886	0.0886
34	Capulincillo	*Karwinskia mollis*	No	Nativa	26	0.0146	0.0002	-4.2240	-0.0618	0.0618
35	Chayotillo	*Krameria cytisoides*	No	Endémico	2	0.0011	0.0000	-6.7890	-0.0076	0.0076
36	Gobernadora	*Larrea tridentata*	No	Endémica	4	0.0023	0.0000	-6.0958	-0.0137	0.0137
37	Cenizo	*Leucophyllum minus*	No	Endémica	3	0.0017	0.0000	-6.3835	-0.0108	0.0108
38	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	No	Nativa	5	0.0028	0.0000	-5.8727	-0.0165	0.0165
39	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	No	Nativa	27	0.0152	0.0002	-4.1863	-0.0636	0.0636
40	Uña de gato	*Mimosa texana*	No	Endémica	68	0.0383	0.0015	-3.2626	-0.1249	0.1249
41	Cabello de ángel	*Painteria revoluta*	No	Endémica	32	0.0180	0.0003	-4.0164	-0.0724	0.0724
42	Huizache	*Vachellia farnesiana*	No	Nativa	6	0.0034	0.0000	-5.6904	-0.0192	0.0192
43	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	No	Endémica	3	0.0017	0.0000	-6.3835	-0.0108	0.0108
44	Tepozán	*Buddleja cordata*	No	Endémica	2	0.0011	0.0000	-6.7890	-0.0076	0.0076
45	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	No	Nativa	103	0.0580	0.0034	-2.8474	-0.1651	0.1651
46	Colorín	*Erythrina americana*	(A)	Endémica	1	0.0006	0.0000	-7.4821	-0.0042	0.0042
47	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	No	Nativa	22	0.0124	0.0002	-4.3911	-0.0544	0.0544
48	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	No	Endémica	17	0.0096	0.0001	-4.6489	-0.0445	0.0445
49	Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	No	Nativa	3	0.0017	0.0000	-6.3835	-0.0108	0.0108
50	Mauto	*Lysiloma divaricatum*	No	Nativa	1	0.0006	0.0000	-7.4821	-0.0042	0.0042
51	Mezquite	*Neltuma laevigata*	No	Endémica	8	0.0045	0.0000	-5.4027	-0.0243	0.0243
52	Encino quiebra hacha	*Quercus rugosa*	No	Nativa	3	0.0017	0.0000	-6.3835	-0.0108	0.0108

53	Encino gris	*Quercus grisea*	No	Nativa	1	0.0006	0.0000	-7.4821	-0.0042	0.0042
54	Palo prieto	*Senna wislizeni*	No	Nativa	6	0.0034	0.0000	-5.6904	-0.0192	0.0192
55	Huizache chino	*Vachellia schaffneri*	No	Nativa	5	0.0028	0.0000	-5.8727	-0.0165	0.0165
56	Palma pita	*Yucca filifera*	No	Endémica	18	0.0101	0.0001	-4.5917	-0.0465	0.0465
57	Biznaga cónica	*Cochemiea conoidea*	No	Nativa	4	0.0023	0.0000	-6.0958	-0.0137	0.0137
58	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	No	Endémica	11	0.0062	0.0000	-5.0842	-0.0315	0.0315
59	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	No	Endémica	20	0.0113	0.0001	-4.4864	-0.0505	0.0505
60	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	No	Endémica	5	0.0028	0.0000	-5.8727	-0.0165	0.0165
61	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	No	Nativa	51	0.0287	0.0008	-3.5503	-0.1020	0.1020
62	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	No	Nativa	1	0.0006	0.0000	-7.4821	-0.0042	0.0042
63	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	(P)	Endémica	14	0.0079	0.0001	-4.8431	-0.0382	0.0382
64	Alicoché cocuá	*Echinocereus cinerascens*	No	Endémica	7	0.0039	0.0000	-5.5362	-0.0218	0.0218
65	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	No	Endémica	3	0.0017	0.0000	-6.3835	-0.0108	0.0108
66	Huamisha	*Ferocactus histrix*	(Pr)	Endémica	11	0.0062	0.0000	-5.0842	-0.0315	0.0315
67	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	No	Endémica	9	0.0051	0.0000	-5.2849	-0.0268	0.0268
68	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	No	Nativa	22	0.0124	0.0002	-4.3911	-0.0544	0.0544
69	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	No	Endémica	25	0.0141	0.0002	-4.2632	-0.0600	0.0600
70	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	No	Nativa	56	0.0315	0.0010	-3.4568	-0.1090	0.1090
71	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	No	Nativa	3	0.0017	0.0000	-6.3835	-0.0108	0.0108
72	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	No	Nativa	6	0.0034	0.0000	-5.6904	-0.0192	0.0192
73	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	No	Endémico	26	0.0146	0.0002	-4.2240	-0.0618	0.0618
74	Nopal chamacuelo	*Opuntia tomentosa*	No	Endémico	30	0.0169	0.0003	-4.0809	-0.0689	0.0689
75	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortieri*	No	Nativa	4	0.0023	0.0000	-6.0958	-0.0137	0.0137
				TOTAL	**1776**					
				LN(N)	**7.4821189**	**Índice de Shannon-Weiver -∑Pi*Ln2Pi**				**3.2603**
						Índice de Simpson (D) ∑= pi^2				**0.0957**
					Índice de diversidad de Simpson (1-D) ∑= 1-(pi^2)					**0.9043**

	Índice de Margalef DMg = (S - 1) / ln N S=75 (S-1) =74 N=1776 LnN=7.4821	**9.8902**

Con base en la estimación que arrojo el inventario florístico en el SA se estima una riqueza especifica de **75 especies**, con una abundancia de **1,776 ejemplares observados**. En el análisis de diversidad el índice de **Shannon-Weiver (H' =3.26)** nos dice nuestra muestra presenta una diversidad media, considerando los valores que van del 1 al 5 de dicha metodología. En conjunto con el valor del **índice de Simpson (D=.0957)** nos indica que la diversidad de la población se distribuye de manera uniforme pues hay dominancia de pocas especies. Mientras que el **Índice de Diversidad de Simpson (1-D=.9043)** nos dice que la población presenta alta diversidad. Finalmente, el **índice de Margalef (D_{Mg}=9.8902)** nos aporta que la población es altamente heterogénea.

En la NOM-059-SEMARNAT-2010 se identificaron dos especies Amenazadas (A): *Erythrina americana* y *Dasylirion acrotrichum*, una en Protección Especial (Pr): *Ferocactus histrix* y en Peligro de Extinción (P): *Echinocactus platyacanthus* Además de 33 especies endémicas, 38 especies nativas y 3 especies introducidas.

Con la misma información fue posible estimar el Índice de diversidad por, los resultados se presentan a continuación.

Tabla 223. Índice de diversidad del estrato **herbáceo** del sistema ambiental.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)	Abundancia relativa (Pi)	pi^2	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)	Índice de Shannon
1	Doradilla	*Astrolepis sinuata*	No	Nativa	2	0.0027	0.00001	-5.9256	-0.0158	0.0158
2	Pasto 2	*Briza sp*	No	Introducida	3	0.0040	0.00002	-5.5201	-0.0221	0.0221
3	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	No	Introducida	494	0.6595	0.43500	-0.4162	-0.2745	0.2745
4	Mala mujer	*Cnidoscolus multilobus*	No	Endémico	2	0.0027	0.00001	-5.9256	-0.0158	0.0158

5	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	No	Nativa	11	0.0147	0.00022	-4.2208	-0.0620	0.0620
6	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	No	Introducida	6	0.0080	0.00006	-4.8270	-0.0387	0.0387
7	Lechuguilla	*Hechtia lepidophylla*	No	Endémico	78	0.1041	0.01084	-2.2620	-0.2356	0.2356
8	Guapilla	*Hechtia podantha*	No	Endémico	16	0.0214	0.00046	-3.8462	-0.0822	0.0822
9	Pluma	*Iresine diffusa*	No	Nativa	4	0.0053	0.00003	-5.2324	-0.0279	0.0279
10	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	No	Nativa	3	0.0040	0.00002	-5.5201	-0.0221	0.0221
11	Jarrito	*Loeselia coerulea*	No	Nativa	3	0.0040	0.00002	-5.5201	-0.0221	0.0221
12	Conito	*Mentzelia hispida*	No	Endémico	42	0.0561	0.00314	-2.8811	-0.1616	0.1616
13	Zacate lanudo	*Muhlenbergia pubescens*	No	Nativa	6	0.0080	0.00006	-4.8270	-0.0387	0.0387
14	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	No	Endémico	5	0.0067	0.00004	-5.0093	-0.0334	0.0334
15	Casquete potosino	*Scutellaria potosina*	No	Nativa	12	0.0160	0.00026	-4.1338	-0.0662	0.0662
16	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	No	Nativa	49	0.0654	0.00428	-2.7269	-0.1784	0.1784
17	Cinco llagas	Tagetes lunulata	No	Nativa	7	0.0093	0.00009	-4.6728	-0.0437	0.0437
18	Gallito de monte	*Zinnia peruviana*	No	Nativa	6	0.0080	0.00006	-4.8270	-0.0387	0.0387
						Índice de Shannon-Weiver -∑Pi*Ln2Pi				**1.3794**
						Índice de Simpson (D) ∑= pi^2				**0.4546**
						Índice de diversidad de Simpson (1-D) ∑= 1-(pi^2)				**0.5454**

					Índice de Margalef DMg = (S - 1) / ln N S=18(S-1) =17 N=749 LnN=6.6187	**2.5685**

En el estrato herbáceo se identifico una riqueza de **18 especies** con abundancia de **749 especímenes observados** con un **Índice de diversidad de Shannon de (H'=1.3794)**, lo cuál nos indica que la población de herbáceas tiene muy poca diversidad además que la diversidad está distribuida en pocas especies, este valor es tan bajo debido al impacto que da en la sumatoria las 494 observaciones de Pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris)*. El **Índice de Simpson (D=.4546)** el cuál por si solo nos indica que hay una alta diversidad, sin embargo este valor tiene que tomarse a consideración de los valores de abundancias obtenidos, por su parte el **Índice de Diversidad Simpson (1-D= .5454)** nos indica que hay una alta dominacia de las especies observadas. Finalmente el **Índice de Margalef (D_{Mg}= 2.5685**) nos indica que el estrato herbáceo dentro de nuestra población presenta una diversidad moderada. En este estrato ninguna de las especies observadas se encuentra dentro de alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 224. Índice de diversidad del estrato **arbustivo** del sistema ambiental.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)	Abundancia relativa (Pi)	Pi^2	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)	Índice de Shannon
1	Maguey áspero	*Agave asperrima*	No	Endémica	56	0.1059	0.0112	-2.2456	-0.2377	0.2377
2	Lechuguilla	*Agave difformis*	No	Endémica	3	0.0057	0.0000	-5.1724	-0.0293	0.0293
3	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	No	Endémica	14	0.0265	0.0007	-3.6319	-0.0961	0.0961
4	Charrasquillo	*Calliandra eriophylla*	No	Nativa	2	0.0038	0.0000	-5.5778	-0.0211	0.0211
5	Granjeno	*Celtis pallida*	No	Nativa	5	0.0095	0.0001	-4.6616	-0.0441	0.0441
6	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	No	Endémica	4	0.0076	0.0001	-4.8847	-0.0369	0.0369
7	Escobilla	*Dalea bicolor*	No	Nativa	27	0.0510	0.0026	-2.9752	-0.1519	0.1519

8	Cucharilla	***Dasylirion acrotrichum***	**Amenazada (A)**	Endémica	63	0.1191	0.0142	-2.1279	-0.2534	0.2534
9	Chapulixtle	*Dodonaea viscosa*	No	Nativa	18	0.0340	0.0012	-3.3806	-0.1150	0.1150
10	Sanguinaria	*Ephedra compacta*	No	Endémica	3	0.0057	0.0000	-5.1724	-0.0293	0.0293
11	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	No	Nativa	7	0.0132	0.0002	-4.3251	-0.0572	0.0572
12	Ocotilla	*Fouquieria splendens*	No	Nativa	88	0.1664	0.0277	-1.7937	-0.2984	0.2984
13	Barreta	*Helietta parvifolia*	No	Nativa	12	0.0227	0.0005	-3.7861	-0.0859	0.0859
14	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	No	Endémica	9	0.0170	0.0003	-4.0738	-0.0693	0.0693
15	Tullidora	*Karwinskia humboldtiana*	No	Nativa	42	0.0794	0.0063	-2.5333	-0.2011	0.2011
16	Capulincillo	*Karwinskia mollis*	No	Nativa	26	0.0491	0.0024	-3.0129	-0.1481	0.1481
17	Chayotillo	*Krameria cytisoides*	No	Endémica	2	0.0038	0.0000	-5.5778	-0.0211	0.0211
18	Gobernadora	*Larrea tridentata*	No	Endémica	4	0.0076	0.0001	-4.8847	-0.0369	0.0369
19	Cenizo	*Leucophyllum minus*	No	Endémica	3	0.0057	0.0000	-5.1724	-0.0293	0.0293
20	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	No	Nativa	5	0.0095	0.0001	-4.6616	-0.0441	0.0441
21	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	No	Nativa	27	0.0510	0.0026	-2.9752	-0.1519	0.1519
22	Uña de gato	*Mimosa texana*	No	Endémica	68	0.1285	0.0165	-2.0515	-0.2637	0.2637
23	Cabello de ángel	*Painteria revoluta*	No	Endémica	32	0.0605	0.0037	-2.8053	-0.1697	0.1697
24	Huizache	*Vachellia farnesiana*	No	Nativa	6	0.0113	0.0001	-4.4792	-0.0508	0.0508
25	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	No	Nativa	3	0.0057	0.0000	-5.1724	-0.0293	0.0293
								Índice de Shannon-Weiver -∑Pi*Ln2Pi		**2.67171**
								Índice de Simpson (D) ∑= pi^2		**0.09059**
								Índice de diversidad de Simpson (1-D) ∑= 1-(pi^2)		**0.90941**

						Índice de Margalef **DMg = (S - 1) / ln N** **S=25** **(S-1) =24** **N=529** **LnN=6.2709**	**3.82720**

Para el estrato arbustivo se identificó una riqueza de **25 especies** con un **índice de Shannon de 2.67171**, de **Simpson (D=.09059), Índice de diversidad de Simpson (1-D=.90941)** y **Margalef (D_{Mg}=3.8272)**, estos valores obtenidos nos indican que en comparación con el estrato herbáceo, el estrato arbustivo tiene mayor riqueza y diversidad. En este estrato se identificó la especie Cucharilla (Dasylirion acrotrichum) en la categoría del Amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 225. Índice de diversidad del estrato **arbóreo** del sistema ambiental.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)	Abundancia relativa (Pi)	Pi^2	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)	Índice de Shannon
1	Tepozán	*Buddleja cordata*	No	Endémica	2	0.01053	0.00011	-4.5539	-0.0479	0.0479355
2	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	No	Nativa	103	0.54211	0.29388	-0.6123	-0.3319	0.3319284
3	Colorín	***Erythrina americana***	**Amenazadas (A)**	Endémica	1	0.00526	0.00003	-5.247	-0.0276	0.0276159
4	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	No	Nativa	22	0.11579	0.01341	-2.156	-0.2496	0.24964
5	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	No	Endémica	17	0.08947	0.00801	-2.4138	-0.216	0.2159725
6	Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	No	Nativa	3	0.01579	0.00025	-4.1484	-0.0655	0.0655012

7	Mauto	*Lysiloma divaricatum*	No	Nativa	1	0.00526	0.00003	-5.247	-0.0276	0.0276159
8	Mezquite	*Neltuma laevigata*	No	Endémica	8	0.04211	0.00177	-3.1676	-0.1334	0.1333719
9	Encino quiebra hacha	*Quercus rugosa*	No	Nativa	3	0.01579	0.00025	-4.1484	-0.0655	0.0655012
10	Encino gris	*Quercus grisea*	No	Nativa	1	0.00526	0.00003	-5.247	-0.0276	0.0276159
11	Palo prieto	*Senna wislizeni*	No	Nativa	6	0.03158	0.001	-3.4553	-0.1091	0.1091136
12	Huizache chino	*Vachellia schaffneri*	No	Nativa	5	0.02632	0.00069	-3.6376	-0.0957	0.095726
13	Palma pita	*Yucca filifera*	No	Endémica	18	0.09474	0.00898	-2.3567	-0.2233	0.2232618
						Índice de Shannon-Weiver -∑Pi*Ln2Pi				**1.6207999**
						Índice de Simpson (D) ∑= pi^2				**0.3284**
					Índice de diversidad de Simpson (1-D) ∑= 1-(pi^2)					**0.6716**
					Índice de Margalef DMg = (S - 1) / ln N S=13 (S-1)=12 N=190 LnN=5.2470					**2.287**

En el estrato arbóreo se identificó una riqueza de **13 especies** arrojando un **índice de diversidad de Shannon de 1.6207**, este valor es el menor en los 4 estratos, lo que nos indica que la comunidad arbórea tiene muy poca diversidad en nuestra población muestreada. El **índice de Simpson (D=.3284)** nos indica que la comunidad que se presenta en sí es diversa y además el **índice de diversidad de Simpson (1-D=.6716)** tiene especies muy dominantes. Esto se puede observar claramente en las abundancias del Palo xixote (Bursera Fagaroides) (103 obs) estando mucho más presentes que otras especies. Finalmente el **índice de Margalef (DMg=2.287)** nos dice que la diversidad de la comunidad arbórea es baja.

En lo que corresponde al presente estrato la especie Colorín (Erythrina americana) se encuentran clasificada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Amenazada (A).

Tabla 226. Índice de diversidad de las **cactáceas** del sistema ambiental.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)	Abundancia relativa (Pi)	pi^2	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)	Índice de Shannon
1	Biznaga cónica	*Cochemiea conoidea*	No	Nativa	4	0.0130	0.0002	-4.3438	-0.0564	0.0564
2	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	No	Endémica	11	0.0357	0.0013	-3.3322	-0.1190	0.1190
3	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	No	Endémica	20	0.0649	0.0042	-2.7344	-0.1776	0.1776
4	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	No	Endémica	5	0.0162	0.0003	-4.1207	-0.0669	0.0669
5	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	No	Nativa	51	0.1656	0.0274	-1.7983	-0.2978	0.2978
6	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	No	Nativa	1	0.0032	0.0000	-5.7301	-0.0186	0.0186
7	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	Peligro de Extinción (P)	Endémica	14	0.0455	0.0021	-3.0910	-0.1405	0.1405
8	Alicoché cocuá	*Echinocereus cinerascens*	No	Endémica	7	0.0227	0.0005	-3.7842	-0.0860	0.0860
9	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	No	Endémica	3	0.0097	0.0001	-4.6315	-0.0451	0.0451
10	Huamisha	*Ferocactus histrix*	Protección especial (Pr)	Endémica	11	0.0357	0.0013	-3.3322	-0.1190	0.1190
11	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	No	Endémica	9	0.0292	0.0009	-3.5329	-0.1032	0.1032
12	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	No	Nativa	22	0.0714	0.0051	-2.6391	-0.1885	0.1885
13	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	No	Endémica	25	0.0812	0.0066	-2.5112	-0.2038	0.2038
14	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	No	Nativa	56	0.1818	0.0331	-1.7047	-0.3100	0.3100

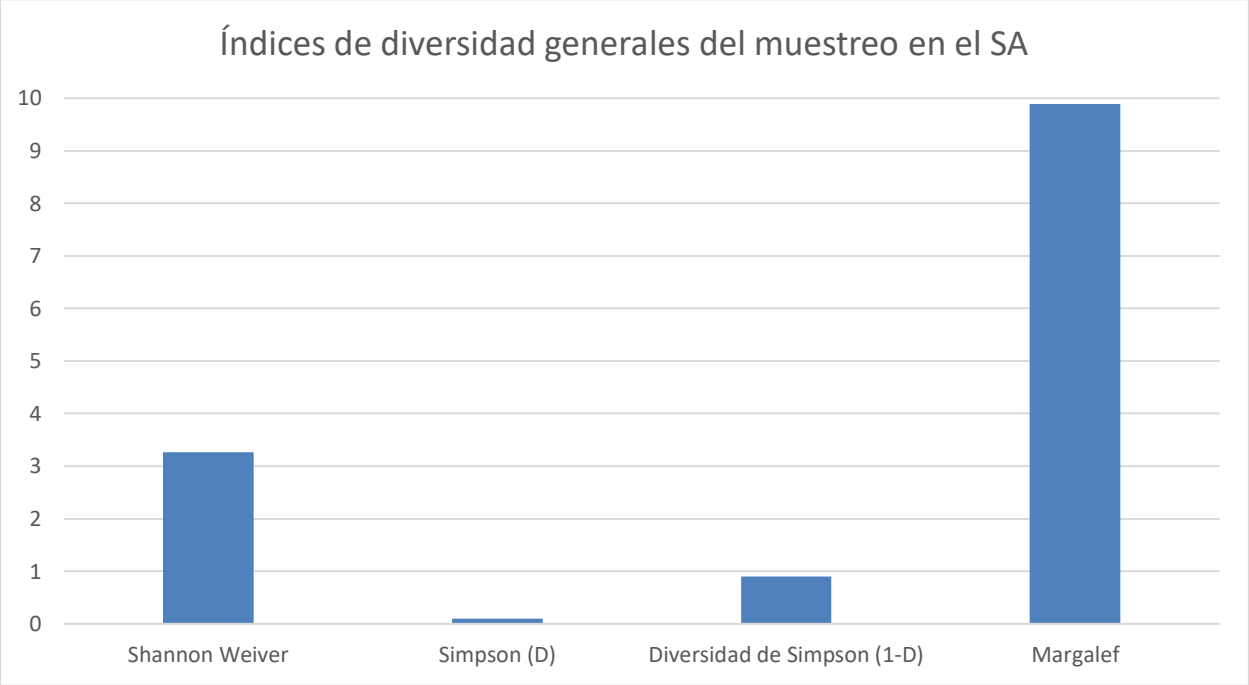
15	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	No	Nativa	3	0.0097	0.0001	-4.6315	-0.0451	0.0451
16	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	No	Nativa	6	0.0195	0.0004	-3.9383	-0.0767	0.0767
17	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	No	Endémico	26	0.0844	0.0071	-2.4720	-0.2087	0.2087
18	Nopal chamacuelo	*Opuntia tomentosa*	No	Endémico	30	0.0974	0.0095	-2.3289	-0.2268	0.2268
19	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortieri*	No	Nativa	4	0.0130	0.0002	-4.3438	-0.0564	0.0564
				TOTAL	**308**	**Índice de Shannon-Weiver -∑Pi*Ln2Pi**				**2.5462**
				LN(N)	**5.73009978**	**Índice de Simpson (D) ∑= pi^2**				**0.1002**
					Índice de diversidad de Simpson (1-D) ∑= 1-(pi^2)					**0.8998**
					Índice de Margalef. DMg = (S - 1) / ln N S=19 (S-1) =18 N=308 LnN=5.73					**3.1413**

Con relación a las cactáceas se identificó una riqueza de **19 especies** con un **Índice de Shannon (H'=2.5462),** un **Índice de Simpson (D=.1002)** y un **índice de diversidad de Simpson de (1-D=.8998).** Estos valores principalmente nos indican que la comunidad de cactáceas observadas es poco diversa y además presenta especies muy dominantes. Finalmente el **Índice de Margalef (DMg= 3.1413)** nos confirma que la diversidad que estamos observando es baja. Dentro de este estrato se identificaron a la Biznaga burra (*Echinocactus platyacanthus)* y la Huamisha (*Ferocactus histrix)* dentro de las categorías en peligro de extinción (P) y *S*ujeta a Protección Especial (Pr) respectivamente en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

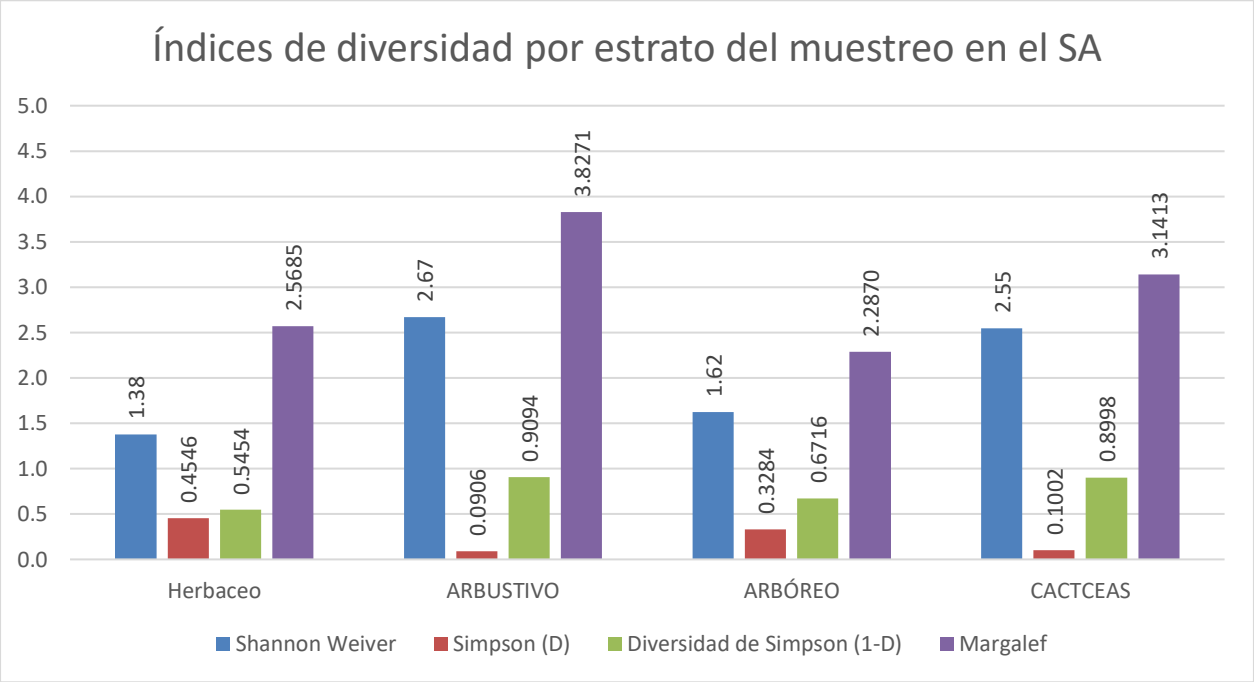
El resto de las especies no presentan ninguna categoría de riesgo según la verificación del listado correspondiente sin embargo todas las especies reportadas son endémicas o nativas, lo cual las hace especialmente importantes para el sitio.

Tabla 227. Riqueza e Índices de diversidad de la microcuenca.

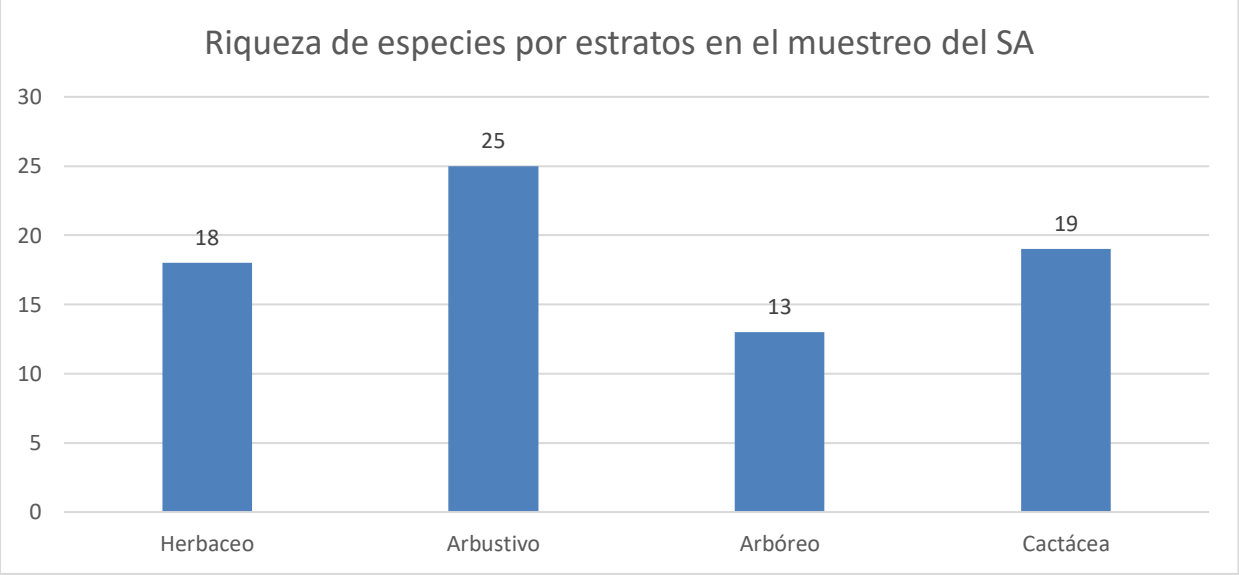
ÍNDICES	TOTAL	HERBÁCEO	ARBUSTIVO	ARBÓREO	CACTÁCEAS
Shannon- Weiver	3.2603	1.3794	2.6717	1.6208	2.5462
Simpson (D)	0.0957	0.4546	0.0906	0.3284	0.1002
Diversidad de Simpson (1-D)	0.9043	0.5454	0.9094	0.6716	0.8998
Margalef	9.8902	2.5685	3.8271	2.2870	3.1413



Grafica 47. Índices de diversidad generales del muestreo en el SA



Grafica 48. Índices de diversidad por estratos del muestreo en el SA



Grafica 49. Riqueza por estratos del muestreo en el SA

Del análisis anterior se concluye que el estrato arbustivo presenta una riqueza mayor (33%), seguido el estrato herbáceo (24%) y cactus (25%) y en menor cantidad el estrato arbóreo (17%).

Índice de Valor de Importancia (IVI) por estrato.

Con los muestreos realizados por medio del levantamiento de los sitios antes descritos se determinaros los valores para cada una de las especies presente en la microcuenca en su condición de matorral crasicaule.

El Índice de Valor de Importancia (IVI) empleado fue el desarrollado por Curtis & McIntosh (1951) y aplicado por Pool et al. (1977), Cox (1981), Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) y Corella et al. (2001). Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie. El objetivo principal de este análisis es conocer la importancia ecológica en los diferentes estratos (herbáceo, arbustivo, arbóreo y cactáceas) (Rendón Pérez et. al, 2021) por lo que el **Huizache chino (Vachellia farnesiana)** se analizó en el estrato arbustivo y arbóreo según fue observado. Su metodología se enuncia a continuación:

Columna 1. Corresponde al número consecutivo de las especies encontradas en la microcuenca en su condición de matorral crasicaule, que finalmente indica la riqueza presente por cada estrato.
Columna 2. Corresponde al nombre común de cada especie como es conocida en el área de influencia del proyecto.
Columna 3. Corresponde al nombre científico de cada individuo de acuerdo a su identificación en bibliografía especializada.
Columna 4. Corresponde al estatus que guarda en el NOM-059-SEMARNAT-2010.
Columna 5. Densidad que es el número de individuos de una especie multiplicado por el área.
Columna 6. Densidad o abundancia relativa. Es la densidad de una especie dividida entre la sumatoria de todas las densidades.
Columna 7. Frecuencia. Es el número de transectos/parcelas donde se registra una especie dividido entre número de parcelas, para el caso que nos ocupa se empleó los sitios de muestreo realizados.
Columna 8. Frecuencia relativa. Es la frecuencia de una especie dividida entre la sumatoria de todas las frecuencias de las especies.
Columna 9. Cobertura o área basal. Es la sumatoria del área basal de todos los individuos de una especie.
Columna 10. Cobertura o área basal relativa. Es la cobertura de una especie dividida entre la sumatoria de todas las coberturas de las especies.

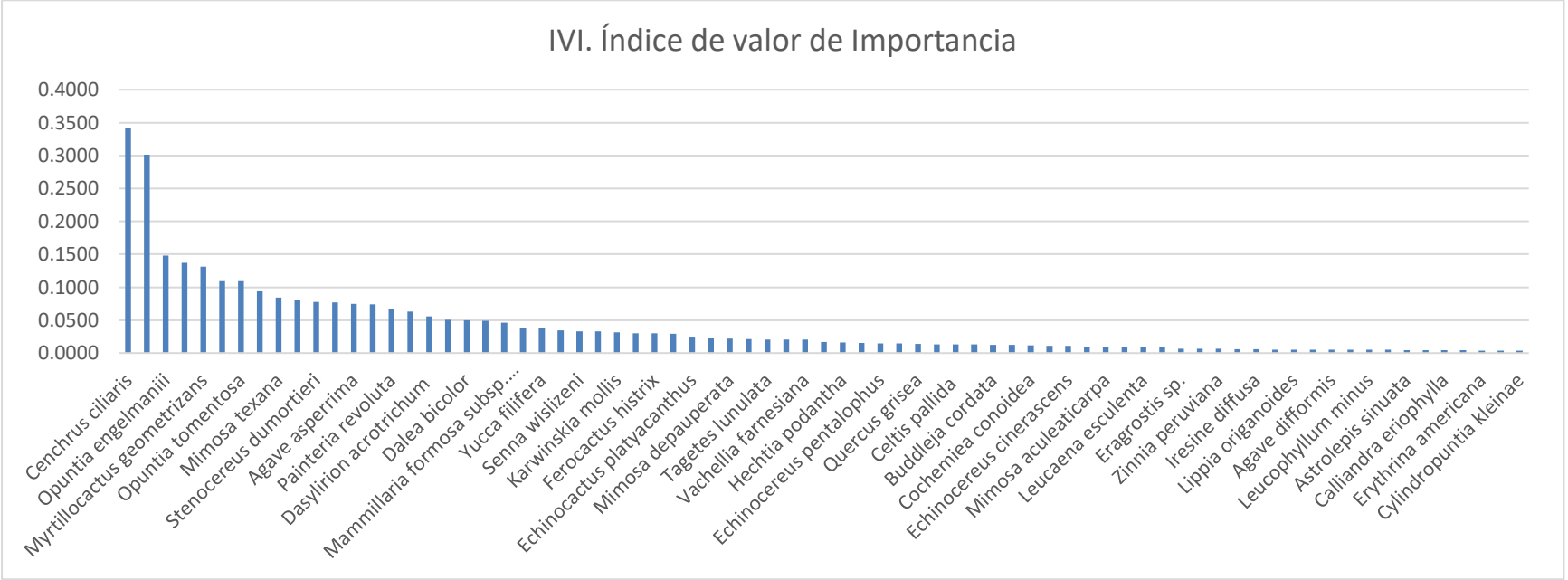
Tabla 228. Datos para el Índice de Valor de Importancia del sistema ambiental.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Abundancia	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Cobertura o área basal	Cobertura o área basal relativa	IVI. Índice de valor de Importancia
1	Doradilla	*Astrolepis sinuata*	No	2	0.001	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0045
2	Pasto 2	*Briza sp*	No	3	0.002	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0051
3	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	No	494	0.278	0.7037	0.0642	0.0000	0.0000	0.3423
4	Mala mujer	*Cnidoscolus multilobus*	No	2	0.001	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0045
5	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	No	11	0.006	0.0741	0.0068	0.0000	0.0000	0.0130
6	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	No	6	0.003	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0068
7	Lechuguilla	*Hechtia lepidophylla*	No	78	0.044	0.0741	0.0068	0.0180	0.0864	0.1371
8	Guapilla	*Hechtia podantha*	No	16	0.009	0.0741	0.0068	0.0000	0.0000	0.0158
9	Pluma	*Iresine diffusa*	No	4	0.002	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0056
10	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	No	3	0.002	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0051
11	Jarrito	*Loeselia coerulea*	No	3	0.002	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0051
12	Conito	*Mentzelia hispida*	No	42	0.024	0.1481	0.0135	0.0000	0.0000	0.0372
13	Zacate lanudo	*Muhlenbergia pubescens*	No	6	0.003	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0068
14	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	No	5	0.003	0.0741	0.0068	0.0000	0.0000	0.0096
15	Casquete potosino	*Scutellaria potosina*	No	12	0.007	0.1481	0.0135	0.0000	0.0000	0.0203
16	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	No	49	0.028	0.0741	0.0068	0.0000	0.0000	0.0343
17	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	No	7	0.004	0.0741	0.0068	0.0020	0.0096	0.0203
18	Gallito de monte	*Zinnia peruviana*	No	6	0.003	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0068
19	Maguey áspero	*Agave asperrima*	No	56	0.032	0.3704	0.0338	0.0020	0.0096	0.0749
20	Lechuguilla	*Agave difformis*	No	3	0.002	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0051
21	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	No	14	0.008	0.0741	0.0068	0.0000	0.0000	0.0146
22	Charrasquillo	*Calliandra eriophylla*	No	2	0.001	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0045

23	Granjeno	*Celtis pallida*	No	5	0.003	0.1111	0.0101	0.0000	0.0000	0.0130
24	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	No	4	0.002	0.1111	0.0101	0.0080	0.0384	0.0508
25	Escobilla	*Dalea bicolor*	No	27	0.015	0.2222	0.0203	0.0030	0.0144	0.0499
26	Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum*	Amenazadas (A)	63	0.035	0.2222	0.0203	0.0000	0.0000	0.0557
27	Chapulixtle	*Dodonaea viscosa*	No	18	0.010	0.1481	0.0135	0.0000	0.0000	0.0236
28	Sanguinaria	*Ephedra compacta*	No	3	0.002	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0051
29	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	No	7	0.004	0.0741	0.0068	0.0000	0.0000	0.0107
30	Ocotilla	*Fouquieria splendens*	No	88	0.050	0.4815	0.0439	0.0000	0.0000	0.0935
31	Barreta	*Helietta parvifolia*	No	12	0.007	0.1111	0.0101	0.0000	0.0000	0.0169
32	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	No	9	0.005	0.1111	0.0101	0.0000	0.0000	0.0152
33	Tullidora	*Karwinskia humboldtiana*	No	42	0.024	0.5556	0.0507	0.0000	0.0000	0.0743
34	Capulincillo	*Karwinskia mollis*	No	26	0.015	0.1852	0.0169	0.0000	0.0000	0.0315
35	Chayotillo	*Krameria cytisoides*	No	2	0.001	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0045
36	Gobernadora	*Larrea tridentata*	No	4	0.002	0.1111	0.0101	0.0000	0.0000	0.0124
37	Cenizo	*Leucophyllum minus*	No	3	0.002	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0051
38	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	No	5	0.003	0.0741	0.0068	0.0000	0.0000	0.0096
39	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	No	27	0.015	0.0741	0.0068	0.0000	0.0000	0.0220
40	Uña de gato	*Mimosa texana*	No	68	0.038	0.2963	0.0270	0.0040	0.0192	0.0845
41	Cabello de ángel	*Painteria revoluta*	No	32	0.018	0.3333	0.0304	0.0040	0.0192	0.0676
42	Huizache	*Vachellia farnesiana*	No	6	0.003	0.1852	0.0169	0.0000	0.0000	0.0203
43	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	No	3	0.002	0.0741	0.0068	0.0000	0.0000	0.0084
44	Tepozán	*Buddleja cordata*	No	2	0.001	0.0741	0.0068	0.0010	0.0048	0.0127
45	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	No	103	0.058	0.4074	0.0372	0.0030	0.0144	0.1096
46	Colorín	*Erythrina americana*	Amenazadas (A)	1	0.001	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0039

47	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	No	22	0.012	0.1852	0.0169	0.0000	0.0000	0.0293
48	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	No	17	0.010	0.2222	0.0203	0.0000	0.0000	0.0298
49	Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	No	3	0.002	0.0741	0.0068	0.0000	0.0000	0.0084
50	Mauto	*Lysiloma divaricatum*	No	1	0.001	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0039
51	Mezquite	*Neltuma laevigata*	No	8	0.005	0.1852	0.0169	0.0000	0.0000	0.0214
52	Encino quiebra hacha	*Quercus rugosa*	No	3	0.002	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0051
53	Encino gris	*Quercus grisea*	No	1	0.001	0.0370	0.0034	0.0020	0.0096	0.0135
54	Palo prieto	*Senna wislizeni*	No	6	0.003	0.1111	0.0101	0.0040	0.0192	0.0327
55	Huizache chino	*Vachellia schaffneri*	No	5	0.003	0.1111	0.0101	0.0000	0.0000	0.0130
56	Palma pita	*Yucca filifera*	No	18	0.010	0.2963	0.0270	0.0000	0.0000	0.0372
57	Biznaga cónica	*Cochemiea conoidea*	No	4	0.002	0.0370	0.0034	0.0013	0.0060	0.0117
58	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	No	11	0.006	0.2593	0.0236	0.0040	0.0192	0.0490
59	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	No	20	0.011	0.2963	0.0270	0.0080	0.0384	0.0767
60	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	No	5	0.003	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0062
61	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	No	51	0.029	0.4074	0.0372	0.0490	0.2353	0.3012
62	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	No	1	0.001	0.0370	0.0034	0.0000	0.0000	0.0039
63	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	Peligro de Extinción (P)	14	0.008	0.1852	0.0169	0.0000	0.0000	0.0248
64	Alicoché cocuá	*Echinocereus cinerascens*	No	7	0.004	0.0741	0.0068	0.0000	0.0000	0.0107
65	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	No	3	0.002	0.0370	0.0034	0.0020	0.0096	0.0147
66	Huamisha	*Ferocactus histrix*	Protección especial (Pr)	11	0.006	0.2593	0.0236	0.0000	0.0000	0.0298

67	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	No	9	0.005	0.1852	0.0169	0.0050	0.0240	0.0460
68	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	No	22	0.012	0.2222	0.0203	0.0000	0.0000	0.0327
69	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	No	25	0.014	0.3333	0.0304	0.0180	0.0864	0.1309
70	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	No	56	0.032	0.3333	0.0304	0.0180	0.0864	0.1484
71	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	No	3	0.002	0.0741	0.0068	0.0000	0.0000	0.0084
72	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	No	6	0.003	0.0741	0.0068	0.0110	0.0528	0.0630
73	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	No	26	0.015	0.1481	0.0135	0.0110	0.0528	0.0810
74	Nopal chamacuelo	*Opuntia tomentosa*	No	30	0.017	0.2222	0.0203	0.0150	0.0720	0.1092
75	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortieri*	No	4	0.002	0.0370	0.0034	0.0150	0.0720	0.0777
			TOTAL	**1776**	**1.0000**	**10.96296**	**1.00000**	**0.2082**	**1**	**3.0000**



Grafica 50. Índice del Valor de Importancia de la microcuenca.

En base al análisis del Valor de Importancia de las especies presentes en la microcuenca en un intervalo de 0.0039 a 0.3423 en orden de importancia se identificó al pasto Buffel (Cenchrus ciliaris) (.3423) una planta herbácea nativa de África e invasora en México, el cardón (Cylindropuntia imbricata) (.3012) una especie de cactácea endémica de México y el nopal cuijo (Opuntia engelmanii) (.1484) como las 3 especies con un índice de valor de importancia más alto dentro de la comunidad de plantas observadas en la cuenca.

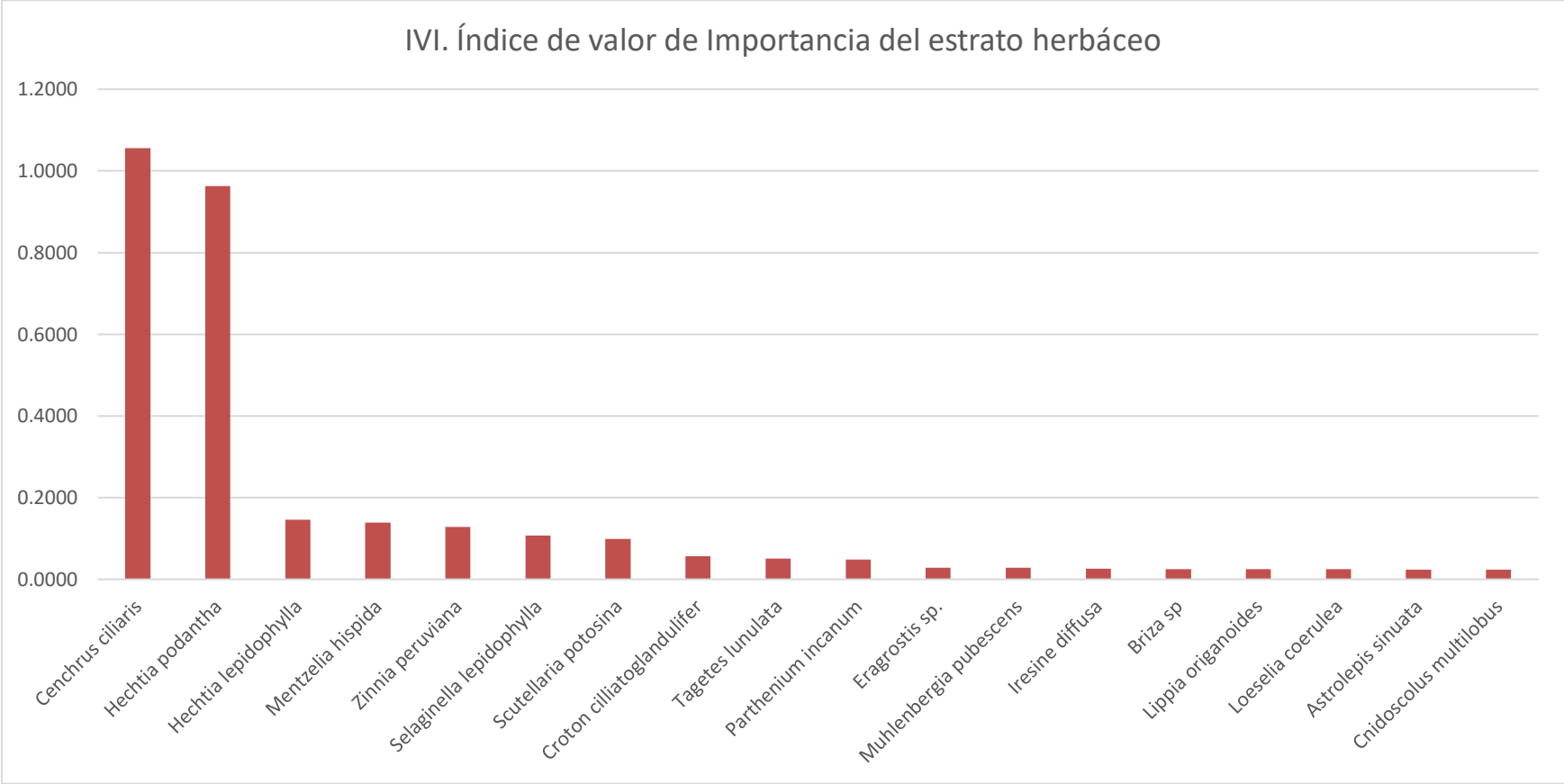
Es importante señalar que el comportamiento del (IVI) toma en cuenta la densidad, frecuencia y área basal de las especies presentes en la microcuenca, es por ello que algunas especies aunque no son muy abundantes, sí presentan un área basal importante que las ubican con un Valor de Importancia alto y por el contrario, especies con áreas basales bajas pero muy abundantes aparecen con valor

considerables, sin embargo, todas ellas son representativas del tipo de ecosistema por afectar con las actividades de cambio de uso de suelo.

Tabla 229. Datos para el Índice de Valor de Importancia del estrato **herbáceo**.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Abundancia	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Cobertura o área basal	Cobertura o área basal relativa	IVI. Índice de valor de Importancia
1	Doradilla	*Astrolepis sinuata*	No	2	0.0027	0.0556	0.0208	**0.0000**	0.0000	0.0235
2	Pasto 2	*Briza sp*	No	3	0.0040	0.0556	0.0208	0.0000	0.0000	0.0248
3	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	No	494	0.6595	1.0556	0.3958	0.0000	0.0000	1.0554
4	Mala mujer	*Cnidoscolus multilobus*	No	2	0.0027	0.0556	0.0208	0.0000	0.0000	0.0235
5	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	No	11	0.0147	0.1111	0.0417	0.0000	0.0000	0.0564
6	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	No	6	0.0080	0.0556	0.0208	0.0000	0.0000	0.0288
7	Lechuguilla	*Hechtia lepidophylla*	No	78	0.1041	0.1111	0.0417	0.0000	0.0000	0.1458
8	Guapilla	*Hechtia podantha*	No	16	0.0214	0.1111	0.0417	0.0180	0.9000	0.9630
9	Pluma	*Iresine diffusa*	No	4	0.0053	0.0556	0.0208	0.0000	0.0000	0.0262
10	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	No	3	0.0040	0.0556	0.0208	0.0000	0.0000	0.0248
11	Jarrito	*Loeselia coerulea*	No	3	0.0040	0.0556	0.0208	0.0000	0.0000	0.0248

12	Conito	*Mentzelia hispida*	No	42	0.0561	0.2222	0.0833	0.0000	0.0000	0.1394
13	Zacate lanudo	*Muhlenbergia pubescens*	No	6	0.0080	0.0556	0.0208	0.0000	0.0000	0.0288
14	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	No	5	0.0067	0.1111	0.0417	0.0000	0.0000	0.0483
15	Casquete potosino	*Scutellaria potosina*	No	12	0.0160	0.2222	0.0833	0.0000	0.0000	0.0994
16	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	No	49	0.0654	0.1111	0.0417	0.0000	0.0000	0.1071
17	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	No	7	0.0093	0.1111	0.0417	0.0000	0.0000	0.0510
18	Gallito de monte	*Zinnia peruviana*	No	6	0.0080	0.0556	0.0208	0.0020	0.1000	0.1288
			TOTAL	**749**	**1.0000**	**2.6667**	**1.0000**	**0.0200**	**1.0000**	**3.0000**



Grafica 51. Índice del Valor de Importancia del estrato herbáceo.

En el estrato herbáceo las especies más importantes son el pasto buffel (Cenchrus ciliaris) y el Cordón (Hechtia podantha), esta última especie es de gran importancia debido a que es Endémica de México.

Tabla 230. Datos para el Índice de Valor de Importancia del estrato arbustivo.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Abundancia	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Cobertura o área basal	Cobertura o área basal relativa	IVI Índice de Valor de Importancia
1	Maguey áspero	*Agave asperrima*	No	56	0.1059	0.4000	0.0901	0.0000	0.0000	0.1959502
2	Lechuguilla	*Agave difformis*	No	3	0.0057	0.0400	0.0090	0.0020	0.1111	0.1257912
3	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	No	14	0.0265	0.0800	0.0180	0.0000	0.0000	0.04448305
4	Charrasquillo	*Calliandra eriophylla*	No	2	0.0038	0.0400	0.0090	0.0000	0.0000	0.01278973
5	Granjeno	*Celtis pallida*	No	5	0.0095	0.1200	0.0270	0.0000	0.0000	0.03647882
6	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	No	4	0.0076	0.1200	0.0270	0.0000	0.0000	0.03458846
7	Escobilla	*Dalea bicolor*	No	27	0.0510	0.2400	0.0541	0.0080	0.4444	0.5495382
8	Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum*	Amenazadas (A)	63	0.1191	0.2400	0.0541	0.0030	0.1667	0.33981335
9	Chapulixtle	*Dodonaea viscosa*	No	18	0.0340	0.1600	0.0360	0.0000	0.0000	0.0700625
10	Sanguinaria	*Ephedra compacta*	No	3	0.0057	0.0400	0.0090	0.0000	0.0000	0.01468009
11	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	No	7	0.0132	0.0800	0.0180	0.0000	0.0000	0.03125053
12	Ocotilla	*Fouquieria splendens*	No	88	0.1664	0.5200	0.1171	0.0000	0.0000	0.28346872
13	Barreta	*Helietta parvifolia*	No	12	0.0227	0.1200	0.0270	0.0000	0.0000	0.04971134

14	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	No	9	0.0170	0.1200	0.0270	0.0000	0.0000	0.04404026
15	Tullidora	*Karwinskia humboldtiana*	No	42	0.0794	0.6000	0.1351	0.0000	0.0000	0.21453022
16	Capulincillo	*Karwinskia mollis*	No	26	0.0491	0.2000	0.0450	0.0000	0.0000	0.09419438
17	Chayotillo	*Krameria cytisoides*	No	2	0.0038	0.0400	0.0090	0.0000	0.0000	0.01278973
18	Gobernadora	*Larrea tridentata*	No	4	0.0076	0.1200	0.0270	0.0000	0.0000	0.03458846
19	Cenizo	*Leucophyllum minus*	No	3	0.0057	0.0400	0.0090	0.0000	0.0000	0.01468009
20	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	No	5	0.0095	0.0800	0.0180	0.0000	0.0000	0.02746981
21	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	No	27	0.0510	0.0800	0.0180	0.0000	0.0000	0.06905772
22	Uña de gato	*Mimosa texana*	No	68	0.1285	0.3200	0.0721	0.0000	0.0000	0.2006165
23	Cabello de ángel	*Painteria revoluta*	No	32	0.0605	0.3600	0.0811	0.0040	0.2222	0.3637948
24	Huizache	*Vachellia farnesiana*	No	6	0.0113	0.2000	0.0450	0.0000	0.0000	0.0563872
25	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	No	3	0.0057	0.0800	0.0180	0.0010	0.0556	0.07924465
			TOTAL	**529**	**1.0000**	**4.4400**	**1.0000**	**0.0180**	**1.0000**	**3**

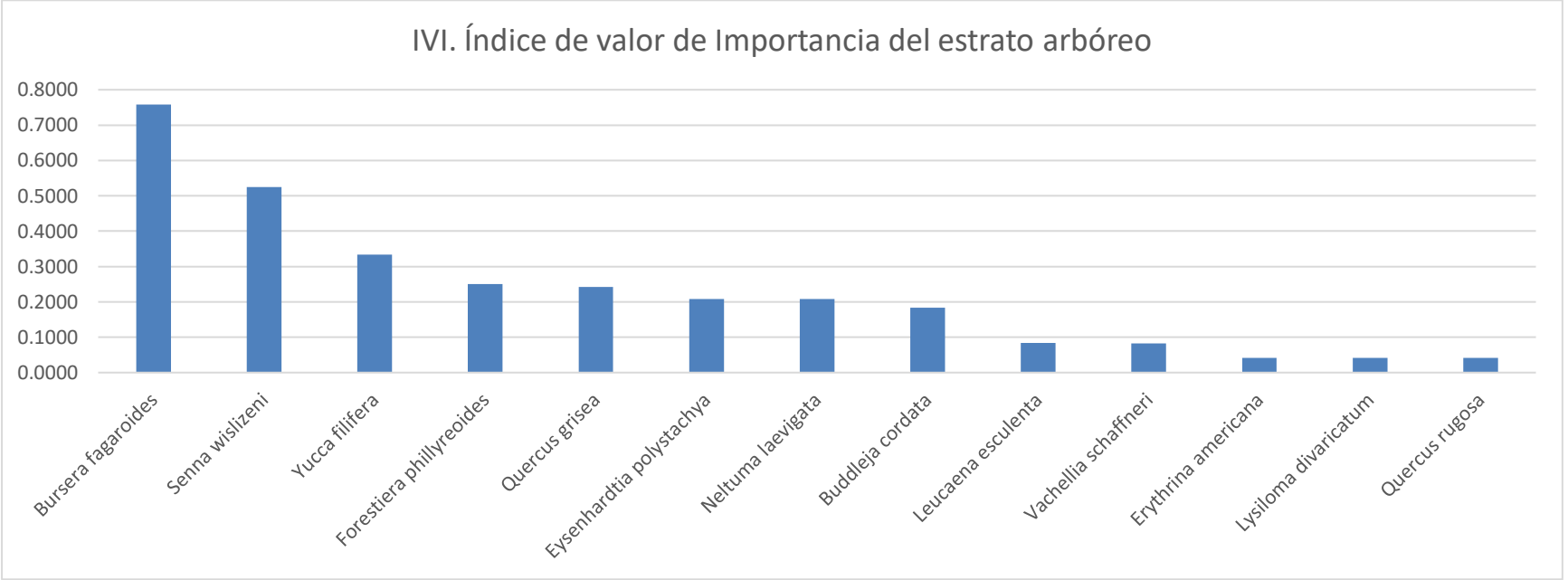


Grafica 52. Índice del Valor de Importancia del estrato arbustivo.

En este estrato las especies con mayor índice de nivel de importancia es la Escobilla (Dalea bicolor), el cabello de ángel (Painteria revoluta) y la Cucharilla (Dasylirion acrotrichum), esta última se encuentra en la categoría de Amenazada en el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010, Es de mencionar que todas estas especies son características de matorral crasicaule, además son endémicas de México y su presencia es muy abundante en la microcuenca.

Tabla 231. Datos para Índice de Valor de Importancia del estrato arbóreo.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Abundancia	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Cobertura o área basal	Cobertura o área basal relativa	IVI. Índice de valor de Importancia
1	Tepozán	*Buddleja cordata*	No	2	0.0408	0.0741	0.0426	0.0010	0.1000	0.1834
2	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	No	11	0.2245	0.4074	0.2340	0.0030	0.3000	0.7585
3	Colorín	*Erythrina americana*	Amenazadas (A)	1	0.0204	0.0370	0.0213	0.0000	0.0000	0.0417
4	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	No	5	0.1020	0.1852	0.1064	0.0000	0.0000	0.2084
5	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	No	6	0.1224	0.2222	0.1277	0.0000	0.0000	0.2501
6	Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	No	2	0.0408	0.0741	0.0426	0.0000	0.0000	0.0834
7	Mauto	*Lysiloma divaricatum*	No	1	0.0204	0.0370	0.0213	0.0000	0.0000	0.0417
8	Mezquite	*Neltuma laevigata*	No	5	0.1020	0.1852	0.1064	0.0000	0.0000	0.2084
9	Encino quiebra hacha	*Quercus rugosa*	No	1	0.0204	0.0370	0.0213	0.0000	0.0000	0.0417
10	Encino gris	*Quercus grisea*	No	1	0.0204	0.0370	0.0213	0.0020	0.2000	0.2417
11	Palo prieto	*Senna wislizeni*	No	3	0.0612	0.1111	0.0638	0.0040	0.4000	0.5251
12	Huizache chino	*Vachellia schaffneri*	No	3	0.0612	0.0370	0.0213	0.0000	0.0000	0.0825
13	Palma pita	*Yucca filifera*	No	8	0.1633	0.2963	0.1702	0.0000	0.0000	0.3335
			TOTAL	**49**	**1**	**1.7407**	**1.0000**	**0.0100**	**1.0000**	**3.0000**



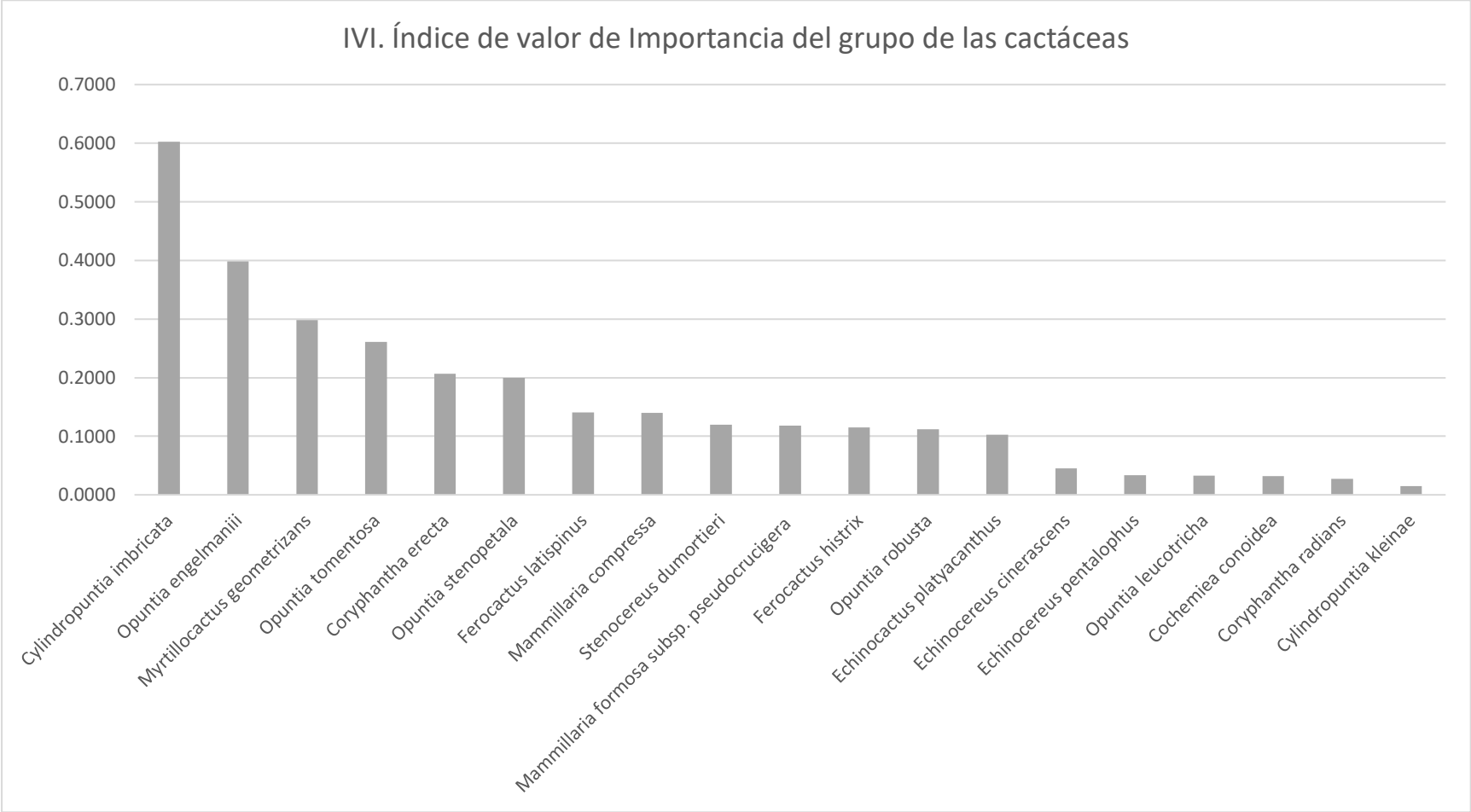
Grafica 53. Índice del Valor de Importancia del estrato arbóreo.

En el estrato arbóreo las especies con el mayor índice de valor de importancia son el Torote (Bursera fagaroides) el encino gris (Quercus grisacea) y la Palma Pita (Yucca fillifera), estas especies son de gran relevancia en el ecosistema de matorral crasicaule, son endémicas de México.

Tabla 232**.** Datos para Índice de Valor de Importancia de las **Cactáceas**.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Abundancia	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Cobertura o área basal	Cobertura o área basal relativa	IVI. Índice de valor de Importancia
1	Biznaga cónica	*Cochemiea conoidea*	No	4	0.0130	0.0370	0.0114	0.0013	0.0080	0.0323

2	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	No	11	0.0357	0.2593	0.0795	0.0040	0.0254	0.1407
3	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	No	20	0.0649	0.2963	0.0909	0.0080	0.0509	0.2067
4	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	No	5	0.0162	0.0370	0.0114	0.0000	0.0000	0.0276
5	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	No	51	0.1656	0.4074	0.1250	0.0490	0.3116	0.6022
6	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	No	1	0.0032	0.0370	0.0114	0.0000	0.0000	0.0146
7	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	Peligro de Extinción (P)	14	0.0455	0.1852	0.0568	0.0000	0.0000	0.1023
8	Alicoché cocuá	*Echinocereus cinerascens*	No	7	0.0227	0.0741	0.0227	0.0000	0.0000	0.0455
9	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	No	3	0.0097	0.0370	0.0114	0.0020	0.0127	0.0338
10	Huamisha	*Ferocactus histrix*	Protección especial (Pr)	11	0.0357	0.2593	0.0795	0.0000	0.0000	0.1153
11	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	No	9	0.0292	0.1852	0.0568	0.0050	0.0318	0.1178
12	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	No	22	0.0714	0.2222	0.0682	0.0000	0.0000	0.1396
13	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	No	25	0.0812	0.3333	0.1023	0.0180	0.1145	0.2979
14	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	No	56	0.1818	0.3333	0.1023	0.0180	0.1145	0.3986
15	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	No	3	0.0097	0.0741	0.0227	0.0000	0.0000	0.0325
16	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	No	6	0.0195	0.0741	0.0227	0.0110	0.0699	0.1122
17	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	No	26	0.0844	0.1481	0.0455	0.0110	0.0699	0.1998
18	Nopal chamacuelo	*Opuntia tomentosa*	No	30	0.0974	0.2222	0.0682	0.0150	0.0954	0.2610
19	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortieri*	No	4	0.0130	0.0370	0.0114	0.0150	0.0954	0.1197
			TOTAL	**308**	**1.0000**	**3.2593**	**1.0000**	**0.15725664**	**1.0000**	**3.0000**



Grafica 54. Índice del Valor de Importancia de las Cactáceas.

Aunque todas las especies de cactáceas son características de matorral crasicaule, existe dentro de la microcuenca las especies que presentaron mayor índice de valor de importancia fueron el Cardón (*Cylindropuntia imbricata)* y el Nopal cuijo *(Opuntia engelmanii)* y el Garambullo *(Myrtillocactus geometrizans)*

Es de resaltar que como resultado del muestreo practicado en la cuenca hidrológico – forestal se identificaron un total de cuatro especies con restricciones dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cuales se enlistan a continuación.

Tabla 233. Listado de especies identificadas en campo endémicas incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el sistema ambiental.

No	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010		
1	Sotol o Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum* (Schiede) Zucc.	Amenazada	(A)	Endémica
2	Biznaga asiento de suegra o burra	*Echinocactus platyacanthus,* Link & Otto	En peligro de extinción	(P)	Endémica
3	Biznaga de aguamishe o borrachita	*Ferocactus histrix* (DC) G.Endémica.Linds.	Sujeta a Protección Especial	(Pr)	Endémica
4	Colorín	*Erythrina americana* Mill.	Amenazada	(A)	Endémica

Para la determinación del o los tipos de vegetación presentes en la superficie propuesta para cambio de uso de suelo en áreas forestales, primeramente, se consultó la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, con el apoyo de la Guía para la interpretación de cartografía Uso del Suelo y Vegetación Escala 1: 250 000, Serie VI del INEGI. 2017, clasificando el tipo de vegetación presente al interior de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, como matorral crasicaule, distribuida en un 46.89% equivalente a 9.25 hectáreas como vegetación primaria y el resto 53.11% o 10.48 hectáreas en secundaria, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 234. Distribución y condición de la vegetación presente en la S-CUSAF. INEGI. 2017.

Tipo	Superficie (m2)	Superficie (has)	Superficie (%)
Matorral crasicaule	92,522.03	9.25	46.89
Matorral crasicaule. Arbustivo secundario	104,815.58	10.46	53.11
Total	**197,337.60**	**19.71**	**100.00**

Con el objetivo de caracterizar las condiciones de la vegetación presentes en la superficie solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales, se levantaron 20 sitios de muestreo de diferentes dimensiones y formas, tomando en cuenta los principales estratos.

Tabla 235. Características particulares de los sitios de muestreo para el tipo de vegetación matorral crasicaule en el proyecto

Forma del sitio	Radio (m)	Superficie (m^2)	Estrato.
Cuadrado	1.00X1.00	1.00	Herbáceo
Circular	2.00	12.56	Arbustivo
Circular	12.61	500.00	Arbóreo y Cactáceas

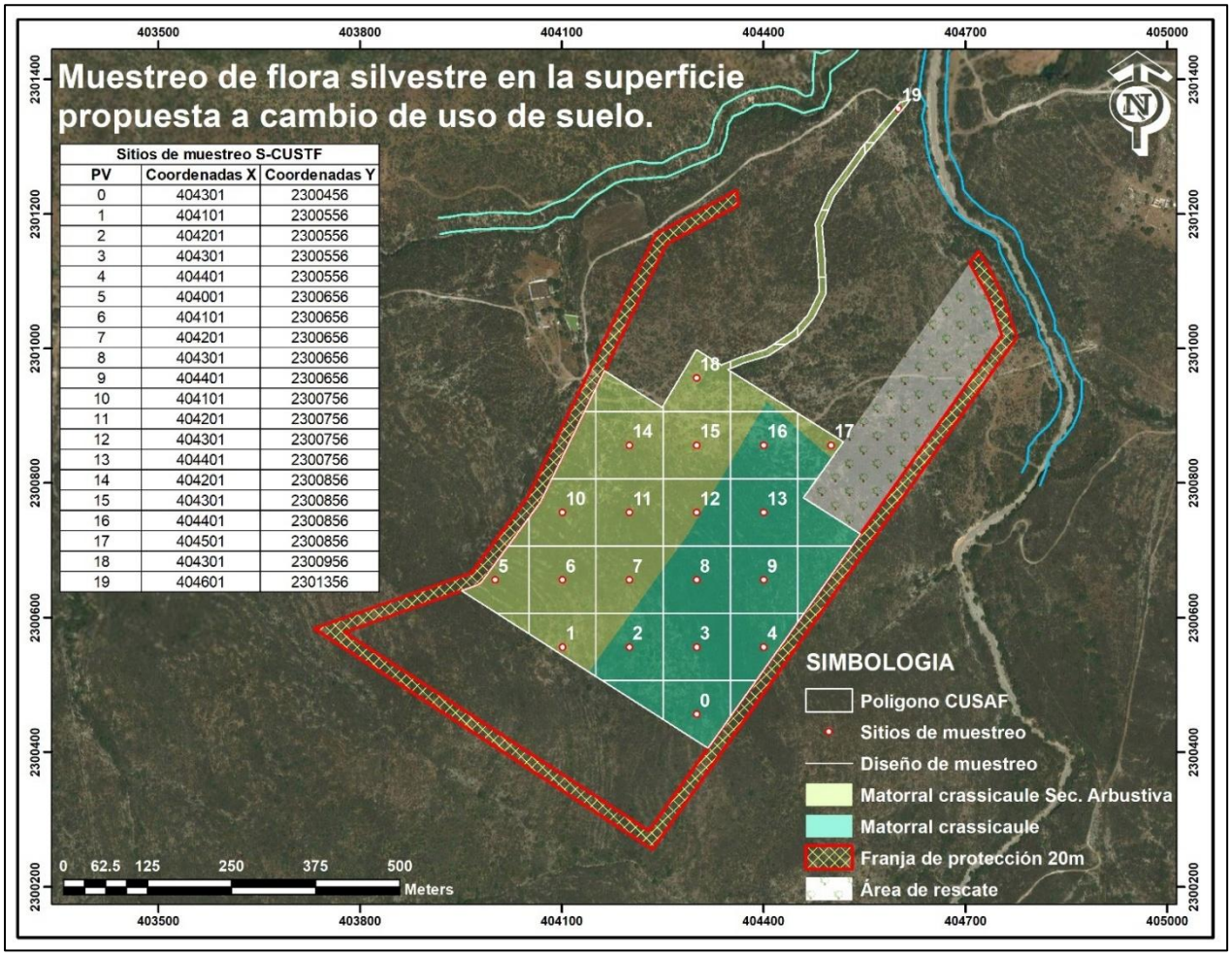


Imagen 60. Mapa de diseño de muestreo florístico.

Tabla 236. Ubicación geográfica UTM de los sitios de muestreo.

Sitios	Coordenadas X	Coordenadas Y
0	404301	2300456
1	404101	2300556
2	404201	2300556

Sitios	Coordenadas X	Coordenadas Y
3	404301	2300556
4	404401	2300556
5	404001	2300656
6	404101	2300656
7	404201	2300656
8	404301	2300656
9	404401	2300656
10	404101	2300756
11	404201	2300756
12	404301	2300756
13	404401	2300756
14	404201	2300856
15	404301	2300856
16	404401	2300856
17	404501	2300856
18	404301	2300956
19	404601	2301356

Bajo este esquema de muestreo, para el registro de estrato arbóreo y arbustivo los sitios fueron de forma circula de 500 m^2 con un radio de 12.61 m y de 12.56 m^2 con un radio de 2.00 m respectivamente, mientras que para el estrato arbustivo este fue de 1.00 m^2, es decir, de 1X1m de forma cuadrada, tal cual se puede mostrar en la siguiente tabla.

Justificación del diseño y tamaño de los sitios de muestreo

Se empleó el Método Sistemático al Azar, en el cual no interviene el criterio humano en la selección de los sitios de muestreo.

El Método Sistemático de Muestreo que comenzó a ser estudiado y adoptado por el Inventario Nacional Forestal desde 1961 y 1962 es hoy de uso generalizado consiste en la formación de Retículas, Secciones o Celdas cuadradas o rectangulares en la Zona de Estudio mediante el trazo de líneas horizontales y verticales formando a su vez filas y columnas y a la intersección de estas se le denomina Celda o Sección en donde se ubican los sitios de muestreo y a la columna con sus respectivos Sitios de Muestreo se le denomina Línea de Muestreo.

Existen dos esquemas del Muestreo Sistemático más conocidos: el Primero de ellos define columnas con un ancho de 1,000 m. y filas con un alto de 250 m, lo que da como resultado celdas con una superficie de 250,000 m² formando una retícula de 5 columnas por 20 filas, que da como resultado 100 sitios de muestreo.

Dado que los sitios de muestreo son circulares y tienen una superficie de 1000 m², este esquema proporciona una intensidad de muestreo del 0.4%, la cual se ha considerado como suficiente algunas veces como mayor de la requerida para obtener buena precisión en los muestreos para inventarios forestales regionales de grandes aéreas.

El segundo esquema de muestreo planea un ancho de columnas de 400 mts y filas con un alto de 250 mts lo que da como resultado celdas con una superficie de 100,000 m² Formando una retícula de 5 columnas por 8 filas, que da como resultado 40 sitios de muestreo.

En esta forma de distribuir el muestreo considerando que los sitios son circulares y tienen una superficie de 1000 m², este esquema proporciona una intensidad de muestreo del 1%, la cual se ha considerada como elevada.

Para el caso específico del área de estudio, se siguió este mismo principio, sin embargo, con el uso de Arc-Map se creó un Fisher el cual consiste en alimentar el sistema a cada cuantos (m o km) queremos levantar cada sitio de muestreo en toda la el área muestreada. Para nuestro caso se levantaron a cada 100 metros entre columnas y filas, levantando un total de 20 muestras, cuyas características se describen a continuación.

Considerando el sitio de 500 m^2 como la unidad principal de muestreo se tiene una superficie muestreada de 10,000 m^2 lo que equivaldría a una **intensidad de muestreo** del **5.07 %**.

Para el presente diseño de muestreo se tomó en cuenta el Manual y Procedimientos para el Muestreo de Campo. Re-muestreo 2011, elaborado por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Comisión Nacional Forestal (SEMARNAT-CONAFOR, 2011), para este tipo de vegetación, levantándose los sitios con las siguiente características y dimensiones.

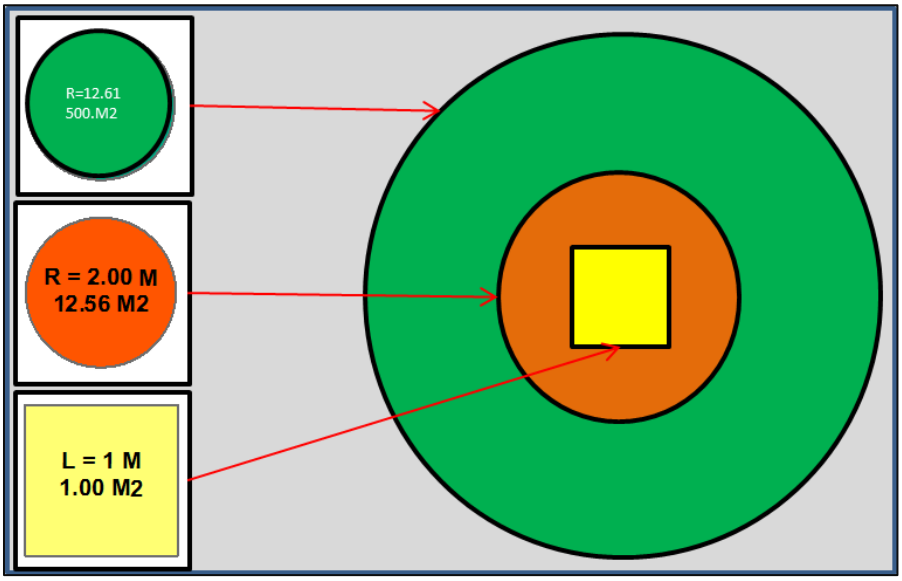


Imagen 61. Características de los sitios de muestreo en el área a CUSAF.

Para determinar la forma de los sitios de muestreo se deben considerar, básicamente, los problemas prácticos que se puedan presentar al delimitar directamente en el campo, las diferentes formas factibles de uso, los objetivos mismos del inventario, la zona por inventariar, etcétera (Romahn de la Vega & Ramírez Maldonado, 2002).

Los sitios de muestreo pueden tener la forma que más convenga a las posibilidades y tiempo disponible, de tal manera que podamos tener sitios cuadrados, rectangulares, circulares, triangulares, romboidales, irregulares, etcétera, aunque las tres formas geométricas que más se han utilizado en inventarios forestales son: cuadradas, circulares y rectangulares, pues resultaría muy laboriosa la delimitación en el terreno de cualquier otra forma diferente a las antes citadas; representaría la utilización de más tiempo y costo, principalmente. Para nuestro caso se utilizó la forma cuadrada de 1X1m y circulares de 2.00 y 12.61 metros de radio respectivamente.

Representatividad de la muestra de la S-CUSAF.

Para sustentar que la muestra que se tomó en la superficie a CUSAF nos refleja desde el punto de vista estadístico la confiabilidad necesaria, en este caso del 95%, se desarrolló el siguiente ejercicio:

Primero se parte de un muestreo preliminar y se define la variable que se evaluará, en nuestro caso se tomó la riqueza de especies forestales, es decir, el número de especies identificadas por

cada sitio de muestreo. Para nuestro caso se tomaron en cuenta cinco sitios del total levantados, los cuales se seleccionaron al azar, los cuales se muestran a continuación.

Tabla 237. Variables para el cálculo de confiabilidad de la muestra.

No.	Número de Sitio	Número de especies
1	2	12
2	8	10
3	9	13
4	13	10
5	18	14

La fórmula utilizada para el cálculo de muestra fue la ecuación del cálculo del tamaño de muestra (n) para variables cuantitativas de una población finita, debido a que el muestreo de la vegetación realizado en la S-CUSAF, la población que se estudiará corresponde a una población finita, cuyos elementos son contables, pues se trata de cantidades concretas y estimables.

Para este cálculo se tienen que tomar en cuenta valores estadísticos como media y varianza de la muestra.

Determinación de parámetros estadísticos

Media aritmética:

Para la determinación de la media aritmética se empleó la siguiente fórmula.

Ecuación de la media aritmética

$$\boldsymbol{X = \frac{\sum x_n}{n}}$$

Donde

X : es la media aritmética.

x_n: Valores del conjunto de datos

n: Número de valores

Desviación estándar y varianza de una muestra y varianza:

Ecuación de la desviación estándar muestral

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x-X)^2}{n-1}}$$

Ecuación de la varianza muestral

$$s^2 = \frac{\sum(x-X)^2}{n-1}$$

Donde

X : es la media aritmética.

x: Valores del conjunto de datos

n: Número de valores

s: Desviación estándar de la muestra

s^2: Varianza de una muestra

Tabla 238. Variables para el cálculo de confiabilidad de la muestra.

No.	No. de Sitio	No. de especies	$(x - X)$	$\|(x - X)\|$	$\|x - X\|^2$	Valores estadísticos
1	2	12	0.2	0.2	0.04	Total (N) = **43**
2	8	10	-1.8	1.8	3.24	Media (X)= **11.8**
3	9	13	2.2	2.2	4.84	Desviación estándar= **0.4697**
4	13	10	-1.8	1.8	3.24	Varianza= **0.2206**
5	18	14	1.2	1.2	1.44	

Cálculo del número de muestras:

La ecuación del cálculo del tamaño de muestra (n) para variables cuantitativas de una población finita se utiliza en un muestreo aleatorio simple para determinar cuántos elementos deben seleccionarse de una población para obtener resultados estadísticamente significativos con un margen de error aceptable.

Cálculo del número de muestras para una población finita

$$n = \frac{N * {Z_a}^2 * S^2}{(N-1) * e^2 + {Z_a}^2 * S^2}$$

Donde

n : Tamaño de la muestra.

S^2: Varianza de la muestra

N: ***Universo de los elementos del cual se ha elegido una cualidad a estudiar (variable) = 43***

Z: Valor crítico de distribución normal (valor obtenido de tablas)

e: Error máximo admisible.

Si bien es cierto que se tomaron datos de 5 sitios de muestreo, sin embargo, no hay que perder de vista que para estimar el tamaño de la muestra se consideró como variable la riqueza de especies, por lo que la ecuación utilizada (Fórmula IV.11), nos indica que debemos considerar el ***(N: Universo de los elementos del cual se ha elegido una cualidad a estudiar (variable))*** que valga la redundancia, para nuestro caso se tomó la riqueza de especies presentes en el universo, en decir, en la microcuenca, cuya riqueza fue de 43 especies.

Tabla 239. Valor de Z en tablas para .9750 (1.96) Extraído de Triola, 2009

TABLA A-2 (*continuación*) Área acumulativa desde la IZQUIERDA

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	* .9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767

Valores del muestreo:

S^2: Varianza de la muestra =.185

N: 43 especies

Z: 1.96 para un nivel de confianza del 95%

e: para el presente estudio fue de 15%

Desglose de fórmula:

$$\boldsymbol{n = \frac{N * {Z_a}^2 * S^2}{(N-1) * e^2 + {Z_a}^2 * S^2}}$$

$$n = \frac{(43) * (1.96)^2 * (.2206)}{(43-1) *.15^2 + (1.96)^2 * (.2206)} = \frac{(43) * (3.8416) * (.2206)}{42 * .0225 + 3.8416 * (.2206)} = \frac{36.4554}{1.7928} = \boldsymbol{20.3343}$$

$$\boldsymbol{n = 20\ sitios}$$

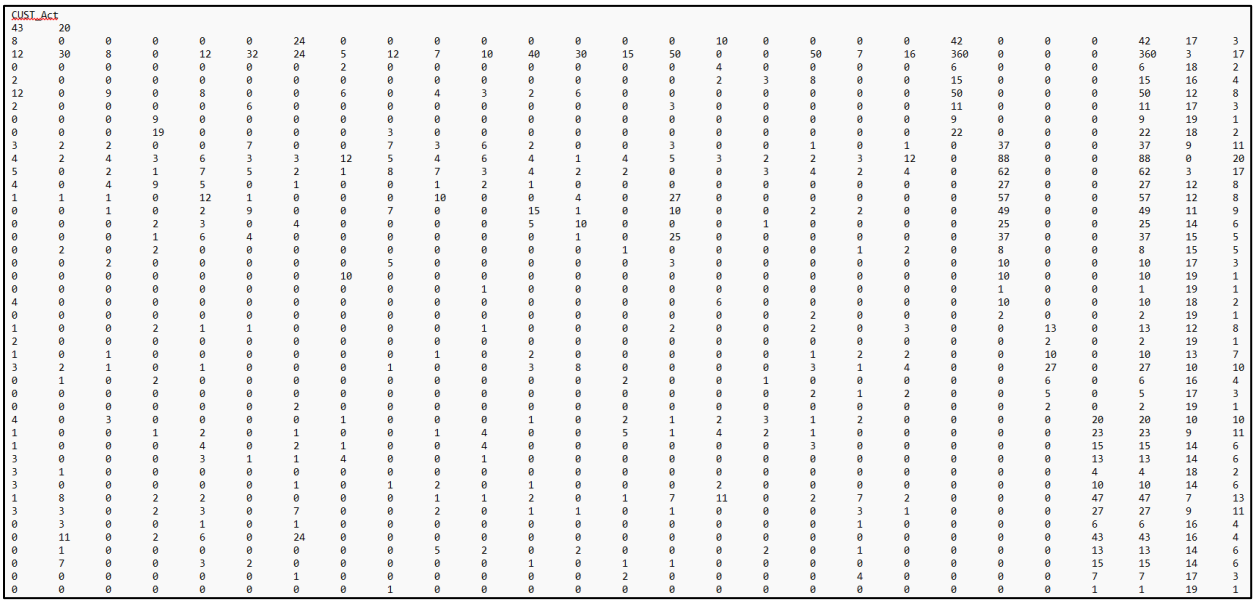
Por lo tanto, para el presente muestreo, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 15% se trabajarán con 20 sitios.

Curva de acumulación de especies.

Con la finalidad de generar certidumbre sobre la confiabilidad del muestreo realizado se procedió a construir una Curva de Acumulación de Especies la cual permite evaluar la representatividad del esfuerzo de muestreo aplicado, con un nivel de confianza del 95%.

Para ello fue necesario trabajar con los **20 sitios** levantados en el tipo de vegetación por afectar con el cambio de uso de suelo en áreas forestales en este matorral crasicaule en sus dos condiciones primaria y secundaria, los cuales incluyen información del número de especies observadas, así como la abundancia por sitio de cada una de esas especies, con los datos obtenidos en campo y ordenados en Excel, se genera la siguiente tabla de texto delimitada por tabulaciones:

Tabla 240. Datos tabulares de abundancia para ingreso al Sistema EstimateS.

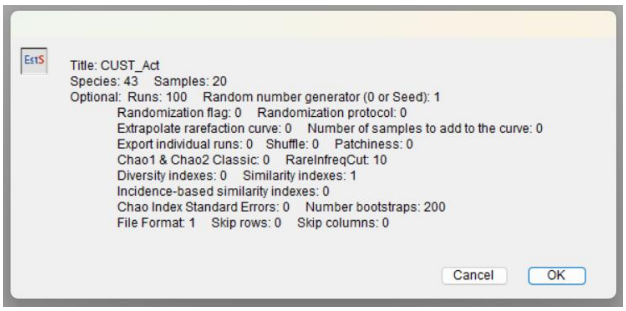


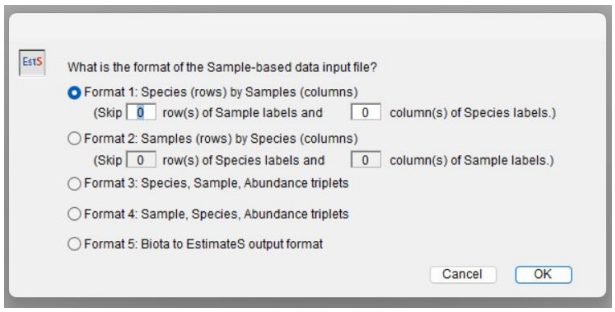
CUST_Act																										
43	20																									
8	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	42	0	0	0	42	17	3
12	30	8	0	12	32	24	5	12	7	10	40	30	15	50	0	0	50	7	16	360	0	0	0	360	3	17
0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	6	0	0	0	6	18	2
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	8	0	0	15	0	0	0	15	16	4
12	0	9	0	8	0	0	6	0	4	3	2	6	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	50	12	8
2	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	11	0	0	0	11	17	3
0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	9	19	1
0	0	0	19	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	22	18	2
3	2	2	0	0	7	0	0	7	3	6	2	0	0	3	0	0	1	0	1	0	37	0	0	37	9	11
4	2	4	3	6	3	3	12	5	4	6	4	1	4	5	3	2	2	3	12	0	88	0	0	88	0	20
5	0	2	1	7	5	2	1	8	7	3	4	2	2	0	0	3	4	2	4	0	62	0	0	62	3	17
4	0	4	9	5	0	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	27	12	8
1	1	1	0	12	1	0	0	0	10	0	0	4	0	27	0	0	0	0	0	0	57	0	0	57	12	8
0	0	1	0	2	9	0	0	7	0	0	15	1	0	10	0	0	2	2	0	0	49	0	0	49	11	9
0	0	0	2	3	0	4	0	0	0	0	5	10	0	0	0	1	0	0	0	0	25	0	0	25	14	6
0	0	0	1	6	4	0	0	0	0	0	0	1	0	25	0	0	0	0	0	0	37	0	0	37	15	5
0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	8	0	0	8	15	5
0	0	2	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10	17	3
0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	10	19	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	19	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	10	0	0	10	18	2
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	19	1
1	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	3	0	0	13	0	13	12	8
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	19	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	10	0	10	13	7
3	2	1	0	1	0	0	0	1	0	0	3	8	0	0	0	0	3	1	4	0	0	27	0	27	10	10
0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0	6	16	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	5	0	5	17	3
0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	19	1
4	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	1	2	3	1	2	0	0	0	0	20	20	10	10
1	0	0	1	2	0	1	0	0	1	4	0	0	5	1	4	2	1	0	0	0	0	0	23	23	9	11
1	0	0	0	4	0	2	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	15	15	14	6
3	0	0	0	3	1	1	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	14	6
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	18	2
3	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10	10	14	6
1	8	0	2	2	0	0	0	0	1	1	2	0	1	7	11	0	2	7	2	0	0	0	47	47	7	13
3	3	0	2	3	0	7	0	0	2	0	1	1	0	1	0	0	0	3	1	0	0	0	27	27	9	11
0	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	6	16	4
0	11	0	2	6	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	43	16	4
0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	2	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	13	13	14	6
0	7	0	0	3	2	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	14	6
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	7	7	17	3
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	19	1

Posteriormente para realizar la construcción de la curva de acumulación de las especies se utilizó el programa denominado EstimateS versión 9.1; este programa es una aplicación de software libre para sistemas operativos Windows que calcula una variedad de estadísticas, estimadores e índices de biodiversidad basados en datos de muestreo biótico; calcula las curvas de acumulación de especies esperadas para las muestras de referencia con intervalos de confianza incondicionales del 95%, utilizando las fórmulas analíticas de Colwell et al. 2004 y Colwell et. al 2012.

Para correr el programa EstimateS los datos deben venir en un archivo con formato de texto (delimitado por tabulaciones) (*.txt). El archivo está establecido de modo que cada fila representa una especie, y cada columna una unidad muestral (sitios). Los datos que aparecen son las abundancias de las especies registradas en cada unidad muestral. Tal como se puede observar la siguiente ventana que el programa nos confirma que estamos trabajando con **20 sitios y 43 especies:**

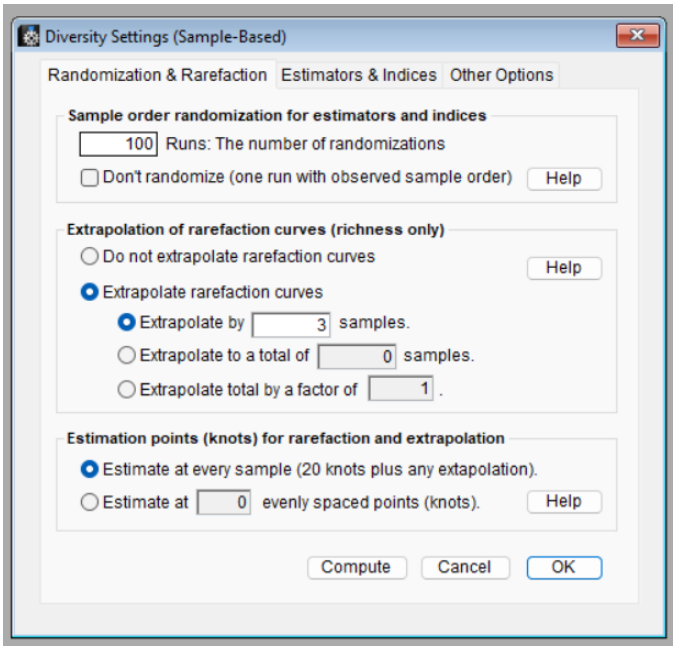
Tabla 241. Pasos y parámetros de entrada de datos del Sistema EstimateS.





El programa nos da la posibilidad de extrapolar los datos de las muestras incorporadas con la finalidad de prolongar la curva que será construida y poder observar su comportamiento después del último sitio evaluado, para nuestro caso se extrapolaron tres muestras más con la finalidad de ver el comportamiento de abundancia de las especies en el ecosistema.

Tabla 242. Parámetros de EstimateS para agregar 3 muestreos más para la extrapolación de la curva.



El archivo que resulta se exporta en formato "ASCII file (.txt)" el cual se lee como documento de texto en block de notas; posteriormente la tabla exportada se copia en Excel.

Del total de las columnas solo se quedarán aquellas que nos refieren los límites de la curva de acumulación de las especies con un nivel de confianza del 95%, los estimadores no paramétricos **ACE1 y Chao1** y el número de muestras levantadas, así como las que fueron extrapoladas

Tabla 243. Datos procesados en EstimateS para generar la curva de acumulación de especies.

CUST_Act

Samples	Individuals (computed)	S(est) (analytical)	S(est) 95% CI Lower bound	S(est) 95% CI Upper bound	S(est) SD (analytical)	S Mean (runs)	Singletons Mean	Singletons SD (runs)	Doubletons Mean	Doubletons SD (runs)	Uniques Mean	Uniques SD (runs)	Duplicates Mean	Duplicates SD (runs)	ACE Mean	ACE SD (runs)	ICE Mean	ICE SD (runs)	Chao1 Mean	Chao1 95% CI Lower Bd.	Ch CI
1	62.35	13	9.73	16.26	1.66	12.71	3.51	1.32	2.91	1.72	12.71	3.30	0	0	15.62	4.23	12.71	3.30	14.27	12.91	
2	124.7	20.14	16.06	24.22	2.08	20.73	4.35	1.61	4.31	1.94	14.78	3.43	5.95	2.52	23.92	4.28	79.33	50.55	22.77	21.08	
3	187.05	24.91	20.46	29.36	2.27	25.55	4.33	1.73	4.74	2.09	14.49	3.34	7.36	2.47	28.46	3.91	51.27	15.32	27.42	25.89	
4	249.4	28.33	23.71	32.95	2.35	28.82	3.98	1.84	4.49	1.81	13.56	3.07	8.59	2.55	31.16	3.32	46.13	10.41	30.45	29.16	
5	311.75	30.90	26.22	35.58	2.38	31.24	3.67	1.79	4.43	1.98	12.53	2.70	9.29	2.71	33.21	3.22	44.11	6.78	32.78	31.55	
6	374.1	32.90	28.21	37.58	2.38	32.93	3.15	1.61	4.31	2.02	11.46	2.67	9.07	2.39	34.45	3.07	43.41	6.09	34.07	33.16	
7	436.45	34.51	29.86	39.17	2.37	34.24	2.85	1.53	3.98	1.85	10.49	2.54	8.6	2.53	35.53	2.87	43.09	5.42	35.26	34.48	
8	498.8	35.76	31.14	40.39	2.35	35.76	2.47	1.34	3.77	1.87	10.13	2.15	8.28	2.57	36.77	2.39	43.98	4.45	36.55	36.03	
9	561.15	36.85	32.27	41.43	2.33	36.77	2.33	1.11	3.63	1.64	9.49	1.99	7.82	2.63	37.67	2.20	44.14	3.92	37.35	37	
10	623.5	37.78	33.24	42.32	2.31	37.64	2.12	1.18	3.36	1.53	8.97	1.85	7.37	2.53	38.43	1.97	44.44	3.33	38.18	37.95	
11	685.85	38.59	34.09	43.08	2.29	38.62	1.93	1.12	3.49	1.44	8.68	1.93	7.05	2.16	39.33	1.72	44.63	2.92	39	38.90	
12	748.2	39.29	34.83	43.75	2.27	39.3	1.86	0.98	3.26	1.36	8.28	1.90	6.82	2.20	39.96	1.67	44.71	2.87	39.65	39.63	
13	810.55	39.92	35.49	44.35	2.26	39.84	1.86	0.97	3.07	1.22	7.88	1.59	6.44	1.71	40.49	1.68	44.59	2.57	40.22	40.15	
14	872.9	40.48	36.07	44.88	2.24	40.37	1.81	0.83	3.03	1.22	7.7	1.41	6.03	1.57	40.99	1.48	44.81	2.16	40.68	40.63	
15	935.25	40.99	36.60	45.38	2.23	40.82	1.81	0.82	2.87	0.94	7.48	1.37	5.59	1.66	41.43	1.27	45.03	1.90	41.14	41.06	
16	997.6	41.45	37.07	45.83	2.23	41.33	1.76	0.69	2.79	0.84	7.26	1.30	5.53	1.72	41.90	1.10	45.37	1.67	41.60	41.53	
17	1059.95	41.88	37.50	46.26	2.23	41.83	1.79	0.62	2.81	0.78	7.23	1.12	5.16	1.48	42.42	0.92	45.79	1.41	42.09	42.02	
18	1122.3	42.27	37.89	46.66	2.23	42.25	1.9	0.50	2.82	0.71	7.13	1.05	4.84	1.25	42.88	0.82	46.12	1.36	42.53	42.36	
19	1184.65	42.65	38.24	47.05	2.24	42.68	1.97	0.38	2.87	0.46	7.09	0.69	4.33	0.89	43.34	0.53	46.47	0.86	42.95	42.74	
20	1247	43	38.56	47.43	2.26	43	2	0	3	0	7	0	4	0	43.67	0	46.66	0	43.24	43.01	
21	1309.35	43.33	38.85	47.80	2.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	1371.7	43.64	39.11	48.17	2.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	1434.05	43.93	39.34	48.52	2.34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

El estimador de cobertura basado en abundancia, por sus siglas en inglés (ACE) y CHAO1, son métodos estadísticos utilizados ampliamente para estimar la riqueza de especies (diversidad alfa) en una comunidad. El estimador no paramétrico ACE estima el número de especies raras y su abundancia en la comunidad, mientras que el estimador CHAO1 es relativamente menos complejo pues solo estima la riqueza de especies basado en el número de especies raras en la muestra. Los valores de estos estimadores consideran las especies raras (CHAO1) y además la estructura de la comunidad (ACE), además, permiten reducir el sesgo del submuestreo.

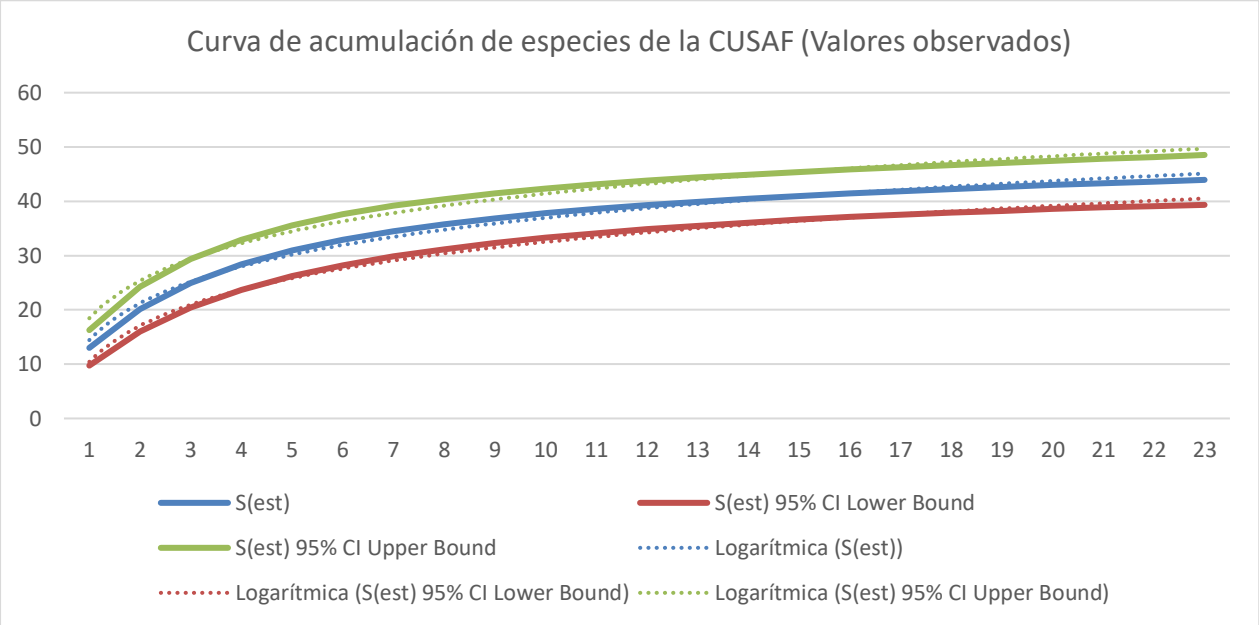
En la tabla de datos obtenidos de EstimateS para la construcción de la curva de acumulación de especies se puede identificar que en las columnas están los valores observados (S) así como como los obtenidos del análisis con los estimadores ACE y Chao 1 con su respectivo promedio. Estos datos se seleccionarán y se pondrán en otra hoja de cálculo para realizar la curva de acumulación de especies:

Tabla 244. Resultados obtenidos de los promedios de los estimadores y las observaciones para generar la curva de acumulación de especies.

Promedio de datos observados	Promedio de ACE	Promedio de Chao 1
12.71	15.62	14.27
20.73	23.93	22.77

Promedio de datos observados	Promedio de ACE	Promedio de Chao 1
25.55	28.47	27.42
28.82	31.17	30.46
31.24	33.22	32.79
32.93	34.45	34.08
34.24	35.54	35.26
35.76	36.78	36.56
36.77	37.67	37.35
37.64	38.44	38.18
38.62	39.34	39.01
39.3	39.96	39.65
39.84	40.5	40.22
40.37	40.99	40.69
40.82	41.44	41.14
41.33	41.91	41.6
41.83	42.42	42.1
42.25	42.88	42.53
42.68	43.34	42.96
43	43.67	43.25
SUMATORIAS		
706.43	**731.74**	**722.29**
PORCENTAJE DE REPRESENTATIVIDAD		
	97%	**98%**

Para visualizar únicamente los valores muestreados se realizó la Curva de Acumulación de Especies con extrapolación logarítmica teniendo en cuenta el límite inferior y superior al 95% obtenido en EstimateS:

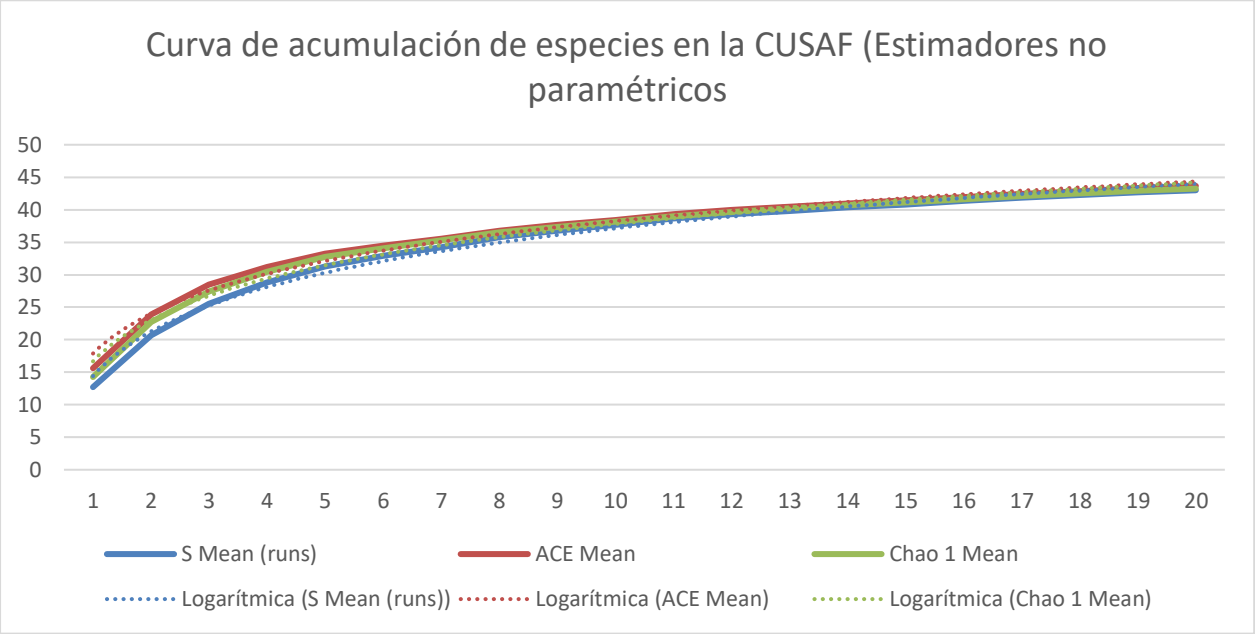


Grafica 55. Curva de acumulación de especies del área a CUSAF.

En esta gráfica podemos observar que la Curva de Acumulación de Especies construida con la información obtenida en los sitios de muestreo (línea media, azul), queda incluida entre el límite inferior (línea roja) y límite superior (línea verde) del grado de confiabilidad del 95%, así también podemos observar que la curva sigue un mismo curso dentro del límite inferior y el límite superior, lo que nos indica que aún si continuáramos obteniendo sitios de muestreo en la superficie de CUSAF, ya no se modifica el grado de confiablidad del 95%; finalmente concluimos que **las 20 muestras con las que se trabajó son suficientes para alcanzar un grado de confiabilidad del 95%**, y ya no sería necesario adicionar una mayor cantidad de sitios de muestreo puesto que la curva de acumulación de especies sigue un mismo curso, siempre por encima del límite inferior.

Sin embargo, la conformación de la curva es el reflejo de las condiciones heterogéneas de los tipos de vegetación presentes en el área de cambio de uso de suelo en este caso matorral crasicaule en sus dos condiciones.

Finalmente, con los promedios de los datos obtenidos (S, ACE y Chao1) se construye la siguiente curva:



Grafica 56. Curva de acumulación de especies en la S-CUSAF. Datos observados y estimadores no paramétricos. Se muestra en línea punteada la curva logarítmica de cada uno de los indicadores.

Los valores del promedio de Chao1 y ACE fueron 96% y 97% respectivamente, lo cual nos indica una gran completitud de nuestro muestreo.

Intensidad de muestreo

Considerando el sitio de 500 m^2 como la unidad principal de muestreo se tiene una superficie muestreada de 10,000 m^2 lo que equivaldría a una **intensidad de muestreo** del **5.07 %**.

Tabla 245. Resumen y metodología del muestreo de flora silvestre en el sistema ambiental SA.

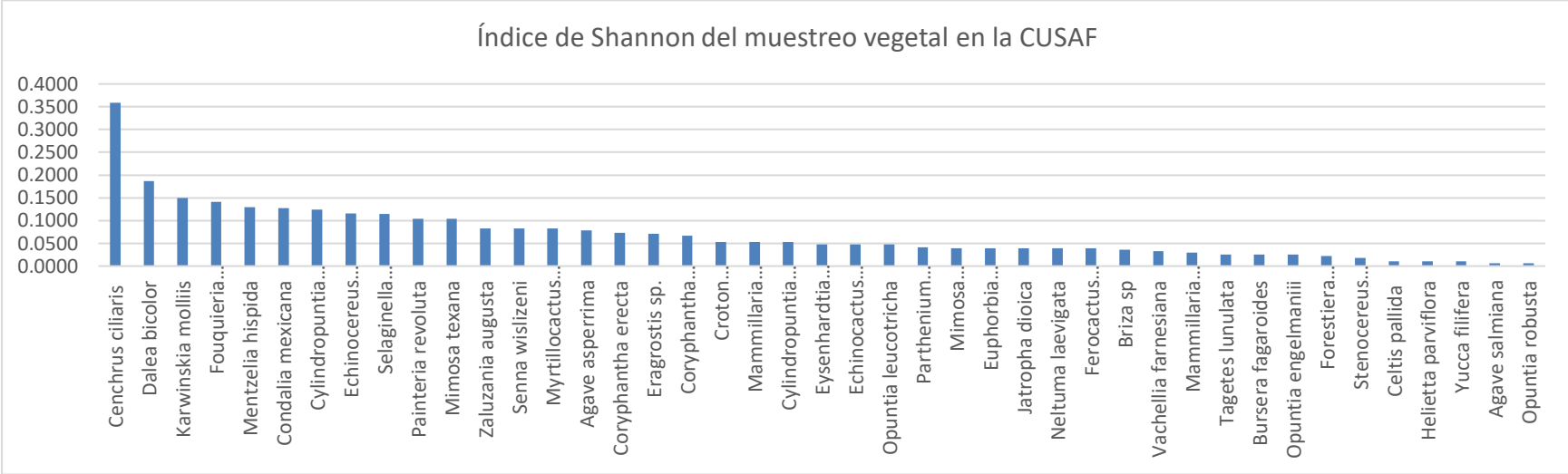
Componente	Tipo	Método	No. Sitios	Estacionalidad	Fecha de muestreo	Comunidad	Comunidad
Flora silvestre	Sistemático	Puntual	20	Invierno	27/01/25	Perenne	Acuática

Las tablas siguientes presentan el nombre común y científico de las especies presentes en el ecosistema muestreado, incluyendo el valor calculado de Shannon-Wiener que nos permitió medir la diversidad de especies vegetales identificadas en la superficie sujeta a cambio de uso de suelo, estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo, además de las estimaciones correspondientes a los índices de equidad y de máxima diversidad.

Tabla 246. Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad de la superficie a CUSAF.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)	Abundancia relativa (Pi)	Índice de Simpson (D) = pi^2	Índice de diversidad de Simpson (1-D) 1-pi^2	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)	Índice de Shannon
1	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	No	Nativa	42	0.0337	0.0011	0.9989	-3.3908	-0.1142	0.1142
2	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	No	Introducida	360	0.2887	0.0833	0.9167	-1.2424	-0.3587	0.3587
3	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	No	Endémica	6	0.0048	0.0000	1.0000	-5.3367	-0.0257	0.0257
4	Canelilla	*Croton ciliatoglandulifer*	No	Nativa	15	0.0120	0.0001	0.9999	-4.4204	-0.0532	0.0532
5	Zazálic	*Mentzelia hispida*	No	Nativa	50	0.0401	0.0016	0.9984	-3.2165	-0.1290	0.1290
6	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	No	Nativa	11	0.0088	0.0001	0.9999	-4.7306	-0.0417	0.0417
7	Pasto 2	*Briza sp*	No	Introducida	9	0.0072	0.0001	0.9999	-4.9313	-0.0356	0.0356
8	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	No	Nativa	22	0.0176	0.0003	0.9997	-4.0375	-0.0712	0.0712
9	Cabello de angel	*Painteria revoluta*	No	Nativa	37	0.0297	0.0009	0.9991	-3.5176	-0.1044	0.1044
10	Engordacabra	*Dalea bicolor*	No	Nativa	88	0.0706	0.0050	0.9950	-2.6512	-0.1871	0.1871
11	Capulincillo	*Karwinskia molliis*	No	Endémica	62	0.0497	0.0025	0.9975	-3.0014	-0.1492	0.1492
12	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	No	Endémica	27	0.0217	0.0005	0.9995	-3.8327	-0.0830	0.0830
13	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	No	Nativa	57	0.0457	0.0021	0.9979	-3.0854	-0.1410	0.1410
14	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	No	Endémica	49	0.0393	0.0015	0.9985	-3.2367	-0.1272	0.1272
15	Maguey áspero	*Agave asperrima*	No	Endémica	25	0.0200	0.0004	0.9996	-3.9096	-0.0784	0.0784
16	Uña de gato	*Mimosa texana*	No	Nativa	37	0.0297	0.0009	0.9991	-3.5176	-0.1044	0.1044
17	Huizache	*Vachellia farnesiana*	No	Nativa	8	0.0064	0.0000	1.0000	-5.0491	-0.0324	0.0324
18	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	No	Endémica	10	0.0080	0.0001	0.9999	-4.8259	-0.0387	0.0387
19	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	No	Nativa	10	0.0080	0.0001	0.9999	-4.8259	-0.0387	0.0387
20	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	No	Endémico	1	0.0008	0.0000	1.0000	-7.1285	-0.0057	0.0057
21	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	No	Nativa	10	0.0080	0.0001	0.9999	-4.8259	-0.0387	0.0387
22	Granjeno	*Celtis pallida*	No	Nativa	2	0.0016	0.0000	1.0000	-6.4353	-0.0103	0.0103
23	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	No	Nativa	13	0.0104	0.00010868	0.9999	-4.5635	-0.0476	0.0476
24	Cuatle	*Helietta parviflora*	No	Nativa	2	0.0016	0.00000257	1.0000	-6.4353	-0.0103	0.0103
25	Mezquite	*Neltuma laevigata*	No	Nativa	10	0.0080	0.00006431	0.9999	-4.8259	-0.0387	0.0387
26	Palo prieto	*Senna wislizeni*	No	Nativa	27	0.0217	0.00046881	0.9995	-3.8327	-0.0830	0.0830

27	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	No	Nativa	6	0.0048	0.00002315	1.0000	-5.3367	-0.0257	0.0257
28	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	No	Endémica	5	0.0040	0.00001608	1.0000	-5.5191	-0.0221	0.0221
29	Palma pita	*Yucca filifera*	No	Endémica	2	0.0016	0.00000257	1.0000	-6.4353	-0.0103	0.0103
30	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	No	Endémica	20	0.0160	0.00025723	0.9997	-4.1328	-0.0663	0.0663
31	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	No	Endémica	23	0.0184	0.00034019	0.9997	-3.9930	-0.0736	0.0736
32	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	No	Endémica	15	0.0120	0.00014469	0.9999	-4.4204	-0.0532	0.0532
33	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	Si	Endémica	13	0.0104	0.00010868	0.9999	-4.5635	-0.0476	0.0476
34	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	No	Endémica	4	0.0032	0.00001029	1.0000	-5.7422	-0.0184	0.0184
35	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	No	Endémica	10	0.0080	0.00006431	0.9999	-4.8259	-0.0387	0.0387
36	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	No	Endémica	47	0.0377	0.00142057	0.9986	-3.2783	-0.1236	0.1236
37	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	No	Endémica	27	0.0217	0.00046881	0.9995	-3.8327	-0.0830	0.0830
38	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	No		6	0.0048	0.00002315	1.0000	-5.3367	-0.0257	0.0257
39	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	No	Nativa	43	0.0345	0.00118906	0.9988	-3.3673	-0.1161	0.1161
40	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	No	Nativa	13	0.0104	0.00010868	0.9999	-4.5635	-0.0476	0.0476
41	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	No	Nativa	15	0.0120	0.00014469	0.9999	-4.4204	-0.0532	0.0532
42	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	No	Endémica	7	0.0056	0.00003151	1.0000	-5.1826	-0.0291	0.0291
43	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	No	Endémica	1	0.0008	0.0000	1.0000	-7.1285	-0.0057	0.0057
					Índice de Shannon-Weiver (H') -∑Pi*Ln2Pi						**2.9878**
					Índice de Simpson (D) ∑= pi^2						**0.1056**
					Índice de diversidad de Simpson (1-D) ∑= 1-(pi^2)						**0.8944**
					Índice de Margalef (DMg) = (S - 1) / lnN S=43 S-1=42 N=1247 LnN=7.1396						**5.8919**



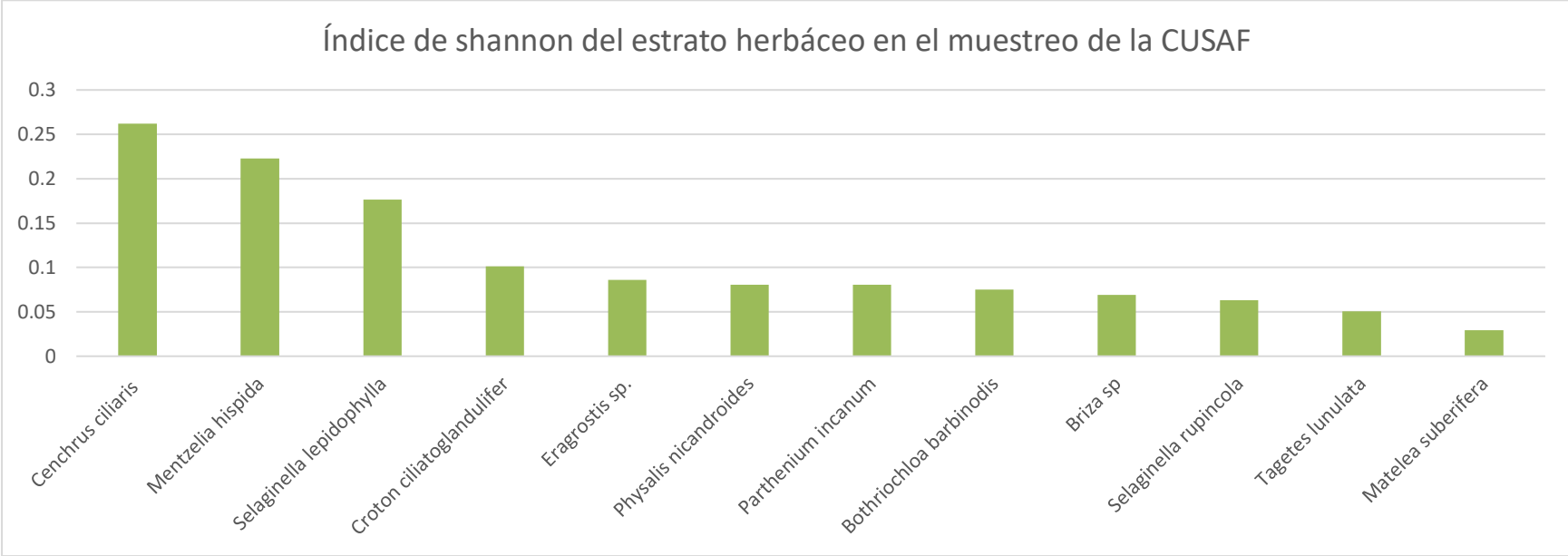
Grafica 57. Índice de diversidad del cambio de uso de suelo de áreas forestales.

De acuerdo con los resultados anteriores se concluye que la superficie solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales presenta una riqueza de **43 especies** y una índice de diversidad de **Shannon de 2.9878**, mientras que las especies dominantes dentro de este ecosistema son Pasto buffel *Cenchrus ciliaris* Fig. & De Not, Engordacabra *Dalea bicolor* Humb. & Bonpl. ex Willd. y Capulincillo *Karwinskia molliis* Schltdl. Es importante precisar que todas las especies identificadas son representativas de matorral crasicaule.

Tabla 247. Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad del estrato herbáceo.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)	Abundancia relativa (Pi)	Índice de Simpson (D) = pi^2	Índice de diversidad de Simpson (1-D) 1-pi^2	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)	Índice de Shannon
1	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	No	Nativa	42	0.08155	0.00665	0.99335	-2.50650	-0.20441	0.20441

2	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	No	Introducida	360	0.69903	0.48864	0.51136	-0.35806	-0.25030	0.25030
3	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	No	Endémica	6	0.01165	0.00014	0.99986	-4.45241	-0.05187	0.05187
4	Canelilla	*Croton ciliatoglandulifer*	No	Nativa	15	0.02913	0.00085	0.99915	-3.53612	-0.10299	0.10299
5	Zazálic	*Mentzelia hispida*	No	Nativa	50	0.09709	0.00943	0.99057	-2.33214	-0.22642	0.22642
6	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	No	Nativa	11	0.02136	0.00046	0.99954	-3.84627	-0.08215	0.08215
7	Pasto 2	*Briza sp*	No	Introducida	9	0.01748	0.00031	0.99969	-4.04694	-0.07072	0.07072
8	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	No	Introducida	22	0.04272	0.00182	0.99818	-3.15312	-0.13470	0.13470
					Índice de Shannon-Weiver (H') -∑Pi*Ln2Pi						**1.12357**
					Índice de Simpson (D) ∑= pi^2						**0.50829**
					Índice de diversidad de Simpson (1-D) ∑= 1-(pi^2)						**0.49171**
					Índice de Margalef (DMg) = (S - 1) / ln N S=10 S-1=9 N=515 LnN=6.2441						**1.44136**



Grafica 58. Índice de diversidad de Shannon del estrato **herbáceo** de las especies de S-CUSAF.

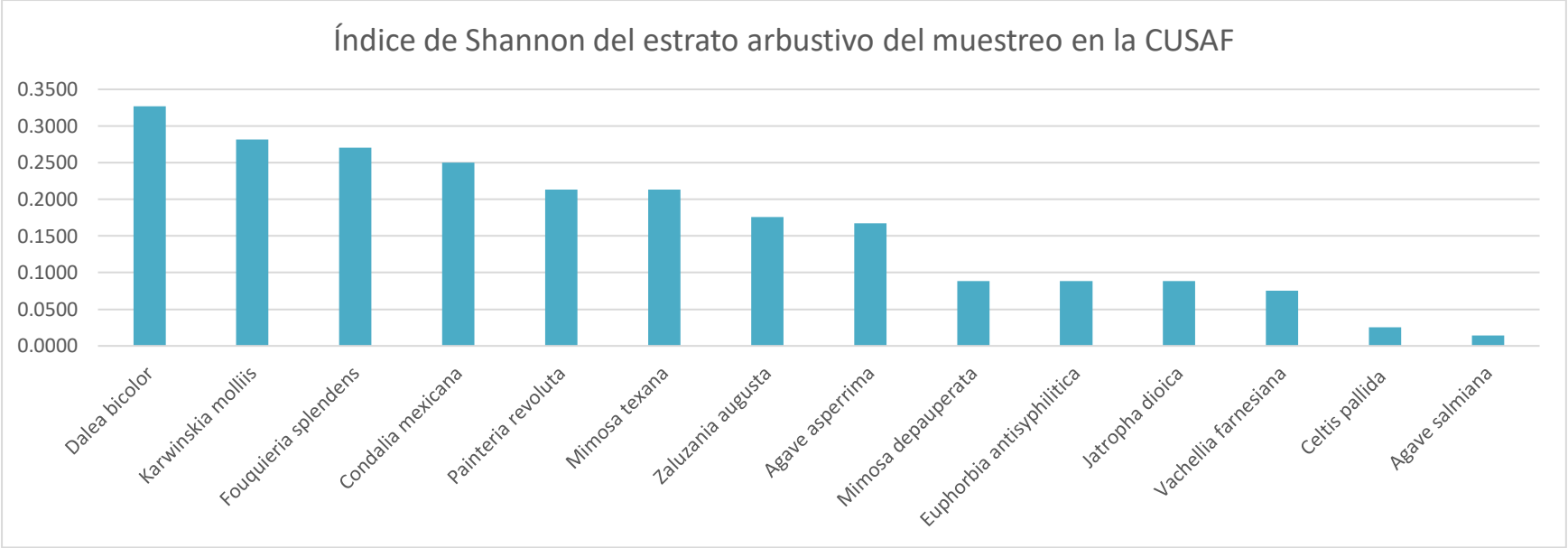
El estrato herbáceo en general es el segundo más representado en abundancia dentro de la superficie a CUSAF obedeciendo principalmente a su condición de vegetación secundaria, donde fue posible identificar **8 especies**, con un **índice de Shannon de 1.12357**. Con base a estos resultados dicho estrato presenta una diversidad baja, en cuya dominancia de especies tenemos a la especie más abundante en el muestreo total de la CUSAF el Pasto buffel *Cenchrus ciliaris* Fig. & De Not., seguido del Zazálic *Menzelia hispida* Willd. y en tercer lugar la doradilla *Selaginella lepidophylla* (Hook. & Grev.) Spring.

Tabla 248. Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad del estrato arbustivo.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)	Abundancia relativa (Pi)	Índice de Simpson (D) = pi^2	Índice de diversidad	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)	Índice de Shannon

								de Simpson (1-D) 1-pi^2			
1	Cabello de angel	*Painteria revoluta*	No		37	0.0875	0.0077	0.9125	-2.4365	-0.2131	0.2131
2	Engordacabra	*Dalea bicolor*	No	Nativa	88	0.2080	0.0433	0.7920	-1.5700	-0.3266	0.3266
3	Capulincillo	*Karwinskia molliis*	No	Endémica	62	0.1466	0.0215	0.8534	-1.9202	-0.2815	0.2815
4	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	No	Endémica	27	0.0638	0.0041	0.9362	-2.7515	-0.1756	0.1756
5	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	No	Nativa	57	0.1348	0.0182	0.8652	-2.0043	-0.2701	0.2701
6	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	No	Endémica	49	0.1158	0.0134	0.8842	-2.1556	-0.2497	0.2497
7	Maguey áspero	*Agave asperrima*	No	Endémica	25	0.0591	0.0035	0.9409	-2.8285	-0.1672	0.1672
8	Uña de gato	*Mimosa texana*	No	Nativa	37	0.0875	0.0077	0.9125	-2.4365	-0.2131	0.2131
9	Huizache	*Vachellia farnesiana*	No	Nativa	8	0.0189	0.0004	0.9811	-3.9679	-0.0750	0.0750
10	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	No	Endémica	10	0.0236	0.0006	0.9764	-3.7448	-0.0885	0.0885
11	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	No	Nativa	10	0.0236	0.0006	0.9764	-3.7448	-0.0885	0.0885
12	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	No	Endémico	1	0.0024	0.0000	0.9976	-6.0474	-0.0143	0.0143
13	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	No	Nativa	10	0.0236	0.0006	0.9764	-3.7448	-0.0885	0.0885

14	Granjeno	*Celtis pallida*	No	Nativa	2	0.0047	0.0000	0.9953	-5.3542	-0.0253	0.0253
					Índice de Shannon-Weiver (H') -∑Pi*Ln2Pi						**2.27714**
					Índice de Simpson (D) ∑= pi^2						**0.12127**
					Índice de diversidad de Simpson (1-D) ∑= 1-(pi^2)						**0.87873**
					Índice de Margalef (DMg) = (S - 1) / ln N S=14 S-1=13 N=423 LnN= 6.0473						**2.14972**

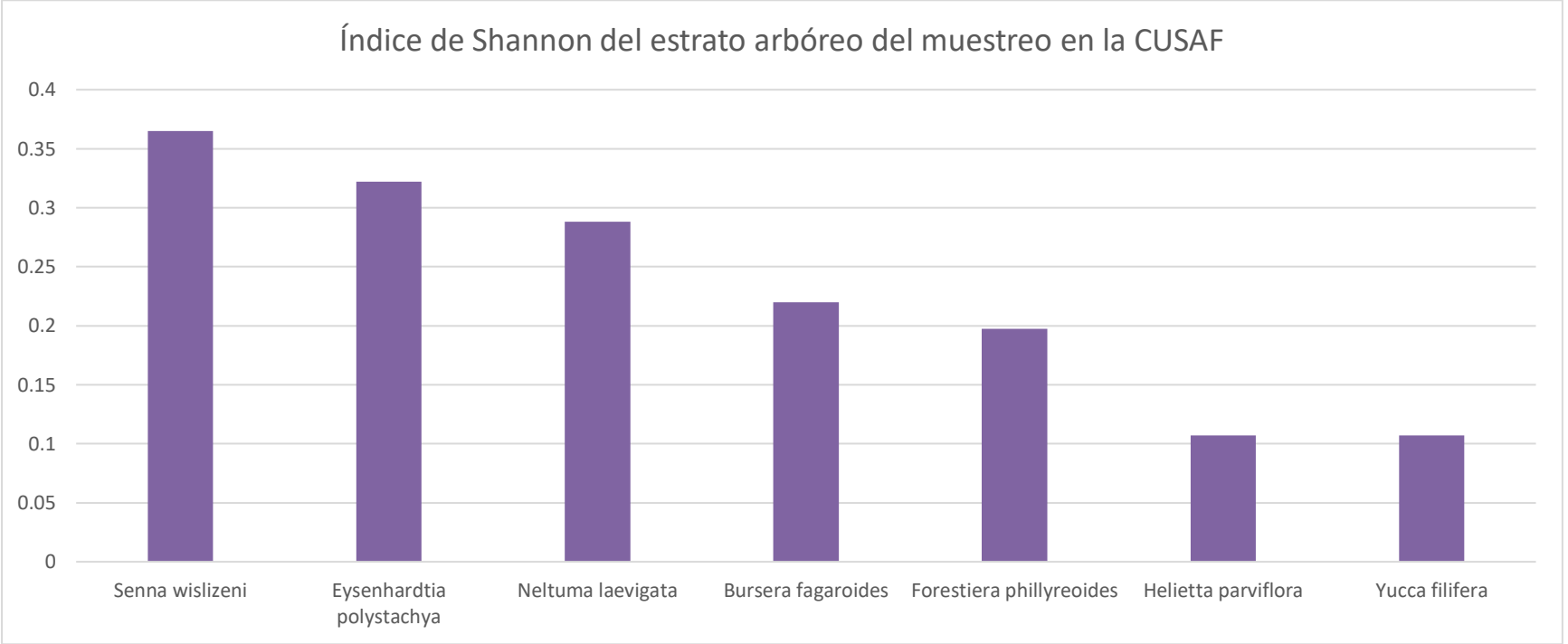


Grafica 59 Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad del estrato arbustivo.

El estrato arbustivo presenta la mayor abundancia después de las cactáceas en la superficie de la CUSAF, donde fue posible identificar un total de **14 especies**, este estrato presenta un **índice de Shannon de 2.27714**, siendo las especies más abundantes la Engordacabra *Dalea bicolor* Humb. & Bonpl. ex Willd, Capulincillo *Karwinskia molliis* Schltdl.y Ocotillo *Fouquieria splendens* Engelm.

Tabla 249. Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad del estrato arbóreo.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)	Abundancia relativa (Pi)	Índice de Simpson (D) = pi^2	Índice de diversidad de Simpson (1-D) 1-pi^2	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)	Índice de Shannon
1	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	No	Nativa	13	0.2000	0.0400	0.9600	-1.6094	-0.3219	0.3219
2	Cuatle	*Helietta parviflora*	No	Nativa	2	0.0308	0.0009	0.9991	-3.4812	-0.1071	0.1071
3	Mezquite	*Neltuma laevigata*	No	Nativa	10	0.1538	0.0237	0.9763	-1.8718	-0.2880	0.2880
4	Palo prieto	*Senna wislizeni*	No	Nativa	27	0.4154	0.1725	0.8275	-0.8786	-0.3649	0.3649
5	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	No	Nativa	6	0.0923	0.0085	0.9915	-2.3826	-0.2199	0.2199
6	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	No	Endémica	5	0.0769	0.0059	0.9941	-2.5649	-0.1973	0.1973
7	Palma pita	*Yucca filifera*	No	Endémica	2	0.0308	0.0009	0.9991	-3.4812	-0.1071	0.1071
					Índice de Shannon-Weiver (H') -∑Pi*Ln2Pi						**1.6063**
					Índice de Simpson (D) ∑= pi^2						**0.2525**
					Índice de diversidad de Simpson (1-D) ∑= 1-(pi^2)						**0.7475**
					Índice de Margalef (DMg) = (S - 1) / ln N S=7 S-1= 6 N=65 LnN=4.1743						**1.4373**



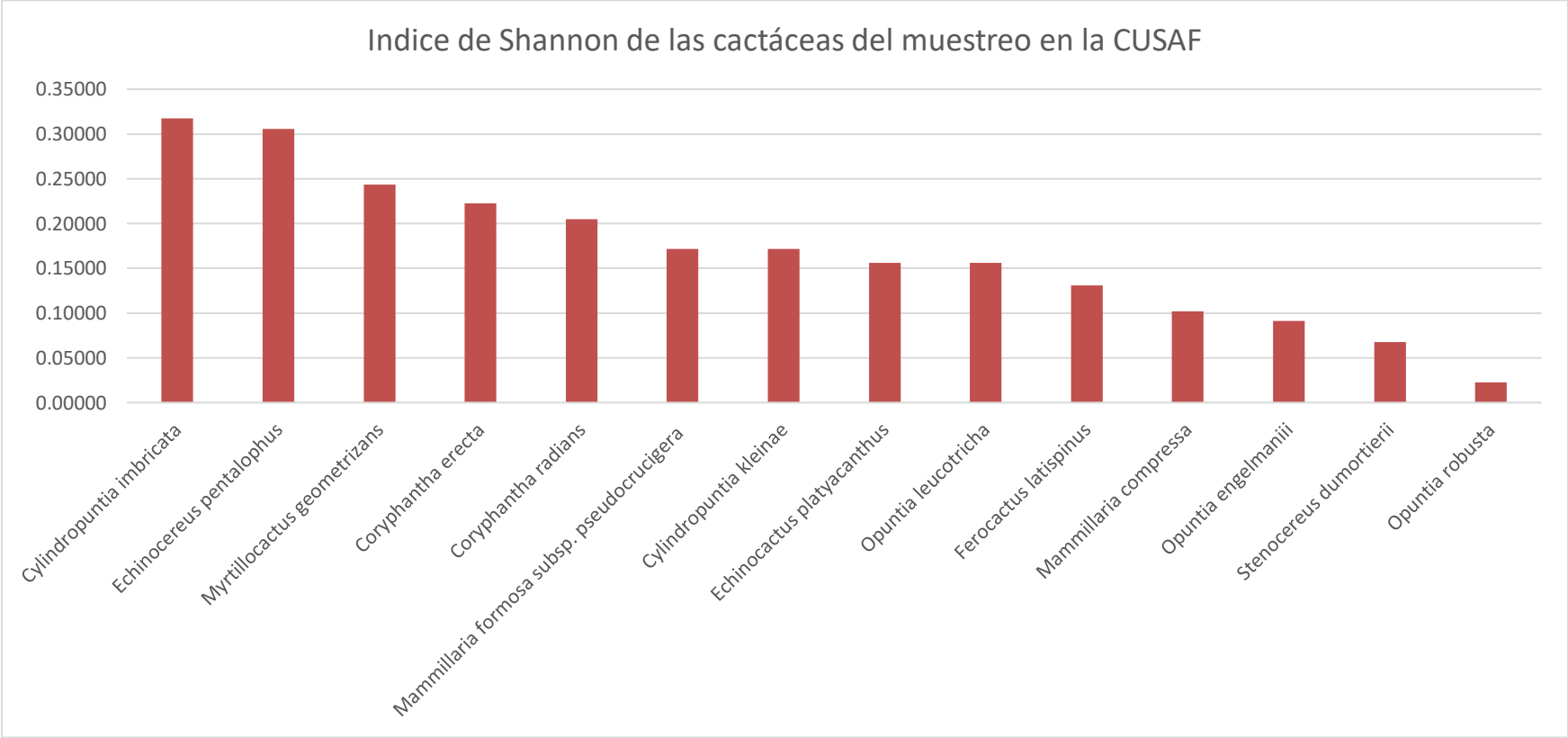
Grafica 60 Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad del estrato arbóreo.

Con relación al registro de las especies en este estrato, es importante aclarar que por su fisonomía, estas no presentan un porte para ser consideradas como arbóreas, sin embargo, el objetivo fue registrar su presencia en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, ya que serán removidas con dichas actividades, registrando una riqueza **de 7 especies**, en este se estimó un **índice de Shannon de 1.6063** de acuerdo con estos resultados, este estrato presenta una diversidad baja. Las especies más abundantes en este estrato fueron el Palo prieto *Senna wislizeni* (A.Gray) H.S.Irwin & Barneby, Palo dulce *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. y el Mezquite *Neltuma laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Britton & Rose todas representativas de la vegetación de matorral crasicaule.

Tabla 250. Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad de Cactáceas.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)	Abundancia relativa (Pi)	Índice de Simpson (D) = pi^2	Índice de diversidad de Simpson (1-D) 1-pi^2	LN(Pi)	Pi*LN(Pi)	Índice de Shannon
1	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	No	Endémica	20	0.08197	0.00672	0.99328	-2.50144	-0.20504	0.20504
2	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	No	Endémica	23	0.09426	0.00889	0.99111	-2.36167	-0.22262	0.22262
3	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	No	Endémica	15	0.06148	0.00378	0.99622	-2.78912	-0.17146	0.17146
4	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	Si	Endémica	13	0.05328	0.00284	0.99716	-2.93222	-0.15622	0.15622
5	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	No	Endémica	4	0.01639	0.00027	0.99973	-4.11087	-0.06739	0.06739
6	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	No	Endémica	10	0.04098	0.00168	0.99832	-3.19458	-0.13093	0.13093
7	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	No	Endémica	47	0.19262	0.03710	0.96290	-1.64702	-0.31725	0.31725
8	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	No	Endémica	27	0.11066	0.01224	0.98776	-2.20133	-0.24359	0.24359
9	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	No		6	0.02459	0.00060	0.99940	-3.70541	-0.09112	0.09112

10	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	No	Nativa	43	0.17623	0.03106	0.96894	-1.73597	-0.30593	0.30593
11	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	No	Nativa	13	0.05328	0.00284	0.99716	-2.93222	-0.15622	0.15622
12	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	No	Nativa	15	0.06148	0.00378	0.99622	-2.78912	-0.17146	0.17146
13	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	No	Endémica	7	0.02869	0.00082	0.99918	-3.55126	-0.10188	0.10188
14	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	No	Endémica	1	0.00410	0.00002	0.99998	-5.49717	-0.02253	0.02253
					Índice de Shannon-Weiver (H') -∑Pi*Ln2Pi						**2.3636**
					Índice de Simpson (D) ∑= pi^2						**0.1126**
					Índice de diversidad de Simpson (1-D) ∑= 1-(pi^2)						**0.8874**
					Índice de Margalef (DMg) = (S - 1) / ln N S=14 S-1=13 N=244 LnN=5.4971						**2.3649**

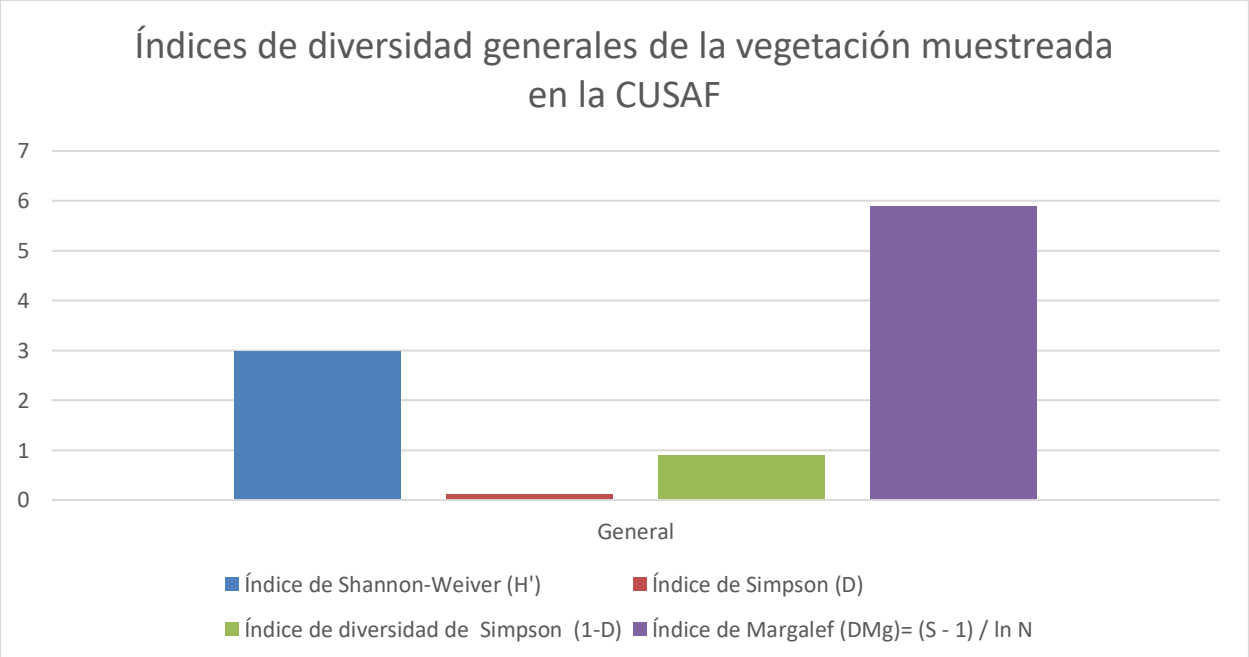


Grafica 61. Riqueza, especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, Índice de Shannon y de Equidad de Cactáceas.

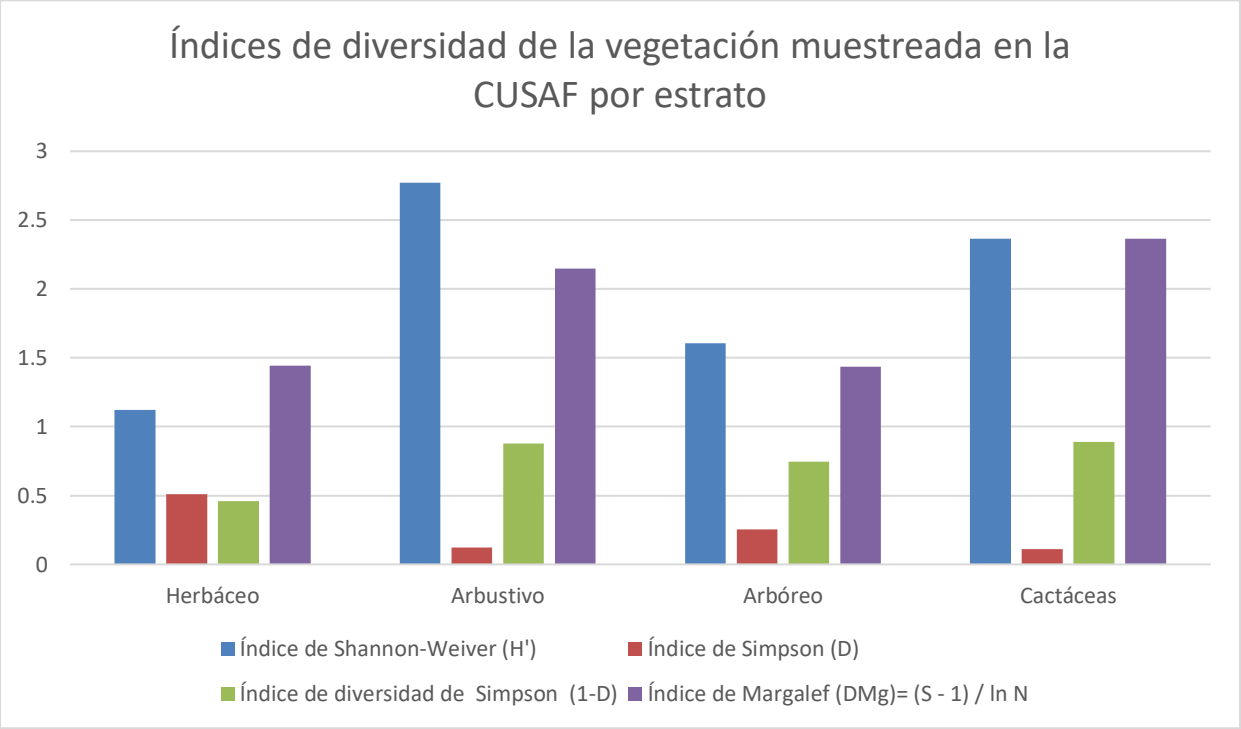
Las cactáceas dentro de la superficie a CUSAF, fueron registradas en el sitio de 500 m2 que corresponde al estrato arbóreo, a pesar de las condiciones de la vegetación, en este caso secundaria, se identificó una riqueza de **14 especies** representativas de matorral crasicaule, estimando un **índice de Shannon de 2.3636** lo cual representa una diversidad baja, las especies más abundantes son el Cardón *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F.M.Knuth, el Alicoche falso *Echinocereus pentalophus* (DC.) Engelm. ex Haage y en tercer lugar el garambullo *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console.

Tabla 251. Índices estimados para la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales y sus estratos.

Estratos	Riqueza	Índice de Shannon-Weiver (H')	Índice de Simpson (D)	Índice de diversidad de Simpson (1-D)	Índice de Margalef (DMg)= (S - 1) / ln N
General	43	2.9878	0.1056	0.8944	5.8944
Herbáceo	8	1.12357	0.50819	0.459171	1.44136
Arbustivo	14	2.7714	0.12127	0.87873	2.14972
Arbóreo	7	1.6063	0.2525	0.7475	1.4373
Cactáceas	14	2.3636	0.1126	0.8874	2.3649



Grafica 62. Índices estimados para la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales por estratos.



Grafica 63. Índices estimados por estratos en la S-CUSAF.

La interpretación del índice de Shannon-Wiener es intuitiva, normalmente toma valores entre 1 y 4.5, los valores por encima de 3 son típicamente interpretados como "diversidad media", mientras que los valores inferiores a esta cifra son considerados como "diversidad baja". Los datos obtenidos en los 3 estratos y el grupo de las cactáceas oscilan entre: 1.12 a 2.77 considerándose en general una diversidad baja, además el valor del índice de Shannon general del muestreo realizado en la S-CUSAF fue de 2.98, lo cual puede considerarse de diversidad cercana a media, pero aún baja.

Es importante aclarar que, si bien la sumatoria de la riqueza por estrato varía de acuerdo con la reportada en general del área a cambio de uso de suelo, en este sentido se reporta las especies registradas por cada uno de ellos, de manera independiente con la total registrada en el área.

a) Estimación de Índice de Valor de Importancia (IVI).

Es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente en base a tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), densidad y frecuencia. El índice corresponde a la suma de estos tres parámetros, siendo este valor el que revela la

importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal y un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros utilizados individualmente.

Para obtener el IVI 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 1.00. Por lo tanto, la suma total de los valores del Índice debe ser igual a 3.00. Muchas veces no se tiene información o no es posible medir los tres parámetros utilizados para calcular el Índice, por lo cual en estos casos se deben sumar los valores de dos parámetros, cualquiera que sea la combinación.

En los sitios se determinaron el diámetro de fuste, diámetro de copa, altura y número de individuos por especie, para realizar posteriormente las estimaciones de Abundancia relativa (Ar), Dominancia relativa (Dr) y Frecuencia relativa (Fr), utilizando las siguientes fórmulas:

Ecuación de la abundancia relativa

$$\boldsymbol{Ar} = (\boldsymbol{n} / \boldsymbol{N})$$

$$\boldsymbol{Ar} = (\boldsymbol{No.\,de\ individuos\ de\ la\ especie} / \boldsymbol{No.\,total,\,de\ todas\ las\ especies})$$

Se refiere a la relación de la densidad de las especies comparado con un total existente (Heiseke *et al*., 1985 y Franco *et al*., 1991).

Ecuación de la dominancia relativa

$$\boldsymbol{Dr} = (\text{Á}\boldsymbol{rea\ de\ la\ copa\ de\ la\ especie} / \text{Á}\boldsymbol{rea\ de\ la\ copa\ de\ todas\ las\ especies})$$

$$\boldsymbol{Dr} = (\text{Á}\boldsymbol{rea\ de\ copa\ de\ la\ especie\ "i"} / \text{Á}\boldsymbol{rea\ de\ copa\ total})$$

Parámetro que da una idea del grado de participación de las especies en la comunidad (Heiseke *et al*., 1985 y Franco *et al*., 1991).

Ecuación de la frecuencia relativa

$$\boldsymbol{Fr} = (\boldsymbol{n} / \boldsymbol{N})$$

$$\boldsymbol{Fr} = (\boldsymbol{No.\,de\ parcelas\ con\ la\ especie} / \boldsymbol{No.\,de\ parcelas\ muestreadas})$$

Parámetro que ofrece una idea de la distribución de las especies, siendo fundamental para conocer la estructura de la comunidad (Heiseke, *et al*., 1985, citado por Rocha, 1995).

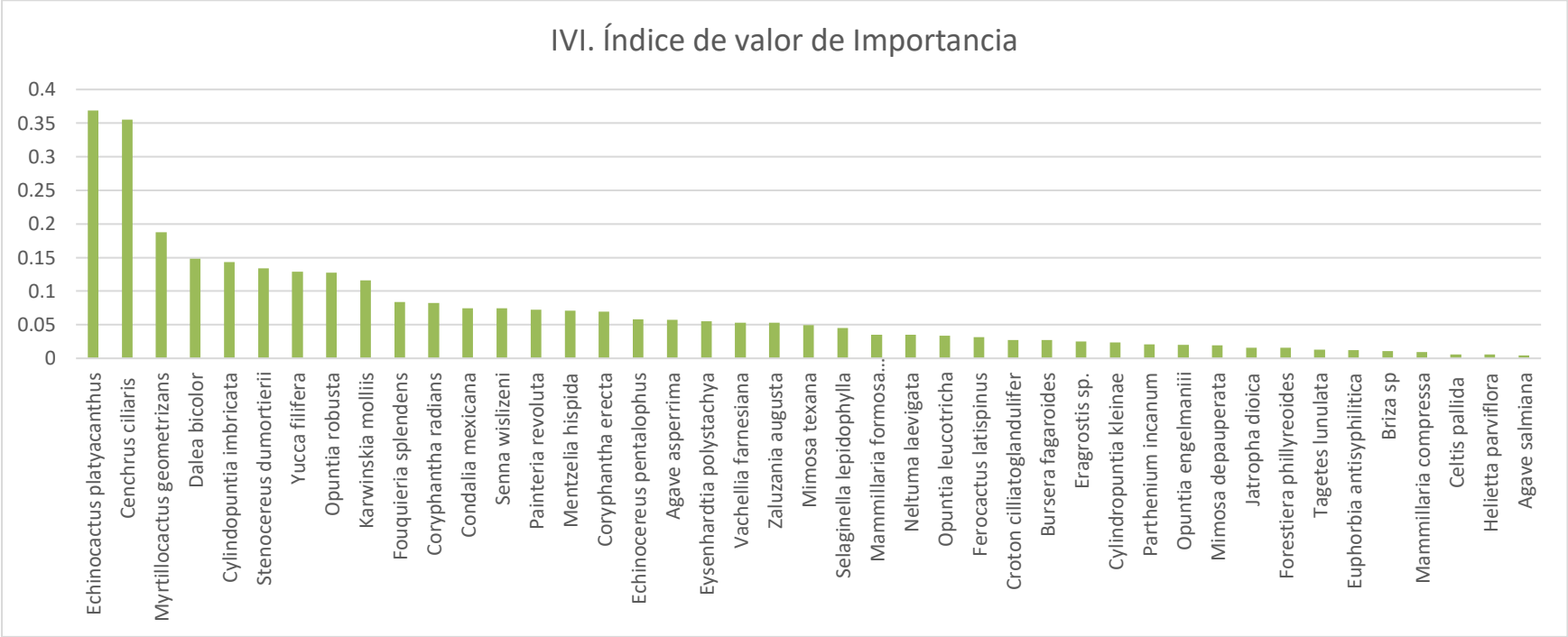
Con el desarrollo de las fórmulas que anteceden y los datos de campo previamente capturados fue posible obtener los siguientes resultados.

Tabla 252. Datos para Índice de Valor de Importancia **general** de las especies en la superficie de CUSAF.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Cobertura o área basal	Cobertura o área basal relativa	IVI. Índice de valor de Importancia
1	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	42	0.0337	0.150	0.0117	0.0000	0.0000	0.0454
2	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	360	0.2887	0.850	0.0661	0.0000	0.0000	0.3548
3	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	6	0.0048	0.100	0.0078	0.0000	0.0000	0.0126
4	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	15	0.0120	0.200	0.0156	0.0000	0.0000	0.0276
5	Zazálic	*Mentzelia hispida*	50	0.0401	0.400	0.0311	0.0000	0.0000	0.0712
6	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	11	0.0088	0.150	0.0117	0.0000	0.0000	0.0205
7	Pasto 2	*Briza sp*	9	0.0072	0.050	0.0039	0.0000	0.0000	0.0111
8	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	22	0.0176	0.100	0.0078	0.0000	0.0000	0.0254
9	Cabello de angel	*Painteria revoluta*	37	0.0297	0.550	0.0428	0.0000	0.0000	0.0725
10	Engordacabra	*Dalea bicolor*	88	0.0706	1.000	0.0778	0.0000	0.0000	0.1484
11	Capulincillo	*Karwinskia molliis*	62	0.0497	0.850	0.0661	0.0000	0.0000	0.1159
12	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	27	0.0217	0.400	0.0311	0.0000	0.0000	0.0528
13	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	57	0.0457	0.400	0.0311	0.0010	0.0068	0.0837
14	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	49	0.0393	0.450	0.0350	0.0000	0.0000	0.0743
15	Maguey áspero	*Agave asperrima*	25	0.0200	0.300	0.0233	0.0020	0.0137	0.0571
16	Uña de gato	*Mimosa texana*	37	0.0297	0.250	0.0195	0.0000	0.0000	0.0491
17	Huizache	*Vachellia farnesiana*	8	0.0064	0.250	0.0195	0.0040	0.0273	0.0532
18	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	10	0.0080	0.150	0.0117	0.0000	0.0000	0.0197

19	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	10	0.0080	0.050	0.0039	0.0000	0.0000	0.0119
20	Maguey de Castilla	*Agave salmiana*	1	0.0008	0.050	0.0039	0.0000	0.0000	0.0047
21	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	10	0.0080	0.100	0.0078	0.0000	0.0000	0.0158
22	Granjeno	*Celtis pallida*	2	0.0016	0.050	0.0039	0.0000	0.0000	0.0055
23	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	13	0.0104	0.400	0.0311	0.0020	0.0137	0.0552
24	Cuatle	*Helietta parviflora*	2	0.0016	0.050	0.0039	0.0000	0.0000	0.0055
25	Mezquite	*Neltuma laevigata*	10	0.0080	0.350	0.0272	0.0000	0.0000	0.0353
26	Palo prieto	*Senna wislizeni*	27	0.0217	0.500	0.0389	0.0020	0.0137	0.0742
27	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	6	0.0048	0.200	0.0156	0.0010	0.0068	0.0272
28	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	5	0.0040	0.150	0.0117	0.0000	0.0000	0.0157
29	Palma pita	*Yucca filifera*	2	0.0016	0.050	0.0039	0.0180	0.1231	0.1286
30	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	20	0.0160	0.500	0.0389	0.0040	0.0273	0.0823
31	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	23	0.0184	0.550	0.0428	0.0013	0.0086	0.0698
32	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	15	0.0120	0.300	0.0233	0.0000	0.0000	0.0354
33	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	13	0.0104	0.300	0.0233	0.0490	0.3350	0.3688
34	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	4	0.0032	0.100	0.0078	0.0180	0.1231	0.1341
35	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	10	0.0080	0.300	0.0233	0.0000	0.0000	0.0314

36	Cardón	*Cylindopuntia imbricata*	47	0.0377	0.650	0.0506	0.0080	0.0547	0.1430
37	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	27	0.0217	0.550	0.0428	0.0180	0.1231	0.1875
38	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	6	0.0048	0.200	0.0156	0.0000	0.0000	0.0204
39	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	43	0.0345	0.300	0.0233	0.0000	0.0000	0.0578
40	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	13	0.0104	0.300	0.0233	0.0000	0.0000	0.0338
41	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	15	0.0120	0.150	0.0117	0.0000	0.0000	0.0237
42	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	7	0.0056	0.050	0.0039	0.0000	0.0000	0.0095
43	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	1	0.0008	0.050	0.0039	0.0180	0.1231	0.1278
		TOTAL	**1247**	**1.0000**	**12.850**	**1.0000**	**0.14625664**	**1.0000**	**3.0000**

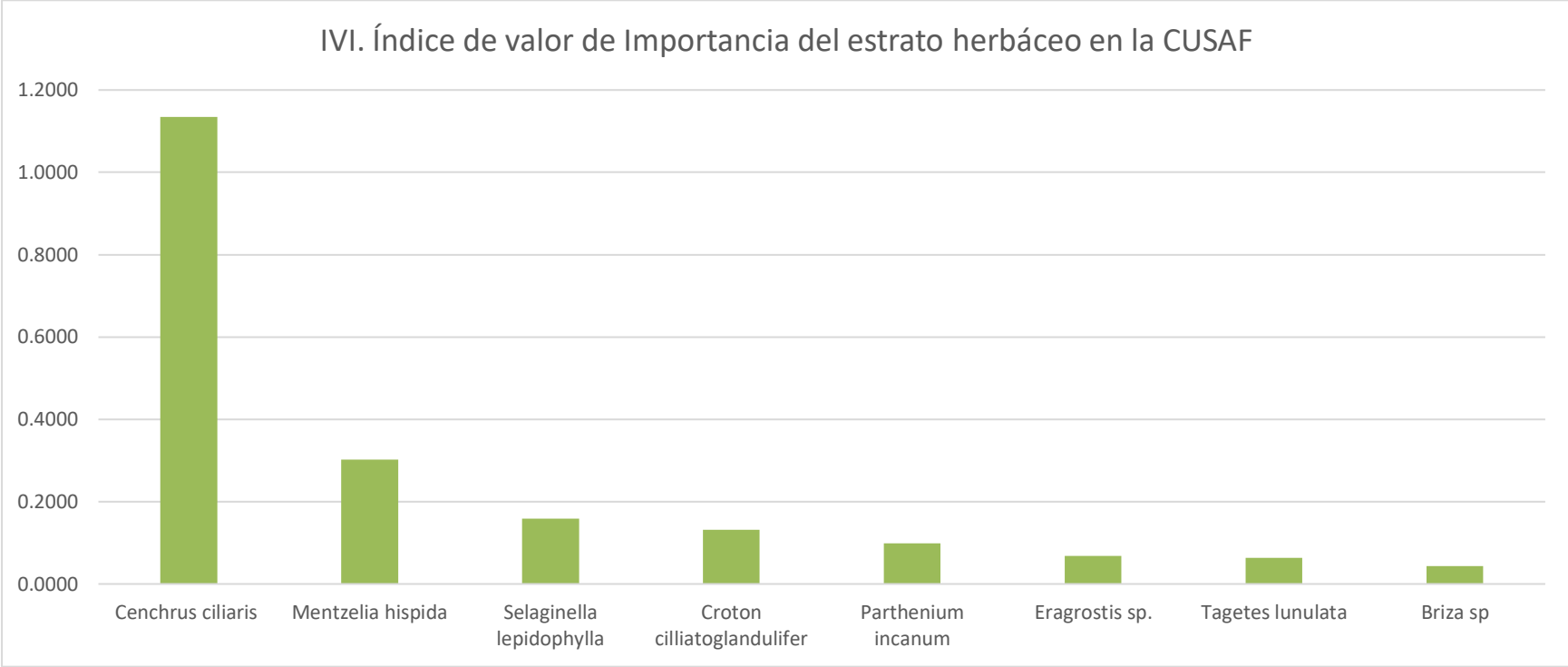


Grafica 64. Índice de Valor de Importancia general de las especies en la superficie de CUSAF.

La estimación del índice de valor de importancia tiene un reflejo similar a los índices de diversidad dentro de un ecosistema, en este sentido las especies de mayor importancia ecológica dentro de la superficie propuesta cambio de uso de suelo en áreas forestales son la Biznaga Burra *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, Pasto buffel *Cenchrus ciliaris* L. y Garambullo *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console. Entre estas especies, la Biznaga Burra *E. platyacanthus* es de especial interés ya que está enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de En peligro de extinción (P).

Tabla 253. Datos para Índice de Valor de Importancia de las especies del estrato **herbáceo**.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Cobertura o área basal	Cobertura o área basal relativa	IVI. Índice de valor de Importancia
1	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	42	0.0816	0.2500	0.0769	0.0000	0.0000	0.1585
2	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	360	0.6990	1.4167	0.4359	0.0000	0.0000	1.1349
3	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	6	0.0117	0.1667	0.0513	0.0000	0.0000	0.0629
4	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	15	0.0291	0.3333	0.1026	0.0000	0.0000	0.1317
5	Zazálic	*Mentzelia hispida*	50	0.0971	0.6667	0.2051	0.0000	0.0000	0.3022
6	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	11	0.0214	0.2500	0.0769	0.0000	0.0000	0.0983
7	Pasto 2	*Briza sp*	9	0.0175	0.0833	0.0256	0.0000	0.0000	0.0431
8	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	22	0.0427	0.0833	0.0256	0.0000	0.0000	0.0684
		TOTAL	**515**	**1.0000**	**3.2500**	**1.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**2.0000**

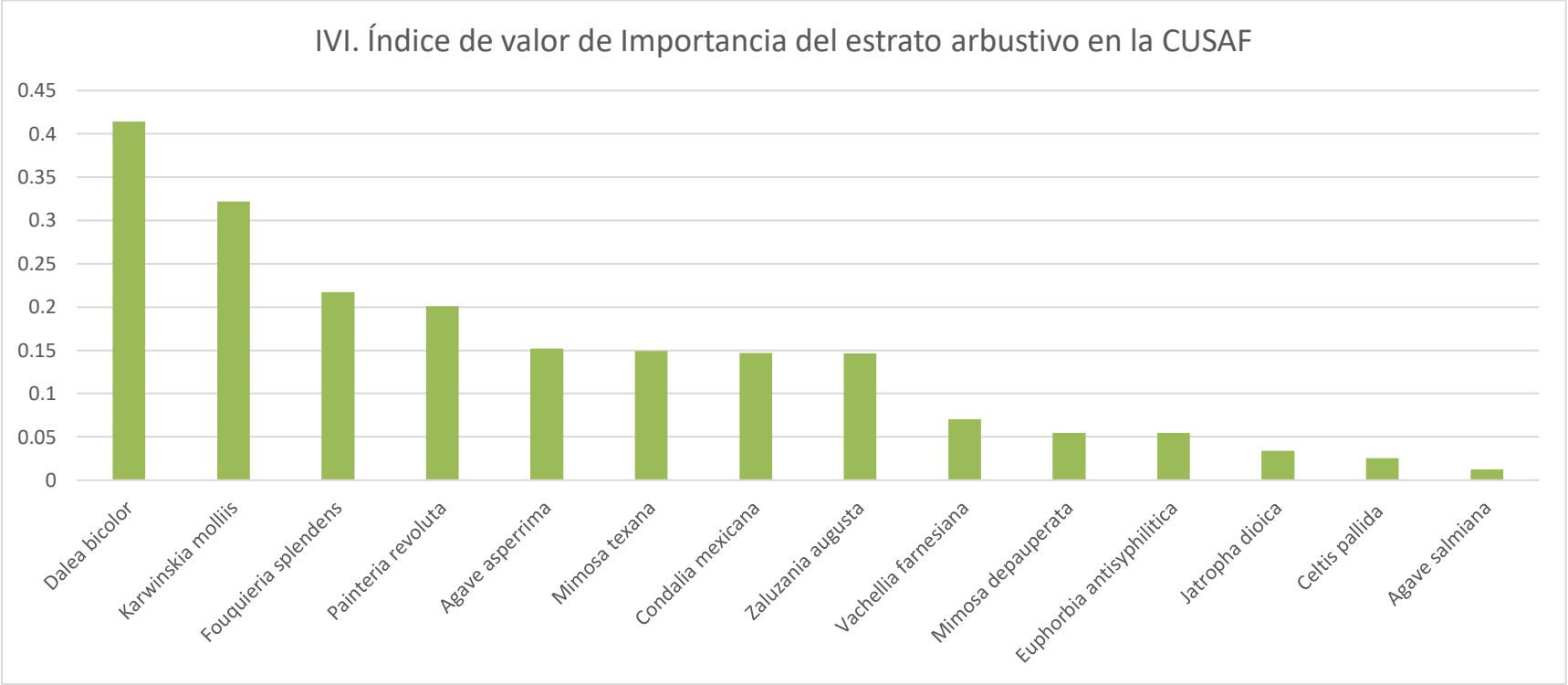


Grafica 65. Índice de Valor de Importancia de las especies del estrato **herbáceo**.

En este estrato, el valor de la sumatoria del Índice de Valor de Importancia es 2 debido a que el valor de cobertura basal relativa es 0. Además, de las especies características de vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule destaca por su importancia el Pasto buffel *Cenchrus ciliaris* Fig. & De Not., seguido del Zazálic *Menzelia hispida* Willd. y en tercer lugar la doradilla *Selaginella lepidophylla* (Hook. & Grev.) Spring, estas representativas de matorral crasicaule.

Tabla 254. Datos para Índice de Valor de Importancia de las especies del estrato **arbustivo**.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Cobertura o área basal	Cobertura o área basal relativa	IVI. Índice de valor de Importancia
1	Cabello de angel	*Painteria revoluta*	37	0.0875	0.7333	0.1134	0.0000	0.0000	0.2009
2	Engordacabra	*Dalea bicolor*	88	0.2080	1.3333	0.2062	0.0000	0.0000	0.4142
3	Capulincillo	*Karwinskia molliis*	62	0.1466	1.1333	0.1753	0.0000	0.0000	0.3218
4	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	27	0.0638	0.5333	0.0825	0.0000	0.0000	0.1463
5	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	57	0.1348	0.5333	0.0825	0.0010	0.0000	0.2172
6	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	49	0.1158	0.2000	0.0309	0.0000	0.0000	0.1468
7	Maguey áspero	*Agave asperrima*	25	0.0591	0.6000	0.0928	0.0000	0.0000	0.1519
8	Uña de gato	*Mimosa texana*	37	0.0875	0.4000	0.0619	0.0020	0.0000	0.1493
9	Huizache	*Vachellia farnesiana*	8	0.0189	0.3333	0.0515	0.0000	0.0000	0.0705
10	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	10	0.0236	0.2000	0.0309	0.0040	0.0000	0.0546
11	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	10	0.0236	0.2000	0.0309	0.0000	0.0000	0.0546
12	Maguey de Castilla	*Agave salmiana*	1	0.0024	0.0667	0.0103	0.0000	0.0000	0.0127
13	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	10	0.0236	0.0667	0.0103	0.0000	0.0000	0.0339
14	Granjeno	*Celtis pallida*	2	0.0047	0.1333	0.0206	0.0000	0.0000	0.0253
		TOTAL	**423**	**1.0000**	**6.4667**	**1.0000**	**0.0000**	**0.0000**	**2.0000**

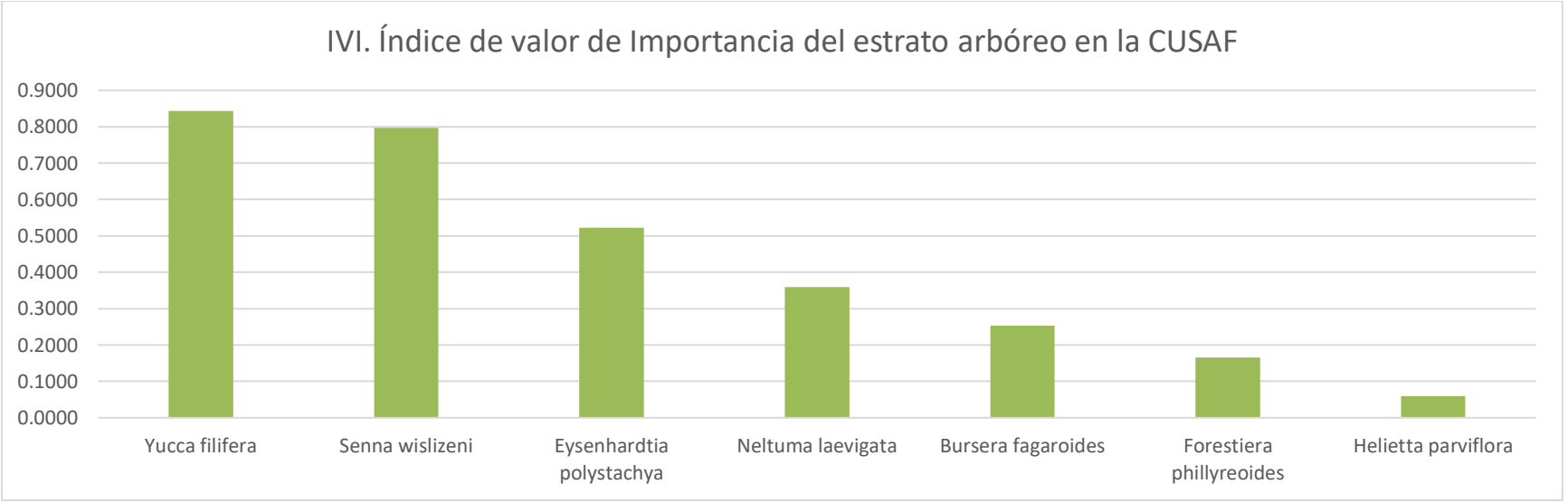


Grafica 66. Índice de Valor de Importancia de las especies del estrato **arbustivo**.

El estrato arbustivo es uno de los más representativos del matorral crasicaule, para nuestro caso la especie que presenta mayor nivel de importancia son la Engordacabra *Dalea bicolor* Humb. & Bonpl. ex Willd, Capulincillo *Karwinskia molliis* Schltdl.y Ocotillo *Fouquieria splendens* Engelm. Al igual que en el caso anterior, el cálculo del IVI resultó en la sumatoria=2 debido a que el componente de cobertura basal fue 0.

Tabla 255. Datos para Índice de Valor de Importancia de las especies del estrato **arbóreo**.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Cobertura o área basal	Cobertura o área basal relativa	IVI. Índice de valor de Importancia
1	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	13	0.2000	1.1429	0.2353	0.0020	0.0870	0.5223
2	Cuatle	*Helietta parviflora*	2	0.0308	0.1429	0.0294	0.0000	0.0000	0.0602
3	Mezquite	*Neltuma laevigata*	10	0.1538	1.0000	0.2059	0.0000	0.0000	0.3597
4	Palo prieto	*Senna wislizeni*	27	0.4154	1.4286	0.2941	0.0020	0.0870	0.7965
5	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	6	0.0923	0.5714	0.1176	0.0010	0.0435	0.2534
6	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	5	0.0769	0.4286	0.0882	0.0000	0.0000	0.1652
7	Palma pita	*Yucca filifera*	2	0.0308	0.1429	0.0294	0.0180	0.7826	0.8428
		TOTAL	**65**	**1.0000**	**4.8571**	**1.0000**	**0.0230**	**1.0000**	**3.0000**



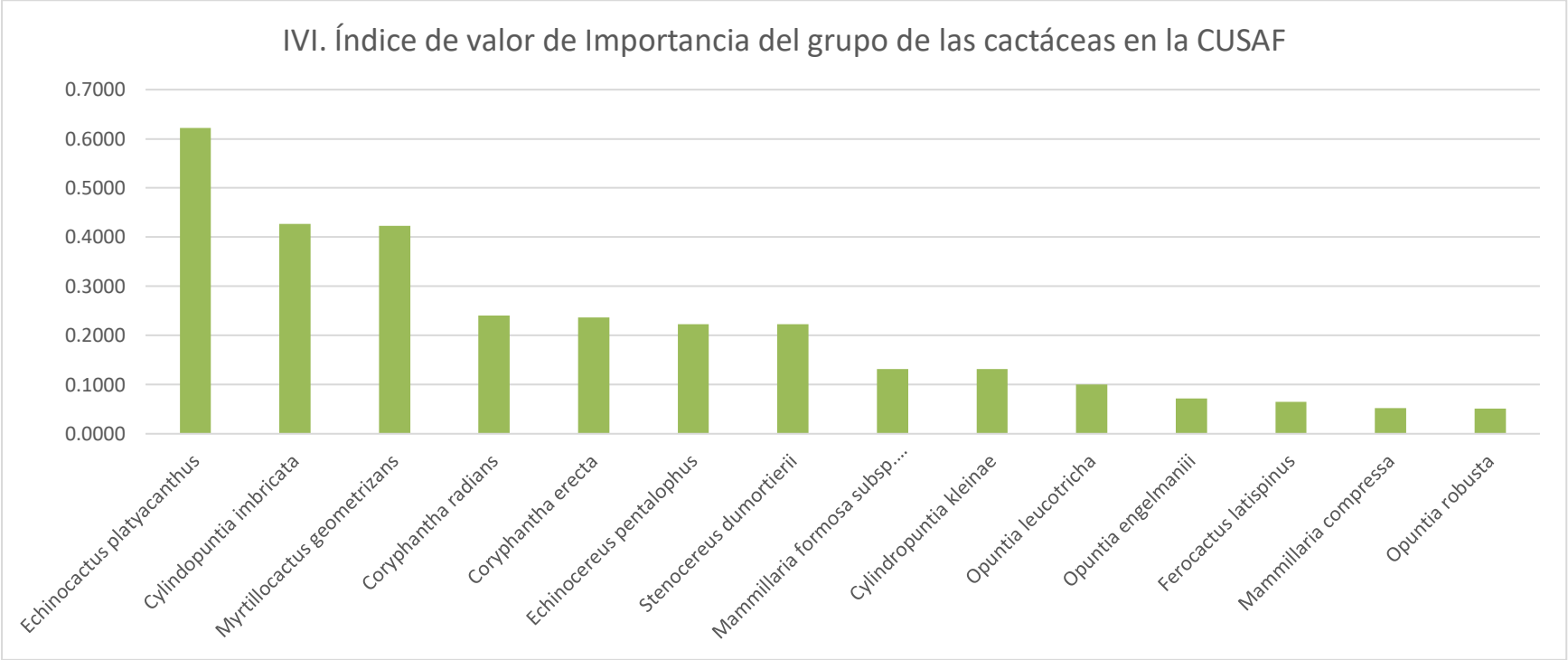
Grafica 67. Índice de Valor de Importancia de las especies del estrato **arbóreo**.

De acuerdo a lo anterior es importante aclarar que las especies identificadas en este estrato, se registraron de esta manera dado que las características del sitio estaban destinadas para el estrato arbóreo, y no propiamente a que dichas especies cuenten con el porte fisonómico para ser catalogadas como tal, ya que como se dijo inicialmente el objetivo del muestreo es la identificación y registro de especies presentes en el área propuesta a cambio de uso de suelo. Dicho lo anterior, las especies identificadas con un alto nivel de importancia son la Palma pita *Yucca filifera* Chabaud, el Palo prieto *Senna wislizeni* (A.Gray) H.S.Irwin & Barneby y el Palo dulce *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.

Tabla 256. Datos para Índice de Valor de Importancia de **Cactáceas**.

No.	Nombre común	Nombre científico	Densidad	Densidad relativa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Cobertura o área basal	Cobertura o área basal relativa	IVI. Índice de valor de Importancia
1	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	20	0.0820	0.6250	0.1176	0.0040	0.0407	0.2403
2	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	23	0.0943	0.6875	0.1294	0.0013	0.0128	0.2365
3	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	15	0.0615	0.3750	0.0706	0.0000	0.0000	0.1321
4	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	13	0.0533	0.3750	0.0706	0.0490	0.4987	0.6226
5	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	4	0.0164	0.1250	0.0235	0.0180	0.1832	0.2231
6	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	10	0.0410	0.1250	0.0235	0.0000	0.0000	0.0645
7	Cardón	*Cylindopuntia imbricata*	47	0.1926	0.8125	0.1529	0.0080	0.0814	0.4270
8	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	27	0.1107	0.6875	0.1294	0.0180	0.1832	0.4233
9	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	6	0.0246	0.2500	0.0471	0.0000	0.0000	0.0716
10	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	43	0.1762	0.2500	0.0471	0.0000	0.0000	0.2233
11	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	13	0.0533	0.2500	0.0471	0.0000	0.0000	0.1003
12	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	15	0.0615	0.3750	0.0706	0.0000	0.0000	0.1321
13	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	7	0.0287	0.1250	0.0235	0.0000	0.0000	0.0522

14	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	1	0.0041	0.2500	0.0471	0.0000	0.0000	0.0512
		TOTAL	**244**	**1.0000**	**5.3125**	**1.0000**	**0.0983**	**1.0000**	**3.0000**



Grafica 68. Índice de Valor de Importancia de **Cactáceas**.

Dentro de la familia de las Cactáceas fue posible identificar **14 especies**, de estas, las especie más importantes son la Biznaga Burra *Echinocactus platyacanthus* Link & Ottoel, el Cardón *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F.M.Knuth y el Garambullo *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Consoleel.

b) Especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

De acuerdo a los resultados de los trabajos de campo (muestreos y recorridos), fue posible identificar a Biznaga asiento de suegra ***Echinocactus platyacanthus*****,** bajo la categoría de ***En peligro de extinción (P*****)** , enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ante dicha restricción, estas especies en particular conjuntamente con el resto de las identificadas serán incluidas en el programa de rescate y reubicación de flora silvestre, que más adelante será descrito.

Tabla 257. Especiales identificadas en campo endémicas enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la S-CUSAF.

No	Nombre común	Nombre científico	No. Inviduos	NOM-059-SEMARNAT-2010		
1	Biznaga asiento de suegra o burra	*Echinocactus platyacanthus, Link & Otto*	13	En peligro de extinción.	(P)	Endémica

Estimación de número de individuos por hectárea y totales a remover.

Como resultado de muestreo practicado en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, fue posible estimar el número de individuos por hectárea y totales, cuya metodología y resultados se describen a continuación

Para hacer el presente análisis fue necesario estimar el **número de individuos a remover por estrato** que resulto de *dividir* **la frecuencia de individuos por especie por estrato** *entre* **el número de muestras (sitios) levantados** al interior de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo *entre* **el tamaño de la muestra** por cada tipo de sitio de muestreo, el resultado se *multiplicó* **por la superficie total muestreada o S-CUSAF**, quedando dicha ecuación de la siguiente manera:

INDIVIDUOS A REMOVER POR ESTRATO = (FRECUENCIA DE INDIVIDUOS POR SP POR ESTRATO ***/*** NÚMERO DE MUESTRAS LEVANTADAS ***/*** TAMAÑO DE MUESTRA POR ESTRATO) ***** (SUPERFICIE TOTAL MUESTREADA S – CUSAF).

Posteriormente se obtuvo el número de ejemplares totales a remover, que resultó de *sumar* el **número de individuos a remover por estrato**, quedando dicha ecuación de la siguiente manera:

EJEMPLARES TOTALES A REMOVER = HERBÁCEO + ARBUSTIVO + ARBÓREO + CACTÁCEAS.

Finalmente se obtuvo el **número de individuos por hectárea de flora silvestre** dentro de la superficie propuesta a autorización a cambio de uso de suelo en áreas forestales, *dividiendo* los **ejemplares totales a remover** *entre* la **superficie total muestreada o S – CUSAF,** *multiplicando* este resultado por 10,000 m^2 (equivalente a la hectárea), cuya ecuación es la siguiente:

INDIVIDUOS POR HECTÁREA = (EJEMPLARES TOTALES A REMOVER / SUPERFICIE TOTAL MUESTREADA O S – CUSAF) * (10,000 M^2).

Con el empleo de dicha metodología se estima remover un total de **43 especies** con un total de **13,732 ejemplares por hectárea** y **270,666 ejemplares** en una superficie de **19.71 hectáreas**,

Tabla 258. Estimación del número de individuos a remover por hectárea y totales en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

No.	Nombre común	Nombre científico	Estimación de remoción de individuos	
			Hectárea	Totales
1	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	1050	20696
2	Pasto Buffel	Cenchrus ciliaris	9000	177390
3	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	150	2957
4	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	375	7391
5	Zazálic	*Mentzelia hispida*	1250	24638
6	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	275	5420
7	Pasto 2	*Briza sp*	225	4435
8	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	550	10841
9	Cabello de angel	*Painteria revoluta*	74	1452
10	Engordacabra	*Dalea bicolor*	175	3452
11	Capulincillo	*Karwinskia molliis*	123	2432
12	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	54	1059
13	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	113	2236
14	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	98	1922
15	Maguey áspero	*Agave asperrima*	50	981
16	Uña de gato	*Mimosa texana*	74	1452
17	Huizache	*Vachellia farnesiana*	16	314
18	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	20	392
19	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	20	392
20	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	2	39
21	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	20	392

No.	Nombre común	Nombre científico	Estimación de remoción de individuos	
			Hectárea	Totales
22	Granjeno	*Celtis pallida*	4	78
23	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	1	13
24	Cuatle	*Helietta parviflora*	0.10	2
25	Mezquite	*Neltuma laevigata*	1	10
26	Palo prieto	*Senna wislizeni*	1	27
27	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	0.30	6
28	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	0.25	5
29	Palma pita	*Yucca filifera*	0.10	2
30	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	1	20
31	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	1	23
32	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	1	15
33	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	1	13
34	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	0.20	4
35	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	1	10
36	Cardón	*Cylindopuntia imbricata*	2	46
37	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	1	27
38	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	0.30	6
39	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	2	42
40	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	1	13
41	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	1	15
42	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	0.35	7
43	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	0.05	1
		TOTAL	**13,732.41**	**270,666**

Estimación de la capacidad de almacenamiento de carbono en el sistema ambiental.

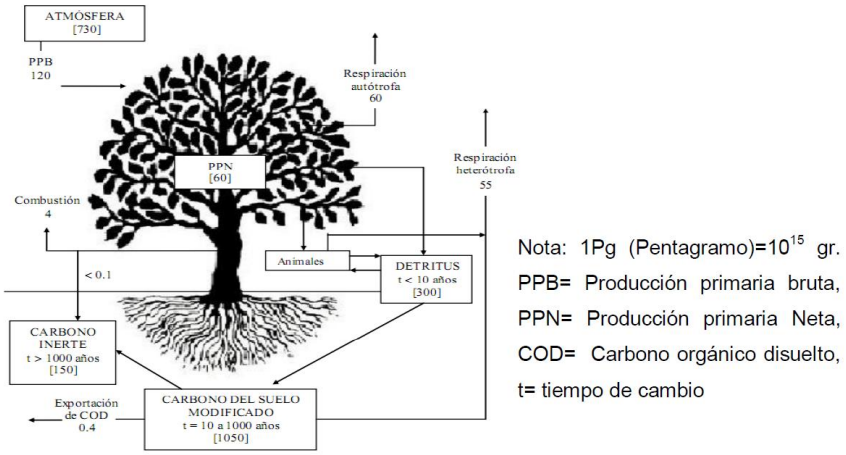
1. Flujos de carbono en los ecosistemas terrestres.

Los ecosistemas terrestres almacenan alrededor de 2100 Gt de carbono en organismos vivientes, hojarasca y materia orgánica en suelo, lo que equivale al triple del que se encuentra presente en la atmosfera (Trumper *et al., 2009, Israel Bernal González. CONACYT-SEMARNAT 107956, SIEA-UAEM/2013CHT).*

El IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change) establece dos grandes depósitos de almacenamiento de carbono en los ecosistemas terrestres; biomasa y carbono orgánico en el

suelo respecto a cada unidad de tierra sometida a una actividad, se especifica que es necesario cuantificar el carbono almacenado en cinco depósitos de carbono; la biomasa sobre el suelo, la biomasa bajo el suelo, la madera muerta, los detritus y el carbono orgánico en el suelo, la disminución de algún deposito favorece con el aumento del otro.

Ordoñez (1999), por su parte establece una clasificación para la cuantificación de carbono en diferentes almacenes, los cuales incluyen: carbono contenido en la vegetación y carbono contenido en la materia orgánica en descomposición y el carbono contenido en el suelo.



Fuente: *Retomado de la Tesis de Gueye Sandoval Kinné 2010 en base a datos del IPCC 2001.*

Imagen 62. Ciclo del carbono en ecosistemas terrestre.

De acuerdo con el articulo ***EL ALMACEN DE CARBONO EN LOS DESIERTOS DE MEXICO*** de la ***Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, 2020.***

El potencial de almacenamiento de carbono en la vegetación y los suelos en la mayoría de las zonas áridas y semiáridas es bajo (<225 gigatoneladas de carbono por hectárea –GtC ha^{-1}; 1 Gt = 1000 millones de toneladas–) en comparación con los bosques tropicales y boreales (300 a 400 GtC ha^{-1}) (Schlesinger y Bernhardt, 2013; tabla I).

Tabla 259. Contenido de biomasa y carbono en la biomasa y suelo (0-300cm) en los ecosistemas terrestres (Schlesinger y Bernhardt, 2013).

Ecosistema	Área (10^6 km^2)	Biomasa (g C m^{-2})	Carbono en biomasa (10^{15}g C)	Área (10^6 km^2)	Carbono en suelo (10^{15}g C)
Bosque tropical	17.5	19400	320	24.5	692
Bosque templado	10.4	13350	130	12.0	262
Bosque boreal	13.7	4150	54	12.0	150
Matorral mediterráneo	2.8	6000	16	8.5	124
Sabana/Pastizales	27.6	2850	74	15.0	345
Pastizal templado	15.0	375	6	9.0	172
Desierto	27.7	350	9	18.0	208
Tundra ártica	5.6	325	2	8.0	144
Cultivos	13.5	305	4	14.0	248
Otros	15.5			15.5	
Total	149.3	47105	615	136.5	2345

De acuerdo con los trabajos realizados en parcelas experimentales, el carbono total promedio almacenado en la biomasa de los matorrales desérticos es 16.3 mega gramos por hectárea (Mg ha^{-1}; 1 Mg = 1,000,000 gramos) en 34 sitios estudiados, con valores mínimos de 2.5 Mg ha^{-1} en un matorral desértico rosetófilo en Chihuahua y máximos de 56.0 Mg ha^{-1} en un matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México. En los matorrales, aproximadamente 66% del carbono está almacenado en la parte aérea, en comparación con la biomasa subterránea.

Con la información del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) 2004-2007 y la aplicación de ecuaciones matemáticas que relacionan la morfología de las plantas con la biomasa y contenido de carbono, se estimó que el carbono total almacenado en los matorrales es 1.28 Mg ha^{-1}, con valores mínimos y máximos de 0.39 Mg ha^{-1} en la vegetación de dunas costeras y 2.64 Mg ha^{-1} en el mezquital, considerando 9648 registros. El carbono total almacenado en los pastizales es 1.71 Mg ha-1, con valores mínimos y máximos de 0.25 Mg ha^{-1} en el pastizal gipsófilo y 4.08 Mg ha^{-1} en el pastizal natural, considerando 127 registros. La diferencia en las estimaciones del carbono almacenado en los matorrales y pastizales con base en la información del INFyS y los datos de las parcelas experimentales probablemente se debió a la posible inclusión de matorrales altos y densos como componentes del bosque tropical seco y por lo tanto no fueron contabilizados como vegetación desértica, así como por las diferencias en las aproximaciones metodológicas para la estimación de la biomasa aérea y subterránea (Briones et al., 2019).

Sea por las estimaciones de las parcelas experimentales o de los datos del INFyS, los valores de carbono almacenado en la biomasa sitúan a los ecosistemas de los desiertos de México en un lugar intermedio entre el promedio mundial de los desiertos (2 a 5 Mg ha^{-1}) y el bosque tropical seco (37 a 117 Mg ha^{-1}).

En este mismo sentido la ***revista*** en comento concluye; *Aunque la información es relativamente escasa, los valores de carbono sitúan a los ecosistemas desérticos mexicanos en un lugar intermedio entre los desiertos del mundo y el bosque tropical seco. Debido a que los ecosistemas desérticos ocupan más de 60% del territorio mexicano, el estudio del ciclo del carbono en los desiertos de México es necesario para entender el papel que tienen actualmente en contribuir o disminuir el acelerado incremento de concentración de CO_2 y los otros gases de invernadero en la atmósfera.*

A pesar de su gran importancia, existen grandes vacíos de información sobre el ciclo del carbono en los desiertos de México. Para acrecentar el conocimiento científico sobre el ciclo del carbono y transitar hacia un modelo de desarrollo sustentable con una economía baja en carbono en las regiones desérticas de México y en el resto del país, es necesario incrementar sustancialmente la inversión en ciencia y la formación de recursos humanos.

Por su parte, el ***Programa Mexicano del Carbono*** a través de la ***Base de Datos Sobre Almacenes y Flujos de Carbono en los Matorrales y Pastizales Xerófilos de México. 2018,*** confirma que., *Los matorrales y pastizales xerófilos contienen relativamente bajo a moderado contenido de carbono en la biomasa y suelo, pero pueden tener un efecto significativo para contrarrestar el cambio climático al absorber las emisiones de CO2 de la atmósfera, ya que ocupan más de una tercera parte de la superficie terrestre global (Lal, 2004) y más de la mitad en México (CONAFOR, 2018).*

Con base en la biomasa estimada a partir de ecuaciones alométricas para 22 409 sitios de aproximadamente una hectárea, en el informe INFyS 2009-2014 (CONAFOR, 2018) se indicó que los matorrales y pastizales xerófilos fueron los ecosistemas con menores contenidos de carbono almacenado en la biomasa aérea, con estimaciones promedio en los matorrales de las zonas áridas de 0.32 (límite inferior 0.23, límite superior 0.41) Mg C ha-1 , de 1.55 (1.41, 1.69) Mg C ha-1 y en los 1en los pastizales xerófilos y otras áreas forestales de 2.48 (1.98, 2.97) Mg C

ha- En comparación, el valor estimado promedio de carbono almacenado en la biomasa aérea para los bosques fue 26.5 Mg C ha-1.

Y que, *los trabajos a escala local y nacional sobre el almacén de carbono en la biomasa vegetal y flujo de carbono en los ecosistemas de matorrales y pastizales xerófilos son sumamente escasos.*

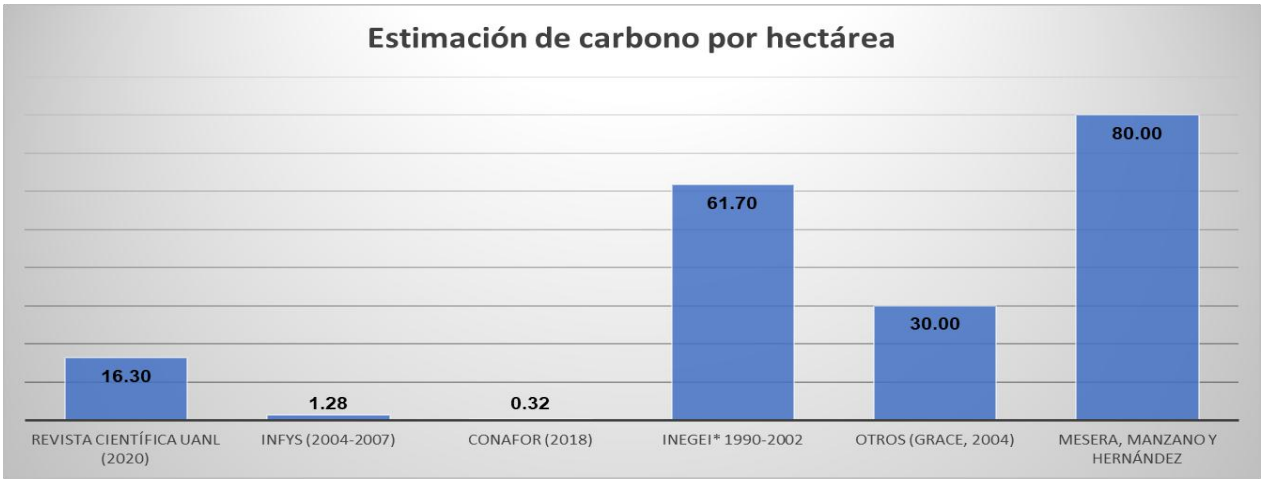
Y concluye., *A pesar de la gran diversidad ecológica que sustentan los matorrales y pastizales xerófilos y la extensa superficie que ocupan en México, el contenido y los flujos que determinan el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y subterránea han sido muy poco estudiados. Aunque el número de publicaciones es bajo, es posible concluir que los valores de carbono estimados con base en parcelas experimentales sitúan a los matorrales y pastizales xerófilos de México en un lugar intermedio entre los ecosistemas de los desiertos norteamericanos y el bosque tropical seco. Es necesario profundizar en el conocimiento del contenido, tiempo de residencia y procesos de transferencia del carbono, así como conocer el papel de la sequía, CO2 atmosférico, contenido de nutrimentos del suelo y cambio en el uso de suelo en el ciclo del carbono de los matorrales y pastizales xerófilos.*

Es urgente y necesario incrementar el conocimiento científico sobre el ciclo del carbono y los servicios ecosistémicos de los matorrales y pastizales xerófilos, que aporte las bases científicas para el entendimiento del ciclo del carbono y sus interacciones, así como el desarrollo de estrategias estatales y federales para el manejo y sustentabilidad de los ecosistemas y la reducción de emisiones de CO2 a la atmósfera.

Tabla 260. Comparativo de estimaciones de captura de carbono para los matorrales mexicanos con diferentes metodologías, instituciones y autores.

Revista científica UANL (2020)		**INFyS (2004-2007)**		**CONAFOR (2018)**		**Otros (Grace, 2004)**		**INEGEI* 1990-2002**	**Mesera, Manzano y Hernández**
Mg ha-1	**ton/ha**	***Mg ha-1***	**ton/ha**	***Mg ha-1***	**ton/ha**	***Mg ha-1***	**ton/ha**	**Ton/ha**	**Ton/ha**
16.3	16.3	*1.28*	1.28	0.32	0.32	2-30	2-30	61.695	80.00

*Datos del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002 (SEMARNAT-INE 2006).



Grafica 69. Comparativo de estimaciones de captura de carbono para los matorrales mexicanos con diferentes metodologías, instituciones y autores.

2. Capacidad de almacenamiento de carbono en el sistema ambiental.

Toda vez que los datos mostrados en la tabla anterior, fueron el resultado de la aplicación de diferentes metodologías científicamente comprobadas, para estimar la capacidad de almacenamiento de carbono en vegetación de tipo matorral para nuestro país, siendo el mismo tipo de vegetación que se verá afectado en la superficie del proyecto y el mismo que se encuentra presente en el sistema ambiental y considerando la cronología de los mismos ya que dichas metodologías se han venido actualizando con el objetivo de dar mayor certeza en los resultado obtenidos y no siendo necesaria su aplicación para la estimación de capacidad de almacenamiento de carbono para el sistema ambiental que nos ocupa, se tomó como referencia la estimación de carbono reportada en el ***Revista Científica de la Universidad Autónoma de Nuevo León*** cuyo estudio es el más reciente para referirlo al caso que nos ocupa, por lo tanto, la estimación de capacidad de carbono para el sistema ambiental es el que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 261. Capacidad de almacenamiento de carbono en el sistema ambiental.

Unidad de estudio	**Tipo de vegetación**	**Superficie (Has)**	**Revista científica UANL (2020). Estimación C**		**Capacidad de almacenamiento de carbono SA total.**	
			Mg ha-^{1}	**ton/ha**	***Mg/ total***	**Ton/total**
Sistema ambiental	Matorral crasicaule	3,266.26	*16.3*	16.3	53,240.04	53,240.04
	Total	**3,266.26**	***16.3***	**16.3**	**53,240.04**	**53,240.04**

Con base en los datos de la tabla anterior, se concluye que la superficie que se encuentra cubierta de vegetación tipo matorral en el sistema ambiental, tiene una capacidad de almacenamiento de carbono de ***53,240.04 toneladas totales***.

Estimación de la capacidad de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Para estimar de la capacidad de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, se empleó la información del muestreo de flora silvestre recabada en campo, el cual cumple con un 95% de confiabilidad, tal como quedó demostrado en el análisis estadístico correspondiente.

Para dicha estimación, se consideraron los datos dasométricos promedio recabados en los sitios de muestreo de las especies presentes en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, es decir, el diámetro promedio en centímetros a la base del tallo y la altura total promedio en metro de cada una de las especies identificadas y registradas en dicha área.

Posteriormente para determinar la cantidad de carbono por individuo de cada especie, primeramente se estimó la biomasa total por individuo de cada especie, con el empleo de los datos dasométricos previamente levantados en campo.

La biomasa área de las especies identificadas en la superficie del proyecto, se estimó con el empleo de la ecuación alométrica local tomada de Návar *et al.* (2004), de la revista científica la ***DINAMICA DE LA CAPTURA DE CARBONO EN PASTIZALES ABANDONADOS DEL NORESTE DE MEXICO.*** *José Israel Yamallel, Javier Jiménez Pérez, Eduardo Alanís Rodríguez, Oscar Alberto Aguirre Calderón, Marco Aurelio González Tagle, Eduardo Javier Treviño Garza de la Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo Leo, México. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Vol. 12 Núm. 1, 2014. pp 113 – 121*., misma que se describe a continuación.

$$\boldsymbol{BT} = (\mathbf{0.026884} + \mathbf{0.001191}\boldsymbol{D2H} + \mathbf{0.044529}\boldsymbol{D} - \mathbf{0.01516}\boldsymbol{H}) + (\mathbf{1.025041} + \mathbf{0.023663}\boldsymbol{D2H} - \mathbf{0.17071}\boldsymbol{H} - \mathbf{0.09615}\,\boldsymbol{ln\,H}) + (-\mathbf{0.43154} + \mathbf{0.011037}\boldsymbol{D2H} + \mathbf{0.113602}\boldsymbol{D} + \mathbf{0.307809}\,\boldsymbol{ln\,D}).$$

Donde:

BT= biomasa total aérea (kg)

D= diámetro basal (cm)

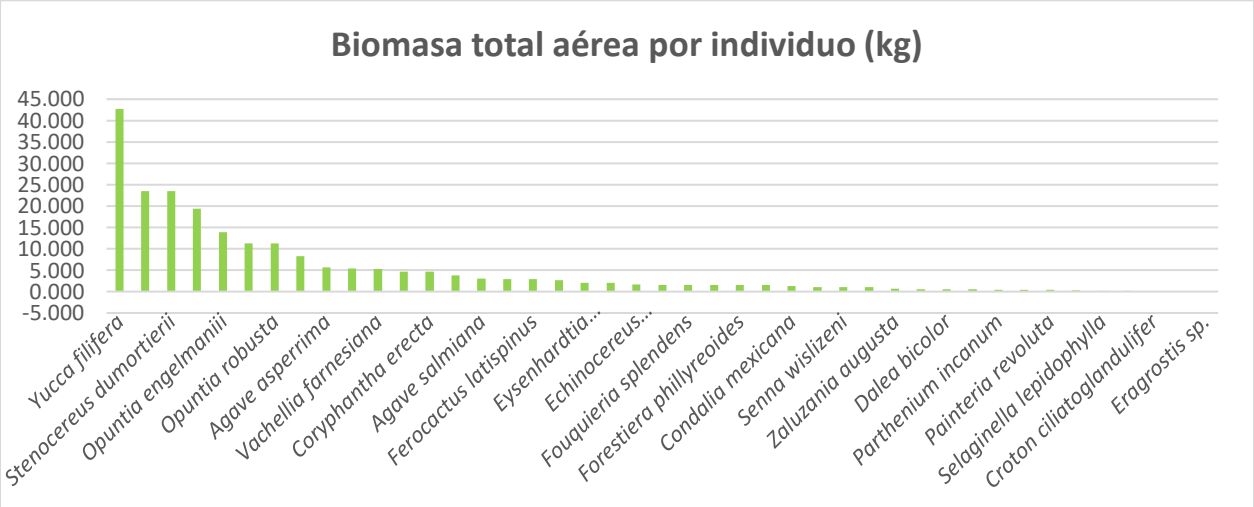
H= altura total (m)

Con el desarrollo de la ecuación alométrica antes descrita fue posible estimar la biomasa área total por individuo, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 262. Cantidad de biomasa aérea total por individuo y especie en (kg) en la S-CUSAF.

No.	Nombre científico	Nombre científico	Individuos por ha.	Biomasa total aérea por individuo (kg)
1	Palma pita	*Yucca filifera*	**0**	42.738
2	Mezquite	*Neltuma laevigata*	**1**	23.462
3	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	**0**	23.462
4	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	**1**	19.422
5	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	**0**	13.881
6	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	**1**	11.330
7	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	**0**	11.259
8	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	**1**	8.265
9	Maguey áspero	*Agave asperrima*	**50**	5.653
10	Cuatle	*Helietta parviflora*	**0**	5.405
11	Huizache	*Vachellia farnesiana*	**16**	5.334
12	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	**1**	4.662
13	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	**1**	4.662
14	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	**0**	3.741
15	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	**2**	3.025
16	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	**0**	2.958
17	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	**1**	2.914
18	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	**1**	2.705
19	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	**1**	2.068
20	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	**2**	2.068
21	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	**2**	1.623
22	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	**20**	1.601
23	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	**113**	1.590
24	Capulincillo	*Karwinskia molliis*	**123**	1.570
25	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	**0**	1.570
26	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	**1**	1.570

No.	Nombre científico	Nombre científico	Individuos por ha.	Biomasa total aérea por individuo (kg)
27	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	**98**	1.296
28	Uña de gato	*Mimosa texana*	**74**	1.070
29	Palo prieto	*Senna wislizeni*	**1**	1.048
30	Granjeno	*Celtis pallida*	**4**	1.017
31	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	**54**	0.629
32	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	**20**	0.605
33	Engordacabra	*Dalea bicolor*	**175**	0.605
34	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	**150**	0.549
35	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	**275**	0.463
36	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	**20**	0.412
37	Cabello de angel	*Painteria revoluta*	**74**	0.358
38	Zazálic	*Mentzelia hispida*	**1250**	0.292
39	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	**1050**	0.131
40	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	**9000**	0.045
41	Canelilla	*Croton ciliatoglandulifer*	**375**	-0.012
42	Pasto 2	*Briza sp*	**225**	-0.012
43	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	**550**	-0.037
		Total	**13,732**	**216.9955**



Grafica 70. Cantidad de biomasa aérea total por individuo y especie en (kg) en la S-CUSAF.

De acuerdo con la gráfica anterior, las especies que presentan una mayor cantidad de biomasa total área son la palma (*Yucca filifera*), el órgano *(Stenocereus dumortieri*) y las especies del

género *Opuntia spp* y otras cactáceas se deduce que ello obedece a las características dasométricas de cada especie.

En seguida, para estimar el contenido de carbono total por individuo de cada especie, se obtuvo de la relación de la biomasa aérea total por individuo de cada especie, por la concentración de carbono de las especies registradas e identificadas en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, con el empleo de la formula siguiente.

$$\boldsymbol{Contenido\ de\ carbono\ =\ B\ *\ CC}$$

Dónde:

B = biomasa aérea (peso seco de las especies en kg)

CC = concentración de carbono (%)

La concentración de carbono fue tomada de *Yerena et al.* (2011) del mismo artículo científico descrito líneas arriba, que recomienda un 45.4% de CC, para la biomasa aérea total de las especies arbóreas y arbustivas del matorral espinoso tamaulipeco.

El coeficiente de concentración de carbono en el estrato herbáceo fue tomado del artículo "**Coeficientes de carbono para arbustos y herbáceas del bosque de oyamel del Parque Nacional El Chico**" en la **"Revista Mexicana de Ciencias Forestales"** por: Razo-Zárate Ramón, Gordillo-Martínez Alberto José, Rodríguez-Laguna Rodrigo, Maycotte-Morales Carlos César y Acevedo- Sandoval Otilio Arturo, en el cual se reporta que el coeficiente de la concentración de carbono (CC) en herbáceas tuvo un promedio de 43%, este dato se tomó aún con la consideración de que el tipo de vegetación de la CUSAF no es la misma, sin embargo, proponen que el valor de CC para herbáceas en general está entre 40-45%.

Para las cactáceas presentes en la superficie de cambio de uso de suelo, la concentración de carbono, con un valor de 23% de CC, fue tomada de la revista científica *"**Biomasa aérea y almacén de carbono en dos leguminosas y una cactácea del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca, México"** Nieto-García Vania G., Huerta Saavedra Valeria, Martínez-Ramírez Alejandra; Chávez-Vergara Bruno y Montaño Noé Manuel. 2018,* apoyada por el Programa

Mexicano del Carbono y el Instituto Tecnológico de Sonora. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México. Síntesis a 2018.

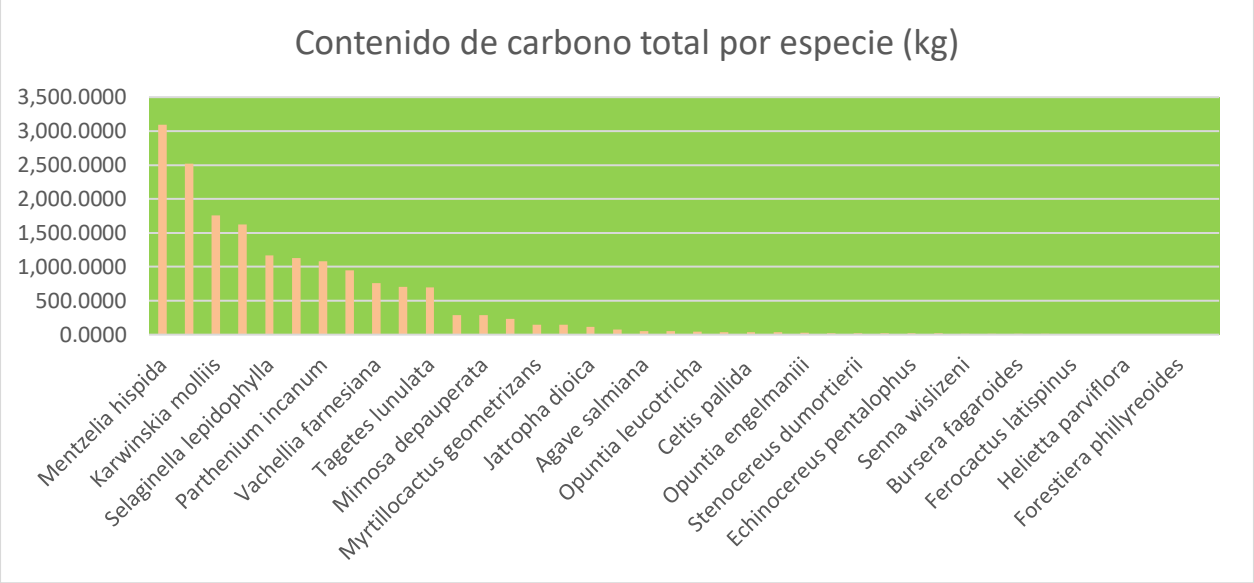
Con el desarrollo de la formula antes descrita y tomando en cuenta los coeficientes de concentración de carbono, es decir, los factores **45.5% (arbustos y árboles), 43% (herbáceas) y 23% (cactáceas)** dependiendo de la especie, fue posible estimar el contenido de carbono por individuo y total de cada especie y la capacidad total de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 263. Contenido de carbono total por individuo y por especie y capacidad total de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

No.	Nombre científico	Individuos totales	Contenido de carbono (kg/ha) por especie	Contenido de carbono total por especie (kg)
1	Cenchrus ciliaris	177,390	-141.4361	-2,787.7058
2	Eragrostis sp.	10,841	-2.9443	-58.0330
3	Briza sp	4,435	-1.2045	-23.7408
4	Opuntia robusta	1	0.0951	1.8734
5	Forestiera phillyreoides	5	0.1782	3.5124
6	Mammillaria compressa	7	0.2381	4.6933
7	Helietta parviflora	2	0.2454	4.8368
8	Cylindropuntia kleinae	15	0.2708	5.3383
9	Ferocactus latispinus	10	0.3478	6.8557
10	Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera	15	0.4666	9.1967
11	Bursera fagaroides	6	0.5095	10.0428
12	Eysenhardtia polystachya	13	0.6103	12.0284
13	Senna wislizeni	27	0.6420	12.6548
14	Cylindropuntia imbricata	46	0.8486	16.7266
15	Echinocereus pentalophus	42	1.0226	20.1560
16	Coryphantha radians	20	1.0722	21.1330
17	Stenocereus dumortierii	4	1.0792	21.2719
18	Coryphantha erecta	23	1.2330	24.3030
19	Opuntia engelmaniii	6	1.3401	26.4133
20	Echinocactus platyacanthus	13	1.6833	33.1770
21	Celtis pallida	78	1.8387	36.2400

No.	Nombre científico	Individuos totales	Contenido de carbono (kg/ha) por especie	Contenido de carbono total por especie (kg)
22	Yucca filifera	2	1.9403	38.2433
23	Opuntia leucotricha	13	2.0752	40.9015
24	Neltuma laevigata	10	2.5720	50.6942
25	Agave salmiana	39	2.6332	51.8995
26	Euphorbia antisyphilitica	392	3.7223	73.3664
27	Jatropha dioica	392	5.6799	111.9499
28	Croton ciliatoglandulifer	7,391	7.2703	143.2969
29	Myrtillocactus geometrizans	27	7.2849	143.5853
30	Painteria revoluta	1,452	11.9766	236.0592
31	Mimosa depauperata	392	14.6691	289.1278
32	Zaluzania augusta	1,059	14.7726	291.1677
33	Tagetes lunulata	2,957	35.3967	697.6694
34	Mimosa texana	1,452	35.7686	704.9998
35	Vachellia farnesiana	314	38.5587	759.9929
36	Dalea bicolor	3,452	48.1091	948.2294
37	Parthenium incanum	5,420	54.7874	1,079.8602
38	Condalia mexicana	1,922	57.3990	1,131.3348
39	Selaginella lepidophylla	20,696	59.1649	1,166.1392
40	Fouquieria splendens	2,236	82.4408	1,624.9083
41	Karwinskia molliis	2,432	89.0745	1,755.6583
42	Agave asperrima	981	127.7157	2,517.2769
43	Mentzelia hispida	24,638	156.8528	3,091.5695
	Total	**270,666**	**728.0012**	**14,348.9044**

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, se estima que la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, actualmente tiene la capacidad de almacenar un **total** de **14.349 toneladas de carbono.**



Grafica 71. Contenido de carbono total por individuo y por especie y capacidad total de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Si tomamos en cuenta el contenido de carbono total por especie dentro de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales; **el Garambullo (*Myrtillocactus geometrizans),* el Maguey *(Agave asperrima)* y el Nopal *(Opuntia leucotricha)*** son las especies que presentan un mayor contenido de carbono dentro de la superficie de cambio de uso de suelo, esto es el reflejo tanto de la abundancia como las características dasométricas de cada especie.

De acuerdo con la estimación de la capacidad de almacenamiento carbono que presenta la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales en el matorral crasicaule en proceso de degradación, no dista mucho de estimaciones de otros estudios que se han realizado en algunos matorrales de nuestro país y sus conclusiones, de acuerdo a la revisión de la siguiente literatura.

Con la información del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) 2004-2007 y la aplicación de ecuaciones matemáticas que relacionan la morfología de las plantas con la biomasa y contenido de carbono, se estimó que el carbono total almacenado en los matorrales es 1.28 Mg ha^{-1}, con valores mínimos y máximos de 0.39 Mg ha^{-1} en la vegetación de dunas costeras y 2.64 Mg ha^{-1} en el mezquital, considerando 9648 registros.

Por su parte, el ***Programa Mexicano del Carbono*** a través de la ***Base de Datos Sobre Almacenes y Flujos de Carbono en los Matorrales y Pastizales Xerófilos de México. 2018,*** confirma que., *Los matorrales y pastizales xerófilos contienen relativamente bajo a moderado contenido de carbono en la biomasa y suelo, pero pueden tener un efecto significativo para contrarrestar el cambio climático al absorber las emisiones de CO2 de la atmósfera, ya que ocupan más de una tercera parte de la superficie terrestre global (Lal, 2004) y más de la mitad en México (CONAFOR, 2018).*

Con base en la biomasa estimada a partir de ecuaciones alométricas para 22,409 sitios de aproximadamente una hectárea, en el informe INFyS 2009-2014 (CONAFOR, 2018) se indicó que los matorrales y pastizales xerófilos fueron los ecosistemas con menores contenidos de carbono almacenado en la biomasa aérea, con estimaciones promedio en los matorrales de las zonas áridas de 0.32 (límite inferior 0.23, límite superior 0.41) Mg C ha-1 , de 1.55 (1.41, 1.69) Mg C ha-1 y en los 1en los pastizales xerófilos y otras áreas forestales de 2.48 (1.98, 2.97) Mg C ha- En comparación, el valor estimado promedio de carbono almacenado en la biomasa aérea para los bosques fue 26.5 Mg C ha-1.

Por lo que, de acuerdo a lo anterior, se concluye que los datos obtenidos de estimación de capacidad de almacenamiento de carbono en la superficie de cambio de uso de suelo, es el reflejo de las condiciones interpretativas de los resultados obtenidos, por lo que a partir de ellos se propondrán las medidas para mitigar la capacidad de almacenamiento de carbono con motivo de la remoción de la vegetación forestal.

b) Fauna

La fauna se distribuye atendiendo a los tipos de hábitats, ya que la interrelación que ésta tiene con la flora es muy estrecha debido a condiciones físicas. Un alto porcentaje de la misma es representativo de la región Neártica. Sin embargo, debido a las migraciones de la mayoría de los animales, se los puede encontrar en la región de climas semicálidos o cálidos, tal es el caso de las aves. La Mastofauna representa un refugio para distintas especies y que de acuerdo a la CONABIO, en el área geográfica se la Sierra Madre Oriental donde se ubica el sistema ambiental, potencialmente se distribuyen alrededor de 98 especies de mamíferos, muchas de las cuales son murcielgaos de las familias Antrozoide, Molossidea, Mormoopidae, Natildae, Phyllostomidae Vespetilionidae y ratones de las familias Heteromydae y Muridae.

1. **Método y diseño de los sistemas de muestreo para determinar cantidad y abundancia de las especies de fauna silvestre.**

En los recorridos de campo conjuntamente con los muestreos de flora se realizaron los muestreos para la fauna silvestre según los grupos taxonómicos mismos que se describen a continuación.

Aves.

Para determinar las especies de aves que habitan en el sistema ambiental se utilizó en método de puntos de conteo. Este método es el preferido para determinar la composición de especies de la comunidad y la abundancia relativa de la población, así como para monitorear a largo tiempo las variaciones en la composición y abundancia de especies en un ecosistema.

Métodos para contar aves terrestres (studylib.es). Fernando González – García. (Consulta en línea). Los puntos de conteo son conceptual y teóricamente similares a los trayectos, solo que de longitud y velocidad cero. El objetivo en los puntos de conteo es contar a los individuos una sola vez, y constituyen uno de los métodos más populares para estudiar la abundancia, riqueza, densidad, composición y distribución de las aves y documentar los cambios poblacionales en las aves terrestres (Reynolds et al. 1980, Bibby et al. 1992, Ralph et al. 1996). Este método puede usarse para estudiar cambios anuales en las poblaciones de aves en puntos fijos de radio variable, las diferencias en la composición de especies entre hábitats y la abundancia de diferentes especies en un lugar específico. Los puntos de conteo requieren que un observador permanezca fijo en un lugar durante el tiempo determinado y que registre toda ave detectada ya sea visualmente o auditivamente, o incluso como respuesta a una sesión de playbakc (Chávez – León y Vázquez 2004). El observador debe tener una amplia experiencia en la identificación de las aves tanto a nivel visual como auditivamente (Alldredge et al. 2001a, Simons et al. 2007). Los puntos pueden ser seleccionados al azar o sistemáticamente dentro del área de estudio, o a lo largo de trayectos. Para evitar doble conteo, debe haber una distancia preferiblemente de 150 a 250 o más entre los puntos de recuentos, con el fin de que los muestreos sean independientes. Un solo observador puede completar de 12 a 15 puntos de conteo por la mañana, dependiendo de las condiciones topográficas del terreno. Dependiendo de la abundancia de la especie y el propósito de los recuentos, deben realizarse por lo menos 30 recuentos. El método puede aplicarse una o muchas veces en un lugar determinado (Bibby et al. 1992, Ralph et al. 1996, MacGregor-Fors et al. 2010 a).

El conteo puede empezar tan pronto el observador llegue al punto, o puede esperar un par de minutos para evitar algún efecto sobre el comportamiento de las aves por la llegada del

observador. El tiempo dedicado a cada punto debe representar el tiempo mínimo necesario para tomar una muestra de los menos el 80% de las especies presenten en el punto. Diez minutos (lo más común en áreas tropicales) puede ser adecuado para la mayoría de los estudio en las áreas tropicales. Sin embargo, los observadores pueden llevar a cabo algunos experimentos iniciales para establecer el tiempo apropiado y necesario para tomar la muestra en un punto en un área determinada, lo cual idealmente sería lo más apropiado. Por ejemplo, dividir el periodo más adecuado, donde al menos el 80% de las especies sean detectadas (Hutto et al. 1986, Wunderle 1992, Bibby et al 1992).

Debido a su sencillez y conveniencia en terreno escarpados y densa vegetación, el método de punto de conteo es apropiado para el seguimiento de paseriformes (aves canoras) y puede ser más eficiente que por ejemplo el uso de redes ornitológicas o el uso de trayectos (Estades et al 2006). Desafortunadamente, los puntos de conteo no son muy precisos a la hora de estimar densidades poblacionales, en particular en el caso de especies de baja densidad. Sin embargo, con el método preferido para vigilar las tendencias poblacionales a largo plazo ya que el tiempo dedicado a contar puede controlarse absolutamente y pueden tomarse muestra en más lugares, lo que permite un muestreo más representativo. No obstante para obtener recuentos con exactitud deben tomarse en consideración varios factores. Uno de los factores más importantes es la habilidad del observador en la identificación visual y auditiva de las aves. Debido a que tanto en el método de radio variable como en el radio fijo deben hacerse estimaciones de distancia, es esencial que todos los participantes practiquen la estimación de distancias con referencias conocidas en hábitat apropiado. Un medidor de distancias (range finder) puede ser de mucha utilidad para practicar la medición de distancias (Hutto et al. 1986, Wunderle et al. 1992, McGregor-Fors et al 2010a)

Los puntos de conteo requieren del cumplimiento de los siguientes principales supuestos: a) Las aves no se aproximan al observador o vuelan, b) las aves son 100% detectables al observador, c) las aves no se mueven mucho durante el periodo de conteo (Hutto et al. 1986, Bibby et al. 1992). Los recuentos en punto pueden clasificarse en tres categorías principales dependiendo de cómo el observador trata la información sobre distancia de las aves, y puede añadirse una cuarta clasificación cuando se modifica para contar, por ejemplo, loros, cotorras, pericos, o rapaces (Bibby et al. 1992, Wunderle et al. 1992).

El método empleado para obtener la muestra de las poblaciones de aves en el sistema ambiental, fue al azar, donde se establecieron 17 puntos de conteo, mediante el diseño de una malla

cuadrada a cada 1500 m entre líneas y columnas. El conteo se inició tan pronto el observador llegaba al punto, el cual durante un tiempo de 20 a 30 minutos, tomaba datos de abundancia, y riqueza de las especies observadas y escuchadas, en el mismo punto se verificaba la presencia de nidos, plumas, heces fecales, entro otros aspectos, cuya ubicación geográfica se ilustra en el siguiente mapa.

El monitoreo se realizó durante las primeras horas de la mañana. En este monitoreo se empleó el uso de binoculares para auxiliarnos en la detección de estos individuos ya que es difícil acercarse a aproximarse demasiado a los ejemplares para determinar la especie. El tipo de binoculares empleado es PENTAX 16x20 de 2.8 y auxiliados además por las guías de campo; El Registro de Flora y Fauna del estado de Querétaro (CONABIO, SEDESU 2005).

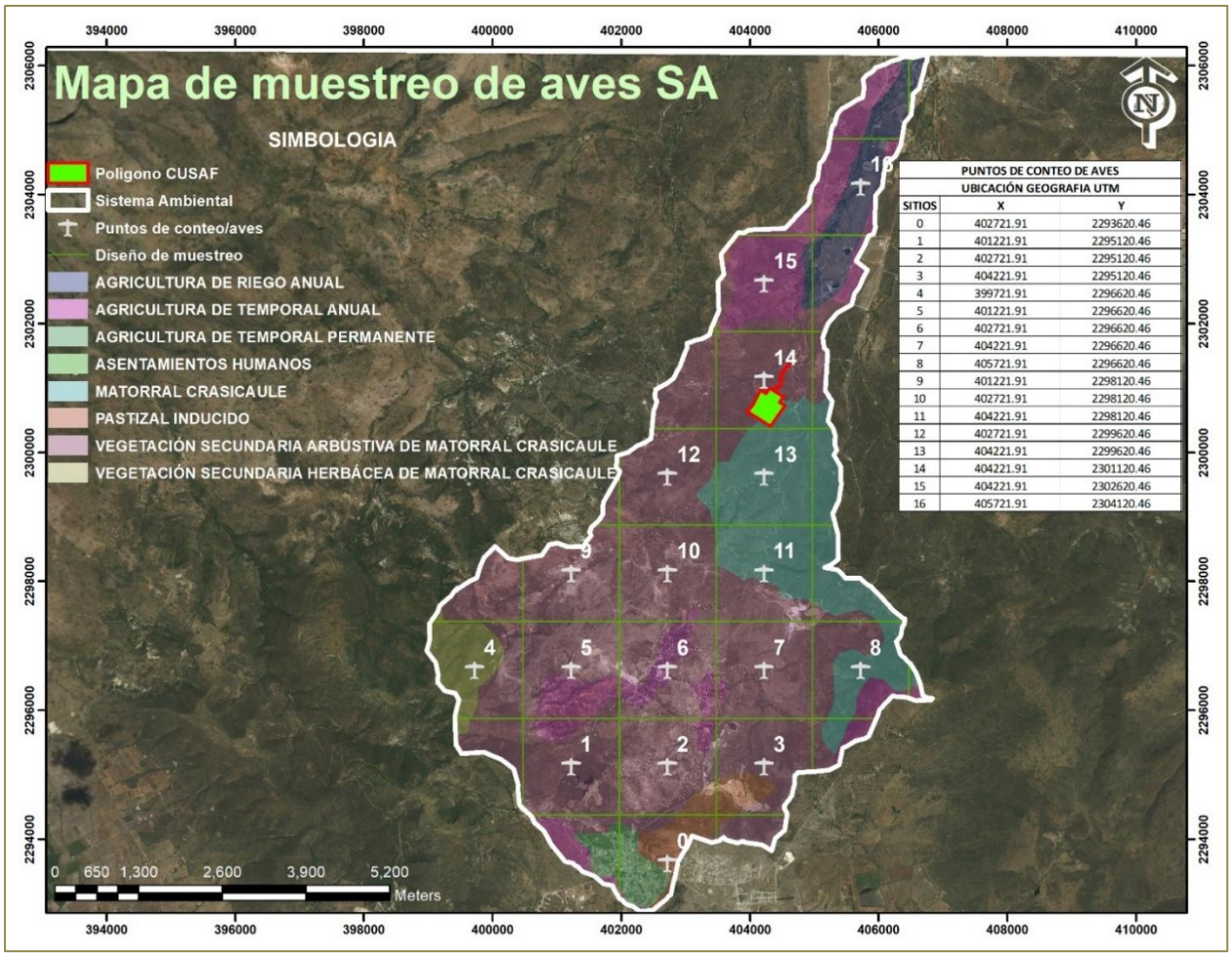


Imagen 63. Mapa de distribución de puntos de conteo de aves.

Tabla 264. Ubicación geográfica de los puntos de conteo de aves.

PUNTOS DE CONTEO DE AVES		
UBICACIÓN GEOGRAFIA UTM		
SITIOS	**X**	**Y**
0	402722	2293620
1	401222	2295120
2	402722	2295120
3	404222	2295120
4	399722	2296620
5	401222	2296620
6	402722	2296620
7	404222	2296620
8	405722	2296620
9	401222	2298120
10	402722	2298120
11	404222	2298120
12	402722	2299620
13	404222	2299620
14	404222	2301120
15	404222	2302620
16	405722	2304120

Tabla 265. Resumen y metodología del muestreo de fauna silvestre para aves en el sistema ambiental SA.

Componente	Tipo	Método	No. Sitios	Estacionalidad	Fecha de muestreo	Grupo	Comunidad
Fauna silvestre	Sistemático	Puntual	17	Invierno	27/01/25	Aves	Terrestre

Mamíferos terrestres y reptiles.

De la revisión bibliográfica de la zona, se tiene que la fauna de vertebrados de la región ha sido estudiada con cierta densidad en diversas áreas, sobre todo aquellas bajo protección y donde la vegetación está en un buen estado de conservación.

De Alba, 2004., menciona que dentro de la fauna de la región, se puede incluir a peces como la tilapia y la carpa que han sido introducidas a cuerpos de agua dulce.

En virtud a que la región se cuenta con gran número de cuerpos de agua que son el centro de atención de la avifauna, estas constituyen un segmento numeroso de la biodiversidad de la región, destacando algunas especies como son; patos, garzas, palomas, colibríes, papamoscas, chirivines, chipes, gorriones y bolseros. Del total de las especies el 60% son residentes de la zona centro de México, 34% con migratorias que provienen de los Estados Unidad y Canadá y 6% son ocasionales o no se cuenta con los datos suficientes para definir su estatus migratorio. Cabe destacar que el 29% del total de las aves son especies que están ligadas a los medios acuáticos, los cuales es necesario proteger para asegurar su supervivencia.

CONABIO ha desarrollado también un programa para identificar y proteger, tales como las Áreas de Importancia para la Conservación de la Aves (AICAS). A nivel nacional se definieron 230, tres de las cuales se encuentran en territorio Querétaro; denominadas Sótano del Barro, Sierra Gorda y El Zamorano, esta última fue considerada por ser un sitio de anidación de Halcón Peregrino *(Falco peregrinus).*

Los insectos y otros artrópodos que existen en la región son otro de los grupos que constituyen un importante segmento de la biodiversidad que esta pobremente estudiada.

Los mamíferos que han sido registrados en algunas zonas e incluyen más de 30 especies, especies con hábitos peridomésticos o generalistas que pueden aprovechar las oportunidades que ofrecen la fragmentación del hábitat como las zorras y los tlacuaches. Algunas especies, como el venado cola blanca solo sobrevive en áreas de protección o porque han sido reintroducidas.

Por su parte, Nieto Morales de Oca *et al 1998,* elaboraron una guía de los anfibios y reptiles del Estado de Querétaro, cuyo propósito fue la de crear una base de datos que incluye información de 6,198 ejemplares correspondientes a 133 especies de 71 géneros y 26 familias, cabe señalar que la distribución de las especies estudiadas fue clasificada de acuerdo a rangos altitudinales y a tipos de vegetación.

Distribución de la fauna en relación a los principales tipos de vegetación en México.
A continuación se mencionan las especies de vertebrados de mayor importancia dentro de cada una de estas divisiones de la cubierta vegetal.

Especies características de las zonas áridas.

Borrego cimarrón…….....Ovis canadensis
Berrendo……..…..Antolocarpa americana

Venado bura……..……....Odocoileus hemionus
Jabalí de collar……..……..……..…Pecari tajacu
Gato montés……..……..…….....Lynx rufus
Tlacoyote……..……..……..……..Taxidea taxus
Coyote..……..……..……...Canis latrans
Liebre cola negra….……..……..……...Lepus californianus
Codorniz de California……..……Callipepla californica
Codorniz escamosa…….……..….Callipepla squamata
Paloma a las blancas…….……..…….Zenaida asiática
Huilota……..……...Zenaida macroura

Para determinar la presencia de especies pertenecientes a los grupos de mamíferos y reptiles de fauna silvestre en el sistema ambiental, se empleó el método de transectos, esto por lo practico que resulta en campo, realizándose observaciones directas y evidencias indirectas, tales como madrigueras, excretas, huellas, nidos, mudas y cadáveres, por medio del método de transectos. Los transectos son recorridos de longitud previamente establecida que permite evaluar diferencias faunísticas entre varias áreas (gradientes topográficos, gradientes de hábitat, zonas con diferentes tipos de vegetación, etc.).

Los transectos se deberían establecer de manera ideal en un diseño estratificado abarcando los diferentes tipos de hábitats y su representación proporcional en el diseño. Sin embargo, esto es por lo general muy costoso, por lo que la mayoría de los investigadores han utilizado caminos para la colocación de los transectos. Así mismo los transectos varía de acuerdo al tamaño de la especie, siendo en el método más original de una longitud de aproximadamente de 3 km, para el caso del área de estudio fue de 2 km, hasta transectos de 10 km (Conner et al . 1983, Linhart y Knowlton 1976, Stephens et al 2006).

Asimismo, la separación de transectos depende de la especie blanco, y está dada por dos parámetros: el diámetro de ámbitos hogareños (Zielinski y Stauffer 1996), esta medida nos permite, por un lado reducir la probabilidad de contar a un individuo dos veces, y reduce la posibilidad de sobrestimar las poblaciones. El tamaño del ámbito hogareño para la mayoría de las especies de carnívoros en México no existe por los que se recomienda utilizar la información publicada en diferentes fuentes. La finalidad del establecimiento de los transectos es el tener una idea de la población de carnívoros de una o más especies en una unidad de muestreo.

A lo largo de estos transectos se puede obtener diferentes índices de abundancia, los más utilizados son el número de huellas/km recorrido, número de excretas/km recorrido, y en casos excepcionales número de individuos observados por km (Wilson y Delahay 2001). Con la finalidad de estandarizarlas se puede transformar a un índice que involucre el número de registros/km que multiplique el número total de km recorridos durante el periodo de muestreo, esta información puede ser utilizada para generar curvas de probabilidad de detección o simulaciones (Carbone et al. 2001, Sargeant et al. 1998, Stephens et al 2006).

Una variación al modelo previo es el uso de estaciones olfativas colocadas a lo largo de un transecto. Las estaciones olfativas son un área limpia de hojas, rocas y debris en un área de 1 m^2 (este tamaño permite registrar a todas las especies de carnívoros presentes).

Para el caso específico del sistema ambiental se empleó el método de transectos, utilizándose los caminos de terracería, caminos de herradura, cuerpos de agua, manantiales y arroyos, donde fue posible se accedió a cuevas con presencia de cejas de roca donde se presume pudiera existir la presencia de madrigueras con presencia de críos recién nacidos.

Para establecer dichos transectos se elaboró un mapa cartográfico con los caminos y arroyos existentes en el sistema ambiental con el propósito de identificarlos previa a los recorridos de campo, así fue como se generó el mapa de diseño de muestreo para mamíferos y reptiles que se presenta a continuación.

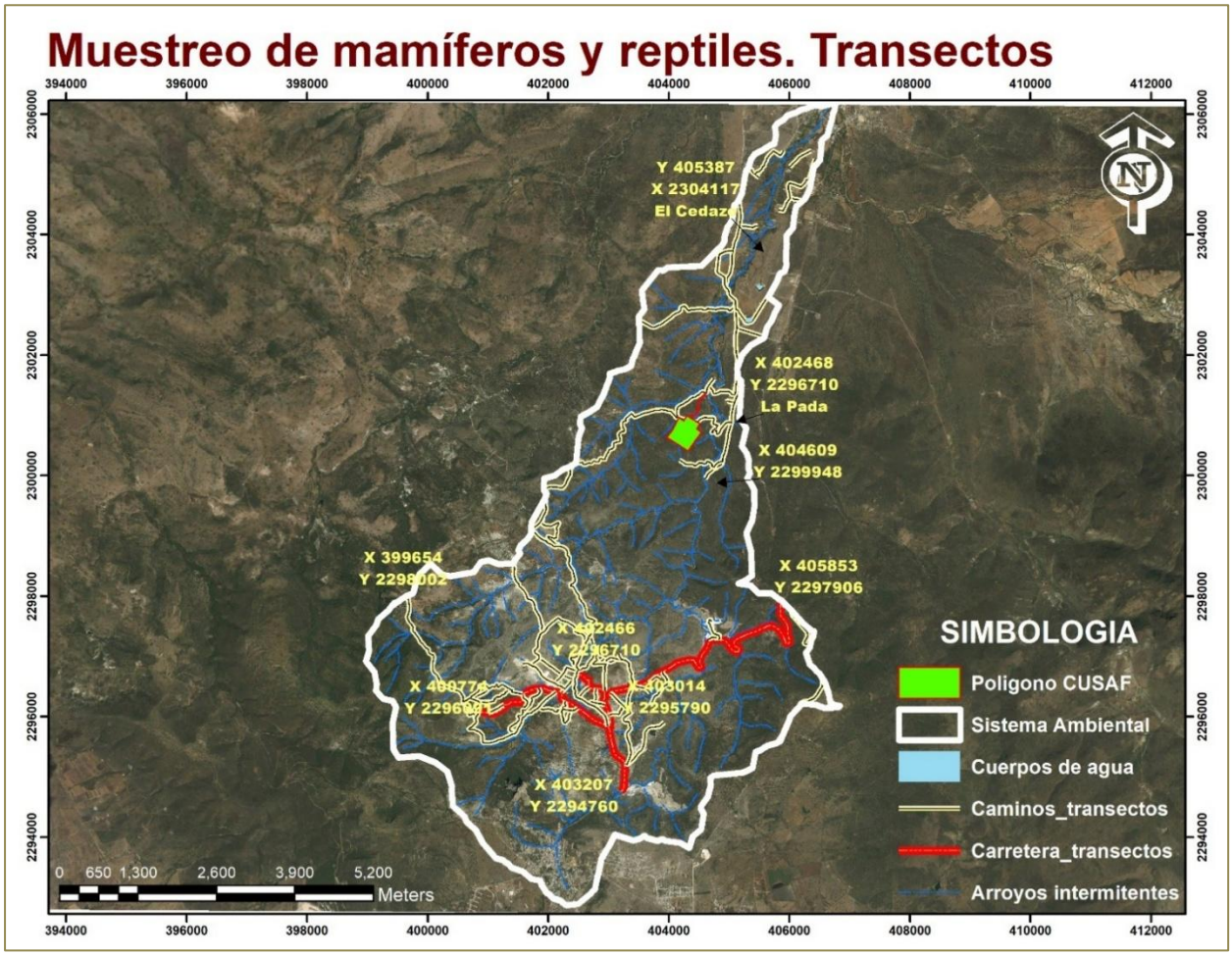


Imagen 64. Mapa de transectos para mamíferos y reptiles.

A continuación, se presentan los cuadros de coordenadas de los transectos, manantiales y cuerpos de agua donde se llevó a cabo el muestreo de mamíferos y reptiles dentro del sistema ambiental.

Tabla 266. Coordenadas UTM de los transectos en el SA.

BORDOS O CUERPOS DE AGUA		
No	**X**	**Y**
1	404013.59	2296518.02
2	405322.11	2302583.13
3	405506.17	2303126.49

TRANSECTOS

No		X	Y
1	Inicio	403206.86	2294759.99
	Intermedio	403014.01	2295790.16
	Final	405853.49	2297906.59
2	Inicio	403014.01	2295790.16
	Final	400774.25	2296091.04
TRANSECTOS			
No		**X**	**Y**
1	Inicio	400774.25	399653.97
	Final	399653.97	2298001.91
2	Inicio	402463.49	2296709.91
	Final	405131.59	2301356.08 (La Pada)
3	Inicio	404609.32	2299948.29
	Final	405387.33	2304117.01 (El Cedazo)

Tabla 267. Resumen y metodología del muestreo de fauna silvestre para mamíferos y reptiles en el sistema ambiental SA.

Componente	Tipo	Método	No. Sitios	Estacionalidad	Fecha de muestreo	Grupo	Comunidad
Fauna silvestre	Sistemático	Transectos	8	Invierno	27/01/25	Mamíferos y Reptiles	Terrestre

Para concretar estas observaciones o avistamientos se llevaron a cabo, recorridos en el crepúsculo y al medio día principalmente, en los transectos, abarcando de esta manera casi la totalidad de la superficie del sistema ambiental.

2. Estimaciones de los parámetros poblacionales de cada grupo de fauna silvestre.

Riqueza especifica.

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes en un lugar o en un área determinada, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas.

La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad.

Abundancia

Uno de los parámetros poblacionales más utilizados en el manejo de la fauna silvestre es el tamaño poblacional o la abundancia. Definida esta como el número total de individuos que conforman una población y habitualmente se denota con la letra N. Para poder estimar la abundancia es necesario que los límites de la población estén claramente establecidos, aspecto que no siempre es tan definido en campo. En otros casos, cuando el límite de la población es de carácter administrativo por ejemplo una reserva, rancho, uma, ejido, entonces la estimación de la abundancia se hará exclusivamente para los animales dentro de estos límites.

La fórmula general para estimar la abundancia es $N=n/\alpha\beta$,

Donde.

N, es la abundancia

n, es el número de individuos (animales) contados en las unidades de muestreo,

α, (alfa) es la proporción de área muestreada respecto del área total, y

β, (beta) es la proporción de individuos (animales) contados durante el muestreo.

Por densidad se refiere al número de individuos (animales) por unidad de área habitualmente expresada como individuos por hectárea, individuos por kilómetros cuadrado. Por lo tanto la formula general para su estimación es.

$D=N/S$

Donde

D, densidad

N, es la abundancia de la población.

S, la superficie que ocupa la misma.

Abundancia relativa.

La abundancia relativa se define como el número de individuos de una especie con respecto al número de individuos totales de una comunidad.

Los datos de abundancia relativa proporcionan los índices del tamaño de las poblaciones que por lo general no puede ser convertido a una estimación de abundancia absoluta. Sin embargo, los resultados pueden proporcionar estimaciones de abundancia comparables entres localidades y especies o dentro de la especies con el tiempo.

Índice de diversidad.

Para el cálculo de la biodiversidad se utilizó el Índice de Shannon-Wiener H'.

H' = Índice de Shannon-Wiener que en un contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad "extensa" de la que se conoce el número total de especies (S).

También puede considerarse a la abundancia como una medida de la incertidumbre para predecir a que especies pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de (S) especies y N individuos.

Por lo tanto H' = 0 cuando la muestra contenga solo una especie, y, H' será máxima cuando todas las especies (S) este representadas por el mismo número de individuos (*ni),* es decir, que la comunidad tenga una distribución de abundancia perfectamente equitativa.

Para la estimación de este parámetro se utilizó el *log* en base 2 de la abundancia relativa y los resultados se expresan como *bits/ind.*

$$H'=-\Sigma Pi \log 2 Pi$$

Donde;

S: número de especies (la riqueza específica)

pi: proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i:ni/N, con ni: número de individuos de la especie i y N:número de todos los individuos de todas las especies).

Descripción de la metodología para estimar el Índice de diversidad (Shannon – Weiner H') por especie.

Columna 1. Corresponde al número consecutivo de las especies encontradas en el sistema ambiental en las condiciones de matorral crasicaule, cuyo total corresponde a la riqueza específica.

Columna 2. Corresponde al nombre común de cada especie como es conocida en el área de influencia del proyecto.

Columna 3. Corresponde al nombre científico de cada individuo de acuerdo a su identificación en bibliografía especializada.

Columna 4. Abundancia real. Se refiere al número real de especies encontradas e identificadas en campo en el sistema ambiental mediante observación directa e indirecta (nidos, sonidos, plumas y revisión bibliográfica).

Columna 5. Es el resultado de dividir número total de ejemplares por especie entre la suma total de todas las especies encontradas en el sistema ambiental. (Proporción (Pi)).

Columna 6. Es el Logaritmo del resultado de la Columna 5 de cada especie. (loge Pi).

Columna 7. Es el resultado de multiplicar la Columna 6 por la Columna 7. La sumatoria algebraica da como resultado el Índice de diversidad para dicho ecosistema florístico. **Pi loge Pi (Diversidad)**

Columna 8. Corresponde al status que guarda en el NOM-059-SEMARNAT-2010.

En comunidades naturales, este índice suele presentar valores entre 1.5 y 3.5 y solo raramente sobrepasa 4.5 (Margalet. 1972, citado en Marurran. 1987).

Magurran, menciona que para el Índice de Shannon-Wiener, los valores inferiores a 1.5 se consideran como diversidad baja, los valores entre 1.6 y 3.4 se consideran como diversidad media y los valores iguales o superiores a 3.5 se consideran como diversidad alta.

3. Resultados obtenidos en los muestreos del sistema ambiental.

Aves.

Como se puede apreciar en los datos arrojados en los puntos de conteo, la mayor cantidad de especies se concentran en los sitios más aislados de las actividades antropogénicas, aunque algunas otras suelen moverse de un lugar a otros en busca de alimentación y agua.

Tabla 268. Abundancia por punto de conteo de aves en el SA.

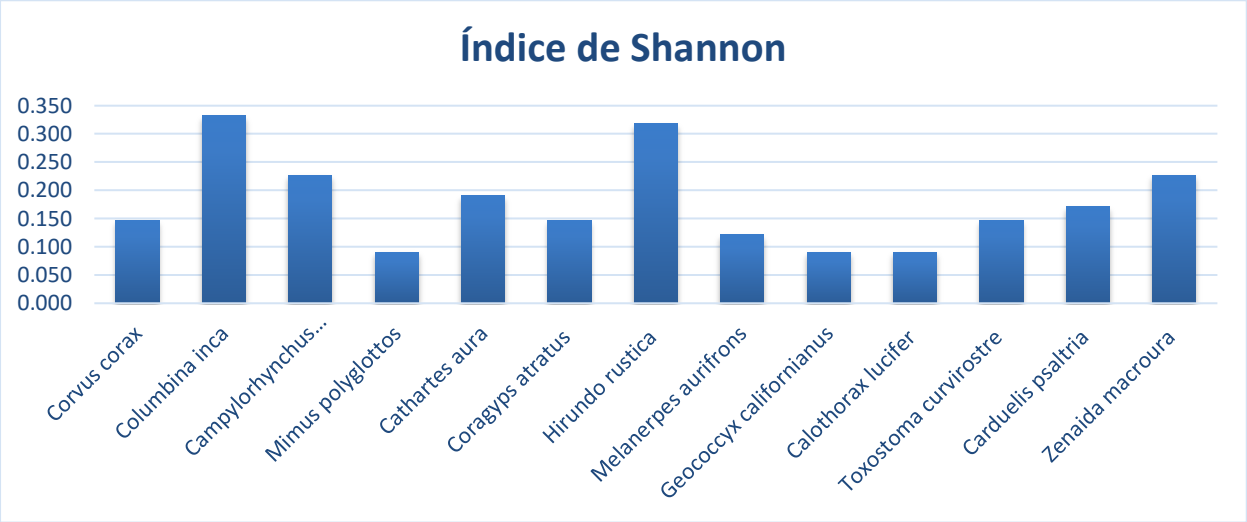
No.	Nombre comun	Nombre científico	Puntos de conteo de aves																		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Total
1	Cuervo	Corvus corax		2														1			3
2	Tortola cola larga	*Columbina inca*		2				3		4										4	13
3	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*												2	3			2			7
4	Cenzontle	*Mimus polyglottos*										2									2
5	Aura	*Cathartes aura*	1					2													3
6	Zopilote	*Coragyps atratus*		2														1			3
7	Golondrina comun	*Hirundo rustica*										10									10
8	Pajaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*									2										2
9	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*												1							1

10	Colibrí lucifer	*Calothorax lucifer*											1								1
11	Cuitlacoche	*Toxostoma curvirostre*											2								2
12	Dominico	*Carduelis psaltria*						2													2
13	Huilota	*Zenaida macroura*			2						4										6
Total			**1**	**4**	**2**	**0**	**0**	**7**	**0**	**4**	**6**	**12**	**3**	**3**	**3**	**0**	**0**	**3**	**0**	**4**	**55**

De acuerdo a los datos arrojados en el muestreo se puede observar que dentro del SA se pudieron observar poblaciones de Tortola, Huilota y Golondrinas, es evidente que este tipo de especies por lo general se les observa en gropos importantes de individuos.

Tabla 269. Riqueza y diversidad de aves en el SA.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Cuervo	Corvus corax	No	4	0.049	-3.020	-0.147	0.147
2	Tortola cola larga	*Columbina inca*	No	18	0.220	-1.516	-0.333	0.333
3	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	No	8	0.098	-2.327	-0.227	0.227
4	Cenzontle	*Mimus polyglottos*	No	2	0.024	-3.714	-0.091	0.091
5	Aura	*Cathartes aura*	No	6	0.073	-2.615	-0.191	0.191
6	Zopilote	*Coragyps atratus*	No	4	0.049	-3.020	-0.147	0.147
7	Golondrina comun	*Hirundo rustica*	No	16	0.195	-1.634	-0.319	0.319
8	Pajaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	No	3	0.037	-3.308	-0.121	0.121
9	Correcaminos	*Geococcyx californianus*	No	2	0.024	-3.714	-0.091	0.091
10	Colibri lucifer	*Calothorax lucifer*	No	2	0.024	-3.714	-0.091	0.091
11	Cuitlacoche	*Toxostoma curvirostre*	No	4	0.049	-3.020	-0.147	0.147
12	Dominico	*Carduelis psaltria*	No	5	0.061	-2.797	-0.171	0.171
13	Huilota	*Zenaida macroura*	No	8	0.098	-2.327	-0.227	0.227
			Total	**82**	**1.000**		**-2.302**	**2.302**



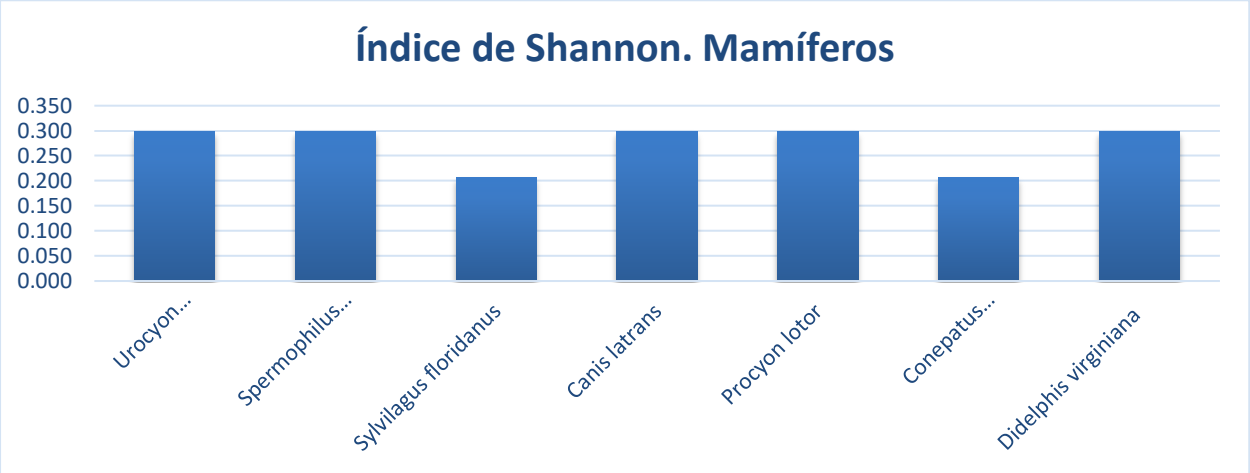
Grafica 72 Índices de diversidad y equidad de Shannon para aves en el SA.

Es importante hacer notar que la diversidad se refleja en las mismas especies que presentan mayor abundancia de individuos por especies, sin embargo, en general se concluye que el sistema ambiental, presente un índice de diversidad de 2.302 con una riqueza de 13 especies, lo cual se puede deducir que presenta una diversidad media de acuerdo a Marurran. 1987.

Cabe señalar sin que se afirme por parte del prestador de servicios del presente estudio, que la CONABIO ha desarrollado un programa para identificar y proteger Áreas de Importancia para la Conservación de la Aves (AICAS) donde El Zamorano fue considerado por ser un sitio de anidación de Halcón peregrino *(Falco peregrinus).* Por la cercanía del sistema ambiental con este paraje, pudiera en su momento existir la presencia de esta especie en la región.

Tabla 270. Riqueza e índice de diversidad de mamíferos en sistema ambiental.

No.	N. Común	N. Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Zorra espalda blanca	*Urocyon cinereoargenteus*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
2	Ardilla	*Spermophilus variegatus*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
3	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	No	1	0.083	-2.485	-0.207	0.207
4	Coyote	*Canis latrans*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
5	Mapache	*Procyon lotor*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
6	Zorrillo	*Conepatus leuconotus*	No	1	0.083	-2.485	-0.207	0.207
7	Tlacuache	*Didelphis virginiana*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
Total				**12**			**-1.907**	**1.907**



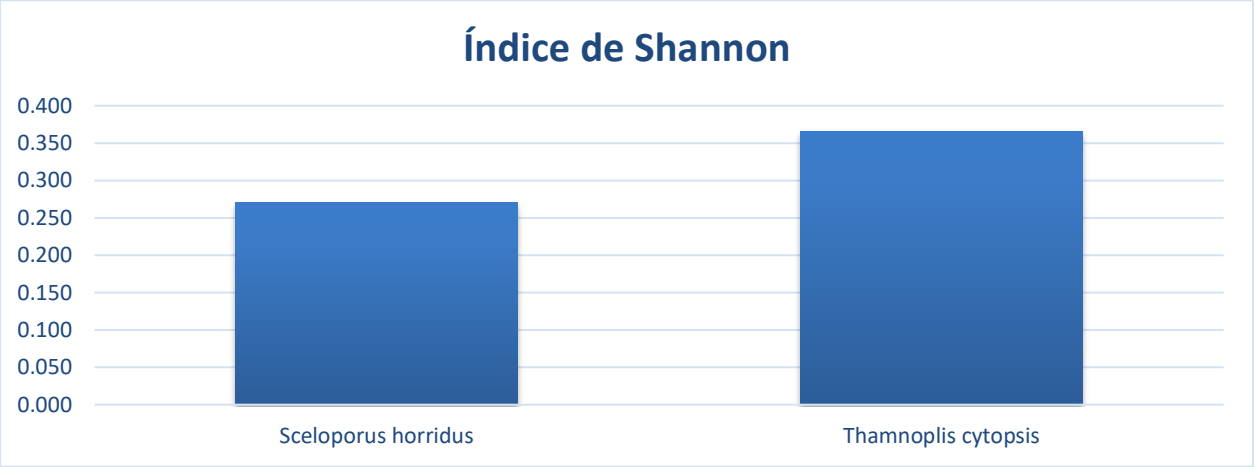
Grafica 73 Índices de diversidad y equidad de Shannon para mamíferos y reptiles en el SA.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los transectos se tiene una riqueza de 7 especies con un índice de diversidad de 1.907 lo que significa que el sistema ambiental, presenta una diversidad media en cuanto a este grupo de mamíferos de fauna silvestre, por su abundancia destaca la presencia de zorra, ardilla, mapache y tlacuache de mamíferos.

En cuanto a reptiles fue posible identificar la presencia de dos especies que representan la riqueza del grupo de reptiles, sin embargo, es posible que existan mayor riqueza, dichos resultados son el reflejo de la época del año en que se realizó el muestreo de fauna de este grupo en especial siendo la época invernal.

Tabla 271. Riqueza e índice de diversidad de reptiles en el sistema ambiental.

No.	N. Común	N. Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Lagartija Espinosa Mexicana	*Sceloporus spinosus*	No	2	0.667	-0.405	-0.270	0.270
2	Culebra del agua	*Thamnoplis cytopsis*	No	1	0.333	-1.099	-0.366	0.366
		Total		**3**			**-0.637**	**0.636**



Grafica 74 Riqueza e índice de diversidad de reptiles en el sistema ambiental.

En este grupo se estimó una riqueza de dos especies con un índice de diversidad de 0.636 lo que significa que existe una muy baja diversidad de este grupo en el sistema ambiental.

En relación a fauna silvestre en la superficie del proyecto, se siguió la misma metodología a fin de identificar las especies presentes, obteniéndose los siguientes resultados.



Imagen 65. Diseño de muestreo para aves (puntos de conteo) S-CUSAF.

Tabla 272. Coordenadas UTM WGS84 de los puntos de conteo de aves.

UBICACIÓN GEOGRAFICA		
Puntos	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
0	404301	2300456
1	404201	2300556
2	404401	2300556
3	404001	2300656
4	404201	2300656
5	404401	2300656
6	404101	2300756
7	404301	2300756
8	404201	2300856

UBICACIÓN GEOGRAFICA		
Puntos	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
9	404401	2300856
10	404301	2300956
11	404601	2301356

Tabla 273. Resumen y metodología del muestreo de fauna silvestre para aves en la S-CUSAF.

Componente	Tipo	Método	No. Sitios	Estacionalidad	Fecha de muestreo	Grupo	Comunidad
Fauna silvestre	Sistemático	Transectos	12	Invierno	Ene-25	Aves	Terrestre

Dentro de los para parámetros recabados que sirvieron de base para su identificación, fueron mediante observación directa, nidos, plumaje, y entrevista con pobladores donde fue posible verificar su presencia en la zona y superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, cuyas evidencias se describen a continuación.

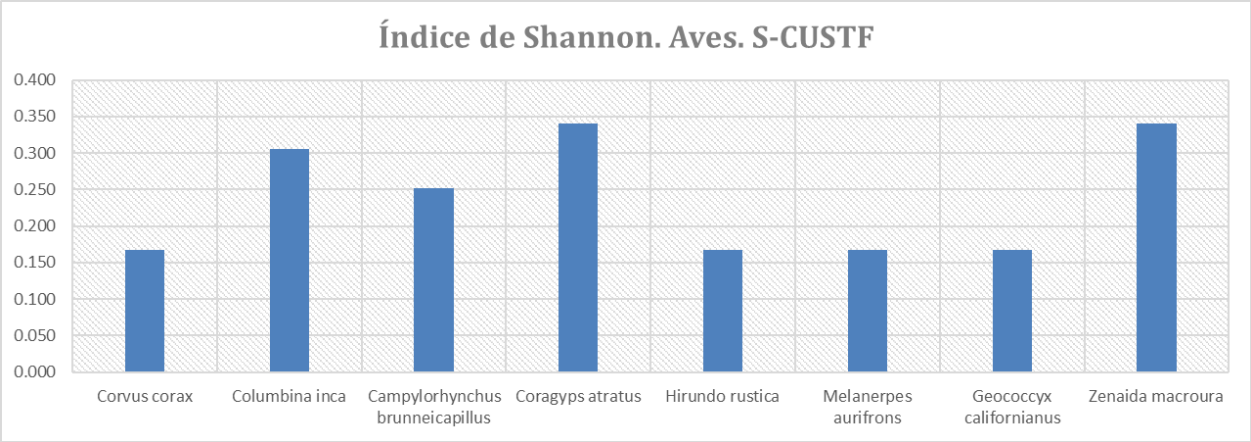
Tabla 274. Parámetros y evidencias de apoyo para la identificación de las especies de aves presentes en la S – CUSAF.

No.	Nombre común	Nombre científico	Parámetros y/o evidencias
1	Cuervo	*Corvus corax*	Observación directa y entrevista con pobladores
2	Tortolita cola larga	*Columbina inca*	Observación directa
3	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	Nidos y plumaje
4	Zopilote	*Coragyps atratus*	Observación directa y entrevista con pobladores
5	Golondrina común	*Hirundo rustica*	Observación directa y temporalidad
6	Pájaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	Observación directa y nido o madriguera.
7	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	Observación directa en inmediaciones del área de CUSAF.
8	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	Observación directa

Debido a que dichas especies son de muy fácil y rápido desplazamiento en algunos casos fue imposible recabar evidencias fotográficas, sin embargo, de acuerdo con la experiencia de los pobladores se pudo constatar su presencia que sirvió de apoyo para su identificación.

Tabla 275. Aves identificadas en la S-CUSAF, densidad relativa, inclusión o no dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 e Índice de Shannon-Wiener.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Cuervo	*Corvus corax*	No	1	0.059	-2.833	-0.167	0.167
2	Tortolita cola larga	*Columbina inca*	No	3	0.176	-1.735	-0.306	0.306
3	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	No	2	0.118	-2.140	-0.252	0.252
4	Zopilote	*Coragyps atratus*	No	4	0.235	-1.447	-0.340	0.340
5	Golondrina común	*Hirundo rustica*	No	1	0.059	-2.833	-0.167	0.167
6	Pájaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	No	1	0.059	-2.833	-0.167	0.167
7	Correcaminos	*Geococcyx californianus*	No	1	0.059	-2.833	-0.167	0.167
8	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	No	4	0.235	-1.447	-0.340	0.340
			Total	**17**	**1.000**		**-1.905**	**1.905**



Grafica 75. Índice de Shannon de aves identificadas en la S-CUSAF.

Como se puede apreciar, las especies de aves más abundantes son la Paloma huilota y Tortolita cola larga, ambas especies de mayor resiliencia y fuertemente ligadas a la presencia humana. Se identificó una riqueza de 8 especies con un total de 17 individuos, la baja presencia de especies obedece principalmente a diversas actividades antropogénicas en los alrededores y dentro de la superficie propuesta cambio de uso de suelo, principalmente la ganadería extensiva y la presencia de personas a consecuencia de la presencia de caminos de herradura y el camino de terracería.

Mamíferos.

La presencia de este grupo fue determinada mediante observaciones directas e indirectas, incluyendo la identificación de huellas y excretas, con la finalidad de evitar implementar técnicas de captura. Para lo anterior, se llevaron a cabo transectos en las horas del crepúsculo y antes del

mediodía, aprovechando el traslado de un sitio de muestreo a otro dentro de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo. En este sentido, para abordar el estudio de mamíferos, muchas veces con objetivo de manejo de poblaciones, es necesario poder estimar tendencias de incremento o disminución de las mismas. Con este fin, se han desarrollado técnicas para la estimación de abundancia relativa, basadas en evidencias indirectas de la presencia de animales silvestres, siendo una de las metodologías la aplicación de dichos transectos.

Sobre lo anterior, es importante señalar que el uso de transectos ha tomado una gran importancia en estudios de fauna silvestre, pudiendo ser implementados en desplazamientos para documentar biodiversidad de un área o para cuantificación de especies silvestres (Carrillo *et al.* 2000). Muchos estudios han hecho uso de esta técnica con resultados satisfactorios, no sólo en la búsqueda de rastros indirectos de fauna, sino además en los recorridos de avistamiento directo de los mismos, lográndose ambos tipos de registros.

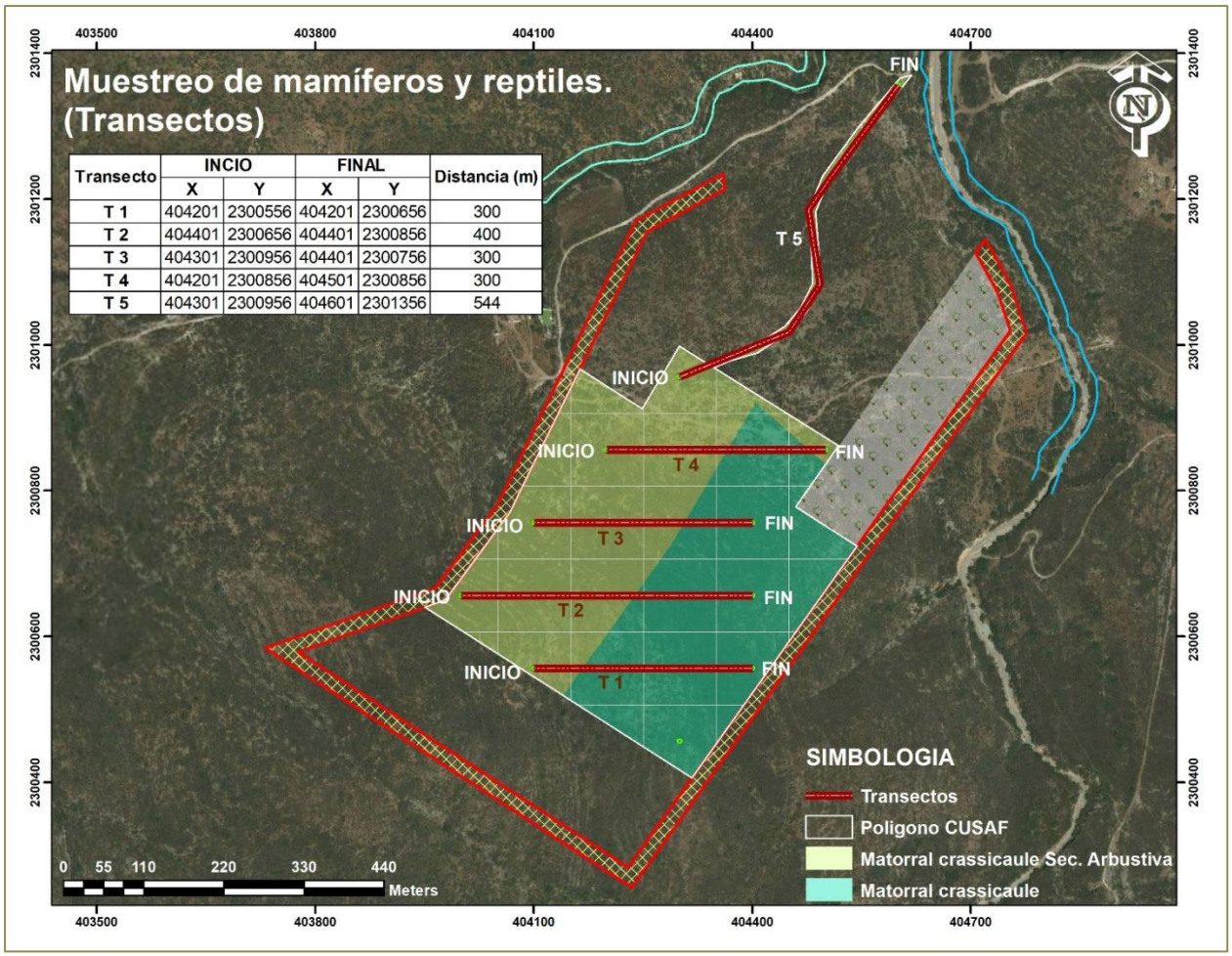


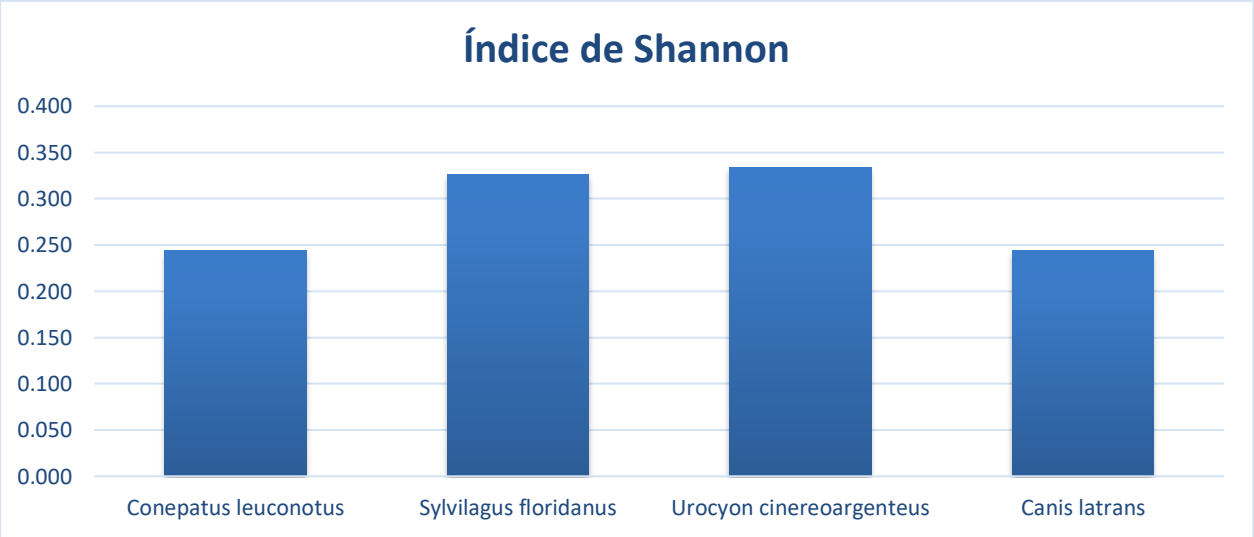
Imagen 66. Diseño de muestreo para mamíferos en la S-CUSAF.

Tabla 276. Resumen y metodología del muestreo de fauna silvestre para mamíferos y reptiles en la S-CUSAF.

Componente	Tipo	Método	No. Sitios	Estacionalidad	Fecha de muestreo	Grupo	Comunidad
Fauna silvestre	Sistemático	Transectos	4	Invierno	27/01/25	Mamiferos y Reptiles	Terrestre

Tabla 277. Mamíferos identificados en la superficie de afectación del proyecto, número de individuos, densidad relativa, inclusión o no dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 e Índice de Shannon-Wiener.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Zorrillo espalda blanca	*Conepatus leuconotus*	No	1	0.111	-2.197	-0.244	0.244
2	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	No	5	0.556	-0.588	-0.327	0.327
3	Zorra gris	Urocyon cinereoargenteus	No	2	0.222	-1.504	-0.334	0.334
4	Coyote	*Canis latrans*	No	1	0.111	-2.197	-0.244	0.244
			Total	**9**	**1.000**		**-1.149**	**1.149**



Grafica 76 Índice de Shannon para mamíferos identificadas en la S-CUSAF.

La identificación de las especies del grupo de mamíferos, en el caso del Conejo, la Zorra gris y el Coyote fue gracias a la presencia de heces fecales, mientras que al zorrillo se le identifico gracias al aroma de su orina, sin embargo, es importante aclarar que se cuantificaron el número de las heces fecales encontradas en los transectos, y fue en base a ello que se registró el número de

individuos, aunque pudiera tratarse de un solo individuo o los registrados en dicha tabla. Para el caso de zorrillo, como su aroma es muy característica fue la forma de identificar su presencia, aunque pudiese tratarse de un solo individuo.

Reptiles.

La "Búsqueda no restringida" es el método más simple y frecuentemente utilizado para determinar la composición de estos grupos, el cual consiste en efectuar caminatas diurnas y/o en horarios crepusculares en busca de ejemplares de interés, pero sin que existan mayores reglas para la búsqueda (excepto buscar en todos los lugares posibles), pudiendo aportar información de manera relativamente rápida acerca de la riqueza de especies y su abundancia relativa en el área muestreada. De esta manera, se procedió a medir los atributos de la vegetación, se registraron aquellas áreas que pudieran representar un hábitat potencial de refugio para la herpetofauna, documentándose únicamente estos grupos mediante observación directa o indirecta (principalmente huellas), para evitar implementar técnicas de captura. Se hace mención nuevamente que este método puede ser aplicado también en reptiles acuáticos, al recorrer las orillas de los cuerpos de agua superficiales, contando los ejemplares detectados al salir a respirar o calentarse con el sol. Es así que para registrar las especies correspondientes a este grupo se empleó el mismo método de muestreo utilizado para el grupo de mamíferos, siendo posible la identificación de una sola especie, que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 278. Reptiles identificados en la superficie de afectación del proyecto, número de individuos, densidad relativa, inclusión o no dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 e Índice de Shannon-Wiener.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Lagartija Espinosa Mexicana	*Sceloporus spinosus*	No	1	1.000	0.0000	0.000	0.000
			Total	**1**	**1.000**		**0.000**	**0.000**
						Diversidad Máxima		**0.000**

De acuerdo a los resultados obtenidos en los transectos se tiene una riqueza de 1 especie con un índice de diversidad de 0.000 lo que significa que el área del proyecto, presenta una diversidad baja en cuanto a este grupo de fauna silvestre. Encontrándose la presencia de una lagartija para el grupo de reptiles.

Conforme a los resultados de los trabajos de campo (puntos de conteo y transectos), no se identificaron especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, teniendo como sustento el análisis de la base de datos resultante. Se hace mención que la información obtenida es en base a tomas de muestras de la comunidad en el área de estudio.

Con base en los resultados obtenidos a nivel de sistema ambiental y área del proyecto, tenemos una riqueza de 11 especies de aves para el SA y 10 para el área del proyecto, existiendo para el SA una diferencia de una especie. En cuanto a mamíferos tenemos una riqueza de 7 especies y de reptiles de 2 para el SA, mientras que en el área del proyecto encontramos 4 mamíferos y 1 de reptiles, con una diferencia a favor del SA de 3 en mamíferos y 1 en reptiles, de manera sintetizada se presentan los datos en la siguiente tabla.

Tabla 279. Comparativo de riqueza especifica por grupo entre el SA y el área del proyecto.

Grupo faunístico	Riqueza		Diversidad	
	SA	Proyecto	SA	Proyecto
Aves	11	8	2.264	1.905
Mamíferos	7	4	2.144	1.149
Reptiles	2	1	0.000	0.000

En cuanto a los índices de diversidad estimados para el SA y el área del proyecto, tenemos una valoración media para ambas condiciones, según Marurran. 1987, sin embargo, a nivel de número de especies e individuos y sus respectivos índices queda demostrado que el SA presente un índice de diversidad mayor en los dos grupos faunísticos.

Considerando los rasgos de distribución y desplazamiento de la fauna silvestre, a continuación se identifican en sistema ambiental las áreas de importancia como son; corredores biológicos (cañadas, cauces de corrientes superficiales, entre otras), sitios de congregación de especies de fauna (lagos, represas, áreas de alimentación, entre otras) y áreas dedicadas a la conservación (áreas naturales protegidas, unidades de manejo ambiental, áreas de importancia ecológica, entre otras).

1. Corredores biológicos dentro del SA y cercanos a la S CUSAF. Considerando que las cañadas, cauces de corrientes superficiales, entre otros, pueden ser considerados como corredores biológicos utilizados por la fauna silvestre, se puede identificar que existen seis corredores principales, formados principalmente por los arroyos principales del sistema

ambiental, tal es el caso del Arroyo Bernal, El Barrosal, El Chiquihuitillo, El Nacional, La Palma y Las Tetillas, este último el más cercano a la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales. A pesar de que dicho arroyos pueden considerarse corredores biológicos, es presumible que estos no sean utilizados por la fauna silvestre, ya que en estos se practican deportes extremos tipo motocross y cuatrimotos en algunos de ellos, durante la noche el cualquier día de la semana, como parte de los atractivos turísticos del Pueblo Mágico Peña de Bernal. Resultado de lo anterior, es que en los muestreos de fauna silvestre tanto en el sistema ambiental como el área del proyecto se registrara poca presencia la cual en su mayoría son especies que se han vuelto resilientes a los disturbios constantes generados por las actividades extractivas y de trituración e incluso a las actividades humanas que se dan en la zona.

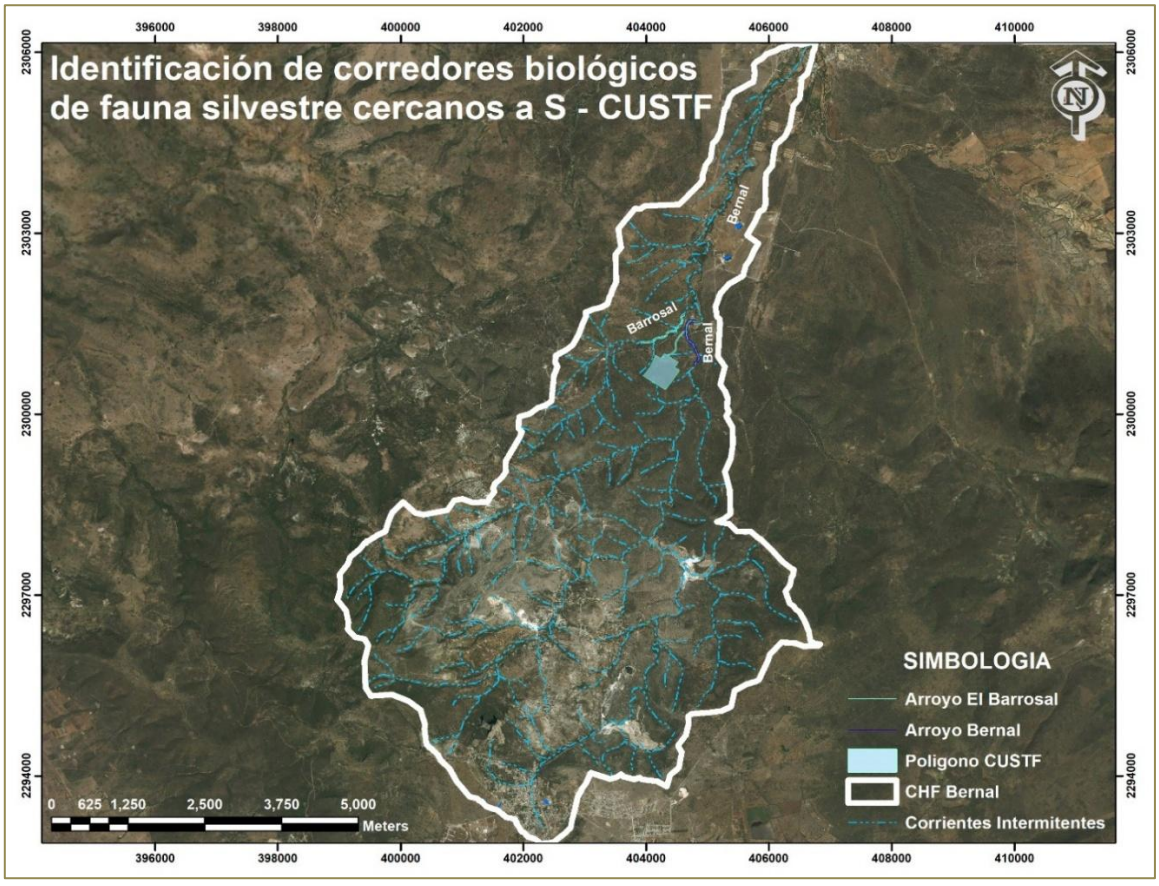


Imagen 67. Identificación de corredores biológicos de fauna silvestre en el SA y cercanos a la S-CUSAF.

2. Sitios de congregación de especies de fauna. Considerando la problemática que presentan los corredores biológicos identificados en el sistema ambiental, es presumible que la fauna silvestre utilice los sitios o zonas de congregación para realizar

sus ciclos biológicos, para el caso que nos ocupa, en el sistema ambiental se pueden identificar por los menos de dos a tres sitios de congregación, y comprenden las zonas altas del sistema ambiental al Oeste y Este de la misma y la presencia de dos bordos de abrevaderos que se ubican en la parte baja, que se recargan con agua de lluvia, sin embargo, estos sitios no escapan de la problemática en la región, ya que existen evidencias de caería ilegal por parte de los pobladores de las localidades del mismo sistema ambiental, esta actividad se da ante la falta de concientización hacia los pobladores e incluso ante la falta de oportunidades ya que algunos la practican por necesidad con fines de alimentación. En este sentido la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, por su ubicación en relación a bancos de materiales pétreos y su proceso de trituración no reúne las condiciones naturales para considerarse sitio de congregación de especies, ya que por el alto grado de disturbio difícilmente corren el riesgo de permanecer en la zona y mucho menos desarrollar sus ciclos biológicos.

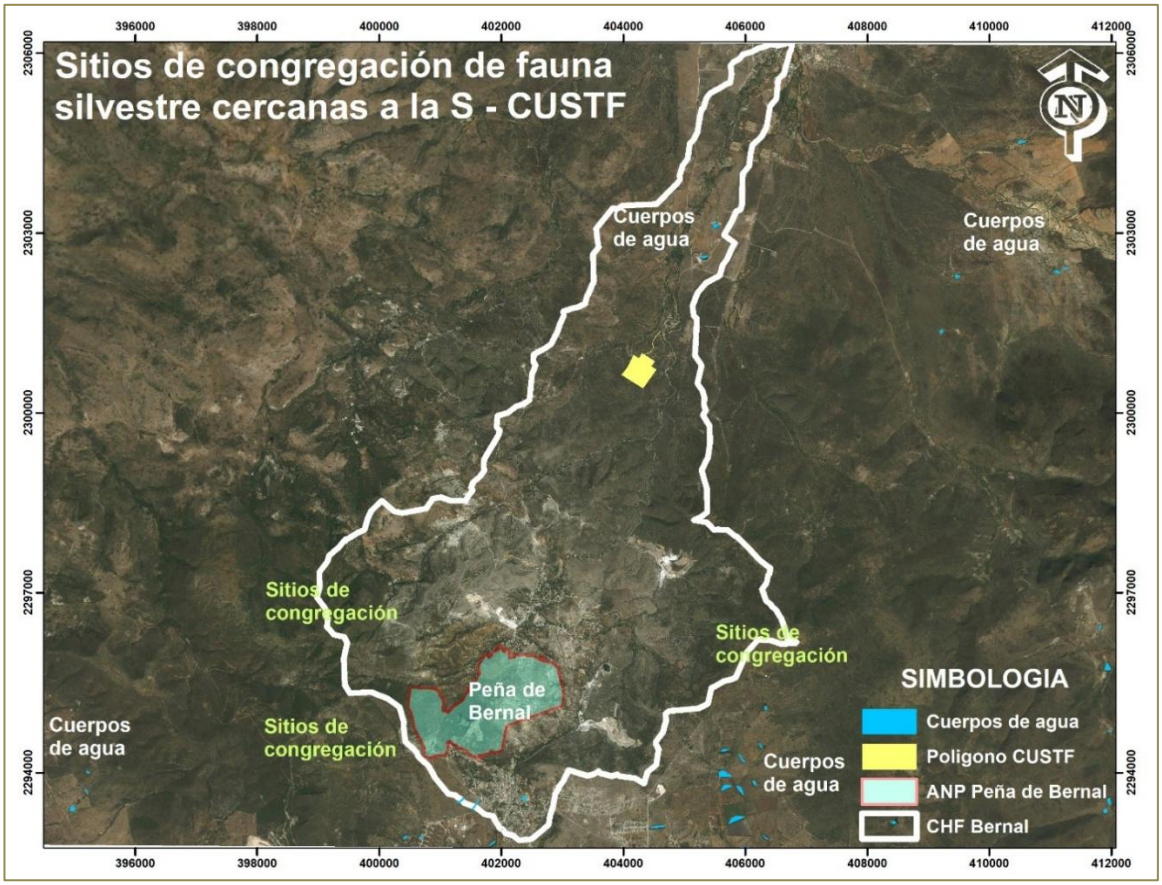


Imagen 68. Sitios de congregación de especies de fauna silvestre cercanos a la S – CUSAF.

3. Áreas dedicadas a la conservación.

En base a una investigación exhaustiva de la zona no fue posible identificar dentro del sistema ambiental o áreas cercanas a la superficie del proyecto unidades de manejo ambiental o área de importancia ecológica para la fauna silvestre, la única área natural protegida fue la de Peña de Bernal, sin embargo, esta no tiene como objetivo la preservación y conservación de fauna silvestre, misma que se encuentra distante del polígono propuesto a cambio de uso de suelo en áreas forestales, a aproximadamente más de 1.00 kilómetros de distancia, y que además no cuenta con programa de manejo en el cual se establecen las restricciones ecológicos para su manejo sustentable.

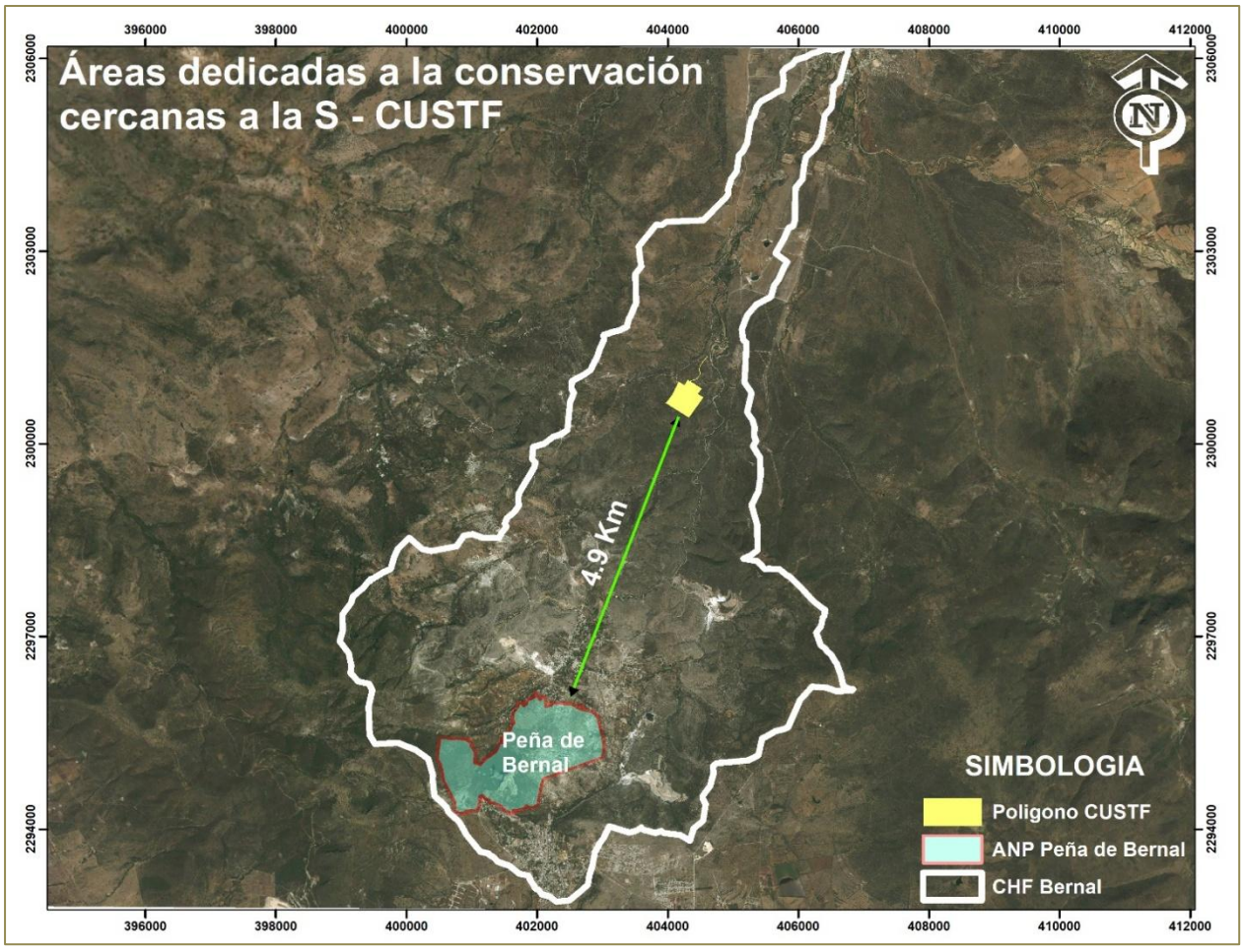


Imagen 69. Áreas dedicadas a la conservación cercanas a la S – CUSAF.

Tabla 280. Criterios ecológicos de las especies de fauna silvestre identificada en el SA.

Grupo Aves										
No.	**Nombre común**	**Nombre científico**	**Núm. Ind.**	**NOM-059**	**a. Estacionalidad**	**b. Abundancia**	**c. Sociabilidad**	**d. Alimentación**	**e. Hábitat**	**f. Distribución vertical**
1	Cuervo	*Corvus corax*	4	No	Residente	Común	Solitario	Carroñero y carnívoro	Bosques aislados y matorrales	Cuevas o cavernas
2	Gorrión mexicano	*Carpodacus mexicanus*	5	No	Residente	Común	Solitario	Herbívoro	Bosques aislados y matorrales	Árboles y arbustos
3	Tortolita cola larga	*Columbina inca*	18	No	Residente	Común	Pareja	Herbívoro	Bosques aislados y matorrales	Árboles y arbustos
4	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	8	No	Residente	Común	Solitario	Herbívoro	Bosques aislados y matorrales	Árboles y arbustos
5	Cenzontle	*Mimus polyglottos*	2	No	Residente	Común	Solitario y en pareja	Insectívora Fructífera Herbívoro	Bosques y matorrales	Troncos secos
6	Aura	*Cathartes aura*	6	No	Residente	Común	Solitario	Carroñero y carnívoro	Bosques aislados y matorrales	Cuevas o cavernas
7	Zopilote	*Coragyps atratus*	4	No	Residente	Común	Solitario	Carroñero y carnívoro	Bosques aislados y matorrales	Cuevas o cavernas
8	Golondrina común	*Hirundo rustica*	16	No	Migratoria	Común	Pareja	Insectívora	Bosques aislados, matorrales, Construcciones	Cuevas o cavernas
9	Pájaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	3	No	Residente	Común	Solitario y en pareja	Insectívora Fructífera Herbívoro	Bosques y matorrales	Troncos secos
10	Cardenal	*Cardinalis*	1	No	Residente	Común	Solitario	Herbívoro	Bosques y matorrales	Árboles y arbustos
11	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	2	No	Residente	Común	Pareja	Herbívoro	Bosques y matorrales	Árboles y arbustos
12	Colibrí lucifer	*Calothorax lucifer*	2	No	Migratoria	Común	Pareja	Insectívora	Bosques aislados, matorrales, Construcciones	Cuevas o cavernas

13	Cuitlacoche	*Toxostoma curvirostre*	4	No	Residente	Común	Pareja	Herbívoro	Bosques y matorrales	Árboles y arbustos
14	Dominico	*Carduelis psaltria*	5	No	Residente	Común	Pareja	Herbívoro	Bosques y matorrales	Árboles y arbustos
15	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	8	No	Residente	Común	Pareja	Herbívoro	Bosques y matorrales	Árboles y arbustos
16	Aguililla	*Buteo jamaicenses*	1	No	Residente	Común	Pareja	Herbívoro	Bosques y matorrales	Bosques y matorrales
		Total	**89**							
Grupo Mamíferos										
No.	**Nombre común**	**Nombre científico**	**Núm. Ind.**	**NOM-059**	**a. Estacionalidad**	**b. Abundancia**	**c. Sociabilidad**	**d. Alimentación**	**e. Hábitat**	**f. Distribución vertical**
1	Zorrillo espalda blanca	*Conepatus leuconotus*	2	No	Residente	Común	Solitario	Herbívoro	Sotobosque	Sotobosque
2	Ardilla	*Spermophilus vaiegatus*	2		Residente	Abundante	Pareja	Herbívoro	Sotobosque	Sotobosque
3	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	1	No	Residente	Común	Solitario	Herbívoro	Sotobosque	Sotobosque
4	Coyote	Canis latrans	2	No	Residente	Común	Solitario	Carnívoro	Sotobosque	Sotobosque
5	Cocomixtle	Bassariscus astutus	1		Residente	Abundante	Gregaria	Carnívoro	Sotobosque	Sotobosque
6	Mapache	Procyon lotor	2		Residente	Abundante	Gregaria	Carnívoro	Sotobosque	Sotobosque
7	Tlacuache	Didelphis virginiana	2		Residente	Solitario	Solitario	Herbívoro	Sotobosque	Sotobosque
		Total	**9**							
Grupo Reptiles										
No.	**Nombre común**	**Nombre científico**	**Núm. Ind.**	**NOM-059**	**a. Estacionalidad**	**b. Abundancia**	**c. Sociabilidad**	**d. Alimentación**	**e. Hábitat**	**f. Distribución vertical**
1	Lagartija Espinosa Mexicana	*Sceloporus spinosus*	2	No	Residente	Común	Solitaria	Insectívora	Sotobosque	Sotobosque
2	Culebra del agua	*Thamnoplis cytopsis*	1	No	Residente	Común	Solitaria	Insectívora	Sotobosque	Sotobosque
		Total	**1**							

De acuerdo a los resultados de los trabajos de campo (puntos de conteo y transectos), no se identificaron especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, teniendo como sustento el análisis de la base de datos resultante. Se hace mención que la información obtenida es en base a tomas de muestras de la comunidad en el área de estudio.

Análisis comparativo de la composición florística y faunística entre sistema ambiental (SA) y el área sujeta a cambio de uso de suelo en áreas forestales (CUSAF).

Atendiendo al concepto antes descrito, es importante precisar que el tipo de vegetación que soporta la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, es vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule y pastizal inducido, aunque en este último se han establecido especies propias de matorral crasicaule, y es en este mismo tipo de vegetación donde se practicó el muestreo dentro de la cuenca hidrológico forestal, en consecuencia con los resultados obtenidos de los muestreos practicados en ambas unidades, es decir, cuenca hidrológico forestal y superficie propuesta a cambio de uso de suelo, se presenta el análisis comparativo de la composición florística y faunística que nos permite determinar el grado de afectación por el cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Composición florística del SA.

Para determinar la composición florística de la vegetación, se utilizó el muestreo que sirvió para caracterizar la vegetación presente en la cuenca hidrológico forestal, el cual cumplió con el 95% de confiabilidad, por lo que dicha información es fiable y fidedigna para el análisis comparativo de la flora presente en dicha unidad geográfica, con el análisis de dicha información de campo fue posible identificar una riqueza de 75 especies, distribuidas en 26 familias, tal como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 281. Relación de géneros y especies por familia del SA.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Estrato	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
1	Pteridaceae	Doradilla	*Astrolepis sinuata*	Herbáceo	No	Nativa
2	Poaceae	Pasto 2	*Briza sp*	Herbaceo	No	Introducida
3	Poaceae	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	Herbaceo	No	Introducida
4	Euphorbiaceae	Mala mujer	*Cnidoscolus multilobus*	Herbaceo	No	Endémica
5	Euphorbiaceae	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	Herbaceo	No	Nativa
6	Poaceae	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	Herbaceo	No	Introducida
7	Bromeliaceae	Lechuguilla	*Hechtia lepidophylla*	Herbaceo	No	Endémica
8	Bromeliaceae	Guapilla	*Hechtia podantha*	Herbaceo	No	Endémica
9	Amaranthaceae	Pluma	*Iresine diffusa*	Herbaceo	No	Nativa

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Estrato	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
10	Verbenaceae	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	Herbaceo	No	Nativa
11	Polemoniaceae	Jarrito	*Loeselia coerulea*	Herbaceo	No	Nativa
12	Loasaceae	Conito	*Mentzelia hispida*	Herbaceo	No	Endémica
13	Poaceae	Zacate lanudo	*Muhlenbergia pubescens*	Herbaceo	No	Nativa
14	Asteraceae	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	Herbaceo	No	Endémica
15	Lamiaceae	Casquete potosino	*Scutellaria potosina*	Herbaceo	No	Nativa
16	Selaginellaceae	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	Herbaceo	No	Nativa
17	Asteraceae	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	Herbaceo	No	Nativa
18	Asteraceae	Gallito de monte	*Zinnia peruviana*	Herbaceo	No	Nativa
19	Asparagaceae	Maguey áspero	*Agave asperrima*	Arbustivo	No	Endémica
20	Asparagaceae	Lechuguilla	*Agave difformis*	Arbustivo	No	Endémica
21	Asparagaceae	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	Arbustivo	No	Endémica
22	Fabaceae	Charrasquillo	*Calliandra eriophylla*	Arbustivo	No	Nativa
23	Cannabaceae	Granjeno	*Celtis pallida*	Arbustivo	No	Nativa
24	Rhamnaceae	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	Arbustivo	No	Endémica
25	Fabaceae	Escobilla	*Dalea bicolor*	Arbustivo	No	Nativa
26	**Asparagaceae**	**Cucharilla**	***Dasylirion acrotrichum***	**Arbustivo**	**Amenazadas (A)**	**Endémica**
27	Sapindaceae	Chapulixtle	*Dodonaea viscosa*	Arbustivo	No	Nativa
28	Ephedraceae	Sanguinaria	*Ephedra compacta*	Arbustivo	No	Endémica
29	Euphorbiaceae	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	Arbustivo	No	Nativa
30	Fouquieriaceae	Ocotilla	*Fouquieria splendens*	Arbustivo	No	Nativa
31	Rutaceae	Barreta	*Helietta parvifolia*	Arbustivo	No	Nativa
32	Euphorbiaceae	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	Arbustivo	No	Endémica
33	Rhamnaceae	Tullidora	*Karwinskia humboldtiana*	Arbustivo	No	Nativa
34	Rhamnaceae	Capulincillo	*Karwinskia mollis*	Arbustivo	No	Nativa
35	Krameriaceae	Chayotillo	*Krameria cytisoides*	Arbustivo	No	Endémica
36	Zygophyllaceae	Gobernadora	*Larrea tridentata*	Arbustivo	No	Endémica
37	Scrophulariaceae	Cenizo	*Leucophyllum minus*	Arbustivo	No	Endémica
38	Fabaceae	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	Arbustivo	No	Nativa
39	Fabaceae	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	Arbustivo	No	Nativa
40	Fabaceae	Uña de gato	*Mimosa texana*	Arbustivo	No	Endémica
41	Fabaceae	Cabello de ángel	*Painteria revoluta*	Arbustivo	No	Endémica
42	Fabaceae	Huizache	*Vachellia farnesiana*	Arbustivo	No	Nativa
43	Asteraceae	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	Arbustivo	No	Endémica
44	Scrophulariaceae	Tepozán	*Buddleja cordata*	Arbóreo	No	Endémica
45	Burseraceae	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	Arbóreo	No	Nativa

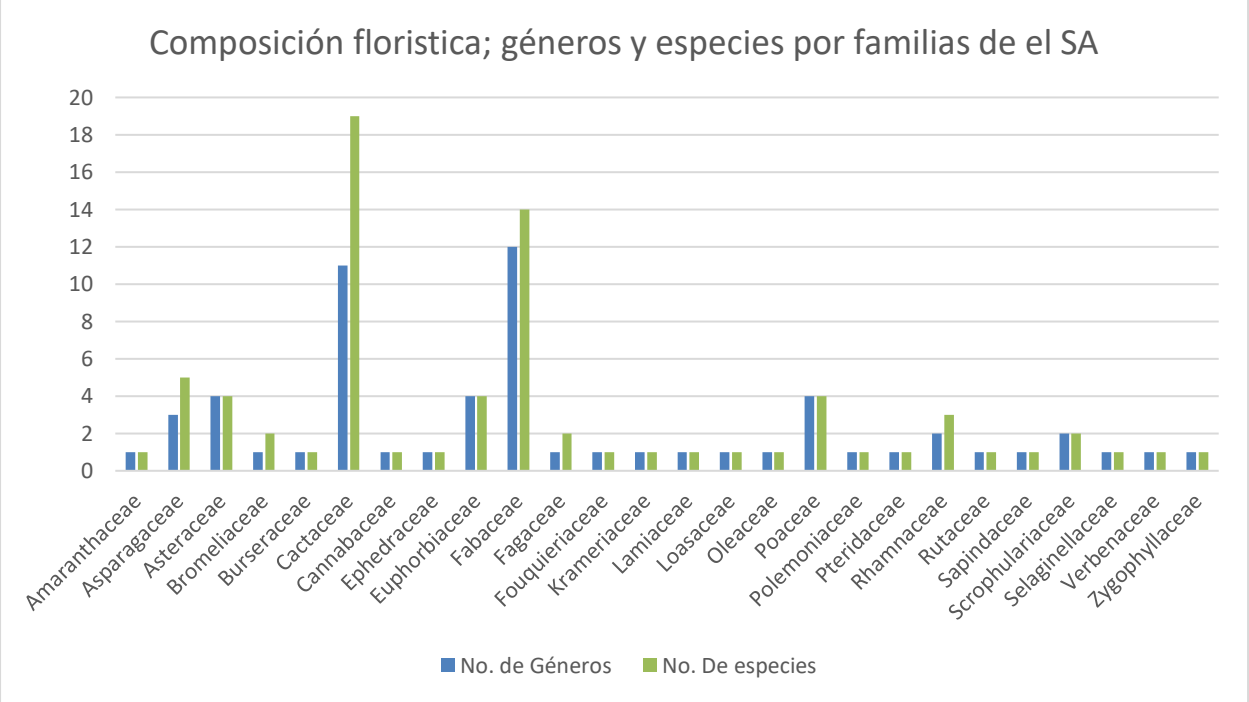
No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Estrato	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo
46	**Fabaceae**	**Colorín**	***Erythrina americana***	**Arbóreo**	**Amenazadas (A)**	**Endémica**
47	Fabaceae	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	Arbóreo	No	Nativa
48	Oleaceae	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	Arbóreo	No	Endémica
49	Fabaceae	Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	Arbóreo	No	Nativa
50	Fabaceae	Mauto	*Lysiloma divaricatum*	Arbóreo	No	Nativa
51	Fabaceae	Mezquite	*Neltuma laevigata*	Arbóreo	No	Endémica
52	Fagaceae	Encino quiebra hacha	*Quercus rugosa*	Arbóreo	No	Nativa
53	Fagaceae	Encino gris	*Quercus grisea*	Arbóreo	No	Nativa
54	Fabaceae	Palo prieto	*Senna wislizeni*	Arbóreo	No	Nativa
55	Fabaceae	Huizache chino	*Vachellia schaffneri*	Arbóreo	No	Nativa
56	Asparagaceae	Palma pita	*Yucca filifera*	Arbóreo	No	Endémica
57	Cactaceae	Biznaga cónica	*Cochemiea conoidea*	Cactácea	No	Nativa
58	Cactaceae	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	Cactácea	No	Endémica
59	Cactaceae	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	Cactácea	No	Endémica
60	Cactaceae	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	Cactácea	No	Endémica
61	Cactaceae	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	Cactácea	No	Nativa
62	Cactaceae	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	Cactácea	No	Nativa
63	**Cactaceae**	**Biznaga burra**	***Echinocactus platyacanthus***	**Cactácea**	**Peligro de Extinción (P)**	**Endémica**
64	Cactaceae	Alicoché cocuá	*Echinocereus cinerascens*	Cactácea	No	Endémica
65	Cactaceae	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	Cactácea	No	Endémica
66	**Cactaceae**	**Huamisha**	***Ferocactus histrix***	**Cactácea**	**Protección especial (Pr)**	**Endémica**
67	Cactaceae	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	Cactácea	No	Endémica
68	Cactaceae	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	Cactácea	No	Nativa
69	Cactaceae	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	Cactácea	No	Endémica
70	Cactaceae	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	Cactácea	No	Nativa
71	Cactaceae	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	Cactácea	No	Nativa
72	Cactaceae	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	Cactácea	No	Nativa
73	Cactaceae	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	Cactácea	No	Endémica
74	Cactaceae	Nopal chamacuelo	*Opuntia tomentosa*	Cactácea	No	Endémica
75	Cactaceae	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortieri*	Cactácea	No	Nativa

Con base en la información de campo, se elaboró un listado por familias de géneros y especies para determinar la riqueza de estas. Se identificaron **26 familias y 60 géneros** identificando que la familia que presenta una mayor riqueza y abundancia es la **Fabaceae** con 12 géneros y 14 especies, le sigue la familia **Cactaceae** con 11 géneros y 19 especies y en tercer lugar las familias **Poacea**, **Euphorbiacea** y **Asteraceae**, todas con 4 géneros y 4 especies, tal como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 282. Riqueza por género y especie por familia en el SA.

No.	Familia	No. de Géneros	No. De especies
1	Amaranthaceae	1	1
2	Asparagaceae	3	5
3	**Asteraceae**	**4**	**4**
4	Bromeliaceae	1	2
5	Burseraceae	1	1
6	**Cactaceae**	**11**	**19**
7	Cannabaceae	1	1
8	Ephedraceae	1	1
9	**Euphorbiaceae**	**4**	**4**
10	**Fabaceae**	**12**	**14**
11	Fagaceae	1	2
12	Fouquieriaceae	1	1
13	Krameriaceae	1	1
14	Lamiaceae	1	1
15	Loasaceae	1	1
16	Oleaceae	1	1
17	**Poaceae**	**4**	**4**
18	Polemoniaceae	1	1
19	Pteridaceae	1	1
20	Rhamnaceae	2	3
21	Rutaceae	1	1
22	Sapindaceae	1	1
23	Scrophulariaceae	2	2
24	Selaginellaceae	1	1

No.	Familia	No. de Géneros	No. De especies
25	Verbenaceae	1	1
26	Zygophyllaceae	1	1
	TOTAL	**60**	**75**



Grafica 77 Composición florística; géneros y especies por familia. SA.

Dentro de la diversidad de especies identificadas en la cuenca hidrológico – forestal, se identificaron 4 especies enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, dos en la categoría de Amenazadas, una Sujeta a protección especial y otra En peligro de extinción de estas. Además, dentro de las observaciones se encontró que 38 de estas especies son Nativas, 33 Endémicas y 3 Introducidas.

Tabla 283. Listado de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 identificadas en el SA.

No	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010		
1	Sotol o Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum*	Amenazada	(A)	Endémica

2	Biznaga asiento de suegra o burra	*Echinocactus platyacanthus, Link & Otto*	En peligro de extinción	(P)	Endémica
3	Biznaga de aguamishe o borrachita	*Ferocactus histrix (DC) G.E.*	Sujeta a Protección Especial	(Pr)	Endémica
4	Colorín	*Erythrina coralloides*	Amenazada	(A)	No endémica

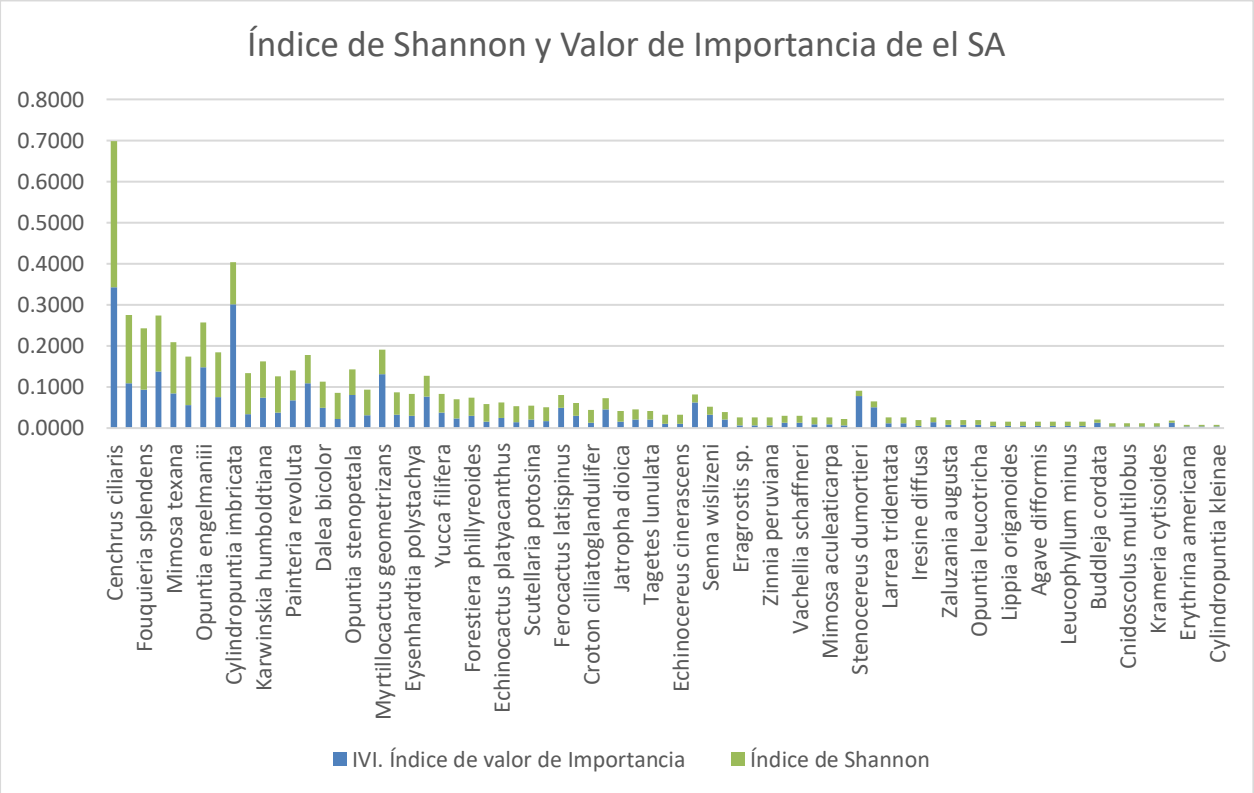
Con el análisis de la misma información de campo fue posible estimar algunos índices entre ellos el Índice de Shannon (H'), Índice de Simpson (D) Y (1-D), Índice de Margalef e Índice de Valor de Importancia (IVI) para el SA.

Tabla 284. Cuadro comparativo entre el Índice de Shannon y Valor de Importancia (IVI) en el sistema ambiental.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	IVI. Índice de valor de Importancia	Índice de Shannon
1	Pteridaceae	Doradilla	*Astrolepis sinuata*	0.0045	0.0076
2	Poaceae	Pasto 2	*Briza sp*	0.0051	0.0108
3	Poaceae	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	0.3423	0.3559
4	Euphorbiaceae	Mala mujer	*Cnidoscolus multilobus*	0.0045	0.0076
5	Euphorbiaceae	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	0.0130	0.0315
6	Poaceae	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	0.0068	0.0192
7	Bromeliaceae	Lechuguilla	*Hechtia lepidophylla*	0.1371	0.1373
8	Bromeliaceae	Guapilla	*Hechtia podantha*	0.0158	0.0424
9	Amaranthaceae	Pluma	*Iresine diffusa*	0.0056	0.0137
10	Verbenaceae	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	0.0051	0.0108
11	Polemoniaceae	Jarrito	*Loeselia coerulea*	0.0051	0.0108
12	Loasaceae	Conito	*Mentzelia hispida*	0.0372	0.0886
13	Poaceae	Zacate lanudo	*Muhlenbergia pubescens*	0.0068	0.0192
14	Asteraceae	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	0.0096	0.0165
15	Lamiaceae	Casquete potosino	*Scutellaria potosina*	0.0203	0.0338
16	Selaginellaceae	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	0.0343	0.0991
17	Asteraceae	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	0.0203	0.0218
18	Asteraceae	Gallito de monte	*Zinnia peruviana*	0.0068	0.0192
19	Asparagaceae	Maguey áspero	*Agave asperrima*	0.0749	0.1090
20	Asparagaceae	Lechuguilla	*Agave difformis*	0.0051	0.0108
21	Asparagaceae	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	0.0146	0.0382
22	Fabaceae	Charrasquillo	*Calliandra eriophylla*	0.0045	0.0076
23	Cannabaceae	Granjeno	*Celtis pallida*	0.0130	0.0165
24	Rhamnaceae	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	0.0508	0.0137

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	IVI. Índice de valor de Importancia	Índice de Shannon
25	Fabaceae	Escobilla	*Dalea bicolor*	0.0499	0.0636
26	Asparagaceae	Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum*	0.0557	0.1184
27	Sapindaceae	Chapulixtle	*Dodonaea viscosa*	0.0236	0.0465
28	Ephedraceae	Sanguinaria	*Ephedra compacta*	0.0051	0.0108
29	Euphorbiaceae	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	0.0107	0.0218
30	Fouquieriaceae	Ocotilla	*Fouquieria splendens*	0.0935	0.1489
31	Rutaceae	Barreta	*Helietta parvifolia*	0.0169	0.0338
32	Euphorbiaceae	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	0.0152	0.0268
33	Rhamnaceae	Tullidora	*Karwinskia humboldtiana*	0.0743	0.0886
34	Rhamnaceae	Capulincillo	*Karwinskia mollis*	0.0315	0.0618
35	Krameriaceae	Chayotillo	*Krameria cytisoides*	0.0045	0.0076
36	Zygophyllaceae	Gobernadora	*Larrea tridentata*	0.0124	0.0137
37	Scrophulariaceae	Cenizo	*Leucophyllum minus*	0.0051	0.0108
38	Fabaceae	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	0.0096	0.0165
39	Fabaceae	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	0.0220	0.0636
40	Fabaceae	Uña de gato	*Mimosa texana*	0.0845	0.1249
41	Fabaceae	Cabello de ángel	*Painteria revoluta*	0.0676	0.0724
42	Fabaceae	Huizache	*Vachellia farnesiana*	0.0203	0.0192
43	Asteraceae	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	0.0084	0.0108
44	Scrophulariaceae	Tepozán	*Buddleja cordata*	0.0127	0.0076
45	Burseraceae	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	0.1096	0.1651
46	Fabaceae	Colorín	*Erythrina americana*	0.0039	0.0042
47	Fabaceae	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	0.0293	0.0544
48	Oleaceae	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	0.0298	0.0445
49	Fabaceae	Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	0.0084	0.0108
50	Fabaceae	Mauto	*Lysiloma divaricatum*	0.0039	0.0042
51	Fabaceae	Mezquite	*Neltuma laevigata*	0.0214	0.0243
52	Fagaceae	Encino quiebra hacha	*Quercus rugosa*	0.0051	0.0108
53	Fagaceae	Encino gris	*Quercus grisea*	0.0135	0.0042
54	Fabaceae	Palo prieto	*Senna wislizeni*	0.0327	0.0192
55	Fabaceae	Huizache chino	*Vachellia schaffneri*	0.0130	0.0165
56	Asparagaceae	Palma pita	*Yucca filifera*	0.0372	0.0465
57	Cactaceae	Biznaga cónica	*Cochemiea conoidea*	0.0117	0.0137
58	Cactaceae	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	0.0490	0.0315
59	Cactaceae	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	0.0767	0.0505
60	Cactaceae	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	0.0062	0.0165
61	Cactaceae	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	0.3012	0.1020
62	Cactaceae	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	0.0039	0.0042
63	Cactaceae	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	0.0248	0.0382

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	IVI. Índice de valor de Importancia	Índice de Shannon
64	Cactaceae	Alicoché cocuá	*Echinocereus cinerascens*	0.0107	0.0218
65	Cactaceae	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	0.0147	0.0108
66	Cactaceae	Huamisha	*Ferocactus histrix*	0.0298	0.0315
67	Cactaceae	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	0.0460	0.0268
68	Cactaceae	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	0.0327	0.0544
69	Cactaceae	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	0.1309	0.0600
70	Cactaceae	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	0.1484	0.1090
71	Cactaceae	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	0.0084	0.0108
72	Cactaceae	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	0.0630	0.0192
73	Cactaceae	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	0.0810	0.0618
74	Cactaceae	Nopal chamacuelo	*Opuntia tomentosa*	0.1092	0.0689
75	Cactaceae	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortieri*	0.0777	0.0137
			TOTAL	**3.0000**	**3.2603**



Grafica 78 Grafica comparativa entre el Índice de Shannon y Valor de Importancia (IVI) en el sistema ambiental.

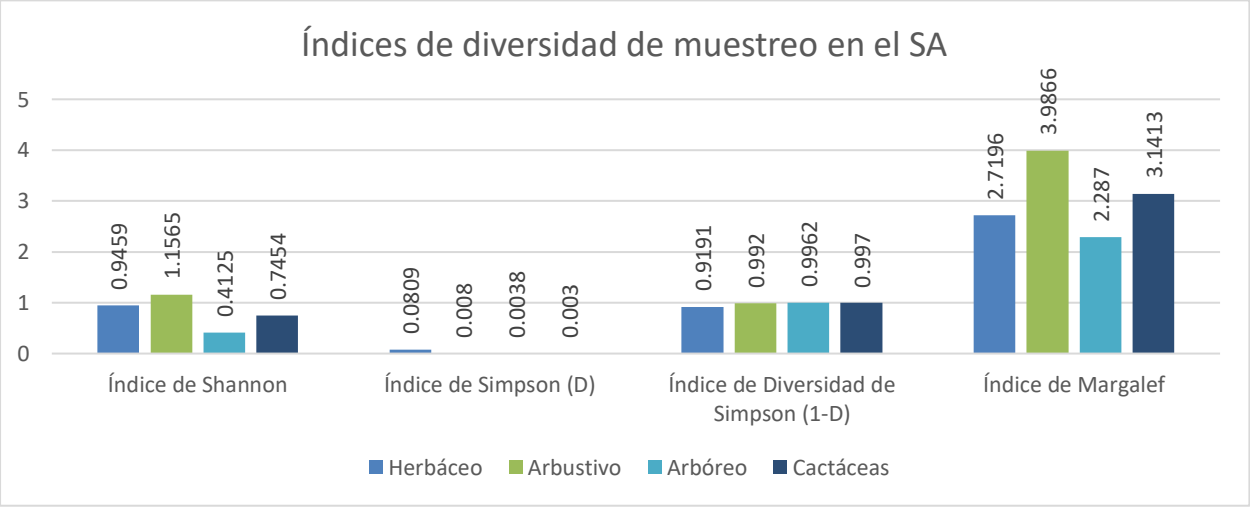
De las especies identificadas; el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris),* el palo xixote (*Bursera fagaroides) y* el ocotillo *(Fouquieria splendens)* son las más representativas en cuanto a su diversidad (valor de índice de Shannon (H') dentro de la cuenca hidrológico forestal.

En cuanto al índice de valor de importancia: el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris)*, el cardón (*Cylindropuntia imbricata*)y el nopal cuijo *Opuntia engelmanii* son las especies que representan un mayor nivel de importancia dentro del ecosistema de la cuenca.

En este análisis es interesante recalcar la presencia del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris),* esta es una especie herbácea introducida, es una planta forrajera de alto valor en regiones áridas, se encuentra ampliamente distribuida, sobre todo en el norte de México. Se ha reportado como una planta introducida naturalizada altamente invasora asociada principalmente a zonas perturbadas, invade matorrales, pastizales xerófilos, selva baja caducifolia. Además, se promueve por incendios forestales y a su vez, crea materia para que los incendios se generen.

Tabla 285. Riqueza e Índice de diversidad en el sistema ambiental.

Estratos	Riqueza	Índice de Shannon	Índice de Simpson (D)	Índice de Diversidad de Simpson (1-D)	Índice de Margalef
General	75	3.2603	0.0957	0.9043	9.8902
Herbáceo	18	1.3794	0.4546	0.5454	2.5685
Arbustivo	25	2.6717	0.0906	0.9094	3.8272
Arbóreo	13	1.6208	0.3284	0.6716	2.2870
Cactáceas	19	2.5462	0.1002	0.8998	3.1413



Grafica 79 Riqueza e Índice de diversidad del sistema ambiental.

Como resultado del análisis por estrato resultó que el estrato arbustivo presenta una mayor diversidad (**H' =1.1565**) seguido por el grupo de las herbáceas (**H'=.9459**) y en tercer lugar el estrato arbóreo (**H'= .7454**) a pesar de ello en general en la cuenca hidrológico forestal presentan una diversidad media (**H'= 3.2603**).

Composición florística de la S-CUSAF.

Del mismo modo, que en el sistema ambiental, en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, se practicó un muestreo sistemático al azar con un grado de confiabilidad del 95%, levantando un total del 20 sitios de muestreo, con el procesamiento de dicha información de campo fue posible determinar la composición florística de la vegetación presente en el área del proyecto, obteniéndose como resultado la identificación de una riqueza de 43 especies, es decir, 23 especies menos que las registradas en la cuenca hidrológico forestal, tal como se puede corroborar en la siguiente tabla.

Tabla 286. Relación de géneros y especies por familia en la S-CUSAF.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Estrato	NOM-059-SEMARNAT-2010	Endemismo	Abundancia (ni)
1	Selaginellaceae	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	Herbaceas	No	Nativa	42
2	Poaceae	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	Herbaceas	No	Introducida	360
3	Astereaceae	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	Herbaceas	No	Endémica	6
4	Euphorbiaceae	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	Herbaceas	No	Nativa	15
5	Loasaceae	Zazálic	*Mentzelia hispida*	Herbaceas	No	Nativa	50
6	Asteraceae	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	Herbaceas	No	Nativa	11
7	Poaceae	Pasto 2	*Briza sp*	Herbaceas	No	Introducida	9
8	Poaceae	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	Herbaceas	No	Sin información	22
9	Fabaceae	Cabello de angel	*Painteria revoluta*	Arbustos	No	Sin información	37
10	Fabaceae	Engordacabra	*Dalea bicolor*	Arbustos	No	Nativa	88
11	Rhamnaceae	Capulincillo	*Karwinskia molliis*	Arbustos	No	Endémica	62
12	Asteraceae	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	Arbustos	No	Endémica	27
13	Fouquieriaceae	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	Arbustos	No	Nativa	57
14	Rhamnaceae	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	Arbustos	No	Endémica	49
15	Asparagaceae	Maguey áspero	*Agave asperrima*	Arbustos	No	Endémica	25
16	Fabaceae	Uña de gato	*Mimosa texana*	Arbustos	No	Nativa	37
17	Fabaceae	Huizache	*Vachellia farnesiana*	Arbustos	No	Nativa	8
18	Fabacaeae	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	Arbustos	No	Endémica	10

19	Euphorbiaceae	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	Arbustos	No	Nativa	10
20	Asparagaceae	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	Arbustos	No	Endémica	1
21	Euphorbiaceae	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	Arbustos	No	Nativa	10
22	Cannabaceae	Granjeno	*Celtis pallida*	Arbustos	No	Nativa	2
23	Fabaceae	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	Arbóreo	No	Nativa	13
24	Rutaceae	Cuatle	*Helietta parviflora*	Arbóreo	No	Nativa	2
25	Fabaceae	Mezquite	*Neltuma laevigata*	Arbóreo	No	Nativa	10
26	Fabaceae	Palo prieto	*Senna wislizeni*	Arbóreo	No	Nativa	27
27	Burseraceae	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	Arbóreo	No	Nativa	6
28	Oleaceae	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	Arbóreo	No	Endémica	5
29	Asparagaceae	Palma pita	*Yucca filifera*	Arbóreo	No	Endémica	2
30	Cactaceae	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	Cactáceas	No	Endémica	20
31	Cactaceae	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	Cactáceas	No	Endémica	23
32	Cactaceae	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	Cactáceas	No	Endémica	15
33	Cactaceae	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	Cactáceas	Si	Endémica	13
34	Cactaceae	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	Cactáceas	No	Endémica	4
35	Cactaceae	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	Cactáceas	No	Endémica	10
36	Cactaceae	Cardón	*Cylindopuntia imbricata*	Cactáceas	No	Endémica	47
37	Cactaceae	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	Cactáceas	No	Endémica	27
38	Cactaceae	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	Cactáceas	No	Sin información	6
39	Cactaceae	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	Cactáceas	No	Nativa	43
40	Cactaceae	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	Cactáceas	No	Nativa	13
41	Cactaceae	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	Cactáceas	No	Nativa	15
42	Cactacaeae	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	Cactáceas	No	Endémica	7
43	Cactacaeae	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	Cactáceas	No	Endémica	1
						TOTAL	**1247**

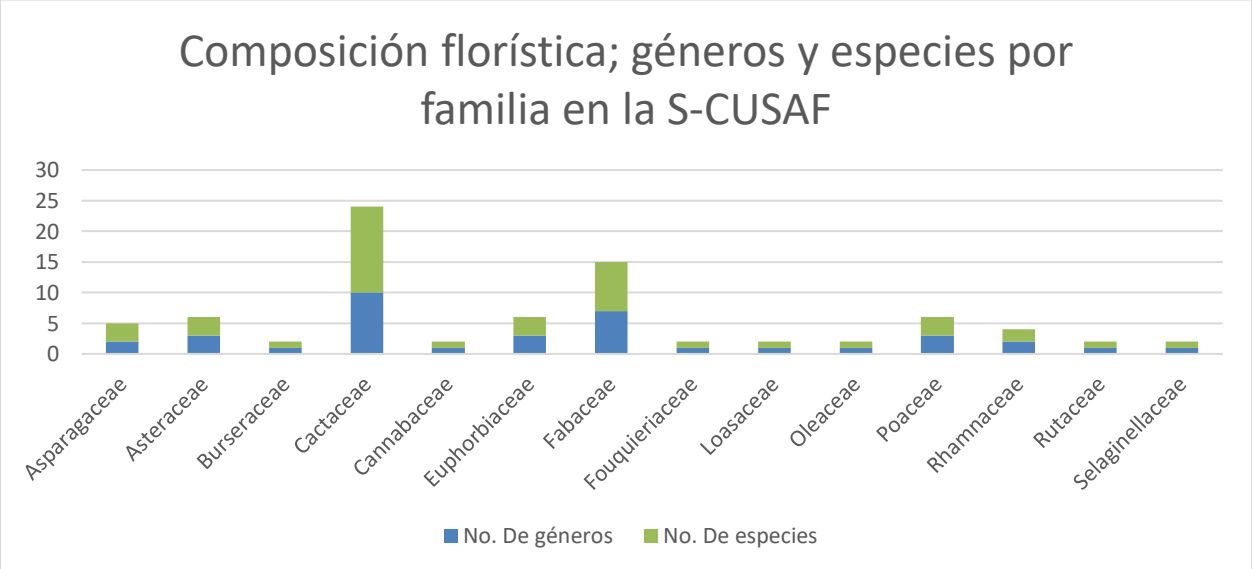
La estructura de la composición florística de la CUSAF se encuentra principalmente dominada por el estrato arbustivo y cactáceas (33% para ambos grupos), el estrato herbáceo (19%) y en último lugar el estrato arbóreo (16%). Además, con la información obtenida, se identificaron 19 especies nativas, 19 especies endémicas, 2 especies introducidas y 3 sin información.

Del análisis y procesamiento de datos de campo, se obtuvo como resultado que las **43 especies** identificadas en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, estas se encuentran

distribuidas en **14 familias**, y estas a su vez en **37 géneros**, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 287. Riqueza por género y especie por familia en la S-CUSAF.

No.	Familia	No. De géneros	No. De especies
1	Asparagaceae	2	3
2	Asteraceae	3	3
3	Burseraceae	1	1
4	**Cactaceae**	**10**	**14**
5	Cannabaceae	1	1
6	Euphorbiaceae	3	3
7	**Fabaceae**	**7**	**8**
8	Fouquieriaceae	1	1
9	Loasaceae	1	1
10	Oleaceae	1	1
11	Poaceae	3	3
12	Rhamnaceae	2	2
13	Rutaceae	1	1
14	Selaginellaceae	1	1
	TOTAL	**37**	**43**



Grafica 80 Composición florística; géneros y especies por familia S-CUSAF.

De las **43 especies** encontradas en la superficie de cambio de uso de suelo, estás pertenecen a **14 familias y 37 géneros**. De estas, la familia de las **Cactáceas** fueron las más predominantes con **10 géneros y 14 especies**, seguido de las **Fabáceas con 7 géneros y 8 especies**, mientras que las menos representadas son aquellas que presentan un género y su respectiva especie, tal como se puede observar en la gráfica anterior.

De acuerdo a los resultados de los trabajos de campo (muestreos y recorridos), fue posible identificar a Biznaga asiento de suegra ***Echinocactus platyacanthus, Link & Otto***, bajo la categoría de ***En peligro de extinción (P)***, en la NOM-059-SEMARNAT-2010, ante dicha restricción, esta especie en particular conjuntamente con el resto de las identificadas serán incluidas en el programa de rescate y reubicación de flora silvestre, que más adelante será descrito.

Tabla 288. Especiales en la NOM-059-SEMARNAT-2010 identificadas en la S-CUSAF.

No	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010		
1	Biznaga asiento de suegra o burra	*Echinocactus platyacanthus, Link & Otto*	En peligro de extinción	(P)	Endémica

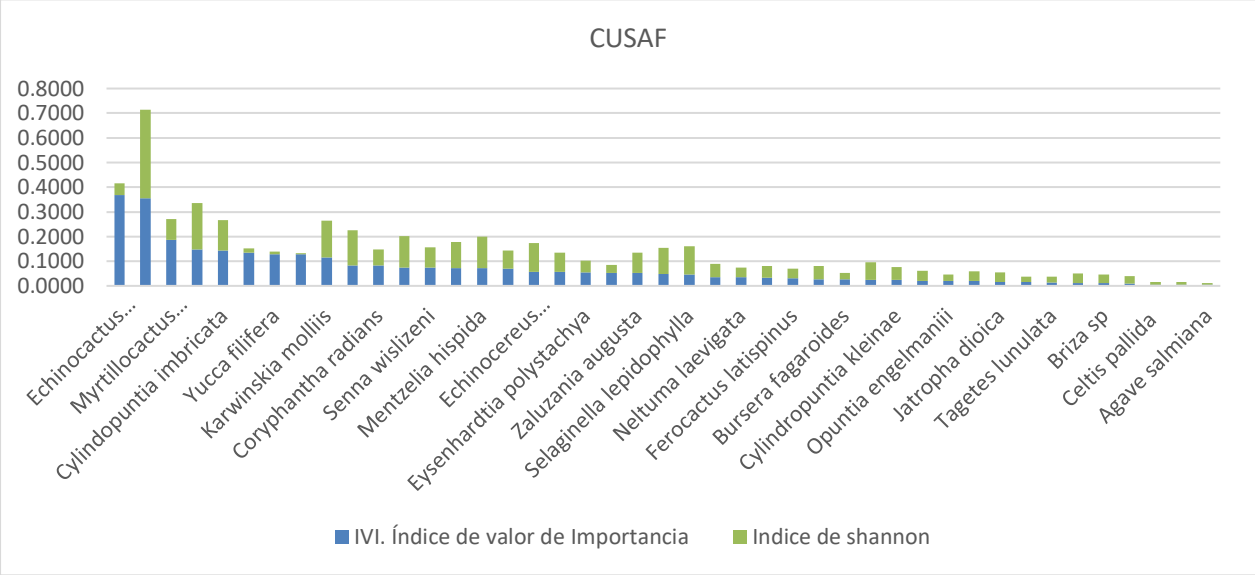
Con el análisis de la misma información de campo fue posible estimar algunos índices entre ellos el Índice de Shannon (H'), Índice de Simpson (D) Y (1-D), Índice de Margalef e Índice de Valor de Importancia (IVI) para la superficie solicitada a cambio de uso de suelo en áreas forestales (S-CUSAF)

Tabla 289. Cuadro comparativo entre el Índice de Shannon y de Valor de Importancia (IVI) en la superficie propuesta cambio de uso de suelo.

No.	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	IVI. Índice de valor de Importancia	Índice de Shannon
1	*Selaginella lepidophylla*	No	0.0454	0.1142
2	*Cenchrus ciliaris*	No	0.3548	0.3587
3	*Tagetes lunulata*	No	0.0126	0.0257
4	*Croton cilliatoglandulifer*	No	0.0276	0.0532
5	*Mentzelia hispida*	No	0.0712	0.1290
6	*Parthenium incanum*	No	0.0205	0.0417
7	*Briza sp*	No	0.0111	0.0356

No.	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	IVI. Índice de valor de Importancia	Índice de Shannon
8	*Eragrostis sp.*	No	0.0254	0.0712
9	*Painteria revoluta*	No	0.0725	0.1044
10	*Dalea bicolor*	No	0.1484	0.1871
11	*Karwinskia molliis*	No	0.1159	0.1492
12	*Zaluzania augusta*	No	0.0528	0.0830
13	*Fouquieria splendens*	No	0.0837	0.1410
14	*Condalia mexicana*	No	0.0743	0.1272
15	*Agave asperrima*	No	0.0571	0.0784
16	*Mimosa texana*	No	0.0491	0.1044
17	*Vachellia farnesiana*	No	0.0532	0.0324
18	*Mimosa depauperata*	No	0.0197	0.0387
19	*Euphorbia antisyphilitica*	No	0.0119	0.0387
20	*Agave salmiana*	**No**	0.0047	0.0057
21	*Jatropha dioica*	No	0.0158	0.0387
22	*Celtis pallida*	No	0.0055	0.0103
23	*Eysenhardtia polystachya*	No	0.0552	0.0476
24	*Helietta parviflora*	No	0.0055	0.0103
25	*Neltuma laevigata*	No	0.0353	0.0387
26	*Senna wislizeni*	No	0.0742	0.0830
27	*Bursera fagaroides*	No	0.0272	0.0257
28	*Forestiera phillyreoides*	No	0.0157	0.0221
29	*Yucca filifera*	No	0.1286	0.0103
30	*Coryphantha radians*	No	0.0823	0.0663
31	*Coryphantha erecta*	No	0.0698	0.0736
32	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	No	0.0354	0.0532
33	*Echinocactus platyacanthus*	(P)	0.3688	0.0476
34	*Stenocereus dumortierii*	No	0.1341	0.0184
35	*Ferocactus latispinus*	No	0.0314	0.0387
36	*Cylindopuntia imbricata*	No	0.1430	0.1236
37	*Myrtillocactus geometrizans*	No	0.1875	0.0830
38	*Opuntia engelmaniii*	No	0.0204	0.0257
39	*Echinocereus pentalophus*	No	0.0578	0.1161

No.	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	IVI. Índice de valor de Importancia	Índice de Shannon
40	*Opuntia leucotricha*	No	0.0338	0.0476
41	*Cylindropuntia kleinae*	No	0.0237	0.0532
42	*Mammillaria compressa*	No	0.0095	0.0291
43	*Opuntia robusta*	No	0.1278	0.0057
		TOTAL	**3.0000**	**2.9878**

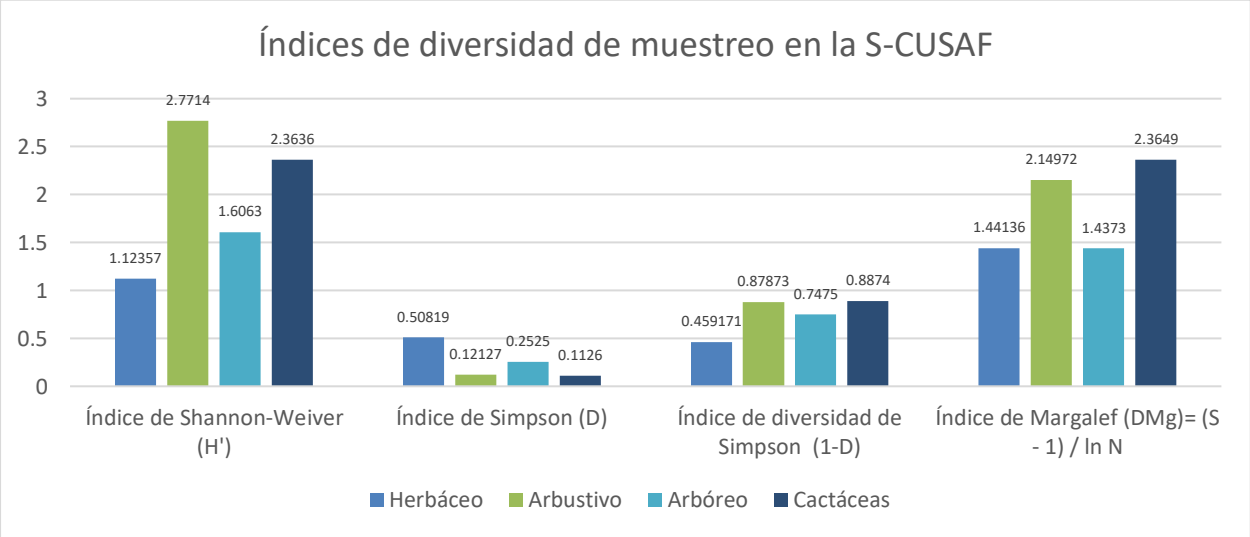


Grafica 81 Grafica comparativa entre el Índice de Shannon y Valor de Importancia (IVI) en la superficie a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

De las especies identificadas nuevamente el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris)* es el que presenta un índice de diversidad mayor en la comunidad vegetal muestreada en la S-CUSAF, seguido de la herbácea engordacabra (*Dalea bicolor)* y el arbusto Capulincillo (*Karwinskia mollis)* son las más representativas en cuanto a su diversidad e índice de valor de importancia dentro de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo. En el análisis de Índice de Importancia las especies con un mayor valor fueron la biznaga burra *(Echinocactus platyacanthus),* el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris)* y el garambullo *(Myrtillocactus geometrizans).*

Tabla 290. Índices estimados para la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales y sus estratos.

Estratos	Riqueza	Indices de Shannon-Weiver (H')	Índice de Simpson (D)	Índice de diversidad de Simpson (1-D)	Índice de Margalef (DMg)= (S - 1) / ln N
General	43	2.9878	0.1056	0.8944	5.8944
Herbáceo	8	1.12357	0.50819	0.459171	1.44136
Arbustivo	14	2.7714	0.12127	0.87873	2.14972
Arbóreo	7	1.6063	0.2525	0.7475	1.4373
Cactáceas	14	2.3636	0.1126	0.8874	2.3649



Grafica 82 Índices estimados para la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales por estratos.

Como resultado del análisis por estrato los resultados obtenidos muestran que el estrato arbustivo en la S-CUSAF presenta una mayor diversidad (H'=2.7714), seguido del grupo de las cactáceas con (H'=2.3636) a pesar de ello en general en la superficie propuesta cambio de uso de suelo presentan una diversidad baja (H'=2.9878).

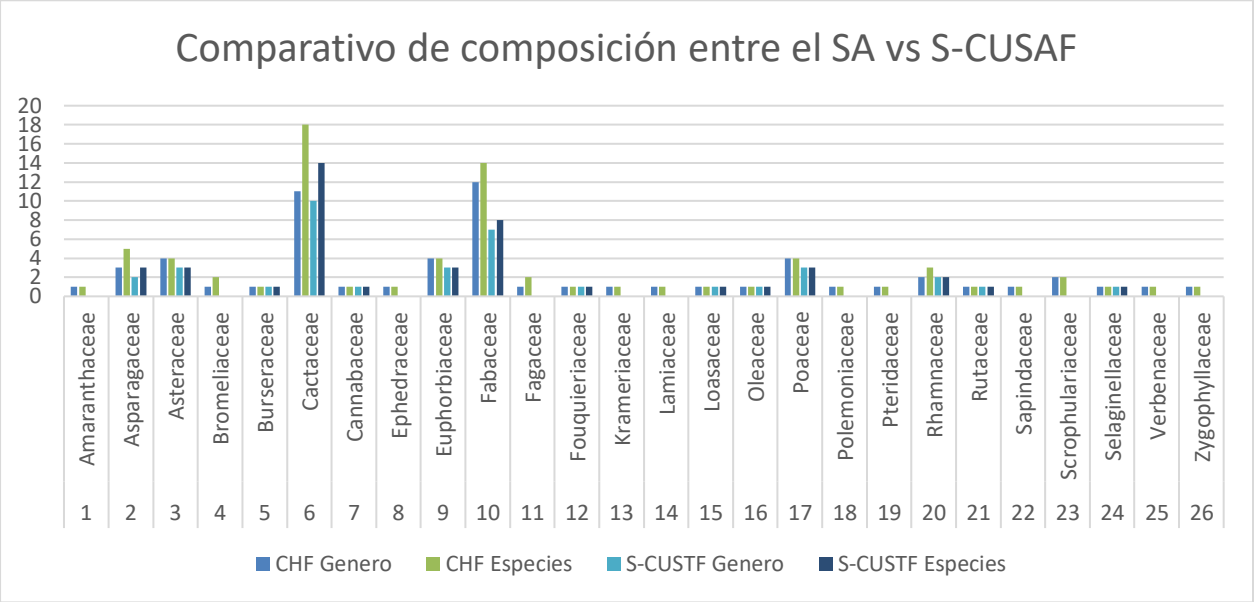
Comparativo de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF.

Con los datos de composición florística por unidad geografía o de estudio (SA vs S-CUSAF) antes descritos fue posible hacer una comparación exhaustiva del comportamiento de los géneros y especies en relación a cada familia, obteniéndose como resultado que el SA **registra un total de**

26 familias con 60 géneros y 75 especies contra **14 familias, 37 géneros y 43 especies de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo**, tal como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 291. Comparativo de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF.

No.	Familia	SA		S-CUSAF	
		Genero	Especies	Genero	Especies
1	Amaranthaceae	1	1	0	0
2	Asparagaceae	3	5	2	3
3	Asteraceae	4	4	3	3
4	Bromeliaceae	1	2	0	0
5	Burseraceae	1	1	1	1
6	**Cactaceae**	**11**	**19**	**10**	**14**
7	Cannabaceae	1	1	1	1
8	Ephedraceae	1	1	0	0
9	Euphorbiaceae	4	4	3	3
10	**Fabaceae**	**12**	**14**	**7**	**8**
11	Fagaceae	1	2	0	0
12	Fouquieriaceae	1	1	1	1
13	Krameriaceae	1	1	0	0
14	Lamiaceae	1	1	0	0
15	Loasaceae	1	1	1	1
16	Oleaceae	1	1	1	1
17	Poaceae	4	4	3	3
18	Polemoniaceae	1	1	0	0
19	Pteridaceae	1	1	0	0
20	Rhamnaceae	2	3	2	2
21	Rutaceae	1	1	1	1
22	Sapindaceae	1	1	0	0
23	Scrophulariaceae	2	2	0	0
24	Selaginellaceae	1	1	1	1
25	Verbenaceae	1	1	0	0
26	Zygophyllaceae	1	1	0	0
	TOTAL	**60**	**75**	**37**	**43**



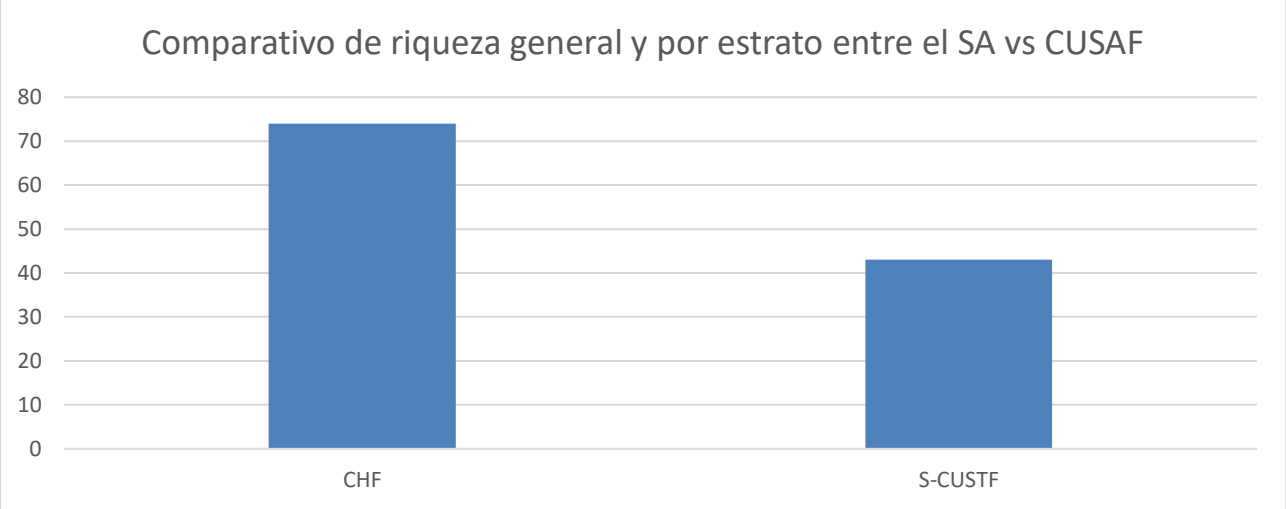
Grafica 83 Grafica comparativa de la composición florística entre el SA vs S-CUSAF.

De acuerdo al análisis de la gráfica anterior, se puede observar que las familias que presentan una mayor riqueza en cuanto a géneros y especies son la Cactácea y Fabácea tanto en la cuenca hidrológico forestal como en la superficie solicitada para cambio de uso de suelo además, el resto de las familias presentan similitud en ambas condiciones.

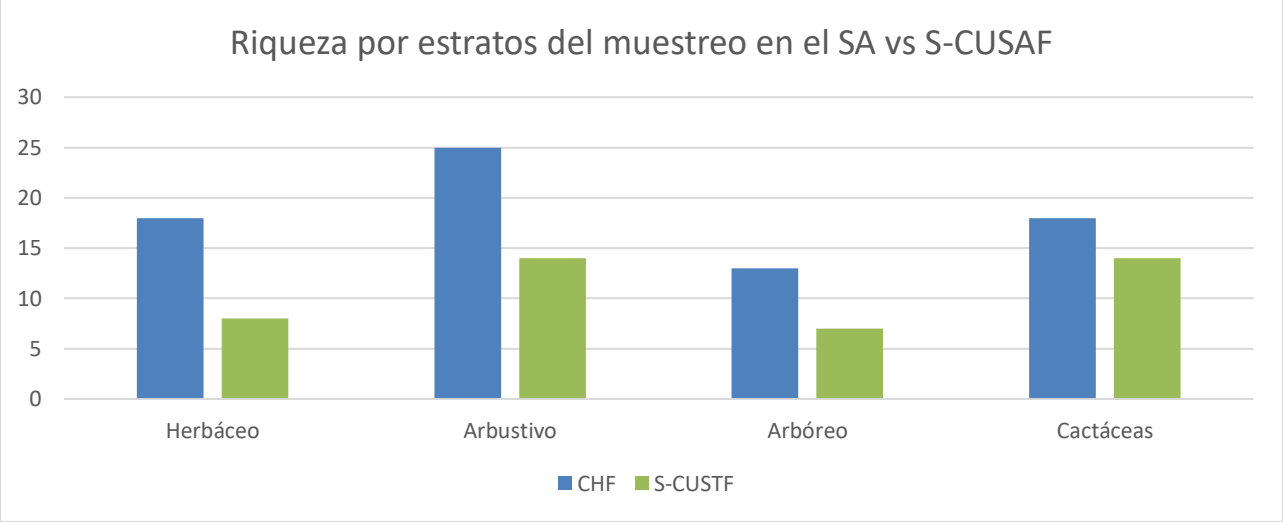
Sintetizando la información recabada previamente en campo en las dos unidades geográficas (SA vs S-CUSF) se obtuvo como resultado un comparativo de riqueza de especies general y por estrato, donde fue posible identificar una riqueza mayor para la cuenca hidrológico forestal con **75 especies**, mientas que en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo se identificaron **43 especies**, es decir, 32 especies menos que en la unidad anterior.

Tabla 292. Comparativo de riqueza por general y por estrato SA vs S-CUSAF.

Estratos	**Comparativo de riqueza de especies general y por estrato**	
	SA	**S-CUSAF**
General	75	43
Herbáceo	18	8
Arbustivo	25	14
Arbóreo	13	7
Cactáceas	19	14



Grafica 84 Comparativo de riqueza de especies general y por estrato SA vs S-CUSAF.



Grafica 85. Comparativo de riqueza de especies de SA vs S-CUSAF por estratos.

Si comparamos la riqueza por estrato en las dos unidades geográficas, tenemos para la microcuenca una riqueza de 18 especies para el herbáceo, para el arbustivo 25 especies, para el arbóreo 13 especies y 19 especies de cactáceas; contra 8 especies para el herbáceo, para el arbustivo 14 especies, para el arbóreo 7 especies y 14 especies de cactáceas en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

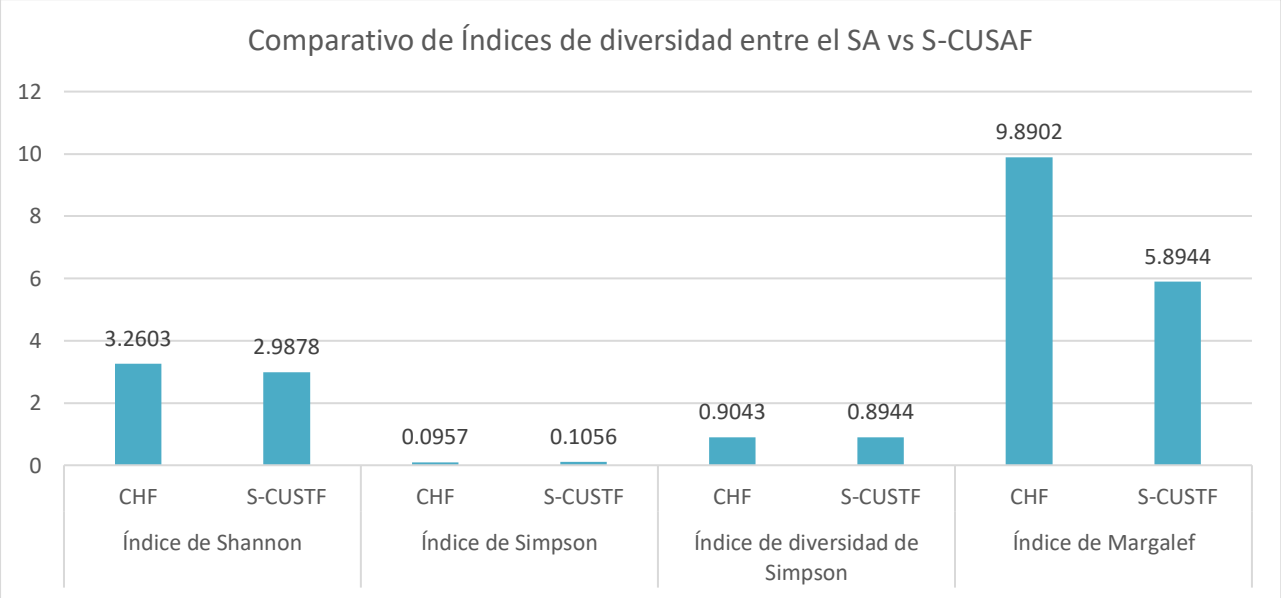
Esto nos permite concluir que se tiene una mayor riqueza y abundancia en la cuenca hidrológico forestal, es decir, a pesar de las actividades de cambio de uso de suelo, se mantiene la biodiversidad de especies presentes en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas

forestales, por lo que se propone un programa de rescate y reubicación de flora donde se contemplan aquellas especies más representativas del matorral crasicaule y las que por algún motivo técnico o fisiológico no se hayan registrado en la cuenca y que pudiera ser afectadas.

Otro indicador muy importante en el análisis comparativo de la composición florística es la estimación de algunos índices de diversidad, para nuestro estudio se estimaron los índices de Shannon (H') Índice de Simpson(D) e Índice de diversidad (1-D) de Simpson e Índice de Margalef (DMg). El índice de diversidad de Shannon fue el principal que se midió, obteniendo como resultados que la cuenca hidrológico forestal representa una mayor diversidad (H'=3.2427) que la que alberga actualmente la superficie solicitada para cambio de uso de suelo (H'=2.9878), sin embargo, en ambas unidades geográficas, la diversidad se considera de baja a media.

Tabla 293. Comparativo de Índices de diversidad del SA vs S-CUSAF.

Estratos	Índice de Shannon		Índice de Simpson		Índice de diversidad de Simpson		Índice de Margalef	
	SA	S-CUSAF	SA	S-CUSAF	SA	S-CUSAF	SA	S-CUSAF
General	3.2603	2.9878	0.0957	0.1056	0.9043	0.8944	9.8902	5.8944
Herbáceo	0.9459	1.12357	0.4546	0.50819	0.5454	0.459171	2.5685	1.44136
Arbustivo	2.6717	2.7714	0.0906	0.12127	0.9094	0.87873	3.8272	2.14972
Arbóreo	1.6208	1.6063	0.3284	0.2525	0.6716	0.7475	2.287	1.4373
Cactáceas	2.5462	2.3636	0.1002	0.1126	0.8998	0.8874	3.1413	2.3649



Grafica 86 Comparativo de Índices de diversidad en el SA vs S-CUSAF.

Los índices de diversidad utilizados en el muestreo del SA y la S-CUSAF reportaron los siguientes resultados para cada estrato: para la cuenca hidrológico forestal **el índice de Shannon (H') general fue de 3.2603,** para el estrato herbáceo fue de **.9459**, para el estrato arbustivo fue de **1.1565**, para el estrato arbóreo fue de .**4125** y para las cactáceas fue de .**7454**, mientras que para superficie propuesta a cambio de uso de suelo **el valor general fue de 2.9878,** para el estrato herbáceo fue de **1.12357**, para el estrato arbustivo fue de **2.7714**, para el estrato arbóreo fue de **1.6063** y para el grupo de las cactáceas fue de **2.3636**.

Este índice nos indica cuánta riqueza de especies hay en la muestra y cómo se distribuyen las abundancias entre las especies, por lo que de manera general la riqueza de especies en la S-CUSAF (**H'= 2.9878**) y en el SA (**H'=3.2603**) es media y además presentan una dominancia equilibrada.

El índice de Simpson (D) y el índice de diversidad de Simpson (1-D) en la cuenca hidrológico forestal **de forma general fue de D=.0957 y 1-D=.9043** Mientras que para la superficie propuesta a cambio de uso de suelo los **resultados de forma general fueron D=.1056 Y 1-D=.8944**.

Este índice es otra medida de diversidad ecológica sin embargo, a diferencia del índice de Shannon se enfoca más en la probabilidad de que dos individuos pertenezcan a la misma especie (dominancia). El valor del índice de Simpson (D) entre más cercano a 0 sea indica una mayor diversidad y una distribución más equitativa de las especies, mientras que entre más cercano a 1 sea, representa lo contrario. Por otro lado, la transformación de este índice (1-D) representa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de especies diferentes, entre más cercano es el valor a 1, representa una mayor diversidad.

Por lo que la interpretación de los valores generales obtenidos por este índice nos habla de que en el muestreo realizado en el SA (**D=.0957**) se obtuvo una alta diversidad con una distribución más equitativa entre especies, además con la transformación de este índice (**1-D=.9043**) se interpreta que el muestreo presenta una alta diversidad. Mientras que el muestreo realizado en la S-CUSAF (**D=.1056**) y (**1-D=.8944**) nos dice que la diversidad también es alta y distribuida equitativamente, ligeramente menos que las observaciones realizadas en el SA.

El último índice utilizado fue el índice de riqueza de Margalef (DMg), **los resultados obtenidos para la cuenca hidrológico forestal fueron de forma general DMg= 9.8902,** Mientras que para la superficie propuesta a cambio de uso de suelo **los resultados generales fueron DMg=5.8944.**

El índice de Margalef (DMg) a diferencia de los anteriores índices, no considera la abundancia, esto debido a que su enfoque principal es la riqueza de las especies, se utiliza principalmente para comparar la riqueza de especies entre comunidades con distintos tamaños de muestra. Un valor alto de DMg indica una alta riqueza de especies en relación al tamaño de la muestra. Los valores obtenidos menores a 1 se interpretan como baja riqueza de especies, los valores entre 1 y 3 se interpretan como riqueza moderas y los mayores a 3 se interpretan como alta diversidad. Por lo que a partir de los resultados generales obtenidos en este análisis podemos interpretar que el Índice de Margalef para el SA (DMg=9.8902) y la S-CUSAF (DMg=5.8944) nos indica que la riqueza de especies en el SA es mayor a la encontrada en la S-CUSAF.

Finalmente, con el objetivo de verificar la ausencia - presencia de especies tanto en la cuenca hidrológico forestal como en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, se generó un Check List del resultado de ambos muestreos el cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 294. Lista comparativa de presencia-ausencia de especies en el SA vs S-CUSAF.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	PRESENCIA - AUSENCIA	
				SA	S-CUSAF
1	Pteridaceae	Doradilla	*Astrolepis sinuata*	*	
2	Poaceae	Pasto 2	*Briza sp*	*	*
3	Poaceae	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	*	*
4	Euphorbiaceae	Mala mujer	*Cnidoscolus multilobus*	*	
5	Euphorbiaceae	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	*	*
6	Poaceae	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	*	*
7	Bromeliaceae	Lechuguilla	*Hechtia lepidophylla*	*	
8	Bromeliaceae	Guapilla	*Hechtia podantha*	*	
9	Amaranthaceae	Pluma	*Iresine diffusa*	*	
10	Verbenaceae	Orégano de monte	*Lippia origanoides*	*	
11	Polemoniaceae	Jarrito	*Loeselia coerulea*	*	
12	Loasaceae	Conito	*Mentzelia hispida*	*	*
13	Poaceae	Zacate lanudo	*Muhlenbergia pubescens*	*	
14	Asteraceae	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	*	*
15	Lamiaceae	Casquete potosino	*Scutellaria potosina*	*	
16	Selaginellaceae	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	*	*

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	PRESENCIA - AUSENCIA	
				SA	S-CUSAF
17	Asteraceae	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	*	*
18	Asteraceae	Gallito de monte	*Zinnia peruviana*	*	
19	Asparagaceae	Maguey áspero	*Agave asperrima*	*	*
20	Asparagaceae	Lechuguilla	*Agave difformis*	*	
21	Asparagaceae	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	*	*
22	Fabaceae	Charrasquillo	*Calliandra eriophylla*	*	
23	Cannabaceae	Granjeno	*Celtis pallida*	*	*
24	Rhamnaceae	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	*	*
25	Fabaceae	Escobilla	*Dalea bicolor*	*	*
26	Asparagaceae	Cucharilla	*Dasylirion acrotrichum*	*	
27	Sapindaceae	Chapulixtle	*Dodonaea viscosa*	*	
28	Ephedraceae	Sanguinaria	*Ephedra compacta*	*	
29	Euphorbiaceae	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	*	*
30	Fouquieriaceae	Ocotilla	*Fouquieria splendens*	*	*
31	Rutaceae	Barreta	*Helietta parvifolia*	*	*
32	Euphorbiaceae	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	*	*
33	Rhamnaceae	Tullidora	*Karwinskia humboldtiana*	*	
34	Rhamnaceae	Capulincillo	*Karwinskia mollis*	*	*
35	Krameriaceae	Chayotillo	*Krameria cytisoides*	*	
36	Zygophyllaceae	Gobernadora	*Larrea tridentata*	*	
37	Scrophulariaceae	Cenizo	*Leucophyllum minus*	*	
38	Fabaceae	Garabatillo	*Mimosa aculeaticarpa*	*	
39	Fabacaeae	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	*	*
40	Fabaceae	Uña de gato	*Mimosa texana*	*	*
41	Fabaceae	Cabello de ángel	*Painteria revoluta*	*	*
42	Fabaceae	Huizache	*Vachellia farnesiana*	*	*
43	Fabaceae	Huizache chino	*Vachellia schaffneri*	*	
44	Asteraceae	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	*	*
45	Scrophulariaceae	Tepozán	*Buddleja cordata*	*	
46	Burseraceae	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	*	*
47	Fabaceae	Colorín	*Erythrina americana*	*	
48	Fabaceae	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	*	*

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	PRESENCIA - AUSENCIA	
				SA	S-CUSAF
49	Oleaceae	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	*	*
50	Fabaceae	Guaje rojo	*Leucaena esculenta*	*	
51	Fabaceae	Mauto	*Lysiloma divaricatum*	*	
52	Fabaceae	Mezquite	*Neltuma laevigata*	*	*
53	Fagaceae	Encino quiebra hacha	*Quercus rugosa*	*	
54	Fagaceae	Encino gris	*Quercus grisea*	*	
55	Fabaceae	Palo prieto	*Senna wislizeni*	*	*
56	Asparagaceae	Palma pita	*Yucca filifera*	*	*
57	Cactaceae	Biznaga cónica	*Cochemiea conoidea*	*	
58	Cactaceae	Biznaga partida parada	*Coryphantha radians*	*	*
59	Cactaceae	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	*	*
60	Cactaceae	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	*	*
61	Cactaceae	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	*	*
62	Cactaceae	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	*	*
63	Cactaceae	Alicoché cocuá	*Echinocereus cinerascens*	*	
64	Cactaceae	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	*	*
65	Cactaceae	Huamisha	*Ferocactus histrix*	*	
66	Cactaceae	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	*	*
67	Cactaceae	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	*	*
68	Cactaceae	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	*	*
69	Cactaceae	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	*	*
70	Cactaceae	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	*	*
71	Cactaceae	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	*	*
72	Cactaceae	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	*	*
73	Cactaceae	Arrastradillo	*Opuntia stenopetala*	*	
74	Cactaceae	Nopal chamacuelo	*Opuntia tomentosa*	*	

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	PRESENCIA - AUSENCIA	
				SA	S-CUSAF
75	Cactaceae	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortieri*	*	*

En el análisis comparativo de los muestreos del sistema ambiental contra la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales se encontró que en ambos sitios se coinciden en 43 especies distribuidas en los diferentes estratos (marcadas en azul), mientras que en el SA se observaron 32 especies que no fueron observadas en la S-CUSAF (marcadas en rojo). Además, en este análisis se puede observar que todas las especies encontradas en la S-CUSAF se encontraron en el SA.

Composición faunística en el SA.

Con el empleo del muestreo realizado en el sistema ambiental por grupos faunísticos, fue posible identificar la presencia de fauna silvestre por grupos en dicha unidad geográfica, para el caso de aves, se utilizó un muestreo por medio de puntos de conteo, mientras que para mamíferos y reptiles se utilizaron transectos previamente identificados donde se encontrara posible presencia de especies de estos grupos.

Grupo faunístico. Aves. SA.

Del análisis de la información de campo se identificó una riqueza de 13 especies en el grupo faunístico, con un total de 82 individuos, las especies más abundantes fueron Tortola cola larga *Columbina inca,* Golondrina común *Hirundo rustica* y Huilota *Zenaida macroura*, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 295. Relación de géneros y especies por familia del grupo de aves en el SA.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.
1	*Cathartidae*	Aura	*Cathartes aura*	No	6
2	*Cathartidae*	Zopilote	*Coragyps atratus*	No	4
3	*Columbidae*	Tórtola cola larga	*Columbina inca*	No	18
4	*Columbidae*	Huilota	*Zenaida macroura*	No	8
5	*Corvidae*	Cuervo	Corvus corax	No	4
6	*Cuculidae*	Correcaminos	*Geococcyx californianus*	No	2

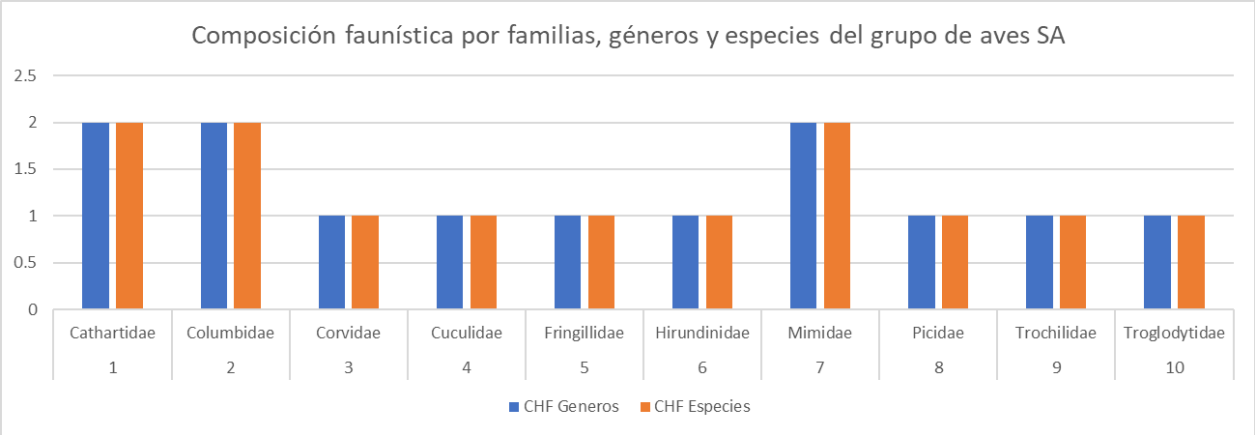
7	*Fringillidae*	Dominico	*Carduelis psaltria*	No	5
8	*Hirundinidae*	Golondrina común	*Hirundo rustica*	No	16
9	*Mimidae*	Cenzontle	*Mimus polyglottos*	No	2
10	*Mimidae*	Cuitlacoche	*Toxostoma curvirostre*	No	4
11	*Picidae*	Pájaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	No	3
12	*Trochilidae*	Colibrí lucifer	*Calothorax lucifer*	No	2
13	*Troglodytidae*	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	No	8
			Total		**82**

Es importante precisar que ninguna de las 13 especies identificadas en la cuenca hidrológico forestal se encuentra enlistada bajo alguna restricción en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En relación a la composición faunística de las especies del grupo de aves, se identificaron un total de 10 familias, 13 géneros y 13 especies, esto nos indica que no existe variabilidad entre los géneros y especies encontradas, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 296. Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en el SA.

No.	Familia	Géneros	Especies
1	*Cathartidae*	2	2
2	*Columbidae*	2	2
3	*Corvidae*	1	1
4	*Cuculidae*	1	1
5	*Fringillidae*	1	1
6	*Hirundinidae*	1	1
7	*Mimidae*	2	2
8	*Picidae*	1	1
9	*Trochilidae*	1	1
10	*Troglodytidae*	1	1
	Total	**13**	**13**



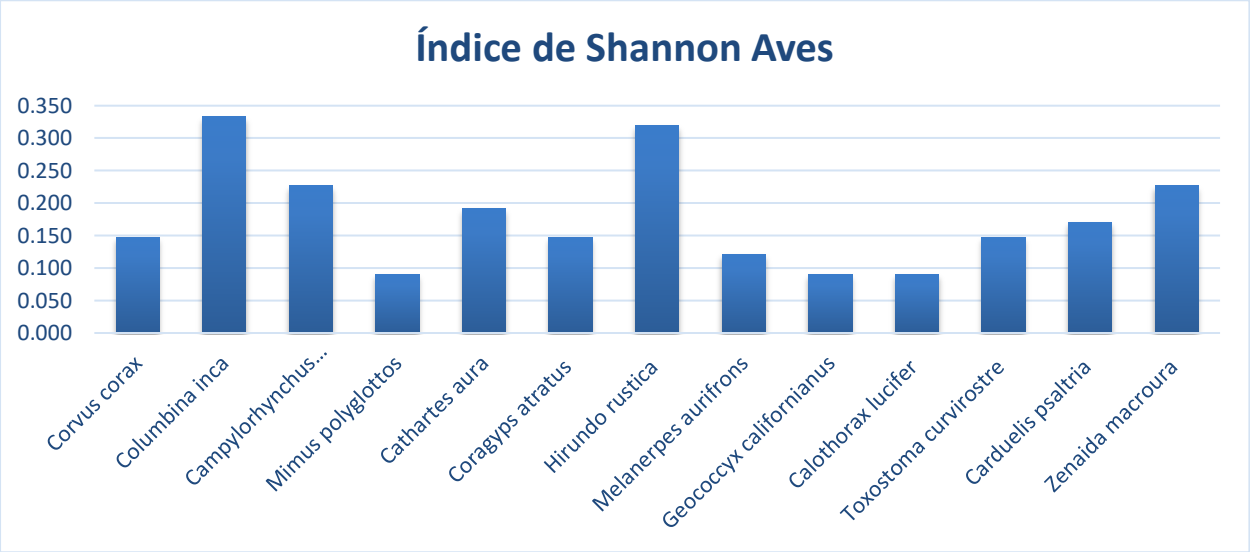
Grafica 87 Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en el SA.

De las familias identificadas dentro del grupo de aves del sistema ambiental, las que albergan mayor cantidad de especies son; *Cathartidae, Columbidae* y *Mimidae* con dos especies cada una, el resto solo registro un género y una especies por familia.

De acuerdo con el análisis de la información de campo, fue posible estimar el Índice de Shannon para el grupo de aves en el sistema ambiental, obteniéndose como resultado un índice de 2.302 que resulta como de baja diversidad.

Tabla 297. Riqueza y diversidad de aves en el sistema ambiental.

No.	Nombre común	Nombre científico	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Cuervo	Corvus corax	4	0.049	-3.020	-0.147	0.147
2	Tortola cola larga	*Columbina inca*	18	0.220	-1.516	-0.333	0.333
3	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	8	0.098	-2.327	-0.227	0.227
4	Cenzontle	*Mimus polyglottos*	2	0.024	-3.714	-0.091	0.091
5	Aura	*Cathartes aura*	6	0.073	-2.615	-0.191	0.191
6	Zopilote	*Coragyps atratus*	4	0.049	-3.020	-0.147	0.147
7	Golondrina comun	*Hirundo rustica*	16	0.195	-1.634	-0.319	0.319
8	Pajaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	3	0.037	-3.308	-0.121	0.121
9	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	2	0.024	-3.714	-0.091	0.091
10	Colibri lucifer	*Calothorax lucifer*	2	0.024	-3.714	-0.091	0.091
11	Cuitlacoche	*Toxostoma curvirostre*	4	0.049	-3.020	-0.147	0.147
12	Dominico	*Carduelis psaltria*	5	0.061	-2.797	-0.171	0.171
13	Huilota	*Zenaida macroura*	8	0.098	-2.327	-0.227	0.227
		Total	**82**	**1.000**		**-2.302**	**2.302**



Grafica 88 Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en el SA.

Las especies que presentan mayor diversidad dentro del grupo de aves en el sistema ambiental, son las representadas por la familia *Columbidae;* tórtola cola larga *Columbina inca* y huilota *Zenaida macroura,* estas dos especies suelen presentar muy alta resiliencia a los cambios naturales, incluso las podemos llegar a encontrar en las zonas urbanas.

Grupo faunístico. Mamíferos. SA.

En relación al grupo de mamíferos se identificó una riqueza de 7 especies con un total de 12 individuos, es importante precisar que las especies identificadas son características del tipo de vegetación presente en el sistema ambiental. Es importante precisar que la lista de especies reportada se construyó gracias, también a los aportes de algunos lugareños con nos dieron su testimonio mediante algunas entrevistas y con el cotejo de las evidencias levantadas en campo.

Tabla 298. Relación de géneros y especies por familia del grupo de mamíferos en el SA.

No.	Familia	N. Común	N. Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.
1	Canida	Zorra espalda blanca	*Urocyon cinereoargenteus*	No	2
2	Canidae	Coyote	*Canis latrans*	No	2
3	Didelphidae	Tlacuache	*Didelphis virginiana*	No	2
4	Leporidae	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	No	1
5	Mephitidae	Zorrillo	*Conepatus leuconotus*	No	1

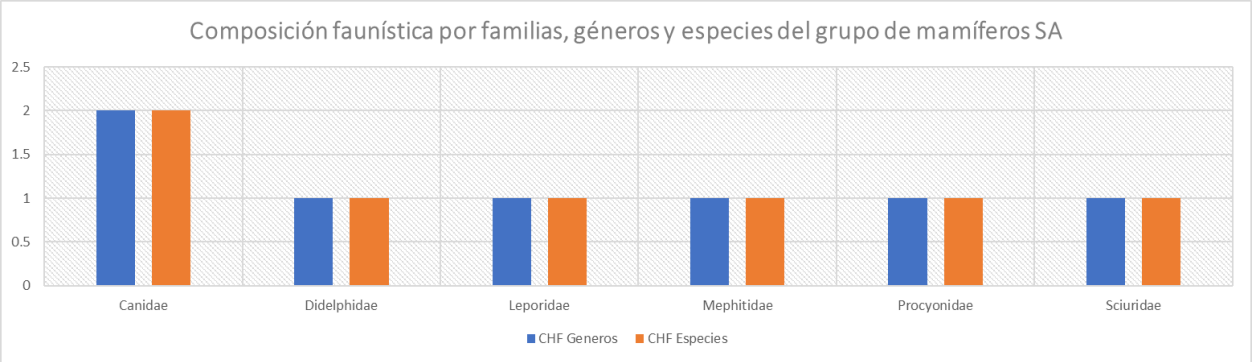
6	Procyonidae	Mapache	*Procyon lotor*	No	2
7	Sciuridae	Ardilla	*Spermophilus variegatus*	No	2
			Total		**12**

Así mismo, es importante señalar que ninguna de las especies identificadas en el sistema ambiental, se encuentra enlistada con algún tipo de restricción en la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo, todos ellas serán incluidas en el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre con el objetivo de evitar dañarlas incluso causarles la muerte durante el desarrollo de las actividades de cambio de uso de suelo.

Del análisis de riqueza del presente grupo de mamíferos, fue posible generar la siguiente composición faunística de especies, teniendo como resultado la presencia de 6 familias con 7 géneros y 7 especies, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 299. Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en el SA.

No.	Familia	Géneros	Especies
1	Canidae	2	2
2	Didelphidae	1	1
3	Leporidae	1	1
4	Mephitidae	1	1
5	Procyonidae	1	1
6	Sciuridae	1	1
	Total	**7**	**7**



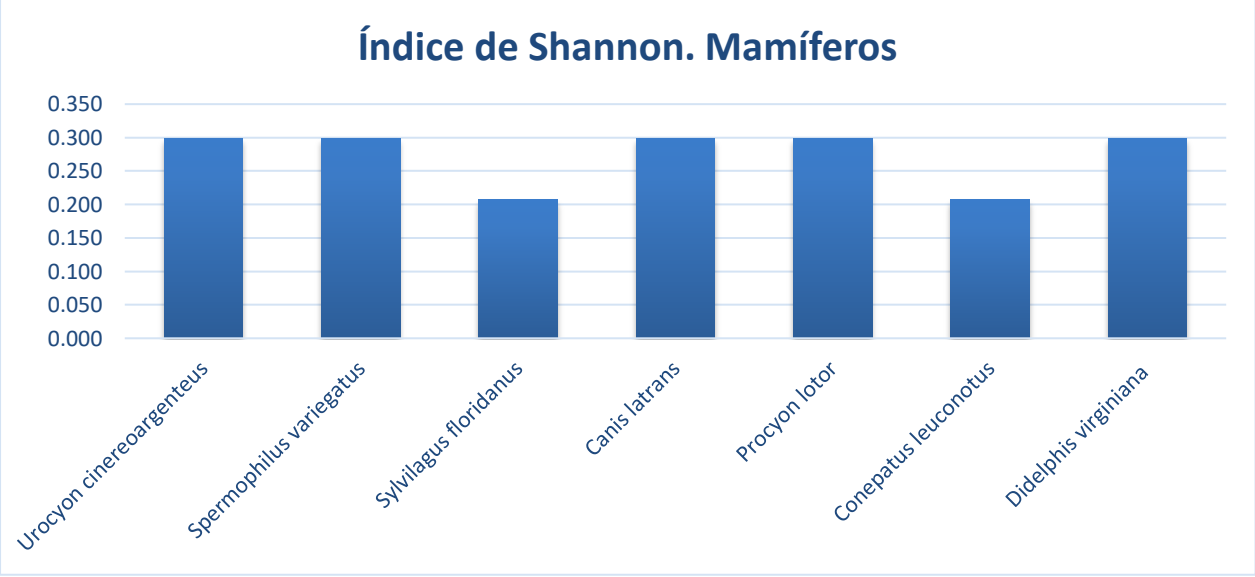
Grafica 89 Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en el SA.

De acuerdo con la gráfica de riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos, se concluyó que la familia que presenta una mayor riqueza es la *Canidea* con las especies; zorra espalda blanca *Urocyon cinereoargenteus y* coyote *Canis latrans,* el resto de las familias están representadas por un género y una especie respectivamente.

En cuanto al índice de diversidad para este grupo en particular, se utilizó el Índice de Shannon obteniendo un índice de 1.907 que nos indica que el sistema ambiental, presenta una diversidad baja respecto al presente grupo faunístico.

Tabla 300. Riqueza y diversidad de mamíferos en el SA.

No.	N. Común	N. Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Zorra espalda blanca	*Urocyon cinereoargenteus*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
2	Ardilla	*Spermophilus variegatus*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
3	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	No	1	0.083	-2.485	-0.207	0.207
4	Coyote	*Canis latrans*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
5	Mapache	*Procyon lotor*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
6	Zorrillo	*Conepatus leuconotus*	No	1	0.083	-2.485	-0.207	0.207
7	Tlacuache	*Didelphis virginiana*	No	2	0.167	-1.792	-0.299	0.299
Total				**12**			**-1.907**	**1.907**



Grafica 90 Riqueza y diversidad de mamíferos en el SA.

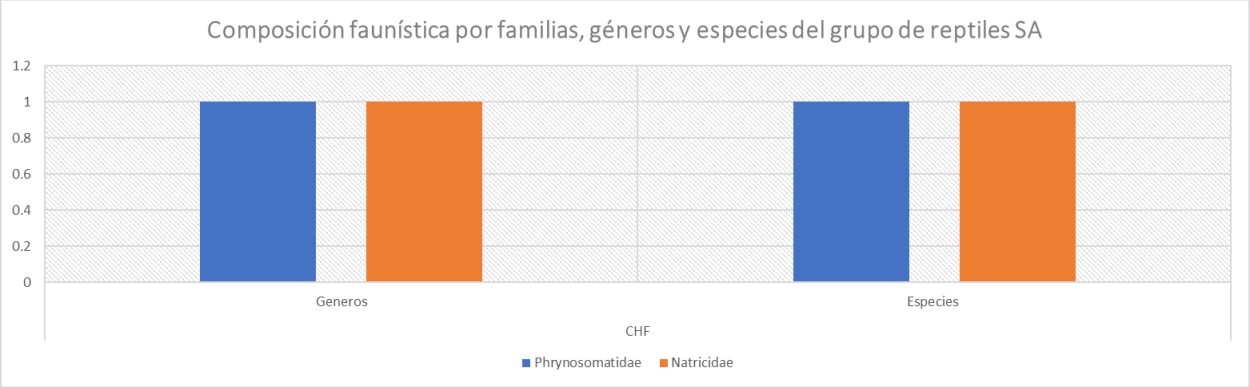
En general, los índices por especies presentan una similitud los cuales oscilan entre 0.207 y 0.299 dichos indicadores esta predeterminados por la abundancia del número de individuos por especies, como se puede observar la gráfica anterior.

Grupo faunístico. Reptiles. SA.

En este grupo faunístico fue posible identificar dos familias que albergan un género y una especie cada una, la baja presencia de especies de este grupo obedece principalmente a la época del muestreo, lo que se presume que pudieran existir mayor abundancia de especies en el sistema ambiental.

Tabla 301. Riqueza por género y especie por familia del grupo de reptiles en el SA.

No.	Familia	Géneros	Especies
1	Phrynosomatidae	1	1
2	Natricidae	1	1
	Total	**2**	**2**



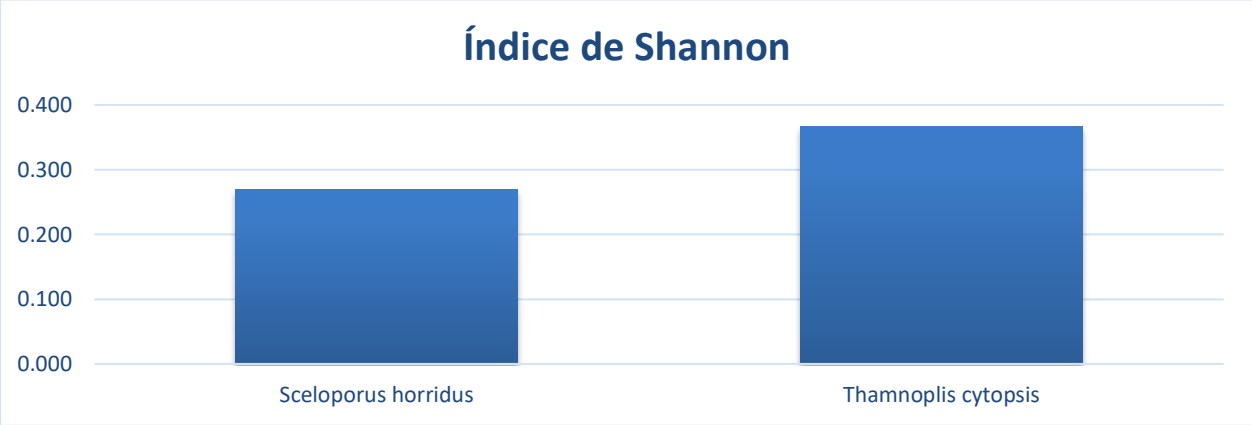
Grafica 91 Riqueza por género y especie por familia del grupo de reptiles en el SA.

A pesar de la escasa presencia de especies de este grupo faunístico, es importante precisar que ninguna de estas, se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo ninguna categoría de riesgo.

La baja presencia de especies de este grupo faunístico en el sistema ambiental, nos ha reflejado una baja diversidad, estimada en 0.636.

Tabla 302. Riqueza y diversidad de reptiles en el SA.

No.	N. Común	N. Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Lagartija Espinosa Mexicana	*Sceloporus spinosus*	No	2	0.667	-0.405	-0.270	0.270
2	Culebra del agua	*Thamnoplis cytopsis*	No	1	0.333	-1.099	-0.366	0.366
		Total		**3**			**-0.637**	**0.636**



Grafica 92 Riqueza y diversidad de reptiles en el SA.

La especie que presenta el valor más elevado del índice de diversidad es Culebra del agua *Thamnoplis cytopsis* con 0.366 y 0.270 para la especie de Lagartija *Sceloporus horridus.*

Composición faunística de la S-CUSAF.

Para determinar la composición faunística de la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales se realizó un muestreo por medio de los métodos de puntos de conteo para aves y transectos para mamíferos y reptiles, descrito en el apartado de fauna silvestre, aunque en este último grupo faunístico, no fue posible identificar ninguna especie, cabe destacar que debido a que en la superficie de cambio de uso de suelo no existen, barrancas, oquedades, cuerpos de agua ni arroyos de ningún tipo, no fue necesario diseñar transectos bajo estas condiciones geográficas, estos fueron diseñados tomando en cuenta algunos sitios de muestreo de flora silvestre, obteniéndose los siguientes resultados.

Grupo faunístico. Aves. S-CUSAF.

Para determinar la riqueza y abundancia de este grupo faunístico se muestrearon 15 puntos de conteo en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, donde fue posible

identificar una riqueza de 8 especies de aves, con un total de 17 individuos, tal como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 303. Relación de géneros y especies por familia del grupo de aves en la CUSAF.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Núm. Ind.	NOM-059-SEMARNAT-2010
1	*Cathartidae*	Zopilote	*Coragyps atratus*	4	No
2	*Columbidae*	Tortolita cola larga	*Columbina inca*	3	No
3	*Columbidae*	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	4	No
4	*Corvidae*	Cuervo	*Corvus corax*	1	No
5	*Cuculidae*	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	1	No
6	*Hirundinidae*	Golondrina común	*Hirundo rustica*	1	No
7	*Picidae*	Pájaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	1	No
8	*Troglodytidae*	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	2	No
			Total	**17**	

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, se determinó que las especies que presentan una mayor abundancia son el zopilote *Coragyps atratus,* paloma huilota *Zenaida macroura* y tortolita cola larga *Columbina inca.*

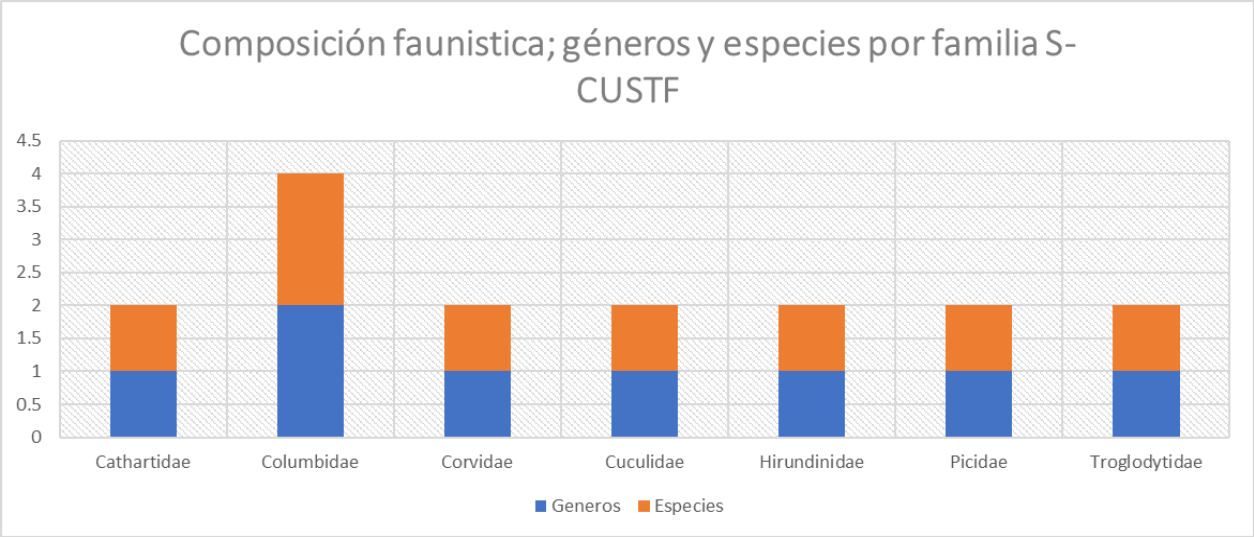
También es de resaltar que, de las ocho especies identificadas, ninguna se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo ninguna restricción ecológica que merezca atención especial.

Con el análisis de los datos de campo previamente procesados fue posible determinar la composición faunística del grupo de aves, resultado que la superficie de cambio de uso de suelo alberga un total de y familias y estas a su vez representan 8 géneros y 8 especies, tal como se puede demostrar en la siguiente tabla.

Tabla 304. Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en la S-CUSAF.

No.	Familia	Géneros	Especies
1	*Cathartidae*	1	1
2	*Columbidae*	2	2
3	*Corvidae*	1	1
4	*Cuculidae*	1	1
5	*Hirundinidae*	1	1

No.	Familia	Géneros	Especies
6	*Picidae*	1	1
7	*Troglodytidae*	1	1
	Total	**8**	**8**



Grafica 93 Riqueza por género y especie por familia del grupo de aves en la S-CUSAF.

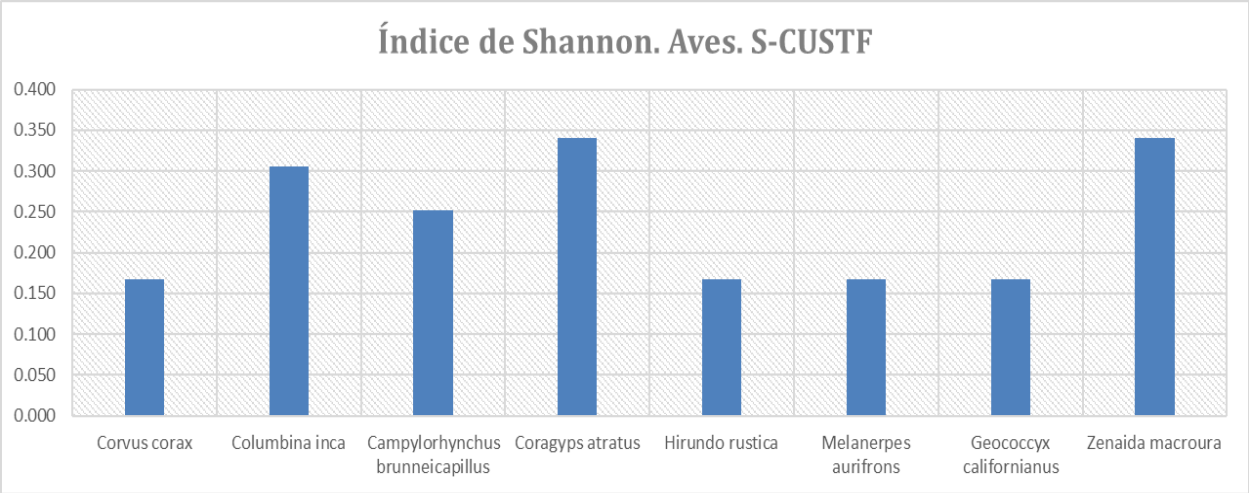
De acuerdo con la gráfica anterior, se puede ver que la familia que presenta una riqueza mayor es la *Columbida* con dos especies (*Columbina inca y Zenaida macroura),* el resto solo registra un género y una especie.

Para determinar la diversidad de especies dentro de la superficie de cambio de uso de suelo se utilizó el Índice de Shannon, dando como resultado un índice de 1.905, es decir, el área presenta una diversidad baja, la baja presencia de especies de aves obedece a algunas actividades antropogénicas ya que la superficie del proyecto colinda con un banco en proceso de explotación y actividades de trituración en sus cercanías, lo que ha ahuyentado la presencia de especies en el área.

Tabla 305. Riqueza y diversidad de aves en la superficie de cambio de uso de suelo.

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Cuervo	*Corvus corax*	No	1	0.059	-2.833	-0.167	0.167
2	Tortolita cola larga	*Columbina inca*	No	3	0.176	-1.735	-0.306	0.306

3	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	No	2	0.118	-2.140	-0.252	0.252
4	Zopilote	*Coragyps atratus*	No	4	0.235	-1.447	-0.340	0.340
5	Golondrina común	*Hirundo rustica*	No	1	0.059	-2.833	-0.167	0.167
6	Pájaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	No	1	0.059	-2.833	-0.167	0.167
7	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	No	1	0.059	-2.833	-0.167	0.167
8	Paloma huilota	*Zenaida macroura*	No	4	0.235	-1.447	-0.340	0.340
		Total		**17**	**1.000**		**-1.905**	**1.905**



Grafica 94 Riqueza y diversidad de aves en la superficie de cambio de uso de suelo.

A pesar de la baja diversidad registrada, las especies que sobresalen son; el zopilote *Coragyps atratus,* la paloma huilota *Zenaida macroura* y la tortolita cola larga *Columbina inca* especies con alta resiliencia a los cambios generados por actividades socioeconómicas.

Grupo faunístico. Mamíferos. S-CUSAF.

Para determinar la riqueza y abundancia de este grupo faunístico, como ya se dijo, se practicó un muestreo por medio del método de transectos, diseñados a partir de los sitios de muestreo de flora silvestre, muestreándose un total de cuatro transectos de diferente longitud, obteniéndose como resultado una riqueza de 4 especies con un total de 9 individuos, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 306. Relación de géneros y especies por familia del grupo de mamíferos en la S-CUSAF.

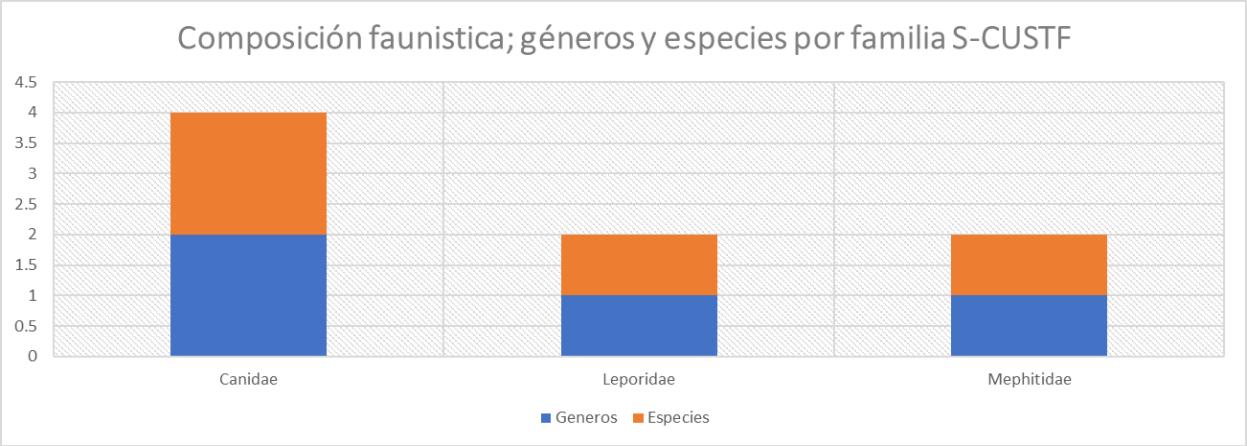
No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Núm. Ind.	NOM-059-SEMARNAT-2010
1	Canidae	Zorra gris	Urocyon cinereoargenteus	2	No
2	Canidae	Coyote	*Canis latrans*	1	No
3	Leporidae	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	5	No
4	Mephitidae	Zorrillo espalda blanca	*Conepatus leuconotus*	1	No
			Total	**9**	

Las especies que presentan mayor abundancia son el conejo *Sylvilagus floridanus* y la zorra gris Urocyon cinereoargenteus con 5 y 2 individuos respectivamente, mientras que el resto de las especies apenas le fue registrado un individuo en total.

En relación a la composición faunística dentro de la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales se obtuvo como resultado la presencia de 3 familias, 4 géneros y 4 especies, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 307. Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en la S-CUSAF.

No.	Familia	Géneros	Especies
1	Canidae	2	2
2	Leporidae	1	1
3	Mephitidae	1	1
	Total	**4**	**4**



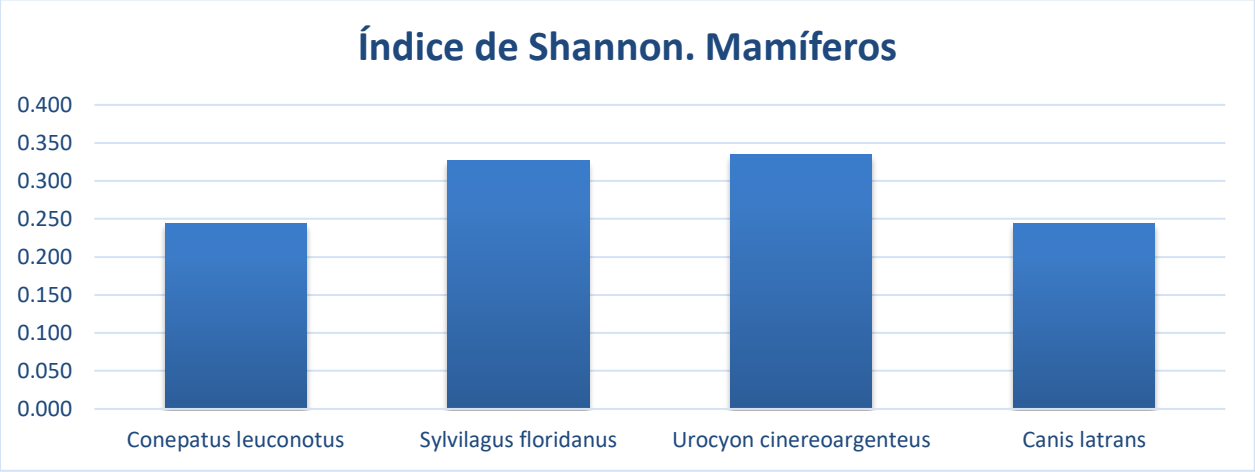
Grafica 95 Riqueza por género y especie por familia del grupo de mamíferos en la S-CUSAF.

De acuerdo con la gráfica anterior se puede observar que la familia *Canidae* es la que presenta una mayor abundancia de especies, el resto solo registro un género y una especie por familia.

En relación al índice de diversidad (1.149) para este grupo faunístico en especial se considera con una diversidad baja, esto debido al grado de perturbación que existe en el área de cambio de uso de suelo.

Tabla 308. Riqueza y diversidad de mamíferos en la superficie de cambio de uso de suelo.

No.	Nombre común	Nombre científico	Núm. Ind.	Pi	LN	(Pi)(LN Pi)	Índice de Shannon
1	Zorrillo espalda blanca	*Conepatus leuconotus*	1	0.111	-2.197	-0.244	0.244
2	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	5	0.556	-0.588	-0.327	0.327
3	Zorra gris	Urocyon cinereoargenteus	2	0.222	-1.504	-0.334	0.334
4	Coyote	*Canis latrans*	1	0.111	-2.197	-0.244	0.244
		Total	**9**	**1.000**		**-1.149**	**1.149**



Grafica 96 Riqueza y diversidad de mamíferos en la superficie de cambio de uso de suelo.

De acuerdo con la gráfica anterior, el conejo *Sylvilagus floridanus* y lá zotra gris *Urocyon cinereoargenteus* son las especies que presentan una mayor abundancia y en consecuencia mayor diversidad dentro de este grupo faunístico

Grupo faunístico. Reptiles. S-CUSAF.

Al igual que para el grupo de mamíferos, para este grupo se practicó un muestreo utilizando los mismos transectos, los cuales se describen en el apartado de fauna del grupo de mamíferos y

reptiles, donde únicamente fue posible identificar una riqueza de una especie, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 309. Relación de géneros y especies por familia del grupo de reptiles en la S - CUSAF.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Núm. Ind.	NOM-059-SEMARNAT-2010
1	Phrynosomatidae	Lagartija Espinosa Mexicana	*Sceloporus spinosus*	1	No
			Total	**1**	

Del análisis de los resultados de la tabla anterior, fue posible identificar 1 familia (Phrynosomatidae) con 1 género y 1 especies, dado que no existe mayor información para comparar la diversidad de esta especie en su grupo faunístico por lo tanto esta representa el valor de 0.000 de diversidad, es decir, una diversidad baja con una especie de abundancia.

Comparativo de la composición faunística entre el SA vs S-CUSAF.

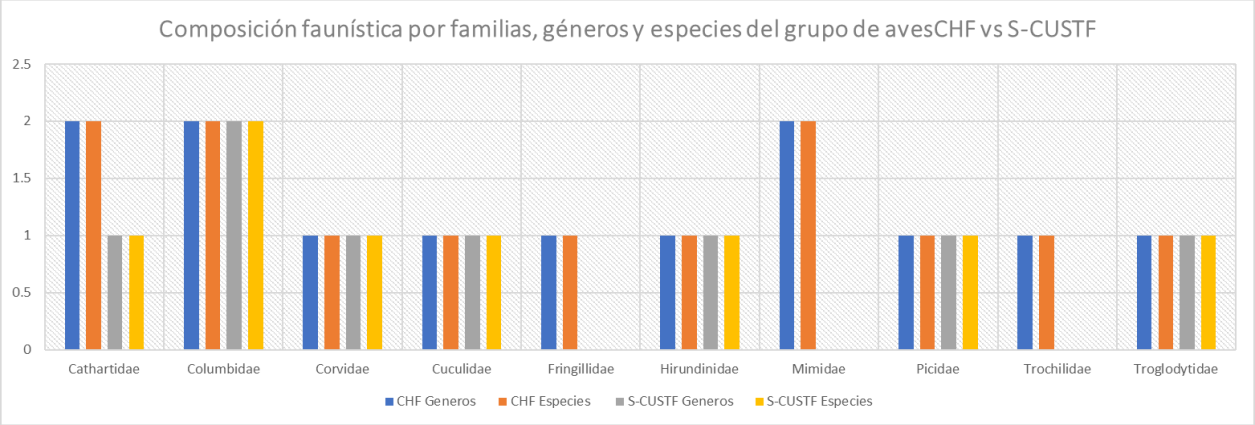
Con el objetivo de demostrar que con las actividades de cambio de uso de suelo no se afecta la fauna silvestre, máxime que la misma se encuentra representada en las dos condiciones geográficas, con los datos antes descritos fue posible realizar un comparativo con los datos de riqueza por familia, género y especies, considerando la abundancia e índice de diversidad para cada grupo faunístico, cuyos resultados se describen a continuación

Grupo de aves.

En relación al grupo de aves podemos observar que el sistema ambiental presenta 10 familias con 13 géneros y 13 especies, mientras que en la superficie de cambio de uso de suelo fue posible identificar 7 familias con 8 géneros y 8 familias, sin embargo, es importante precisar que todas las familias, géneros y especies identificadas en la superficie del proyecto también se encuentra identificadas en el sistema ambiental, por lo que el riesgo de verse disminuidas con motivo de las actividades de cambio de uso de suelo es mínimo, máxime que se aplicara el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre, cuyo objetivo es evitar dañar e incluso evitar la muerte accidente por motivo del cambio de uso de suelo.

Tabla 310. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de aves. SA vs S-CUSAF.

No.	Familia	SA		S-CUSAF	
		Géneros	Especies	Géneros	Especies
1	*Cathartidae*	2	2	1	1
2	*Columbidae*	2	2	2	2
3	*Corvidae*	1	1	1	1
4	*Cuculidae*	1	1	1	1
5	*Fringillidae*	1	1	0	0
6	*Hirundinidae*	1	1	1	1
7	*Mimidae*	2	2	0	0
8	*Picidae*	1	1	1	1
9	*Trochilidae*	1	1	0	0
10	*Troglodytidae*	1	1	1	1
	Total	**13**	**13**	**8**	**8**



Grafica 97 Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de aves. SA vs S-CUSAF.

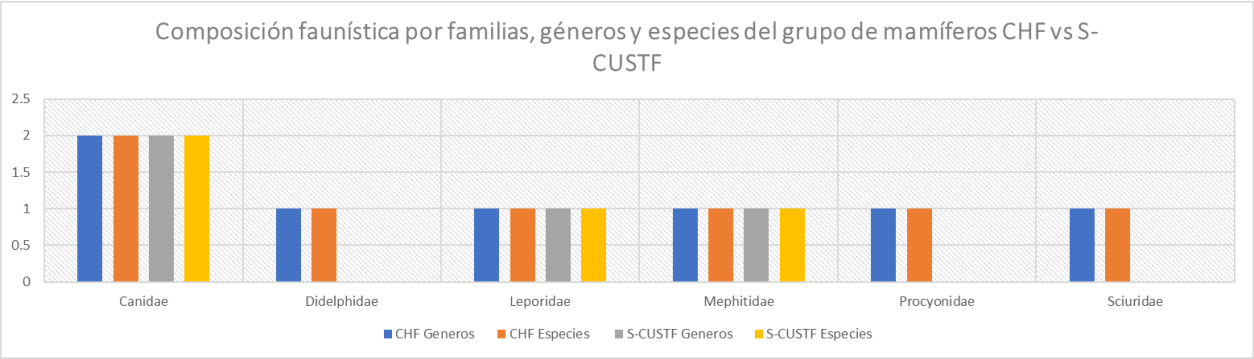
De acuerdo con la gráfica anterior, se puede observar que las familias que presentan una riqueza y abundancia mayor en el sistema ambiental son la *Cathartidea, Columbidae* y *Mimidae,* mientras que en la superficie de cambio de uso de suelo es la *Columbidae* el resto de las familias en ambas condiciones geográficas son similares en cuanto a la riqueza y abundancia.

Grupo de mamíferos

En relación al grupo faunístico de los mamíferos, se identificó una mayor riqueza y abundancia en el sistema ambiental, registrándose un total de 6 familias, con 7 géneros y 8 especies, mientras en la superficie de cambio de uso de suelo fue posible identificar 3 familias con 4 géneros y 4 especies, a pesar de que el sistema ambiental presenta mayor riqueza y abundancia es importante precisar que tanto las familias como los géneros y especies identificados en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, estos se encuentra ampliamente distribuidas en el sistema ambiental, esto nos permite asegurar y mantener las especies aun y con la ejecución del cambio de uso de suelo.

Tabla 311. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de mamíferos. SA vs S-CUSAF.

No.	Familia	SA		S-CUSAF	
		Géneros	Especies	Géneros	Especies
1	Canidae	2	2	2	2
2	Didelphidae	1	1	0	0
3	Leporidae	1	1	1	1
4	Mephitidae	1	1	1	1
5	Procyonidae	1	1	0	0
6	Sciuridae	1	1	0	0
	Total	**7**	**7**	**4**	**4**



Grafica 98 Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de mamíferos. SA vs S-CUSAF.

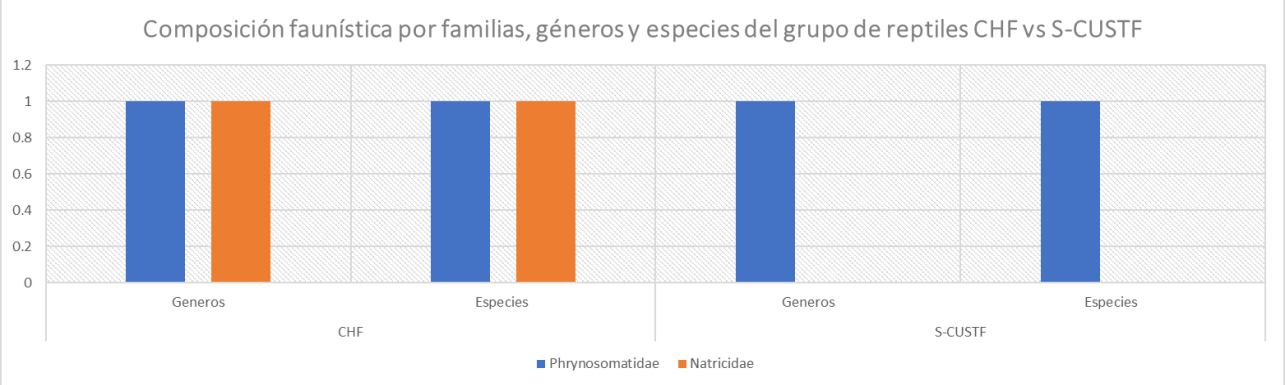
En base a la gráfica anterior, se puede observar que la familia que representa una mayor riqueza y abundancia tanto en sistema ambiental como en la superficie de cambio de uso de suelo en la *Canidae* el resto de las familias presenta similitud en cuanto a dichos indicadores.

Grupo de reptiles

El grupo faunístico de reptiles fue el menos representado en las dos condiciones geográficas (SA vs S-CUSAF), quizá el factor que allá influido sea la época del muestro, aun así el sistema ambiental, es la que registro mayor riqueza con 2 familias, 2 género y 2 especies mientras que la superficie de cambio de uso de suelo solo fue posible identificar una familia, 1 género y 1 especie, a pesar de la baja presencia de especies de este grupo, la especies registrada en el área del proyecto también fue posible identificarla en el sistema ambiental, por lo que se concluye que no se verá disminuida con motivo del cambio de uso de suelo, sin embargo, tanto la especie de este grupo como, el de aves y mamíferos serán incluidas en el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre, tomando en cuenta la movilidad de las mismas.

Tabla 312. Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de reptiles. SA vs S-CUSAF.

No.	Familia	SA		S-CUSAF	
		Géneros	Especies	Géneros	Especies
1	Phrynosomatidae	1	1	1	1
2	Natricidae	1	1	0	0
	Total	**2**	**2**	**1**	**1**



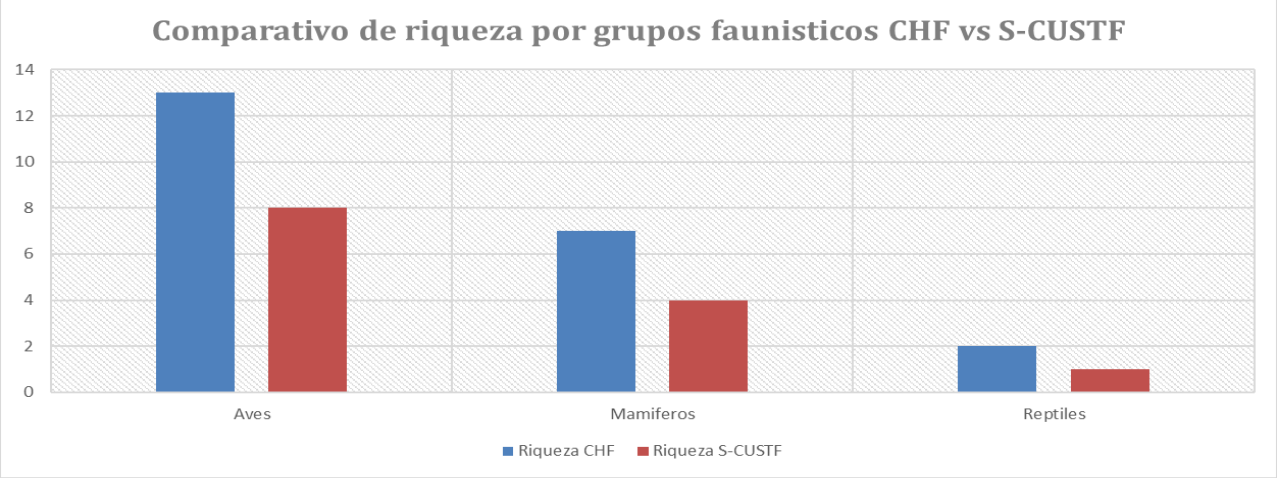
Grafica 99 Comparativo faunístico de la composición faunística del grupo de reptiles. SA vs S-CUSAF.

De acuerdo con la gráfica anterior, se puede observar la presencia de dos familias, género y especies en el sistema ambiental y una familia con un género y una especie para la superficie de cambio de uso de suelo la cual se encuentra identificada y distribuida en la cuenca en mención.

En relación a la riqueza e índices de diversidad por grupos faunísticos en el sistema ambiental y la superficie de cambio de uso de suelo, se obtuvo como resultado que el grupo de aves tanto en el SA como en la superficie a cambio de uso de suelo presenta una riqueza mayor con 13 y 8 especies respectivamente, aunque el SA presenta una mayor riqueza, le sigue el grupo de mamíferos con 7 y 4 especies, donde el SA presenta también una mayor riqueza y finalmente el grupo de reptiles con 2 y 1 donde el SA registra mayor riqueza, sin embargo, cabe señalar que todas las especies que representan la riqueza en la superficie de cambio de uso de suelo también fueron registradas e identificadas en el SA, lo que nos indica que aun con la ejecución del proyecto, estas se mantendrán en el ecosistema por afectar, máxime que además serán incluidas la totalidad en el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.

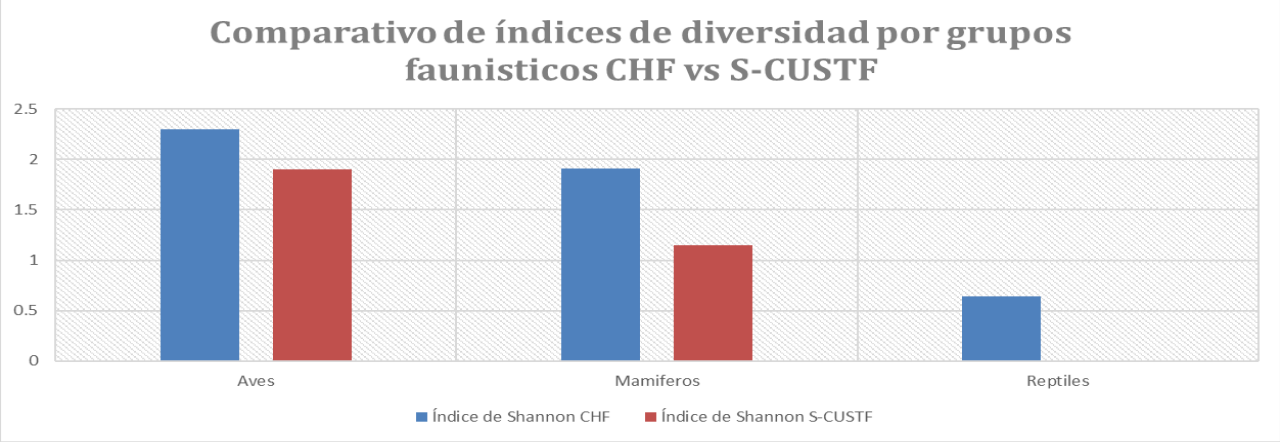
Tabla 313. Comparativo faunístico entre riqueza e índices de diversidad por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF.

Grupos	Riqueza		Índice de Shannon	
	SA	S-CUSAF	SA	S-CUSAF
Aves	13	8	2.302	1.905
Mamíferos	7	4	1.907	1.149
Reptiles	2	1	0.637	0.000



Grafica 100 Comparativo faunístico de riqueza por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF.

De acuerdo con la gráfica anterior, se puede observar que el grupo de aves es el que presenta una mayor riqueza en ambas condiciones geográficas, seguido por el de mamíferos y el que menos riqueza represento fue el de reptiles.



Grafica 101 Comparativo faunístico de índices de diversidad por grupos faunísticos. SA vs S-CUSAF.

En base a la gráfica de comparativo faunístico de índices de diversidad por grupo faunísticos, se observa el mismo comportamiento que la riqueza, donde el grupo de aves presenta una mayor diversidad tanto en el SA como en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales (2.302 y 1,905) respectivamente.

Le sigue el grupo representado por los mamíferos con (SA 1.907 vs S-CUSAF 1.149) respectivamente, y finalmente el grupo de reptiles con (SA 0.637 vs S-CUSAF 0.000), dando como resultado que la cuenca hidrológico forestal presenta una mayor diversidad en todos los grupos con la superficie de cambio de uso de suelo.

Finalmente, se construyó una Chek List comparativa de presencia – ausencia de especies en las dos condiciones geográficas, es decir, sistema ambiental y superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, donde se corroboro que todas las especies registradas e identificadas en la superficie del proyecto también se encuentran registradas e identificadas en el sistema ambiental, por lo que aun, llevándose la ejecución del cambio de uso de suelo, estas se mantienen en el ecosistema por afectar, sin embargo, obedeciendo a la movilidad de las mismas, la forma más segura de garantizar su conservación es incluirlas en su totalidad dentro del programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.

Tabla 314. Check List de presencia – ausencia de especies entre el SA vs S-CUSAF.

Aves						
No.	**Familia**	**Nombre común**	**Nombre científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**SA**	**S-CUSAF**
1	*Cathartidae*	Aura	*Cathartes aura*	No	6	0
2	*Cathartidae*	Zopilote	*Coragyps atratus*	No	*4*	4
3	*Columbidae*	Tortola cola larga	*Columbina inca*	No	18	3
4	*Columbidae*	Huilota	*Zenaida macroura*	No	8	4
5	*Corvidae*	Cuervo	Corvus corax	No	4	1
6	*Cuculidae*	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	No	2	1
7	*Fringillidae*	Dominico	*Carduelis psaltria*	No	5	0
8	*Hirundinidae*	Golondrina común	*Hirundo rustica*	No	16	1
9	*Mimidae*	Cenzontle	*Mimus polyglottos*	No	2	0
10	*Mimidae*	Cuitlacoche	*Toxostoma curvirostre*	No	4	0
11	*Picidae*	Pajaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	No	3	1
12	*Trochilidae*	Colibri lucifer	*Calothorax lucifer*	No	2	0
13	*Troglodytidae*	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	No	8	2
			Total		**82**	**17**
Mamíferos						
No.	**Familia**	**N. Común**	**N. Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**SA**	**S-CUSAF**
1	Canidae	Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	No	2	2
2	Sciuridae	Ardilla	*Spermophilus variegatus*	No	2	0
3	Leporidae	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	No	1	5
4	Canidae	Coyote	*Canis latrans*	No	2	1
5	Procyonidae	Mapache	*Procyon lotor*	No	2	0
6	Mephitidae	Zorrillo	*Conepatus leuconotus*	No	1	1
7	Didelphidae	Tlacuache	*Didelphis virginiana*	No	2	0
			Total		**12**	**9**
Reptiles						
No.	**Familia**	**N. Común**	**N. Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**SA**	**S-CUSAF**
1	Phrynosomatidae	Lagartija Espinosa Mexicana	*Sceloporus spinosus*	No	2	1
2	Natricidae	Culebra del agua	*Thamnoplis cytopsis*	No	1	0
			Total		**3**	**1**

Así mismo es importante precisar que la totalidad de especies registradas en ambas condiciones geográficas, ninguna de ellas se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo ninguna categoría de riesgo, por lo que no se afectaran especies incluidas en dicha Norma.

Estimación del grado de afectación de los recursos flora y fauna silvestre.

Con el objetivo de estimar el grado de afectación de los recursos biológicos forestales, es decir, flora y fauna silvestre en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas, es importante, primero entender el valor económico que estos representan, por ello, nos dimos a la tarea de ver ese valor desde diferentes perspectivas como a continuación se describe.

El valor económico de un recurso natural es una expresión monetaria de los beneficios que dicho recurso genera para la sociedad. Este valor no necesariamente está ligado al uso directo o indirecto del recurso, sino que también está basado en motivos de tipo altruistas, éticos y morales. Por tanto, el valor económico total de un recurso natural está compuesto por valores de uso y de no uso, que la literatura define de la forma siguiente:

Valor de uso: El valor de uso se deriva del uso real de los recursos naturales. Según Freeman (1993), el valor de uso se define como el valor económico asociado con el uso "in situ" de un recurso. Considerando la variedad de usos que incluye, éste a la vez se subdivide en valor de uso directo, indirecto y de opción:

Valor de uso directo: se refiere al valor por el uso de un recurso en un lugar específico. Este uso puede ser consuntivo o no consuntivo. En el primero, el recurso es consumido por la actividad que se desarrolla en él, por ejemplo, la extracción de leña y frutos, la caza y la pesca. Mientras en el uso no consuntivo el recurso se usa de manera contemplativa, tal es el caso de visitas a un lugar recreativo o paisajístico.

Valor de uso indirecto: surge cuando las personas no entran en contacto directo con el recurso en su estado natural, pero aun así el individuo se beneficia de él. Este es el caso de las funciones ecológicas o ecosistémicas como regulación de clima, reciclaje de nutrientes y de residuos, entre otros.

Valor de opción: hace referencia al valor de uso potencial de un recurso, es decir, corresponde a lo que los individuos están dispuestos a pagar hoy por usar el recurso en el futuro.

Adicionalmente, algunos autores han desarrollado el concepto de valor de cuasi-opción, el cual refleja el beneficio neto obtenido al posponer una decisión de usar o no un recurso, en espera de despejar total o parcialmente la incertidumbre existente mediante la obtención de una mayor información.

Valor de no uso: El valor de no uso o valor intrínseco se refiere a valores que están en la propia naturaleza de las cosas, pero a la vez están disociados del uso o incluso de la opción de usarlas. Viene dado por la sola existencia del recurso en los ambientes naturales y de sus atributos. La existencia de este valor es independiente de la apreciación de las personas, no obstante, su valor o utilidad es captado a través de la revelación de las preferencias de los seres humanos. El valor de no uso incluye el valor de legado y el valor de existencia.

Valor de legado: corresponde al valor que cualquier individuo le asigna a un recurso al saber que otros puedan beneficiarse del mismo en el futuro.

Valor de existencia: es un concepto que surge al asignar un determinado valor a un recurso simplemente porque éste existe, aun cuando los individuos nunca han tomado contacto con él, ni lo harán en el futuro.

Valor Económico Total: corresponde a la sumatoria de los valores de uso y de no uso (VET = Valor de uso + Valor de no uso).

Estimación económica de los recursos de flora silvestre.

Para llegar a obtener los valores económicos de uso de cada especie se determinó inicialmente el producto a obtener por cada una de las especies, dividiéndose en los siguientes usos: leña, plantas, individuos, brazuelos, raquetas y cactus; de acuerdo a los usos se investigó con campesinos de la región, en mercados locales, el precio de los productos, obteniéndose los siguientes precios unitarios.

Tabla 315. Precios unitarios por producto a obtener de flora silvestre.

Producto	Unidad de medida	Precio Unitario en $
Leña	m3	500.00
Arbustos	Plantas	2.00

Producto	Unidad de medida	Precio Unitario en $
Pastos	Plantas	0.10
Hierbas	Plantas	0.5
Brazuelo	Brazos	10.00
Raqueta	Raquetas	15.00
Cactus	Individuos	20.00
Fibra	m3	500.00

Para determinar el volumen maderable en metros cúbicos de la vegetación presente en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo forestal, se aplicaron ecuaciones exponenciales por especie. Las ecuaciones aplicadas en este estudio se determinaron con base en la metodología empleada por el Inventario Nacional Forestal y de Suelos en la obtención de los resultados 2015-2020, y fueron las siguientes:

Tabla 316. Modelos matemáticos para determinar el volumen por especie.

N. común	N. científico	Ecuación de volumen	Clave de ecuación
Acebuche	*Forestiera phillyreoides* 1)	$\text{EXP}(-9.82944377 + 1.9060093 * \text{LN}(\text{DAP}) + 1.04047533 * \text{LN}(\text{ALT}))$	T14_Chis
Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	$\text{EXP}(-9.56168726 + 1.83727218 * \text{LN}(\text{DAP}) + 1.03577031 * \text{LN}(\text{ALT}))$	TC_Gto
Palo xixote	*Bursera fagaroides*	$0.00006 * \text{Potencia}(\text{DAP}, 1.98226) * \text{Potencia}(\text{ALT}, 0.84224)$	T_Dgo_28
Retama o Conzá	Senna mensicola 2)	$\text{EXP}(-10.01137401 + 1.97688779 * \text{LN}(\text{DAP}) + 1.02860759 * \text{LN}(\text{ALT}))$	T4_Chis

Fuente: Ecuaciones obtenidas del Inventario Nacional Forestal 2015-2020. Comisión Nacional Forestal. https://snif.cnf.gob.mx/download/infys-nacional-ecuaciones-asignadas-volumen-maderable-2015-2020/

1) La ecuación corresponde al género *Cedrela*.
2) La ecuación corresponde a la especie *Senna racemosa* aplicada al estado de Querétaro.

Donde:

EXP : Exponencial

LN: Logaritmo natural

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho

ALT: Altura total del árbol.

Es importante precisar que, solo se consideró aquellos individuos con un diámetro a la altura al pecho (DAP) mayor a 4.5 cm, de otras latifoliadas.

Con la aplicación de dichas ecuaciones exponenciales, se obtuvo como resultado, la de un **volumen total de 0.2733 m^3 del estrato arbóreo**, en la superficie total del proyecto, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 317. Estimación del volumen maderable en la S-CUSAF

No.	Nombre común	Nombre científico	Individuos totales	Diámetro basal promedio (cm)	Altura total promedio (m)	V. T. A (M3)	V. T. (M3)
1	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	13	4	1	0.0009	0.0115
2	Cuatle	*Helietta parviflora*	2	7	2	0.0051	0.0100
3	Mezquite	*Neltuma laevigata*	10	10	2.5	0.0125	0.1228
4	Palo prieto	*Senna wislizeni*	27	2	1.5	0.0003	0.0071
5	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	6	6	1.5	0.0029	0.0174
6	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	5	3	1	0.00044	0.0022
7	Palma pita	*Yucca filifera*	2	19	3	0.0519	0.1022
		TOTAL	**64**				**0.2733**

Tabla 318. Volumen y valor maderable

Grupo o género	Volumen /predio (m3)	Precio unitario ($MXN)	Valoración del producto ($)
Otras latifoliadas	0.2733	500.00	136.65
Total	**0.2733**	**500.00**	**136.65**

De acuerdo con las entrevistas de los pobladores, y dadas las características dasométricas, el volumen resultante no es comercializable.

Tabla 319. Estimación del valor económico de los recursos forestales no maderables de la flora silvestre en le S-CUSAF.

No.	Estrato	Nombre común	Nombre científico	Abundancia /S-CUSAF	P. U. ($)	P. T. ($)	Tipo de valor	Comerci-alizable	Producto
1	Herbáceas	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	**20696**	0.10	2,069.55	Existencia	No	Forrajera
2	Herbáceas	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	**177390**	0.50	88,695.00	Directo	Si	Forrajera
3	Herbáceas	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	**2957**	0.20	591.30	Existencia	No	Medicinal
4	Herbáceas	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	**7391**	0.10	739.13	Existencia	No	ND
5	Herbáceas	Zazálic	*Mentzelia hispida*	**24638**	0.10	2,463.75	Directo	No	ND
6	Herbáceas	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	**5420**	0.10	542.03	Existencia	No	Medicinal
7	Herbáceas	Pasto 2	*Briza sp*	**4435**	0.50	2,217.38	Directo	Si	Forrajera

No.	Estrato	Nombre común	Nombre científico	Abundancia /S-CUSAF	P. U. ($)	P. T. ($)	Tipo de valor	Comerci-alizable	Producto
8	Herbáceas	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	**10841**	0.50	5,420.25	Directo	Si	Forrajera
9	Arbustos	Cabello de angel	*Painteria revoluta*	**1452**	0.10	145.16	Existencia	No	Forrajera
10	Arbustos	Engordacabra	*Dalea bicolor*	**3452**	0.10	345.24	Existencia	No	Forrajera
11	Arbustos	Capulincillo	*Karwinskia molliis*	**2432**	0.50	1,216.18	Existencia	No	Medicinal
12	Arbustos	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	**1059**	0.10	105.93	Existencia	No	ND
13	Arbustos	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	**2236**	0.10	223.62	Existencia	No	Ornamental
14	Arbustos	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	**1922**	2.00	3,844.71	Existencia	No	Medicinal
15	Arbustos	Maguey áspero	*Agave asperrima*	**981**	5.00	4,903.96	Directo	Si	Forrajera
16	Arbustos	Uña de gato	*Mimosa texana*	**1452**	2.00	2,903.14	Existencia	No	Medicinal
17	Arbustos	Huizache	*Vachellia farnesiana*	**314**	5.00	1,569.27	Existencia	Si	Forrajera
18	Arbustos	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	**392**	2.00	784.63	Existencia	No	Forrajera
19	Arbustos	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	**392**	0.50	196.16	Directo	Si	Medicinal
20	Arbustos	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	**39**	5.00	196.16	Directo	Si	Forrajera
21	Arbustos	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	**392**	1.00	392.32	Directo	Si	Medicinal
22	Arbustos	Granjeno	*Celtis pallida*	**78**	0.50	39.23	Existencia	No	Forrajera
23	Arbóreo	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	**13**	20.00	256.23	Directo	No	Medicinal
24	Arbóreo	Cuatle	*Helietta parviflora*	**2**	10.00	19.71	Directo	No	ND
25	Arbóreo	Mezquite	*Neltuma laevigata*	**10**	50.00	492.75	Directo	No	Medicinal
26	Arbóreo	Palo prieto	*Senna wislizeni*	**27**	15.00	399.13	Directo	No	ND
27	Arbóreo	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	**6**	20.00	118.26	Directo	No	Ornamental
28	Arbóreo	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	**5**	20.00	98.55	Directo	No	Ornamental
29	Arbóreo	Palma pita	*Yucca filifera*	**2**	20.00	39.42	Directo	Si	Ornamental
30	Cactáceas	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	**20**	50.00	985.50	Legado	Si	Ornamental
31	Cactáceas	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	**23**	50.00	1,133.33	Legado	Si	Ornamental
32	Cactáceas	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	**15**	50.00	739.13	Legado	Si	Ornamental
33	Cactáceas	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	**13**	50.00	640.58	Legado	Si	Ornamental
34	Cactáceas	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	**4**	50.00	197.10	Legado	Si	Ornamental
35	Cactáceas	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	**10**	50.00	492.75	Legado	Si	Ornamental
36	Cactáceas	Cardón	*Cylindopuntia imbricata*	**46**	5.00	231.59	Legado	Si	Ornamental
37	Cactáceas	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	**27**	50.00	1,330.43	Legado	Si	Ornamental
38	Cactáceas	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	**6**	15.00	88.70	Legado	Si	Ornamental
39	Cactáceas	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	**42**	50.00	2,118.83	Legado	No	Ornamental
40	Cactáceas	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	**13**	15.00	192.17	Legado	Si	Ornamental
41	Cactáceas	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	**15**	5.00	73.91	Legado	Si	Ornamental
42	Cactáceas	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	**7**	50.00	344.93	Legado	No	Ornamental
43	Cactáceas	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	**1**	15.00	14.78	Legado	Si	Ornamental
			Total	**270,666**		**129,611.83**			

La valoración económica de los recursos forestales de la flora silvestre, resultó en $ 129,748.48 (Ciento veintinueve mil setecientos cuarenta y ocho pesos 48/100 M.N). De los cuales **$ 136.65** provienen de los recursos maderables y **$ 129,611.83** de los recursos forestales no maderables, en la siguiente tabla se indica su valoración por valor de uso (directo, existencia o legado) de los recursos forestales.

Estimación económica de los recursos de fauna silvestre.

Por lo que respecta a la fauna, se presenta a continuación su valoración económica, basada en la determinación del valor de los productos mediante el empleo de un precio unitario asignado a la abundancia por cada especie. De esta manera se determinó un valor acumulado de **$ 30,350.00 (Treinta mil trescientos cincuenta pesos 00/100 M. N).**

Tabla 320. Estimación del valor económico de los recursos faunísticos en le S-CUSAF.

Aves								
No	**Nombre comun**	**Nombre científico**	**Abundancia /S-CUSAF**	**P. U. $**	**P. T. $**	**Tipo de valor**	**Comerci-alizable**	**Producto**
1	Cuervo	Corvus corax	3	100.00	300.00	Existencia	No	ND
2	Tortola cola larga	*Columbina inca*	13	50.00	650.00	Legado	Si	Mascota
3	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	7	100.00	700.00	Existencia	No	Mascota
4	Cenzontle	*Mimus polyglottos*	2	1500.00	3,000.00	Directo	Si	Mascota
5	Aura	*Cathartes aura*	3	100.00	300.00	Existencia	No	ND
6	Zopilote	*Coragyps atratus*	3	100.00	300.00	Existencia	No	ND
7	Golondrina comun	*Hirundo rustica*	10	200.00	2,000.00	Legado	Si	Mascota
8	Pajaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	2	500.00	1,000.00	Existencia	No	Mascota
9	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	1	500.00	500.00	Existencia	Si	Mascota
10	Colibri lucifer	*Calothorax lucifer*	1	200.00	200.00	Legado	Si	Mascota
11	Cuitlacoche	*Toxostoma curvirostre*	2	500.00	1,000.00	Existencia	Si	Mascota
12	Dominico	*Carduelis psaltria*	2	500.00	1,000.00	Existencia	Si	Mascota
13	Huilota	*Zenaida macroura*	6	100.00	600.00	Directo	Si	Mascota
		Total	**55**		**11,550.00**			
No	**Mamíferos**							
1	Zorra espalda blanca	*Urocyon cinereoargenteus*	2	2,500.00	5,000.00	Existencia	Si	Mascota
2	Ardilla	*Spermophilus variegatus*	2	300.00	600.00	Directo	Si	Mascota
3	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	1	250.00	250.00	Directo	Si	Mascota
4	Coyote	*Canis latrans*	2	5,000.00	10,000.00	Directo	Si	Mascota
5	Mapache	*Procyon lotor*	2	500.00	1,000.00	Directo	No	Alimenticio
6	Zorrillo	*Conepatus leuconotus*	1	500.00	500.00	Directo	Si	Alimenticio
7	Tlacuache	*Didelphis virginiana*	2	600.00	1,200.00	Directo	Si	Alimenticio
		Total	**12**		**18,550.00**			
No	**Reptiles**							

1	Lagartija	*Sceloporus horridus*	1	50.00	50.00	Existencia	Si	Mascota
2	Culebra del agua	*Thamnoplis cytopsis*	2	100.00	200.00	Existencia	No	ND
		Total	**3**		**250.00**			
		Suma	**70**		**30,350.00**			

De acuerdo con los resultados que resultan de la estimación de los recursos forestales, maderables y no maderables, es decir, de la flora y fauna silvestre, en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, se tiene una afectación en términos económicos de **$ 160,098.48 (Ciento sesenta mil noventa y ocho pesos 48/100 M. N)** de estos **$ 129,748.48 (Ciento veintinueve mil setecientos cuarenta y ocho pesos 48/100 M.N).** provienen de los recursos maderables y no maderables de la flora silvestre y **$ 30,350.00 (Treinta mil trescientos cincuenta pesos 00/100 M. N.)** por concepto del supuesto de comercialización de la fauna silvestre.

Sin embargo, es importante precisar, que se han propuesto medidas de prevención y mitigación que serán atenuantes sobre dicha afectación, por ejemplo el programa de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, es decir, de las especies de flora silvestre presentes en la S-CUSAF, el 41.86% están propuestas a rescate y reubicación, por lo que se reduce considerablemente el nivel de afectación.

Por lo que respecta a las especies de fauna silvestre, están consideradas el 100% para rescate y reubicación, por lo que el nivel de afectación se reduce al mínimo, sobre todo que se vigilaran las actividades de cambio de uso de suelo, a fin de detectar la posible presencia de individuos que accidentalmente no sean visualizados y garantizar su rescate y reubicación.

Conclusiones sobre flora y fauna silvestre.

Después de haber realizado el análisis comparativo de la composición florística y faunística del área propuesta a cambio de uso de suelo con relación al sistema ambiental, se concluye que dichos elementos biológicos no sufrirán afectación alguna con motivo del cambio de uso de suelo, por lo siguiente;

En relación a las especies de flora silvestre, sin bien es cierto, que se identificó la ausencia de cuatro especies, que no se encuentran registradas e identificadas en el sistema ambiental, también es un hecho de que las mismas serán incluidas en el programa de rescate y reubicación de flora silvestre, sumado a lo anterior, se propone un subprograma de rescate y reubicación

específicamente para dichas especies con propósito de darle seguimiento puntual para garantizar su permanencia y conservación en el ecosistema por afectar con el cambio de uso de suelo, tanto estas como otras que resultaron con un nivel de importancia alto, las representativas de matorral crasicaule y principalmente las que presentan algún tipo de restricción dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, criterios predominantes para elegir las especies a incluir en dicho programa. Lo que nos permitirá que todas las especies que pudiera sufrir algún tipo de afectación se mantengan y conserven en el ecosistema dentro del sistema ambiental.

También es importante precisar que el sistema ambiental presenta una mayor riqueza, abundancia y diversidad de familias, géneros y especies comparado con la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, lo que nos garantiza que aun con la ejecución del cambio de uso de suelo dichas familias, géneros y especies se mantengan en el ecosistema analizado.

Respecto a la fauna silvestre, después del análisis comparativo se obtuvo como resultado que todas las familias, géneros y especies identificados en la superficie de cambio de uso de suelo, todas se encuentran ampliamente distribuidas en el sistema ambiental con una mayor riqueza, abundancia y diversidad, sin embargo, obedeciendo a la movilidad de las mismas, estas serán incluidas en el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre con el objetivo de garantiza su permanencia y conservación en el ecosistema por afectar dentro del sistema ambiental.

Así mismo es importante precisar que de las especies registradas e identificadas en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales y el sistema ambiental, ninguna se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo, por lo que no se afectaran especies incluidas en dicha norma.

En general se concluye que, aun llevándose a cabo el cambio de uso de suelo, bajo en las condiciones biológicas presentes en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales y con la aplicación de las medidas de prevención y mitigación, principalmente el programa de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre, la biodiversidad se mantiene, cumpliéndose de esta manera el precepto normativo que marca la ley en la materia, el de mantener la biodiversidad.

III.3.2 Medio socioeconómico

El municipio de Tolimán se encuentra localizado en la parte Centro Oeste del estado de Querétaro, con altitudes que varían entre 1 350 y 2 740 msnm. Colinda al Norte con el municipio de Peñamiller y el estado de Guanajuato, al Oeste con el municipio de Colón y el estado de Guanajuato, al Sur con los municipios de Cadereyta de Montes, Ezequiel Montes y Colón; y al

Este con los municipios de Peñamiller y Cadereyta de Montes. El municipio cuenta con una extensión territorial de 724.7 km² de un total estatal de 11 449 km² que representa el 6% del total del estado. En cuanto a su extensión territorial, ocupa el sexto lugar.

a) Demografía

Crecimiento y distribución de la población

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, en el municipio de Tolimán existen 27,916 habitantes distribuidos en 103 localidades de las cuales 100 están catalogadas como rurales y 3 como urbanas, cuya población total por edades, se encuentra distribuida de la siguiente manera:

Tabla 321. Distribución de la población por grupos de edades

Población	Total
	27,916
3 años y Mas	26,276
5 años y Mas	25,194
12 años y Mas	21,147
15 años y Mas	19,401
18 años y Mas	17,699
60 años y Mas	2,834

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2020. INEGI.

Estructura por sexo y edad.

La estructura demográfica de la población es la clasificación de ésta en grupos determinados y según ciertos criterios, que permiten procesar los datos obtenidos en los estudios demográficos en razón de determinados rasgos estructurales; es decir, es la composición de la población por sexo (femenino / masculino) y edad, la cual se encuentra distribuida de la siguiente manera:

Tabla 322. Distribución de la población por grupos de sexo y edades.

Población	Total	Hombres	Mujeres
	27,916	**13,128**	**14,788**
3 años y Mas	26,276	12,297	13,979
5 años y Mas	25,194	11,783	13,411
12 años y Mas	21,147	97,49	11,398

15 años y Mas	19,401	89,10	10,491
18 años y Mas	17,699	80,53	9,646
60 años y Mas	2,834	1,263	1.571
Relación Hombre – Mujeres		88.77%	

Natalidad, Morbilidad y Mortalidad

El promedio de hijos nacidos vivos es de 2.44, de acuerdo al último Censo Poblacional y Vivienda 2020 del INEGI, mientras que 26,273 nacieron en la entidad, de los cuales 13,911 son mujeres y 12,362 hombres, lo que equivale a 52.95% de mujeres y 47.05% a hombres.

Migración

Para la zona de estudio se observa que algunas localidades presentan tasas de crecimiento negativa, lo que indica el fenómeno de emigración de población. A ello se suma la influencia de la Ciudad de Querétaro representando polos de atracción debido a la concentración de servicios y oportunidades de trabajo.

Por lo anterior el proyecto contribuye al arraigo de los habitantes el generarles más y mejores oportunidades de empleo, propiciando con ello el tejido social y evitando la desintegración familiar.

Que de los 27,916 habitantes que compone la población del municipio de Tolimán 26,273 han nacido en el estado de Querétaro, mientras que el resto ha nacido fuera del municipio.

Condición del pobreza, marginación y rezago social.

El municipio de Tolimán presenta un grado de marginación y de rezago social medio, de acuerdo con la información de población, condición de pobreza, marginación y rezago social, tal como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 323. Información general de la población, condición de pobreza, marginación y rezago social.

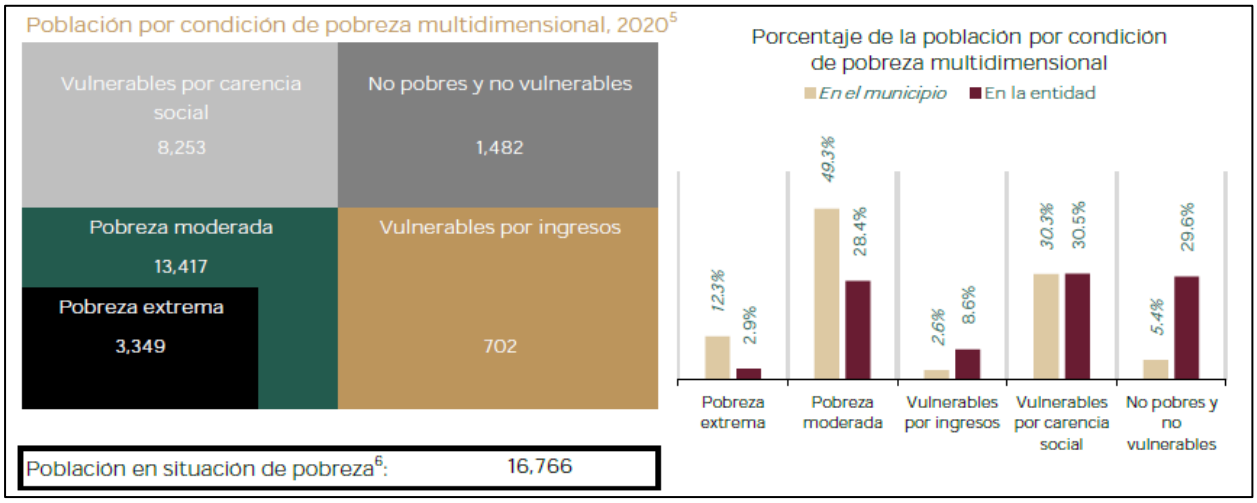
I. Información general de la población, condición de pobreza, marginación y rezago social

Indicador	En el municipio	En la entidad
Población (número de personas), 2020[1]	27,916	2,368,467
Población de mujeres	14,788	1,211,647
Población de hombres	13,128	1,156,820
Población con discapacidad	1,591	96,160
Población indígena	9,363	62,207
Población afromexicana	494	43,436
Población adulta mayor (65 años y más)	1,984	159,493
Grado de Marginación, 2020[2]	Medio	Bajo
Grado de Rezago Social, 2020[3]	Medio	Bajo
Zonas de Atención Prioritaria, 2022[4]		
Rurales	0	0
Urbanas	1	8

Fuente. Gobierno del México. Secretaria de Bienestar. Unidad de Planeación y Evaluación de Programas para el Desarrollo.

Población por condición de pobreza multidimensional, 2020.

En el municipio de Tolimán, existe un total de 8,253 personas vulnerables por carencia social, 13,417 en pobreza moderada 7 3,349 en pobreza extrema, como se puede observar en la siguiente grafica.



Grafica 102 Población en condición de pobreza multidimensional, 2020.

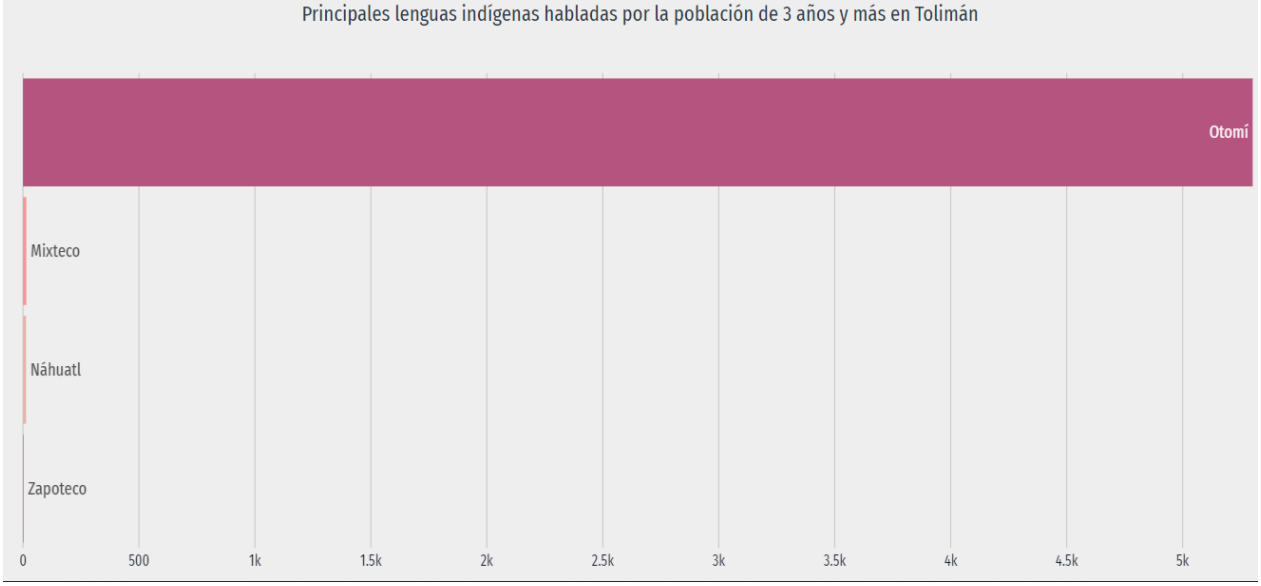
Fuente. Gobierno del México. Secretaria de Bienestar. Unidad de Planeación y Evaluación de Programas para el Desarrollo.

Grupos étnicos

En Tolimán se localiza la más grande concentración de población indígena del estado de Querétaro, siendo su gran mayoría de etnia otomí, las principales comunidades otomíes del municipio son ***San Miguel, Barrio de Casas Viejas, El Molino, Casa Blanca y Bomintzá;*** se encuentran mayormente integrados en la vida pública, aunque siguen conservando en buena medida sus costumbres y sus tradiciones, entre ellas su lenguaje, que es la lengua indígena más hablada. *Código INEGI 22018*.

La población de 3 años y más que habla al menos un lengua indígena fue de 5.33k personas, lo que corresponde a 19.1% del total de la población del Tolimán.

Las lenguas indígenas más habladas fueron Otomí con 5,302 habitantes, Mixteco con 14 habitantes y Náhuatl con 13 habitantes, tal como se muestra en la siguiente gráfica.



Grafica 103 Principales lenguas indígenas habladas por la población de 3 años y más en **Tolimán.**

Fuente. Censo de Población y Vivienda 2020.

De acuerdo a la información descrita, es importante precisar que dentro del sistema ambiental y el área de influencia del proyecto no se ubican pueblos o comunidades indígenas que pudieran ser influenciados o afectados de forma negativa con la ejecución del proyecto, de acuerdo al *Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Secretaría de*

Gobernación (2005). «Enciclopedia de los Municipios de México». Archivado desde el original el 19 de mayo de 2007. Consultado el 2008.

Así mismo, al momento no existen evidencias de grupos de la sociedad civil organizada o integrantes de la sociedad en general, que allá manifestado rechazo al proyecto o a este tipo de proyectos. En este sentido es importante precisar, que este tipo de proyectos en el sistema ambiental y el área de influencia, son los que la mayor parte de empleos generan en el municipio de Tolimán y municipios circunvecinos, objetivos que se persiguen al autorizarse el proyecto en cuestión.

Población Económicamente Activa

Actividad económica: Es el estudio de los trabajos que realizan las personas y su distribución por sectores económicos, la cual se divide en:

Activa: Es el conjunto de personas que desempeñan un trabajo remunerado, es decir, cobrando (población ocupada) o que lo están buscando (población desocupada).

La población económica activa (PEA) en el municipio es de 11,721, de la cual, 7,200 son hombres 7 4,521 son mujeres.

Inactiva: Es el conjunto de personas que no desempeñan un trabajo remunerado (pagado); estudiantes, pensionistas y personas dedicadas al hogar.

En este sentido la población económica inactiva es de 9,364, de la cual 2,504 son hombres y 6,860 mujeres.

Así mismo la población ocupada es de 11,415, de la cuales 6,934 son hombres y 4,481 mujeres.

III.3.3 Diagnóstico ambiental

a) Integración e interpretación del inventario ambiental

Como resultado del análisis del sistema ambiental realizado al SA y el área del proyecto, en una vegetación de tipo matorral crasicaule, en los apartados de vegetación del estudio, se puede demostrar que las especies por afectar están suficientemente representadas en el SA y área de influencia del proyecto, encontrado una riqueza especifica de 32 especies para el área del

proyecto contra 55 especies y un índice de diversidad de 3.463 contra 3.007 de la superficie del proyecto, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 324. Riqueza de especies del SA vs Proyecto.

Estratos	Riqueza		Índice de Shannon	
	SA	Proyecto	SA	Proyecto
General	75	43	3.2603	2.9878
Arbóreo	18	8	0.9459	1.12357
Arbustivo	25	14	2.6717	2.7714
Herbáceo	13	7	1.6208	1.6063
Cactáceas	19	14	2.5462	2.3636

Es de resaltar que, como resultado del muestreo realizados en la superficie del proyecto, fue posible identificar una especie bajo la categoría En peligro de extinción (P) en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se trata de Biznaga asiento de suegra o burra *Echinocactus platyacanthus*, dicha especie por su condición ecológica será propuesta en su totalidad de ejemplares estimados dentro del programa de rescate y reubicación de flora silvestre que será descrito a detalle en el apartado correspondiente. El resto de las especies se encuentran ampliamente distribuidas en el sistema ambiental y no presenten restricción ecológica alguna.

En relación a la fauna silvestre aunque se hizo un muestreo exhaustivo mediante métodos efectivos por grupos principalmente; aves, mamíferos y reptiles, esta fue y está siendo fuertemente impactada por actividades antropogénicas.

Con base en los resultados obtenidos a nivel de sistema ambiental y área del proyecto, tenemos una riqueza de 13 especies de aves para el SA y 8 para el área del proyecto, existiendo para el SA una diferencia de 5 especie. En cuanto a mamíferos tenemos una riqueza de 7 especies y de reptiles de 2 para el SA, mientras que en el área del proyecto únicamente encontramos 4 especies de mamíferos y 1 especies de reptil, de manera sintetizada se presentan los datos en las siguientes tablas.

Tabla 325. Comparativo de riqueza especifica por grupo entre el SA y el área del proyecto.

Grupo faunístico	Riqueza		Diversidad	
	SA	Proyecto	SA	Proyecto

Aves	13	8	2.302	1.905
Mamíferos	7	4	1.907	1.149
Reptiles	2	1	0.636	0.000

En cuanto a los índices de diversidad estimados para el SA y el área del proyecto, se tiene una valoración baja para ambas condiciones, según Marurran. 1987. Sin embargo, a nivel de número de especies e individuos y sus respectivos índices queda demostrado que el sistema ambiental presenta un índice de diversidad mayor en los dos grupos faunísticos, tal como se puede apreciar en la tabla anterior. Sin embargo, con el análisis de presencia-ausencia, riqueza, abundancia e índices de diversidad se puede concluir que las especies identificadas en la superficie de cambio de uso de suelo de área forestales no se ponen en riesgo ya que no solo están presentes en el sistema ambiental sino que se encuentran de manera más abundante, ello sin descartar el efecto de las medidas de prevención y mitigación propuestas, que tienen como objetivo el rescate y reubicación de los individuos encontrados en las diferentes etapas del proyecto.

Con relación al componente suelo, se estimó una erosión hídrica y eólica potencial de 100.463 ton/ha/año y una actual 28.002 ton/ha/año sin proyecto, mientras que la erosión total con proyecto es de 42.993 ton/ha/año, tal como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 326. Resultados de erosión total en el área del proyecto.

Tipo de erosión	**Súp. CUSAF Has.**	**Erosión potencial (ton/ha/año)**	**Erosión Actual Sin Proyecto**		**Erosión Total Con Proyecto**	
			Ton/ha/año	**Total**	**Ton/ha/año**	**Total**
Hídrica	19.71	64.551	6.455	127.231	7.081	139.572
Eólica	19.71	35.912	21.547	424.696	35.912	707.826
Total	**19.73**	**100.463**	**28.002**	**551.927**	**42.993**	**847.398**

Respecto a la hidrología superficial, el agua, como el carbono, sigue un ciclo. Solo se transforma pasando de una fase a otra. El agua comienza a tener importancia como recurso en el momento en el que entra en contacto con la superficie de la tierra. En este momento comienza un complejo proceso de movimiento del líquido, que los lleva en parte a evaporarse de nuevo hacia las atmosfera, a moverse a través de la superficie del planeta, a ser aprovechado por los seres vivos o a penetrar hacia zonas más o menos profundas de la corteza terrestre.

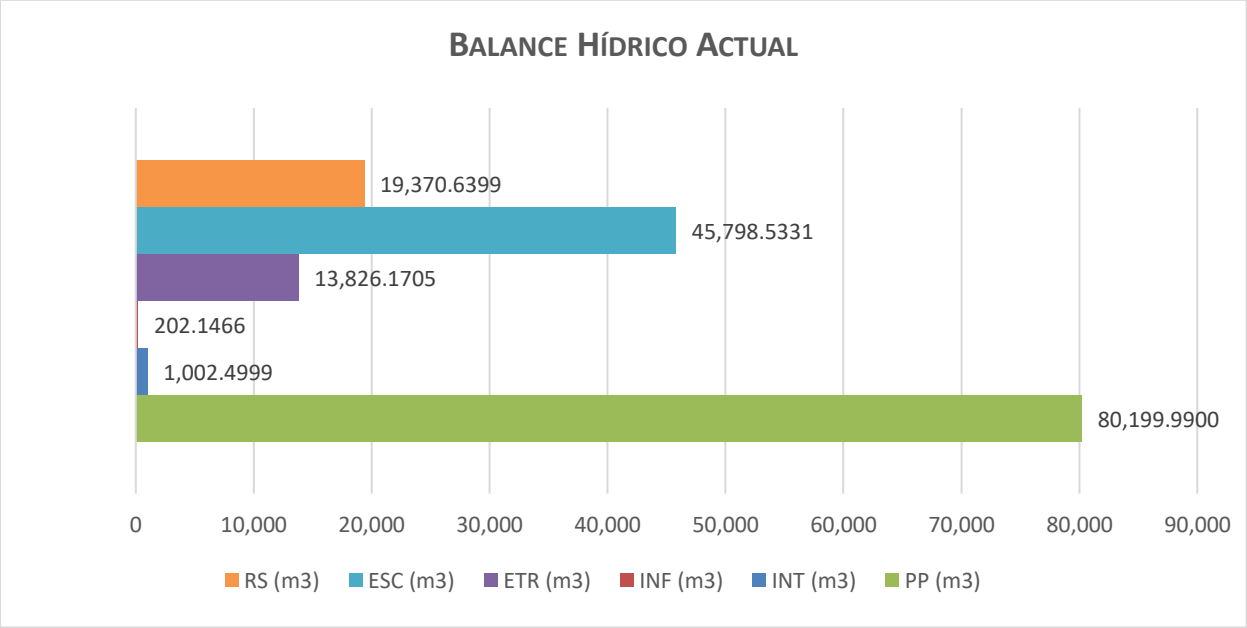
Basado en lo anterior y suponiendo que el agua es un ciclo, solamente se puede deducir que la cantidad de la misma no se ve significativamente reducida en cuanto a su cantidad a nivel de SA.

Captación de agua de lluvia actual en la S-CUSAF.

De acuerdo con los resultados de la tabla, en el balance hídrico observamos que el 57.11% del agua precipitada se escurre lo cual está relacionado con las propiedades físicas del suelo, la intensidad de la lluvia y la cobertura vegetal por lo que se pierden en la escorrentía 45,798.5331 m^3, la recarga subterránea representa el 24.15% del agua precipitada que se recarga en el representando un volumen de 19,370.6399 m^3, el 17.24% corresponde a la evaporación del agua y está relacionado directamente con las condiciones climáticas y el estado de la cobertura vegetal dentro de la superficie con vegetación de **Matorral Crasicaule** por lo que anualmente se evapotranspiran 13,826.1705 m^3, y posteriormente tenemos la intercepción con un 1.25% que está relacionado con la cobertura de las copas por lo que la vegetación capta 1,002.4999 m^3 y para finalizar tenemos la infiltración en el suelo o el agua que queda disponible para el uso de las plantas que corresponde a tan solo el 0.25% o 202,1466 m^3.

Tabla 327. Balance hídrico actual en la S - CUSAF.

Polígono	PP (m3)	INT (m3)	INF (m3)	ETR (m3)	ESC (m3)	RS (m3)
CUSAF	80,199.9900	1,002.4999	202.1466	13,826.1705	45,798.5331	19,370.6399
Total	**80,199.9900**	**1,002.4999**	**202.1466**	**13,826.1705**	**45,798.5331**	**19,370.6399**
%	**100.00%**	**1.25%**	**0.25%**	**17.24%**	**57.11%**	**24.15%**



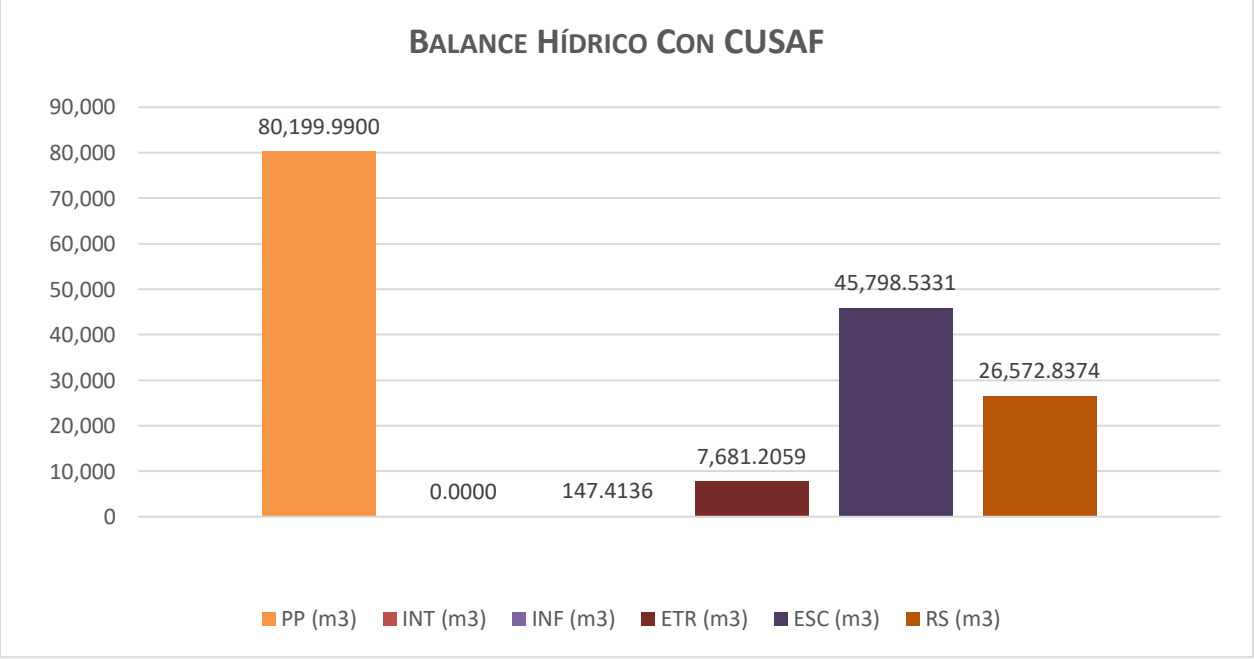
Grafica 104. Balance hídrico actual.

Estimación de volumen de captación de agua Con CUSAF.

Con los datos obtenidos para el balance hídrico observamos que el escurrimiento representa el 57.11%, es decir, 45,798.5331 m^3 con la ausencia de cobertura vegetal, en seguida tenemos la recarga subterránea del 33.13% de la precipitación por lo que se recargarán al acuífero anualmente, es decir, 26,572.8374 m^3, posteriormente tenemos la evaporación con 9.58% ya que la evaporación disminuirá al eliminar la vegetación por lo que anualmente se evaporarán 7,681.2059 m^3 por efecto de la evaporación del suelo, la infiltración en el espacio poroso corresponde a 0.18% del agua precipitada por lo que en el área de vacíos se infiltrará 147.4136 m^3 antes de que inicie el proceso de escurrimiento y finalmente con la remoción de la vegetación la intercepción de la vegetación pasará a 0%, sin embargo solo se trata de una afectación temporal.

Tabla 328. Balance hídrico Con CUSAF.

Balance hídrico Con CUSAF						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	0.0000	147.4136	7,681.2059	45,798.5331	26,572.8374
Total	**80,199.9900**	**0.0000**	**147.4136**	**7,681.2059**	**45,798.5331**	**26,572.8374**
%	**100.00%**	**0.00%**	**0.18%**	**9.58%**	**57.11%**	**33.13%**



Grafica 105. Balance hídrico Con CUSAF.

Tabla 329. Comparativo entre el balance hídrico Sin Proyecto y Con Proyecto.

Balance hídrico actual						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	1,002.4999	202.1466	13,826.1705	45,798.5331	19,370.6399
Total	**80,199.9900**	**1,002.4999**	**202.1466**	**13,826.1705**	**45,798.5331**	**19,370.6399**
%	**100.00%**	**1.25%**	**0.25%**	**17.24%**	**57.11%**	**24.15%**
Balance hídrico con CUSAF						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	0.0000	147.4136	7,681.2059	45,798.5331	26,572.8374
Total	**80,199.9900**	**0.0000**	**147.4136**	**7,681.2059**	**45,798.5331**	**26,572.8374**
%	**100.00%**	**0.00%**	**0.18%**	**9.58%**	**57.11%**	**33.13%**
Déficit		**-1002.50**	**-54.73**	**-6,144.96**	**0.00**	**7,202.20**

Tomando en cuenta lo anterior y a sabiendas que la vegetación forestal, esta intrínsecamente ligada con el agua de lluvia que se infiltra, si comparamos los resultados del balance hídrico actual, es decir, sin la remoción de la vegetación forestal, contra la que resulta con proyecto, es decir, una vez eliminada la vegetación forestal, en suma se obtiene el déficit de infiltración que de **7,202.20** m^3 de agua, lo que supondría que es la afectación con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales, sobre la vegetación presente, como se observa en la tabla anterior. Sobre este déficit se proyectará el volumen de obras de conservación de agua para su compensación.

Como se pudo observar en dicho diagnóstico ambiental propiamente se encuentra la síntesis del inventario ambiental, donde se resaltan los puntos críticos principales del proyecto, y que propiamente están dirigidos a la afectación de la vegetación, el suelo y agua principalmente, por lo cual hacia dichos elementos se dirigirán las medidas de mitigación y prevención de impacto ambientales.

III.3.3.1 Grado de conservación y deterioro de la región ecológica.

El grado de deterioro de la región ecológica de las **Elevaciones Semiáridas Meridionales** en México se clasifica de **moderado a alto**, con su vegetación natural nativa actualmente muy disminuida y profundamente alterada.

Principales Factores de Deterioro

- **Degradación del suelo y desertificación:** Más del **45% de los suelos semiáridos** del país presentan afectaciones severas. La remoción de vegetación detona una acelerada erosión eólica e hídrica en laderas y planicies.
- **Sobrepastoreo intensivo:** La introducción histórica y continua de ganado bovino y caprino ha compactado el suelo. Este proceso elimina los pastizales nativos (como los zacates navajita y banderilla) y favorece la invasión de arbustos leñosos espinosos.
- **Avance de la frontera agropecuaria:** Grandes extensiones de lomeríos y valles aluviales se han desmontado para agricultura de riego o de temporal. Esto provoca la pérdida irreversible del hábitat original.
- **Vacíos de conservación:** A pesar de su enorme extensión (más de 22 millones de hectáreas), es una de las regiones con **mayores vacíos y omisiones de conservación** del país. Cuenta con muy pocas Áreas Naturales Protegidas en relación con su tamaño total.

III.3.3.2 Problemática ambiental de la región ecológica.

La ecorregión de las **Elevaciones Semiáridas Meridionales** enfrenta problemas estrictamente **ambientales** que alteran sus ciclos biogeoquímicos y destruyen sus ecosistemas.

Problemas Ambientales Críticos

- **Agotamiento de acuíferos:** La extracción desmedida de agua subterránea abate los niveles freáticos. Esto seca los manantiales naturales y humedales críticos que sostienen la fauna regional.
- **Erosión eólica e hídrica:** La pérdida de cobertura vegetal deja el suelo desnudo. El viento y las lluvias torrenciales arrastran la capa fértil, transformando terrenos productivos en cárcavas estériles.
- **Salinización de suelos:** El riego agrícola con aguas de baja calidad o altamente mineralizadas evapora el recurso de forma rápida. Esto acumula sales en la superficie y vuelve el suelo tóxico para las plantas.
- **Pérdida de diversidad genética:** La fragmentación de matorrales y pastizales aislados a las poblaciones de flora y fauna. Esto impide el flujo génico y reduce la capacidad de las especies para adaptarse a enfermedades.

- **Invasión de especies biológicas:** La degradación del hábitat facilita la proliferación de plantas exóticas e invasoras (como el zacate buffel). Estas desplazan a la vegetación nativa y alteran los regímenes de incendios.
- **Contaminación por agroquímicos:** El uso intensivo de fertilizantes sintéticos y pesticidas en las zonas agrícolas contamina los pocos cuerpos de agua superficiales y envenena a los polinizadores nativos.

III.3.3.3 Reporte general de incidencia de proyecto.

El cambio de uso de suelo en áreas forestales para el aprovechamiento de roca caliza, tiene una incidencia directa en dos factores principales; la cobertura vegetal y el suelo, que con la modificación natural de estos factores ambientales se desencadenan los principales impactos ambientales sobre dichos factores, dicha incidencia se reduce a la superficie del proyecto, los cuales se enuncian en la siguiente tabla.

Tabla 330. Reporte general de incidencia del proyecto.

Incidencia	Elemento del Proyecto que incide	Características de elemento
Uso de suelo y vegetación	Cobertura vegetal	Composición
		Estructura
		Función
	Suelo	Degradación física
		Degradación química
		Degradación biológica
		Déficit de infiltración
		Aumento de escorrentía
		Compactación del suelo
		Erosión hídrica y eólica.
Áreas de Importancia ambiental.	Áreas Naturales Protegidas	No existen ANP afectadas
	Sitio Ramsar, humedal o manglar	El sitio no está catalogado.
	AICAs	El sitio no pertenece a esta categoría
	Regiones prioritarias	El sitio no pertenece a ninguna categoría
	UMAs	El predio no forma parte de estas unidades.
Ecosistemas relevantes	Matorral crasicaule	Ecosistema de alta relevancia ecológica, evolutiva y cultura.

IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCION, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN.

IV.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.

El escenario ambiental presenta las acciones del proyecto y los elementos involucrados, para conocer los componentes ambientales afectados en la unidad ambiental así como identificar los impactos resultantes de posibles desequilibrios por el proyecto que involucra el cambio de uso de suelo en áreas forestales. Se identifican los impactos tanto positivos como negativos en cada una de las etapas del proyecto, para el sitio y su área de influencia, usando una lista de verificación o checklist, y una matriz basada en un cuadro de contingencia de 2 x 2.

Las listas (checklist) relacionan los factores o elementos ambientales a estudiar y deben complementarse con información sobre la evaluación de impactos. Son un apoyo eficaz en la identificación de los impactos, en la selección de acciones y factores ambientales que requieren estudio, considerándolos en cada actividad a desarrollar durante la realización y operación del proyecto e identifican los Impactos Ambientales significativos y no significativos.

La evaluación de los impactos ambientales del proyecto, se realiza con una técnica matricial que indica cuantitativa y cualitativamente la afectación por las acciones en el ambiente. La evaluación inicia con las actividades de la obra sobre los factores específicos del ambiente, y luego pondera los factores ambientales considerando su importancia. Toma en cuenta los aspectos que se van a considerar para analizar los impactos positivos o negativos, y utiliza la matriz de Leopold modificada que, a través de la interacción de los elementos, correlaciona acciones contra factores ambientales y su magnitud.

IV.1.1 Metodología de evaluación y justificación de metodología seleccionada

La metodología empleada en la presente manifestación de impacto ambiental, para la evaluación de los impactos ambientales generados por el proyecto es de acuerdo a Cox (1978). La identificación y descripción de impactos se realizó con las técnicas de Listas de Verificación y la Matriz de Leopold, modificada por Conesa (1993), a partir del tipo de proyecto y las condiciones del lugar y de las interacciones del proyecto con el ambiente que lo sustenta. Se consideran las acciones generadoras y las áreas ambientales receptoras del impacto, durante cada etapa de desarrollo del proyecto y, una vez identificado y descrito el impacto, se proceden a la evaluación correspondiente.

Las listas de verificación, proporcionan información sobre la estimación, predicción y evaluación de impactos. Son una ayuda eficaz y son básicas en la selección de acciones y factores ambientales que requieren estudio. El método matricial basada en un cuadro de contingencia de 2 x 2, parte de la técnica de Leopold modificada por Conesa (*op. cit*.), en la que se asigna un valor numérico para identificar y cuantificar los impactos positivos y negativos en cada una de las etapas que comprenden o integran el proyecto (Preparación del sitio [Desmonte, despalme y aplicación de medidas de prevención y mitigación]), sobre los diferentes elementos que componen el ambiente en el que se desarrollará el mismo (aspectos abióticos; bióticos y socioeconómicos).

La información contenida en los renglones de la matriz se adecua para hacerla acorde a las condiciones ambientales del sitio del proyecto, marcando una sección particular para cada una de las etapas de desarrollo: preparación del sitio, debido al grado de interacción y complejidad del proyecto que considera una amplia gama de factores ambientales y la serie de atributos en cada etapa; el nivel de certidumbre que ofrece el modelo es muy exacto.

Esta matriz les da mayor importancia a los aspectos ambientales, principalmente los ecológicos y fisicoquímicos, mientras que los aspectos sociales y económicos son evaluados complementariamente. La ventaja es que permite identificar y visualizar los impactos a nivel local y regional, y al realizar la sumatoria de las filas y las columnas se obtienen los valores de importancia y las magnitudes de los valores. En otras palabras, incorpora una lista de las actividades del proyecto para cada una de sus etapas y una lista de áreas que pueden sufrir efectos ambientales.

Las dos técnicas confluyen en una matriz, la cual identifica relaciones de causa y efecto.

La evaluación se efectúa asignando criterios de significación en función de la adversidad o beneficio que el proyecto presenta para el ambiente en sus diversos componentes (medio natural y socioeconómico), considerando en general como impactos negativos a los daños y/o alteraciones que afecten la unidad ambiental y reduzcan la producción o bienestar social del área donde se asienta éste proyecto, mientras que los efectos positivos de una acción serán aquellos que incrementen el desarrollo productivo y social del área, así como la preservación de los recursos naturales de la misma.

IV.2 Indicadores de impacto

La principal aplicación que tienen los indicadores de impacto es la de comparar alternativas que permiten determinar, para cada elemento del ecosistema, la magnitud de la alteración que recibe. También para estimar los impactos del proyecto permitiendo cuantificar la magnitud de sus alteraciones.

Con el propósito de detectar los cambios que supongan modificaciones positivas o negativas en la calidad ambiental del entorno, es necesario identificar los factores ambientales susceptibles de ser afectados por el proyecto. Para la definición de estos factores se consideran los siguientes criterios:

a. Ser representativos del entorno afectado.
b. Ser relevantes (portadores de información sobre la importancia y magnitud del impacto).
c. Ser excluyentes.
d. De fácil identificación.
e. De fácil localización.
f. Susceptibles de ser cuantificados.
g. Prever la legislación y las exigencias administrativas.

IV.2.1 Lista indicativa de indicadores de impacto.

Las actividades que involucran el cambio de uso de suelo en áreas forestales, propiamente están enmarcadas en la etapa de preparación del sitio, siendo la delimitación de la S-CUSAF y el desmonte y/o eliminación de la vegetación y el despalme de suelo fértil principalmente, con la modificación de estos dos factores ambientales se generan o derivan los principales impactos ambientales, hacia los elementos. Se busca que los indicadores, cuando interactúen con el medio físico, biótico y socioeconómico, cumplan con representatividad, relevancia, principio de exclusión, cuantificables y de fácil identificación

Se usan indicadores considerados como representativos y viables de observar sin posibilidad alguna de confusión pues, tomando en cuenta que son indicadores cualitativos, siempre existe un porcentaje de subjetividad en el muestreo. Sin embargo, la condición de deterioro en general del sitio permite entrever la posibilidad de una rápida recuperación del área una vez concluida la vida útil, con la aplicación del programa de restauración del sitio y las medidas de mitigación propuestas. Los indicadores de impacto comunes durante cada una de las etapas son:

Tabla 331. Indicadores de impactos ambientales.

COMPONENTE AMBIENTAL	OBRAS Y/P ACTIVIDADES DEL PROYECTO	IMPACTO AMBIENTAL
Vegetación (flora)	Desmonte y/o eliminación de la cubierta vegetal en la superficie autorizada para CUSAF.	1. Eliminación de la protección y sostén que esta le brinda al suelo. 2. Disminución de la cobertura vegetal. 3. Riqueza y especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 4. Déficit de infiltración de agua. 5. Afectación al hábitat de fauna silvestre. 5. Disminución de la capacidad de almacenamiento de carbono.
Fauna silvestre	Desmonte y despalme del área autorizada para CUSAF.	1. Ahuyentamiento de fauna silvestre. 2. Ciclos de reproducción. 3. Riqueza y especies NOM-059-SEMARNAT-2010. 6. Destrucción del hábitat para fauna silvestre.
Suelo	Despalme o remoción de la capa fértil.	1. Afectación a la función de sostén que se le brinda a la vegetación forestal. 2. Generación de erosión hídrica y eólica. 3. Modificación de las características físicas y químicas del suelo. 4. Generación de partículas extendidas a la atmosfera.
Agua	Desmonte y despalme del área autorizada para CUSAF.	1. Déficit de infiltración de agua. 2. Contaminación de escurrimientos superficiales. 3. Incremento de escurrimientos futuros.
Relieve	Despalme del área autorizada para CUSAF.	1. Afectación a la función de sostén que se le brinda a la vegetación forestal. 2. Generación de erosión hídrica y eólica. 3. Modificación de las características físicas y químicas del suelo. 4. Generación de partículas extendidas a la atmosfera.

COMPONENTE AMBIENTAL	OBRAS Y/P ACTIVIDADES DEL PROYECTO	IMPACTO AMBIENTAL
Ambiental (Atmosfera)	Desmonte y despalme de la S-CUSAF.	1. Generación de partículas extendidas a la atmosfera.

La lista de indicadores de impacto está en función de las actividades del proyecto.

Tabla 332. Actividades del proyecto a valorar.

Etapa	Actividades
Preparación del sitio.	Delimitación de la S-CUSAF
	Obras temporales
	Desmonte y/o eliminación de la vegetación
	Despalme de suelo fértil.
	Medidas de prevención y mitigación

A efecto de calificar adecuadamente la relevancia de las actividades del proyecto como potenciales generadores de impactos, se realizó previamente la caracterización y diagnóstico del área de estudio; con ello se reconocieron los factores ambientales susceptibles de alteración y las interacciones con las actividades del proyecto. Los aspectos ambientales relevantes considerados en la Evaluación, por componente ambiental son los siguientes:

Tabla 333. Identificación de impactos ambientales.

Sección	PREPARACION DEL SITIO DEL PROYECTO				
	Delimitación S-CUSAF	**Obras y/o actividades temporales**	**Desmonte**	**Despalme**	**Medidas de prevención y mitigación**
1. Vegetación (flora silvestre).					
Protección del suelo.			**X**		**X**
Cobertura vegetal.			**X**		**X**
Riqueza y especies NOM-059.			**X**		**X**
Déficit de Infiltración			**X**		**X**
Hábitat de fauna silvestre	**X**	**X**	**X**		**X**
Distribución			**X**		**X**
Almacenamiento de carbono.			**X**		**X**

Sección	PREPARACION DEL SITIO DEL PROYECTO				
	Delimitación S-CUSAF	**Obras y/o actividades temporales**	**Desmonte**	**Despalme**	**Medidas de prevención y mitigación**
2. Suelo (Capa fértil)					
Sostén a la vegetación.				X	X
Generación de erosión hídrica y eólica.				X	X
Modif de Características físicas y químicas.				X	X
Partículas a la atmosfera	X	X		X	X
3. Agua					
Déficit de infiltración (Cantidad)			X		X
Áreas de recarga			X	X	X
Contaminación superficial. (Calidad)	X	X	X	X	X
Contaminación subterránea. (Calidad)			X	X	X
4. Fauna silvestre					
Perturbación y ahuyentamiento	X	X	X		X
Reproducción (ciclos)			X		X
Destrucción de hábitat	X	X	X		X
Riqueza y especies NOM-059					
Áreas de refugio			X		X
Pautas de comportamiento	X	X	X		X
5. Relieve					
Paisaje			X		X
Vegetación		X	X		X
Suelo	X			X	X
Topografía				X	X
6. Ambiental					
Atmosfera			X	X	X
7. Social					
Calidad de vida	X	X	X	X	X
Oportunidades	X	X	X	X	X
Seguridad publica	X	X	X	X	X

Sección	PREPARACION DEL SITIO DEL PROYECTO				
	Delimitación S-CUSAF	**Obras y/o actividades temporales**	**Desmonte**	**Despalme**	**Medidas de prevención y mitigación**
8. Economía					
Empleos directos	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Empleos indirectos	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Economía familiar	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Economía local	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Economía regional	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**

La lista de identificación, identifica los factores del medio ambiente afectados con las actividades del proyecto, como lo son la vegetación (flora silvestre), el suelo, el agua y la fauna silvestre, representados en el siguiente listado de verificación.

De acuerdo a las actividades descritas, los impactos ambientales se suman a la realización y operación del proyecto. Los impactos adversos identificados de acuerdo a la lista, recaen en los factores siguientes: vegetación (flora silvestre), suelo (capa fértil), agua (superficial y subterránea), fauna silvestre y media ambiental.

Para el uso de la matriz de Leopold fue necesario seguir el procedimiento establecido para que la evaluación se realice adecuadamente:

1) El análisis de la información debe incluir la cartográfica y bibliográfica, las salidas de campo y considerando los aspectos físico-biológicos que intervienen de manera directa en el proyecto, así como los sociales.

2) Desglosar los factores ambientales presentes en la zona que se va a impactar, ordenando las actividades del proyecto. Las actividades del proyecto se ubican en columnas, divididas en tres actividades: Delimitación de la S-CUSAF, Obras y/o actividades temporales, Desmonte, despalme y la ejecución de las medidas de prevención y mitigación; mientras que los factores ambientales se insertan en filas divididas en siete puntos principales: Vegetación (flora silvestre), Suelo (capa fértil), Agua (superficial y subterránea), Fauna silvestre, Relieve, Social y Economía. Se consideran un total de 5 actividades que se llevan a cabo por el cambio de uso de suelo en áreas forestales y 35 posibles impactos ambientales identificados positivos o negativos, estimando un total de 175 interacciones posibles.

3) Primero se identifican los impactos mediante una matriz de discriminación cualitativa para diferenciar los factores ambientales más afectados por las obras y se caracteriza el tipo de impacto sobre cada factor ambiental de acuerdo a la permanencia y tiempo de duración.

4) Se realiza una matriz cuantitativa, asignando un valor numérico de 1 a 5 que puede ser positivo o negativo. El valor asignado corresponde a la magnitud del impacto, entre menor es el número menor es la magnitud del impacto y viceversa.

5) Los impactos identificados, se evalúan utilizando los índices e indicadores seleccionados, y en el marco de la normatividad aplicable.

Una vez determinados los aspectos fuentes de cambio, en las tablas de cuantificación cualitativa y cuantitativa se interrelacionan los factores ambientales de los medios biótico, abiótico y socioeconómico, identificando los impactos positivos y negativos que se podrían generar con el desarrollo del proyecto, utilizando los siguientes criterios de valoración.

IV.3 Identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales

PREPARACIÓN DEL SITIO

Es importante precisar que en el presente estudio, solamente se están evaluando las actividades que involucran el cambio de uso de suelo en áreas forestales, conforme a la normatividad ambiental vigente, acotadas estas en la etapa de preparación del sitio del proyecto, es decir, la delimitación de la S – CUSAF, las obras y/o actividades provisionales, la eliminación de la vegetación forestal y el despalme del suelo y/o capa fértil, y la aplicación y ejecución de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales. En este sentido, por la naturaleza de dichas actividades, es donde se prevé la generación de los impactos ambientales, dado que con estas actividades se inicia con la modificación total de las condiciones originales del medio natural, los cuales se describen a continuación.

Vegetación (Flora silvestre).

Con el desmonte y/o eliminación de la vegetación forestal en la superficie autorizada para cambio de uso de suelo en áreas forestales, traerá consigo la eliminación de la protección que esta brinda al suelo por medio de su cobertura y la pérdida del hábitat hacia la fauna silvestre, sin embargo, es importante mencionar que esta protección actualmente es mínima dado que se trata vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule en proceso de degradación por

actividades antropogénicas como la ganadería y extracción de leña para autoconsumo, por lo que se puede decir que este impacto ya se encuentra presente en el área propuesta a CUSAF.

También traerá consigo un déficit de infiltración por concepto de interceptación de la lluvia por la cubierta vegetal al ser eliminada, se puede decir que este impacto ya existe y conforme el transcurso del tiempo se ha venido incrementando en función de la disminución de la cobertura vegetal, sin embargo, este índice solo se acrecentaría con la eliminación total de la cobertura, este impacto será compensado con obras de conservación de agua que serán descritas en el apartado correspondiente.

Para atenuar el impacto generado hacia la vegetación presente, se propone un programa de rescate y reubicación de flora silvestre y fauna silvestre y la reforestación con especies nativas con el objetivo de mitigar la disminución en la capacidad de almacenamiento de carbono, así como la delimitación del área autorizada para evitar daños en la vegetación circundante y la franja de protección.

Suelo

El impacto mayor al suelo se dejará sentir durante la actividad de despalme, es decir, con la remoción de la capa fértil para dar paso al aprovechamiento de piedra caliza, con esta acción habrá afectación al sostén que se le brinda a la vegetación, sin embargo, al ya no existir esta, el impacto ya no se percibirá, también se modificaran las características físicas y químicas y la generación de partículas suspendidas hacia la atmosfera. Sin embargo, es de resaltar que los suelos en el área del proyecto ya se encuentran en proceso de degradación, por lo que dicho impacto será resiliente a la problemática ya presente en dicha área.

Estos impactos estarán asociados con la erosión hídrica y eólica, sin embargo, es de resaltar que en el suelo presente en el área de CUSAF, ya existe evidencia de presencia de erosión de tipo laminar propiciada por el viento y la lluvia a consecuencia de la baja cobertura vegetal presente. Para atenuar los efectos de las actividades de cambio de uso de suelo con relación a la erosión hídrica y eólica se proponen obras de conservación de suelo en función de las estimaciones realizadas con y sin proyecto de tal manera que se garantizara que no se provoque la erosión de los mismos.

Agua

Con el desmonte y/o eliminación de la vegetación forestal y el despalme de la capa fértil de la superficie autorizada, sin duda se generará un déficit de infiltración de agua, es decir, habrá una afectación a la recarga de los mantos acuíferos, por concepto de intercepción de agua de lluvia a través de la cobertura vegetal y la modificación de las condiciones actuales de suelo, sin embargo, este impacto será compensado con obras de conservación de agua en este caso la construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras que más adelante serán descritas.

Para evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas se evitará en todo momento el derrame de sustancias como gasolina, diésel, aceite y grasas en las áreas de trabajo por concepto del uso de equipo y maquinaria la cual será supervisada para verificar que se encuentre en buenas condiciones mecánicas y de ser necesario algún tipo de mantenimiento, este necesariamente deberá realizarse fuera del área autorizada del proyecto. Sin embargo, es importante precisar que la actividad de desmonte será a mano y con herramienta manual, en caso necesario solamente se usará motosierra, ello con el fin de reducir al máximo la posible contaminación del agua. Con la aplicación de las medidas de prevención antes mencionadas se garantizará evitar la disminución y contaminación del agua, que se genera en la superficie de cambio de uso de suelo.

Fauna silvestre.

A pesar de haberse registrado e identificado poca presencia de especies de fauna silvestre, es importante precisar que este recurso biológico ya se encuentra impactado, ya que la superficie propuesta a cambio de uso de suelo presenta una vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule, estas condiciones evidencian que el área fue fragmentada en algún momento, modificando las condiciones originales de hábitat y refugio de la misma, afectado la pauta de comportamiento, y por su colindancia en áreas que actualmente se encuentran en aprovechamiento de materiales pétreos y donde se emplea el uso de explosivos para tal fin, estas actividades antropogénicas han generado que las especies se alejen en busca de lugares más seguros para cumplir sus ciclos biológicos.

Tal como se manifestó en líneas arriba, en el sistema ambiental existen bancos de materiales pétreos presumiblemente autorizados en donde se extrae roca caliza, en cuyo proceso de explotación, es necesario el empleo de explosivos bajo el cumplimiento de términos y condicionantes y la supervisión estricta de las autoridades competentes. Sin embargo, este no

deja de ser un factor, sumado a otros de disturbio para la fauna silvestre, situación que se vio reflejada en los muestreos de este elemento biológico, al registrarse una muy baja presencia de especies tanto en el sistema ambiental y superficie del proyecto. Por lo que será de suma importancia aplicar estrictamente todas y cada una de las medidas de prevención y mitigación propuestas hacia la fauna silvestre, para garantizar no poner en riesgo los procesos de interacción de esta, con el resto de los recursos naturales y procurar un equilibrio e interrelación entre estos.

Relieve.

Sin duda que con la implantación del proyecto en la superficie autorizada habrá una modificación del relieve, sin embargo, esta modificación se da en función a la autorización de la licencia de explotación, donde se establecen las especificaciones de los cortes y corresponde a otro nivel de competencia, es por ello que se considera de bajo impacto, y se encuentra vinculado con la explotación del banco de materiales pétreos, la afectación al relieve tiene que ver con la modificación a la topografía actual de la superficie del proyecto. Este impacto se incluye en dicha valoración toda vez que es un impacto acumulativo que se da en función de la naturaleza del proyecto y las actividades de cambio de uso de suelo áreas forestales autorizadas a actividades extractivas.

Atmosfera

Sin duda habrá un impacto hacia la atmosfera, principalmente en la etapa de extracción y trituración de roca caliza, principalmente la generación de partículas y su dispersión hacia la misma, sin embargo, como ya se dijo, se aplicarán riegos continuos en los frentes de explotación, área de trituración, caminos internos, en áreas de almacenamiento de agregados, etc., asimismo se dará cumplimiento a la NOM-025-SSA1-2014. Que establece los valores limite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM 10 y PM 2.5 en el aire y los criterios para su evaluación, mediante la elaboración anual de estudios perimetrales de partículas suspendidas PM 10 y PM 2.5 mismos que se informarán a la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Poder Ejecutivo (SEDESU), la SEMARNAT y a la PROFEPA para que determine con conducente.

Social

Desde el punto de vista social, se considera que con el nuevo uso de suelo, este traerá consigo impactos positivos a los que actualmente brinda el área forestal. Se prevé que con el nuevo uso de suelo se incrementen las oportunidades para mejorar la calidad de vida. Es decir, someter la superficie a un esquema de manejo y regulación conforme la regulación de uso de suelo vigente

y se evite de esta manera posibles focos de infección o riesgo de siniestros con consecuencias catastróficas hacia los colindantes con el proyecto.

Economía

Por inercia, un área sin ningún uso aparente como es el caso del área forestal que se solicita para cambio de uso de suelo, cuando se destina a un uso más lucrativo, este genera una expectativa de bienestar por los empleos bien remunerados en la ejecución de las distintas etapas, trayendo como consecuencia el mejoramiento de la economía familiar, local y regional. Contrario a lo que ocurre en la actualidad con dicha superficie, que no genera ningún tipo de beneficio social y económico y tampoco se puede destinar a un proyecto de carácter ambiental por sus condiciones de degradación que presenta.

IV.4 Criterios y metodologías de evaluación.

IV.4.1 Criterios.

Valorar, implica medir y luego traducir esa medida a una unidad que permita establecer comparaciones. La valoración del impacto ambiental consiste en transformar los impactos medidos en unidades heterogéneas a unidades homogéneas de impacto ambiental de tal manera que permita comparar alternativas diferentes de un mismo proyecto o aun de proyecto distintos.

La valoración o calificación del impacto dependerá de la cantidad y calidad del factor evaluado, de la importancia o contribución de este a la calidad de vida en el ámbito de referencia, del grado de incidencia o severidad de la afectación y de las características del efecto expresadas por una serie de atributos que lo describe. Los criterios empleados en la evaluación de los factores, fueron de acuerdo a los siguientes atributos.

Con el objetivo de **cuantificar y categorizar la gravedad de las alteraciones** que las actividades de un proyecto causarán sobre el entorno para determinar si el proyecto es ambientalmente viable se empleó la Matriz de Importancia Ambiental (I) del Método Conesa.

La fórmula matemática para calcular la **Importancia Ambiental (I)** de un impacto es la siguiente:

$$\boldsymbol{I = \pm [3In + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]}$$

El signo $\pm$ determina si el impacto es **negativo (perjudicial)** o **positivo (beneficioso)** para el entorno.

Tablas Técnicas Detalladas de Calificación

1. Intensidad (IN) o Magnitud. Mide el grado de destrucción o alteración del factor ambiental de forma cualitativa.

Medición	Calificación	Descripción
Baja	**1**	Alteración mínima o imperceptible del factor.
Media	**2**	Alteración moderada con cambios visibles pero que no destruyen el recurso.
Alta	**4**	Modificación fuerte del factor, alterando drásticamente su comportamiento natural.
Muy Alta	**8**	Destrucción casi total del componente ambiental afectado.
Total	**12**	Destrucción absoluta e irreversible del factor en el área de estudio.

2. Extensión (EX). Determina el área de influencia teórica o superficie física que sufre la alteración.

Medición	Calificación	Descripción
Puntual	**1**	El impacto se confina a un lugar sumamente específico y localizado.
Parcial	**2**	Afecta una zona parcial o un entorno inmediato al proyecto.
Extensa	**4**	El impacto se distribuye ampliamente en el ecosistema o entorno local.
Total	**8**	Se altera la totalidad del entorno o área de influencia considerada.
Crítica	**+4**	Se le suman 4 puntos adicionales al valor asignado si el impacto ocurre en un sitio de alta sensibilidad o área protegida.

3. Momento (MO). Se refiere al tiempo que transcurre entre el inicio de la acción del proyecto y la aparición física del impacto.

Medición	Calificación	Descripción
Largo Plazo	**1**	El impacto se manifiesta después de 5 años de iniciada la actividad.

Medición	Calificación	Descripción
Medio Plazo	**2**	El impacto aparece en un periodo de 1 a 5 años.
Inmediato	**4**	El efecto se presenta en menos de 1 año o de forma instantánea.
Crítico	**+4**	Se adicionan 4 puntos si el impacto requiere medidas de atención de emergencia inmediatas.

4. Persistencia (PE). Evalúa el tiempo total que permanecerán las modificaciones ambientales provocadas.

Medición	Calificación	Descripción
Fugaz	**1**	Dura menos de 1 año y el factor se recupera rápidamente.
Temporal	**2**	Dura entre 1 y 5 años antes de desaparecer.
Permanente	**4**	El impacto se prolonga por más de 5 años o dura toda la vida útil del proyecto.

5. Reversibilidad (RV). Mide la capacidad del factor ambiental para regresar a sus condiciones iniciales por medios estrictamente naturales.

Medición	Calificación	Descripción
Corto plazo	**1**	El factor se recupera de forma natural en menos de 1 año tras cesar la acción.
Medio Plazo	**2**	La auto recuperación natural tarda entre 1 y 5 años.
Irreversible	**4**	El ecosistema es incapaz de retornar a su estado original por sí solo.

6. Sinergia (SI). Evalúa si la presencia simultánea de varios impactos genera un daño conjunto mayor que la suma de sus partes.

Medición	Calificación	Descripción
Sin sinergia / Aislado	**1**	La acción no potencia los efectos de otros impactos presentes.
Sinérgico	**2**	La presencia conjunta duplica o potencia la alteración ambiental.

Medición	Calificación	Descripción
Muy sinérgico	**4**	La combinación de acciones genera un impacto exponencialmente destructivo.

7. Acumulación (AC). Determina si el impacto incrementa de forma progresiva si la acción que lo causa se mantiene en el tiempo.

Medición	Calificación	Descripción
Simple	**1**	El impacto se manifiesta, pero no acumula masa, volumen o daño con el tiempo.
Acumulativo	**4**	El daño se incrementa y agrava constantemente a medida que se prolonga la actividad.

8. Efecto (EF). Se refiere a la forma o el canal físico a través del cual se genera la alteración ambiental.

Medición	Calificación	Descripción
Indirecto / Secundario	**1**	El impacto se manifiesta, pero no acumula masa, volumen o daño con el tiempo.
Directo / Primario	**4**	El daño se incrementa y agrava constantemente a medida que se prolonga la actividad.

9. Periodicidad (PR). Mide la regularidad, frecuencia y constancia con la que se manifiesta el impacto en el tiempo.

Medición	Calificación	Descripción
Discontinuo	**1**	Aparece de forma irregular, esporádica o intermitente.
Periódico	**2**	Se manifiesta a intervalos de tiempo fijos, cíclicos o predecibles.
Continuo	**4**	El impacto se mantiene constante e ininterrumpido en el tiempo.

10. Recuperabilidad (MC). Evalúa la viabilidad técnica y humana para restaurar el factor mediante la aplicación directa de medidas de ingeniería o mitigación.

Medición	Calificación	Descripción
Recuperable de inmediato	**1**	El daño se elimina por completo y de forma rápida con medidas correctivas sencillas.
Mitigable a medio plazo	**2**	El impacto se puede reducir sustancialmente mediante obras en un lapso de 1 a 5 años.
Mitigable a largo plazo	**4**	La restauración requiere muchos años de inversión técnico-operativa.
Irrecuperable	**+4**	No existen tecnologías ni medidas humanas viables capaces de restaurar el entorno alterado.

La interpretación de los resultados en la Matriz de Conesa se realiza con base en la puntuación final obtenida de la sumatoria de las variables. El resultado matemático de la ecuación siempre arrojará un valor absoluto comprendido entre **13 y 100 puntos**, el cual determina la categoría de gravedad del impacto y la acción legal u operativa que se debe tomar. La interpretación de los rangos de la Importancia Ambiental (I)) es la siguiente:

Medición	Calificación	Descripción
Impactos Compatibles	**< 25**	La alteración es mínima y el entorno tiene la capacidad de absorber el impacto de forma natural y casi inmediata sin sufrir degradación. No exige el diseño de medidas correctoras ni tecnologías especiales. Basta con aplicar buenas prácticas de operación y monitoreo ambiental básico.
Impactos Moderados	**> 25 - < 50**	El impacto genera una alteración visible en el medio ambiente, pero la recuperación no requiere de prácticas de ingeniería complejas. El ecosistema puede retornar a sus condiciones iniciales en un plazo aceptable. Se deben implementar medidas de mitigación o prevención

Medición	Calificación	Descripción
		sencillas (por ejemplo, riego de caminos para evitar polvo, o barreras acústicas temporales).
Impactos Severos	**< 50 - > 75**	La alteración del entorno es de gran magnitud. La recuperación de las condiciones ambientales originales exige un periodo de tiempo prolongado y el ecosistema no puede sanar por sí solo; depende estrictamente de la intervención humana. Es obligatorio diseñar e implementar un **Plan de Manejo Ambiental** riguroso que incluya tecnologías de control específicas, sistemas de tratamiento de residuos o programas de rescate biológico.
Impactos Críticos	**> 75**	El daño al medio ambiente es de una escala destructiva extrema, perdiendo componentes ecológicos que son irreversibles e irrecuperables, incluso aplicando las mejores técnicas de ingeniería humana.

Tabla 334. Matriz cuantitativa de impactos ambientales sin la aplicación de medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración.

FACTORES AMBIENTALES			ATRIBUTOS DEL IMPACTO																																	
				INTENSIDAD O MAGNITUD (IN)					EXTENSION (EX)					MOMENTO (MO)				PERSISTENCIA (PE)			REVESIBILIDAD (RV)			SINERGIA			ACUMULACION (AC)		EFECTO (EF)		PERIODICIDAD (PR)			RECUPERABILIDAD (MC)				IMPORTANCIA DEL IMPACTO/ACTIVIDAD
			SIGNO	BAJA (1)	MEDIA (2)	ALTA (4)	MUY ALTA (8)	TOTAL (12)	PUNTUAL (1)	PARCIAL (2)	EXTENSA (4)	TOTAL (8)	CRITICA (+4)	LARGO PLAZO (1)	MEDIO PLAZO (2)	INMEDIATO (4)	CRITIO (+4)	FUGAZ (1)	TEMPORAL (2)	PERMANENTE (4)	CORTO PLAZO (1)	NEDIO PLAZO (2)	IRREVERSIBLE (4)	SIN SINERGIA/AISLADO (1)	SINERGICO (2)	MUY SINERGICO (4)	SIMPLE (1)	ACUMULATIVO (4)	INDIRECTO/SECUNDARIO (1)	DIRECTO/PRIMARIO (4)	DISCONTINUO (1)	PERIODICO (2)	CONTINUO (4)	RECUPERABLE DE INMEDIATO (1)	MITIGABLE A MEDIO PLAZO (2)	MITIGABLE A LARGO PLAZO (4)	IRRECUPERABLE (4)	
Factores bióticos	Vegetación (Flora silvestre)	Protección del suelo.	-	0	0	0	0	-36	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-61
		Cobertura vegetal.	-	0	0	0	0	-36	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-61
		Riqueza y especies NOM-059.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-31
		Hábitat de fauna silvestre	-	-3	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Distribución	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-31
		Almacenamiento de carbono.	-	-3	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
	Fauna silvestre	Perturbación y ahuyentamiento	-	0	0	0	0	-36	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-61
		Reproducción (ciclos)	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-31
		Destrucción de hábitat	-	0	0	0	0	-36	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-61
		Riqueza y especies NOM-059	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-31
		Áreas de refugio	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-31
		Pautas de comportamiento	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-31
Factores abióticos	Suelo	Sostén a la vegetación.	-	0	0	0	0	-36	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-61
		Generación de erosión hídrica y eólica.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-31

		Modo de Caract., físicas y químicas.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-31
		Partículas a la atmosfera	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-31
	Agua	Infiltración (Cantidad)	-	0	0	0	0	-36	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-61
		Recarga	-	0	0	0	0	-36	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-61
		Contaminación superficial (Calidad)	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-31
		Contaminación subterránea (Calidad)	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-31
	Relieve	Paisaje	-	0	0	0	0	-36	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-61
		Suelo	-	0	0	0	0	-36	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-61
		Topografía	-	0	0	0	0	-36	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-61
Ambiental		Atmosfera	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	-4	0	-2	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-31
Factores socioeconómicos	**Social**	Calidad de vida	+	0	0	12	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
		Oportunidades	+	0	0	12	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
		Seguridad pública	+	0	0	12	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
	Economía	Empleos directos	+	0	0	12	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
		Empleos indirectos	+	0	0	12	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
		Economía familiar	+	0	0	12	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
		Economía local	+	0	0	12	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
		Economía regional	+	0	0	12	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60

El componente **VEGETACIÓN** presenta un riesgo ambiental que de **SEVERO a MODERADO**, el primero determinado por su impacto más severo hacia la protección del suelo y la cobertura vegetal a consecuencia de la eliminación de la vegetación original. Respeto a la riqueza y especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, el hábitat de la fauna silvestre, la distribución de especies de flora y la capacidad de almacenamiento de carbono el impacto es **MODERADO** considerando el fragilidad y vulnerabilidad del sitio del proyecto.

Respecto a la **FAUNA SILVESTRE** los impactos ambientales se dan en la perturbación y ahuyentamiento y destrucción de hábitat, cuya importancia del impacto es **SEVERO,** mientras que en la reproducción de ciclos, riqueza y especies en la NOM-59-SEMARNAT-2010, áreas de refugio y pautas de comportamiento el impacto es **MODERADO,** sin perder de vista que dicha valoración es sin la aplicación de medidas de prevención y mitigación y considerando la escasa casi nula de presencia de fauna en el àrea del proyecto.

Con relación al **SUELO** el impacto con una mayor valoración negativa y **SEVERO** es con el sostén que este le brinda a la vegetación a consecuencia de su remoción en su estado original, en consecuencia se incrementa el riesgo de erosión hídrica y eólica, se modifican sus características físicas y químicas y llegan a generar partículas a la atmosfera, sin embargo, estos impactos se califican como **MODERADOS.**

El **AGUA** es el segunda elemento natural de los factores abióticos, con una valoración negativa significativa principalmente en lo que tiene que ver con la infiltración y recarga ya que estos índices al no haber existir la vegetación original y el suelo fértil estos se modifican de una manera significativa, cuyos impactos se califican como **SEVEROS,** con relación a la contaminación del agua superficial y subterránea considerando que aún no se aplican medidas de prevención y mitigación el impacto es **MODERADO.**

En relación al **RELIEVE** dado que existe la necesidad de remover la vegetación forestal original y el suelo fértil así como realizar cortes de tajo para la extracción de la roca caliza, el impactos es **SEVERO,**

De los **FACTORES SOCIOECONOMICOS** desde el punto de vista positivo el impacto es **SEVERO** por los múltiples beneficios sociales y económicos que el proyecto traerá consigo.

IV.5 Impactos ambientales del proyecto y medidas prevención, mitigación, compensación y restauración.

PREPARACIÓN DEL SITIO

Es importante precisar que en el presente estudio, solamente se están evaluando las actividades que involucran el cambio de uso de suelo en áreas forestales, conforme a la normatividad ambiental vigente, acotadas estas en la etapa de preparación del sitio del proyecto, es decir, la delimitación de la S – CUSAF, las obras y/o actividades provisionales, la eliminación de la vegetación forestal y el despalme del suelo y/o capa fértil, y la aplicación y ejecución de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales. En este sentido, por la naturaleza de dichas actividades, es donde se prevé la generación de los impactos ambientales, dado que con estas actividades se inicia con la modificación total de las condiciones originales del medio natural, los cuales se describen a continuación.

Vegetación (Flora silvestre).

Con el desmonte y/o eliminación de la vegetación forestal en la superficie autorizada para cambio de uso de suelo en áreas forestales, traerá consigo la eliminación de la protección que esta brinda al suelo por medio de su cobertura y la pérdida del hábitat hacia la fauna silvestre, sin embargo, es importante mencionar que esta protección actualmente es mínima dado que se trata vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule en proceso de degradación por actividades antropogénicas como la ganadería y extracción de leña para autoconsumo, por lo que se puede decir que este impacto ya se encuentra presente en el área propuesta a CUSAF.

También traerá consigo un déficit de infiltración por concepto de interceptación de la lluvia por la cubierta vegetal al ser eliminada, se puede decir que este impacto ya existe y conforme el transcurso del tiempo se ha venido incrementando en función de la disminución de la cobertura vegetal, sin embargo, este índice solo se acrecentaría con la eliminación total de la cobertura, este impacto será compensado con obras de conservación de agua que serán descritas en el apartado correspondiente.

Para atenuar el impacto generado hacia la vegetación presente, se propone un programa de rescate y reubicación de flora silvestre y fauna silvestre y la reforestación con especies nativas con el objetivo de mitigar la disminución en la capacidad de almacenamiento de carbono, así

como la delimitación del área autorizada para evitar daños en la vegetación circundante y la franja de protección.

Suelo

El impacto mayor al suelo se dejará sentir durante la actividad de despalme, es decir, con la remoción de la capa fértil para dar paso al aprovechamiento de piedra caliza, con esta acción habrá afectación al sostén que se le brinda a la vegetación, sin embargo, al ya no existir esta, el impacto ya no se percibirá, también se modificaran las características físicas y químicas y la generación de partículas suspendidas hacia la atmosfera. Sin embargo, es de resaltar que los suelos en el área del proyecto ya se encuentran en proceso de degradación, por lo que dicho impacto será resiliente a la problemática ya presente en dicha área.

Estos impactos estarán asociados con la erosión hídrica y eólica, sin embargo, es de resaltar que en el suelo presente en el área de CUSAF, ya existe evidencia de presencia de erosión de tipo laminar propiciada por el viento y la lluvia a consecuencia de la baja cobertura vegetal presente.

Para atenuar los efectos de las actividades de cambio de uso de suelo con relación a la erosión hídrica y eólica se proponen obras de conservación de suelo en función de las estimaciones realizadas con y sin proyecto de tal manera que se garantizara que no se provoque la erosión de los mismos.

Agua

Con el desmonte y/o eliminación de la vegetación forestal y el despalme de la capa fértil de la superficie autorizada, sin duda se generará un déficit de infiltración de agua, es decir, habrá una afectación a la recarga de los mantos acuíferos, por concepto de intercepción de agua de lluvia a través de la cobertura vegetal y la modificación de las condiciones actuales de suelo, sin embargo, este impacto será compensado con obras de conservación de agua en este caso la construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras que más adelante serán descritas.

Para evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas se evitará en todo momento el derrame de sustancias como gasolina, diésel, aceite y grasas en las áreas de trabajo por concepto del uso de equipo y maquinaria la cual será supervisada para verificar que se encuentre en buenas condiciones mecánicas y de ser necesario algún tipo de mantenimiento, este necesariamente deberá realizarse fuera del área autorizada del proyecto. Sin embargo, es

importante precisar que la actividad de desmonte será a mano y con herramienta manual, en caso necesario solamente se usará motosierra, ello con el fin de reducir al máximo la posible contaminación del agua. Con la aplicación de las medidas de prevención antes mencionadas se garantizará evitar la disminución y contaminación del agua, que se genera en la superficie de cambio de uso de suelo.

Fauna silvestre.

A pesar de haberse registrado e identificado poca presencia de especies de fauna silvestre, es importante precisar que este recurso biológico ya se encuentra impactado, ya que la superficie propuesta a cambio de uso de suelo presenta una vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule, estas condiciones evidencian que el área fue fragmentada en algún momento, modificando las condiciones originales de hábitat y refugio de la misma, afectado la pauta de comportamiento, y por su colindancia en áreas que actualmente se encuentran en aprovechamiento de materiales pétreos y donde se emplea el uso de explosivos para tal fin, estas actividades antropogénicas han generado que las especies se alejen en busca de lugares más seguros para cumplir sus ciclos biológicos.

Tal como se manifestó en líneas arriba, en el sistema ambiental existen bancos de materiales pétreos presumiblemente autorizados en donde se extrae roca caliza, en cuyo proceso de explotación, es necesario el empleo de explosivos bajo el cumplimiento de términos y condicionantes y la supervisión estricta de las autoridades competentes. Sin embargo, este no deja de ser un factor, sumado a otros de disturbio para la fauna silvestre, situación que se vio reflejada en los muestreos de este elemento biológico, al registrarse una muy baja presencia de especies tanto en el sistema ambiental y superficie del proyecto. Por lo que será de suma importancia aplicar estrictamente todas y cada una de las medidas de prevención y mitigación propuestas hacia la fauna silvestre, para garantizar no poner en riesgo los procesos de interacción de esta, con el resto de los recursos naturales y procurar un equilibrio e interrelación entre estos.

Relieve.

Sin duda que con la implantación del proyecto en la superficie autorizada habrá una modificación del relieve, sin embargo, esta modificación se da en función a la autorización de la licencia de explotación, donde se establecen las especificaciones de los cortes y corresponde a otro nivel de competencia, es por ello que se considera de bajo impacto, y se encuentra vinculado con la explotación del banco de materiales pétreos, la afectación al relieve tiene que ver con la

modificación a la topografía actual de la superficie del proyecto. Este impacto se incluye en dicha valoración toda vez que es un impacto acumulativo que se da en función de la naturaleza del proyecto y las actividades de cambio de uso de suelo áreas forestales autorizadas a actividades extractivas.

Atmosfera

Sin duda habrá un impacto hacia la atmosfera, principalmente en la etapa de extracción y trituración de roca caliza, principalmente la generación de partículas y su dispersión hacia la misma, sin embargo, como ya se dijo, se aplicarán riegos continuos en los frentes de explotación, área de trituración, caminos internos, en áreas de almacenamiento de agregados, etc., asimismo se dará cumplimiento a la NOM-025-SSA1-2014. Que establece los valores limite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM 10 y PM 2.5 en el aire y los criterios para su evaluación, mediante la elaboración anual de estudios perimetrales de partículas suspendidas PM 10 y PM 2.5 mismos que se informarán a la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Poder Ejecutivo (SEDESU), la SEMARNAT y a la PROFEPA para que determine con conducente.

Social

Desde el punto de vista social, se considera que con el nuevo uso de suelo, este traerá consigo impactos positivos a los que actualmente brinda el área forestal. Se prevé que con el nuevo uso de suelo se incrementen las oportunidades para mejorar la calidad de vida. Es decir, someter la superficie a un esquema de manejo y regulación conforme la regulación de uso de suelo vigente y se evite de esta manera posibles focos de infección o riesgo de siniestros con consecuencias catastróficas hacia los colindantes con el proyecto.

Economía

Por inercia, un área sin ningún uso aparente como es el caso del área forestal que se solicita para cambio de uso de suelo, cuando se destina a un uso más lucrativo, este genera una expectativa de bienestar por los empleos bien remunerados en la ejecución de las distintas etapas, trayendo como consecuencia el mejoramiento de la economía familiar, local y regional. Contrario a lo que ocurre en la actualidad con dicha superficie, que no genera ningún tipo de beneficio social y económico y tampoco se puede destinar a un proyecto de carácter ambiental por sus condiciones de degradación que presenta.

IV.5.1 Descripción de medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración a implementar en con el Proyecto.

Con la ejecución del proyecto, como ya se dijo, se generarán impactos ambientales negativos, los cuales por naturaleza y características del mismo serán inevitables, por lo que las acciones que a continuación se proponen están encaminadas a la prevención de sus efectos.

Para una eficaz y eficiente aplicación de dichas actividades, inicialmente se deberá desarrollar un programa de vigilancia ambiental con la designación de un responsable que supervise todas las acciones a realizar, con el objetivo de garantizar el cumplimiento de todas y cada una de las medidas preventivas y de mitigación propuestas en la presente evaluación y en su caso el correspondiente resolutivo emitido por la instancia correspondiente.

El riguroso cumplimiento de la normatividad y legislación vigente aplicable al proyecto permitirá una menor afectación al medio ambiente y por consiguiente las medidas preventivas y de mitigación estarán dirigidas a aquellos factores y/o actividades que por la naturaleza del proyecto causen impactos inevitables, cuya aplicación estará basada con la ejecución del siguiente programa de medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales.

Tabla 335. Programa de medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación a implementar durante la etapa de Preparación del sitio.

FACTOR AMBIENTAL	ETAPA Y/O ACTIVIDAD DE CUSAF	IMPACTO AMBIENTAL GENERADO	DESCRIPCION DE LA MEDIDA	TIPO DE MEDIDA				PARAMETROS DE VERIFICACIÓN	
				Preventiva	Mitigación	Compensación	Reparación	U. M.	Meta
Vegetación (Flora)	Desmonte y/o eliminación de la vegetación forestal en la S - CUSAF.	1. Eliminación de la protección y sostén que esta le brinda al suelo.	Construcción de barreras de piedra en curvas de nivel.		X			ml	952.45
		2. Disminución de la cobertura vegetal.	Programa de rescate y reubicación de flora silvestre.		X	X		*spp*	18
								Ind.	1,268
		3. Riqueza y especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Subprograma de rescate y reubicación de especies de flora silvestre enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	X	X	X		*sp*	1
								Ind.	13
		4. Déficit de infiltración de agua.	Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras		X			tinas	1,410
		5. Afectación al hábitat de fauna silvestre.	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.	X				*spp*	22
								Ind.	70
			Detección de especies en la etapa de reproducción.	X				*spp*	22
								Ind.	70

FACTOR AMBIENTAL	ETAPA Y/O ACTIVIDAD DE CUSAF	IMPACTO AMBIENTAL GENERADO	DESCRIPCION DE LA MEDIDA	TIPO DE MEDIDA				PARAMETROS DE VERIFICACIÓN	
				Preventiva	Mitigación	Compensación	Reparación	U. M.	Meta
		6. Disminución de la capacidad de captura de carbono.	Programa de reforestación de especies nativas y de auxilio a la restauración del sitio.			X		*spp*	12
								Ind.	1,900
Suelo	Despalme o remoción de la capa fértil.	1. Afectación a la función de sostén que se le brinda a la vegetación forestal.	Construcción de barreras de piedra en curvas de nivel.	X	X			ml	952.45
		2. Generación de erosión hídrica y eólica.	Programa de restauración del sitio con reforestación de especies nativas.				X	*spp*	12
								Ind.	1,900
		3. Modificación de las características físicas y químicas del suelo.	Rescate del suelo en los primeros 20 centímetros de S-CUSAF.	X				m^3	39,420
		4. Generación de partículas suspendidas a la atmosfera.	Riegos periódicos con agua tratada.		X			Riegos/día	2
			Estudios perimetrales de partículas 2.5 y 10.	X				Año	2

FACTOR AMBIENTAL	ETAPA Y/O ACTIVIDAD DE CUSAF	IMPACTO AMBIENTAL GENERADO	DESCRIPCION DE LA MEDIDA	TIPO DE MEDIDA				PARAMETROS DE VERIFICACIÓN	
				Preventiva	Mitigación	Compensación	Reparación	U. M.	Meta
Agua	Desmonte y despalme de la S - CUSAF.	1. Déficit de infiltración de agua.	Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras.		X	X		tinas	1,410
		2. Contaminación de escurrimientos superficiales y aguas subterráneas.	Evitar el derrame de sustancias por concepto de reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo.	X				lote	1
			Colocación de letrinas portátiles.	X				Módulos	4
			Colocación de contenedores para residuos sólidos urbanos.	X				Contenedores	2
			Medida de protección a cauces federales según Dictamen de la CONAGUA	X				Cauces federales	2
			Aislamiento y delimitación de la zona federal de los	X				Cauces federales	2

FACTOR AMBIENTAL	ETAPA Y/O ACTIVIDAD DE CUSAF	IMPACTO AMBIENTAL GENERADO	DESCRIPCION DE LA MEDIDA	TIPO DE MEDIDA				PARAMETROS DE VERIFICACIÓN	
				Preventiva	Mitigación	Compensación	Reparación	U. M.	Meta
			arroyos El Barrosal y Bernal.						
		3. Incrementos de escurrimientos futuros	Delimitación de la franja de protección para proteger los arroyos El Barrosal y Bernal.	X				Has.	5.12
			Delimitación de las áreas propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre para proteger los arroyos El Barrosal y Bernal.	X				Has.	9.15
			Cumplimiento de la Licencia de Explotación de bancos de materiales pétreos, para evitar impactos ambientales por el efecto de los cortes en los frentes de explotación.	X				Licencia	Anual

FACTOR AMBIENTAL	ETAPA Y/O ACTIVIDAD DE CUSAF	IMPACTO AMBIENTAL GENERADO	DESCRIPCION DE LA MEDIDA	TIPO DE MEDIDA				PARAMETROS DE VERIFICACIÓN	
				Preventiva	Mitigación	Compensación	Reparación	U. M.	Meta
			Elaboración de estudios perimetrales de partículas P. M. 2.5 y P. M. 10	X	X			Anual	2
			Obras de regulación y mitigación de escurrimientos para proteger los arroyos El Barrosal y Bernal.	X	X			Presas de gavión	2
Fauna silvestre	Desmonte y despalme de la S - CUSAF.	1. Ahuyentamiento de fauna silvestre.	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.	X	X	X		*spp*	22
								Ind.	70
		2. Destrucción del hábitat para fauna silvestre.	Programa de control de daños a la fauna silvestre.	X	X	X		programa	1
								spp	22
								Ind.	70
			Control de la caza furtiva de fauna silvestre.	X	X	X		Letreros	2

Con el objetivo de que dichas medidas a implementar por el proyecto cumplan con los principios cuantitativos, cualitativos, ubicabilidad, periodicidad y objetividad, estas fueron divididas en cuatro grupos, es decir, aquellas medidas dirigidas a mitigar la erosión de los suelos, el almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación y las dirigidas a garantizar que la biodiversidad se mantenga, cuyas características y metas se describen a continuación

IV.3.1.1 Medidas que se proponen para mitigar la erosión de los suelos *en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal*.

Con la aplicación del presente programa de medidas de prevención, mitigación y compensación de impacto ambiental se busca reducir al máximo los efectos adversos que traerá consigo las actividades de cambio de uso de suelo, en consecuencia dichas medidas son medibles, ubicables y verificables como se describe a continuación:

a) Barrera de piedra acomodada en curvas de nivel.

La construcción de barreras de piedra acomodada tiene como objetivo compensar el impacto por la eliminación de la protección que la vegetación le brinda al suelo y evitar la erosión hídrica y eólica a consecuencia tanto de la eliminación de la vegetación como el despalme y remoción del suelo fértil.

Las barreras de piedra acomodada en curvas de nivel, son un conjunto de rocas colocadas de manera lineal en curvas a nivel y de manera perpendicular a la pendiente para retener suelo en zonas con presencia de erosión hídrica y eólica laminar.

Con el objetivo de garantizar que no se provoque la erosión del suelo con motivo de las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales, se realizó una estimación del incremento de la pérdida de suelo tanto por erosión eólica como hídrica considerando el tiempo en que el suelo permanecerá desnudo, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 336. Estimación de erosión hídrica y eólica total con proyecto.

Tipo de erosión	Súp. CUSAF Has.	Erosión potencial (ton/ha/año)	Erosión Actual Sin Proyecto		Erosión Total Con Proyecto	
			Ton/ha/año	Total	Ton/ha/año	Total
Hídrica	19.71	64.551	6.455	127.231	7.081	139.572
Eólica	19.71	35.912	21.547	424.696	35.912	707.826
Total	**19.73**	**100.463**	**28.002**	**551.927**	**42.993**	**847.398**

De acuerdo a nuestra estimación, se pronostica una erosión total de **847.398** toneladas, de tipo hídrica y eólica, con proyecto de no aplicarse medidas de prevención.

Las barreras de piedra acomodada en curvas de nivel, son un conjunto de rocas colocadas de manera lineal en curvas a nivel y de manera perpendicular a la pendiente para retener suelo en zonas con presencia de erosión hídrica y eólica laminar.

Para estimar la estimar la capacidad de retención por metro lineal, primeramente se procedió a determinar la pendiente media de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, para nuestro caso, es de **6.12% de pendiente,** la cual junto con la altura de la barrera de piedra de **0.30 m (b)** y aplicando la fórmula de pendiente, nos permite establecer la distancia horizontal, que se estima es de **4.90 m (h)**, a la cual llegarían los azolves, cuando la barrera alcance su máxima capacidad de retención para lo cual fue diseñada, el resultado obtenido es el área del triángulo rectángulo que se forma en metros cúbicos.

$$V = (b*h/2)l$$

Con los parámetros antes descritos, previamente estimados, se procedió a desarrollar la fórmula de pendiente, misma que fue desarrollada en una hoja de Excel, con el objetivo de sintetizar el desglose correspondiente.

Tabla 337. Memoria de cálculo de volumen de obras de conservación de suelo.

DIMENSIONES DE LA BARRERA					RESULTADOS				Erosión Total (ton/ha/año)	Vol. (ml)
U. de M.	Base (b)	Altura (h)	Pendiente (%)	Largo (h)	Vol. (m^3)	Toneladas	Densidad	Vol./ml (ton)		
m	0.3	4.90	6.12	1	0.74	0.81	1.1	0.8897	847.398	952.45

Una vez obtenida el área del triángulo rectángulo, esta cantidad se multiplica por 1, es decir, un metro lineal (h), en seguida para obtener el peso de suelo, esta cantidad se multiplica por la densidad aparente (que se determina de acuerdo con la textura del suelo) y con el uso de la siguiente tabla.

Tabla 338. Textura del suelo y densidad aparente.

TEXTURA DEL SUELO Y DENSIDAD APARENTE	
TEXTURA DEL SUELO	**DENSIDAD APARENTE (GRAMOS / MILILITRO)**
Arena	1.6

TEXTURA DEL SUELO Y DENSIDAD APARENTE	
TEXTURA DEL SUELO	**DENSIDAD APARENTE (GRAMOS / MILILITRO)**
Franco arenoso	1.5
Franco	1.4
Franco limoso	1.3
Franco arcilloso	1.2
Arcilla	1.1

Fuente: Manuel de Obras y Practicas. Protección y Restauración y Protección de suelos forestales. CONAFOR – SEMARNAT, 2007 segunda reimpresión.

Para nuestro caso se tomó el valor de un suelo arcilloso, como el que presenta la superficie de cambio de uso de suelo, es decir, por 1.1, estimándose de esta manera las toneladas por metro lineal de barrera de piedra, para nuestro caso de **0.81 ton/ml.**

Por lo que tomando en cuenta la pendiente media de la S-CUSAF que resulto de **6.12%** y la estimación de erosión hídrica y eólica con proyecto de **847.398 toneladas** y considerando que con esta pendiente media se tendría una capacidad de retención de **0.81 toneladas** por metro lineal, por lo tanto, se requieren en total **952.45 metros lineales** de barrera de piedra acomodada, distribuidos en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 339. Estimación del volumen de obras de conservación en la S-CUSAF.

Tipos de erosión	Súp. CUSAF (has.)	Capacidad por ml (ton.)	Sedimentos totales (ton.)	Volumen de obra (ml)
Hídrica y eólica	19.71	0.81	847.398	952.45

Se prevé que los **952.45 metros lineales de piedra acomodada** son suficientes para retener las **847.398 toneladas de sedimentos**, tal como se puede ver en la siguiente tabla anterior.

Tabla 340. Déficit de erosión del suelo con la aplicación de las obras de conservación en la S-CUSAF.

Tipos de erosión	Súp. CUSAF (has.)	Capacidad (ton./ml)	Sedimentos totales estimados (ton.)	Volumen de obra requerido (ml)	Volumen de obra propuesto (ml)	Sedimentos totales retenidos (ton.)	Déficit
Hídrica y eólica	19.71	0.81	847.398	952.45	952.45	847.398	0.00

Como se puede observar el nivel de efectividad de la medida de mitigación aplicada nos indica que aun y con la ejecución del cambio de uso de suelo no se genera erosión por la remisión de la vegetación y del suelo en el área del proyecto.

Tabla 341. Coordenadas UTM de la ubicación de las barreras de piedra acomodada.

BARRERAS DE PIEDRA ACOMODADA EN CURVAS DE NIVEL			
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**	**Barreras de piedra**
0	404222	2300467	B 1
1	404123	2300530	
2	404033	2300588	B 2
3	403958	2300635	
4	404313	2300409	B 3
5	404021	2300708	
6	404433	2300568	B 4
7	404049	2300746	
8	404525	2300698	B 5
9	404515	2300741	
10	404463	2300783	
11	404093	2300823	
12	404368	2300977	B 6
13	404480	2301137	
14	404551	2301290	B 7
15	404543	2301295	

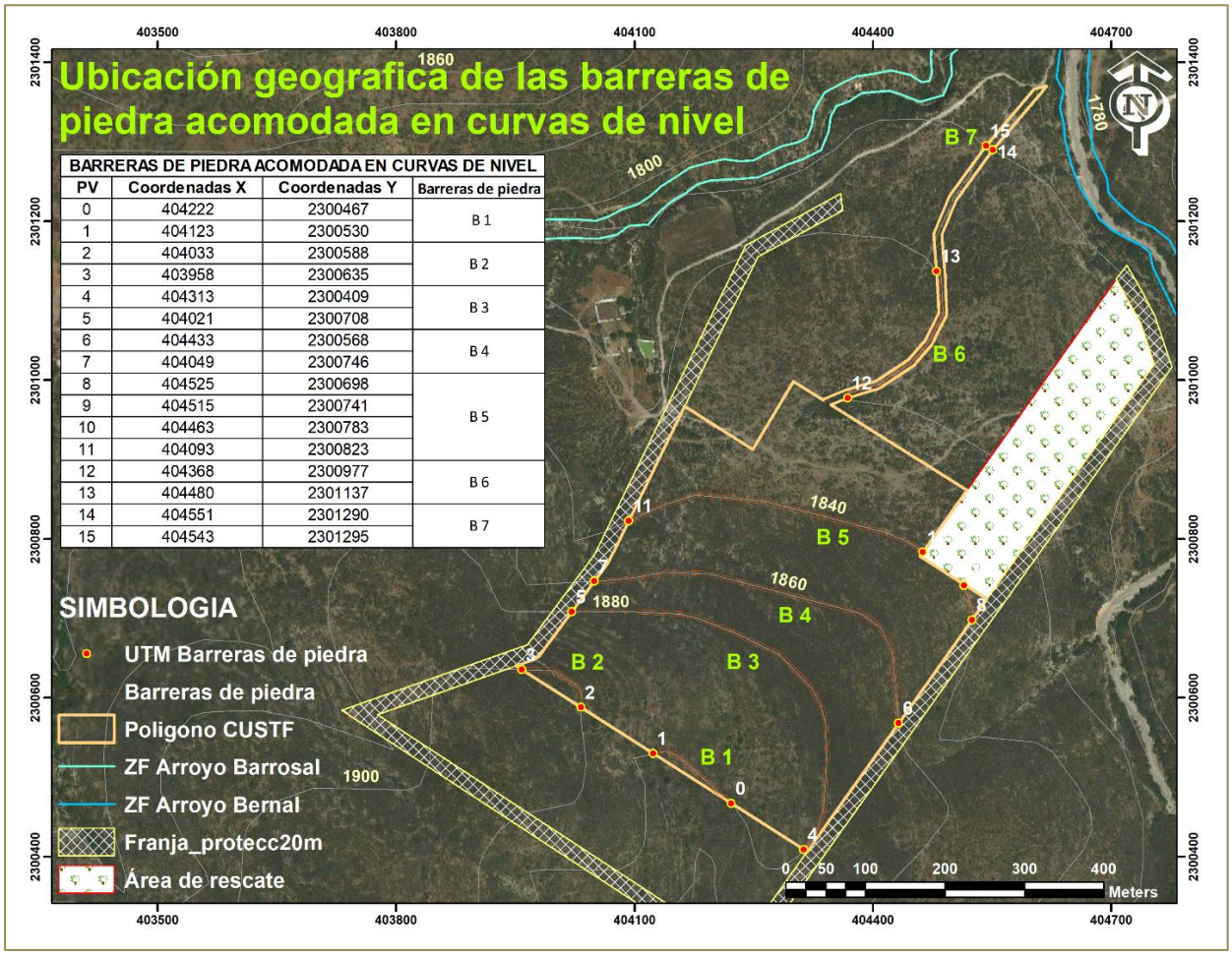


Imagen 70. Ubicación geográfica de las barreras de piedra acomodada en curvas de nivel.

Rescate del suelo en los primeros 20 centímetros de S-CUSAF.

Entendiéndose como la erosión del suelo, el desplazamiento de la capa superior de este hacia un lugar o sitio desconocido que trae como consecuencia la degradación del mismo, es que se propone el rescate del suelo en los primero 20 centímetros con el objetivo de mitigar la erosión del mismo, con las actividades de remoción de la vegetación forestal y su posterior restitución durante las actividades de restauración y a su vez como medio de rescate y reubicación de especies de flora silvestre. Se estima el rescate de 39,460 m^3 de suelo, materia orgánica y/o mantillo, para lo cual se destinará un área de 1.00 hectárea, dentro de la misma superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, se estima que es un área suficiente para almacenar el volumen de suelo fértil por rescatar.

El rescate consiste en ir recolectando el suelo en los primero 20 centímetros o más donde sea posible, a la par con la eliminación de la vegetación y posterior a la construcción de las barreras

de piedra acomodada, con el uso de pala jardinera, talache o zapapico o en su caso, con el uso de maquinaria, e irlo depositando en costales en toda la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, posteriormente almacenarlo en el área que se ha dispuesto para tal fin la cual se encuentra desprovista de vegetación y se ubica dentro del mismo predio.

Se prevé que con dicha medida de mitigación no solo se mitigue la erosión del suelo, sino que se evite la pérdida del mismo, toda vez que dicha medida de mitigación, se va realizar posterior a la construcción de las barreras de piedra acomodad, es decir, que el suelo que quede incrustado en medio de rocas y raíces será retenido con dichas barreras de piedra acomodada, evitando que este sea trasladado a un lugar distinto por el efecto de la lluvia o el viento principalmente.

Tabla 342. Delimitación geográfica del área de almacenamiento de suelo o materia orgánica rescatado de la S-CUSAF.

DELIMITACION GEOGRAFICA UTM wgs84		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
1	404378	2300829
2	404434	2300914
3	404519	2300861
4	404460	2300778
	Superficie	**1.00 ha**

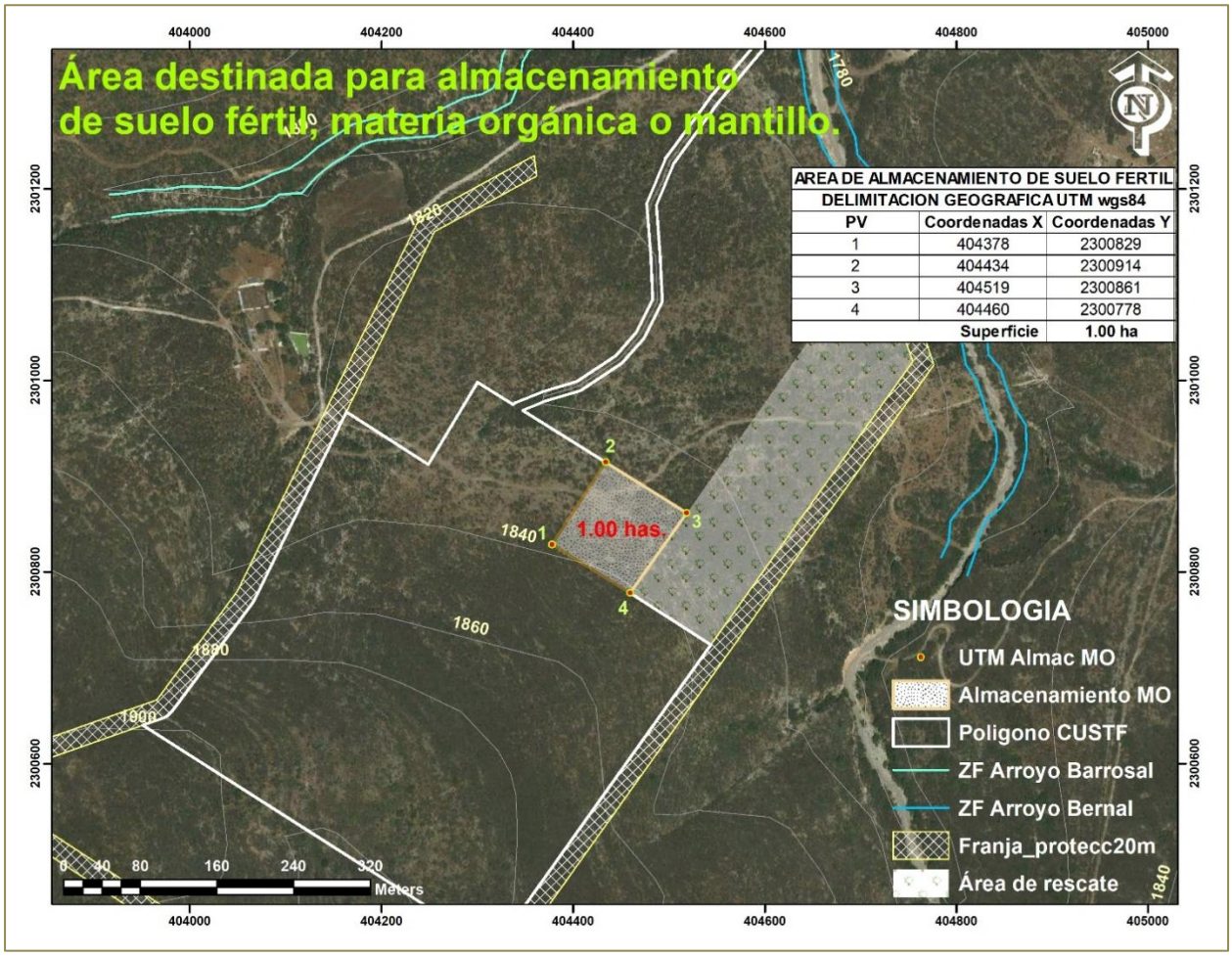


Imagen 71. Delimitación geográfica del área de almacenamiento de suelo o materia orgánica rescatado de la S-CUSAF.

Riegos periódicos con agua tratada.

Esta medida es de naturaleza preventiva y tiene como objetivo evitar la dispersión de partículas y con ello evitar la contaminación de la atmosfera y consiste en aplicar riegos periódicos principalmente en los frentes de despalme durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Los riegos periódicos con agua tratada serán aplicados dos veces por día, de lunes a viernes, en los siguientes horarios; a las 7:00 am y 2:00 pm, en los frentes de explotación, caminos internos y en áreas de concentración de agregados, es decir, material triturado.

El propósito es emplear agua tratada con el fin de evitar también la contaminación del suelo, aguas superficiales y subterráneas y en consecuencia daños a la fauna silvestre en la zona del proyecto por contaminación de corrientes permanentes fuera de la superficie del proyecto. Su ubicación se limita al polígono autorizado de cambio de uso de suelo en áreas forestales por lo que no merece cartografía georreferenciadas aparte.

Toda vez que con la construcción de barreras de piedra en curvas de nivel, el rescate del suelo en los primero 20 centímetros en toda la superficie, riegos periódicos con agua tratado y un programa de restauración del suelo con el auxilio de una reforestación con especies nativas y siendo dichas medidas de mitigación observables, medibles, ubicables y cuantificables, se cúmpleme con el objetivo de mitigar la erosión del suelo en el área afectada con la remoción de la vegetación forestal.

IV.3.1.2 Medidas que se proponen para mitigar la perdida de la capacidad de almacenamiento de carbono en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.

Con el objetivo de mitigar la capacidad de almacenamiento de carbono en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación, en principio fue necesario conocer la capacidad de almacenamiento de carbono en la superficie del proyecto, para posteriormente proponer la o las medidas que nos permitan mitigar está perdida, las cuales se describen a continuación.

Estimación de la capacidad de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Con el objetivo de proponer las medidas que nos permitan mitigar la perdida de la capacidad de almacenamiento de carbono en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal, primero se estimó de la capacidad de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, para lo cual se empleó la información del muestreo de flora silvestre recabada en campo, el cual cumple con un 95% de confiabilidad, tal como quedó demostrado en el análisis estadístico correspondiente.

Para dicha estimación, se consideraron los datos dasométricos promedio recabados en los sitios de muestreo de las especies presentes en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, es

decir, el diámetro promedio en centímetros a la base del tallo y la altura total promedio en metro de cada una de las especies identificadas y registradas en dicha área.
Posteriormente para determinar la cantidad de carbono por individuo de cada especie, primeramente se estimó la biomasa total por individuo de cada especie, con el empleo de los datos dasométricos previamente levantados en campo.

La biomasa área de las especies identificadas en la superficie del proyecto, se estimó con el empleo de la ecuación alométrica local tomada de Návar *et al.* (2004), de la revista científica la ***DINAMICA DE LA CAPTURA DE CARBONO EN PASTIZALES ABANDONADOS DEL NORESTE DE MEXICO.*** *José Israel Yamallel, Javier Jiménez Pérez, Eduardo Alanís Rodríguez, Oscar Alberto Aguirre Calderón, Marco Aurelio González Tagle, Eduardo Javier Treviño Garza de la Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo Leo, México. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Vol. 12 Núm. 1, 2014. pp 113 – 121*., misma que se describe a continuación .

$$\boldsymbol{BT = (0.026884 + 0.001191D2H + 0.044529D - 0.01516H) + (1.025041 + 0.023663D2H - 0.17071H - 0.09615\, ln\, H) + (-0.43154 + 0.011037D2H + 0.113602D + 0.307809\, ln\, D)}.$$

Donde:

BT= biomasa total aérea (kg)

D= diámetro basal (cm)

H= altura total (m)

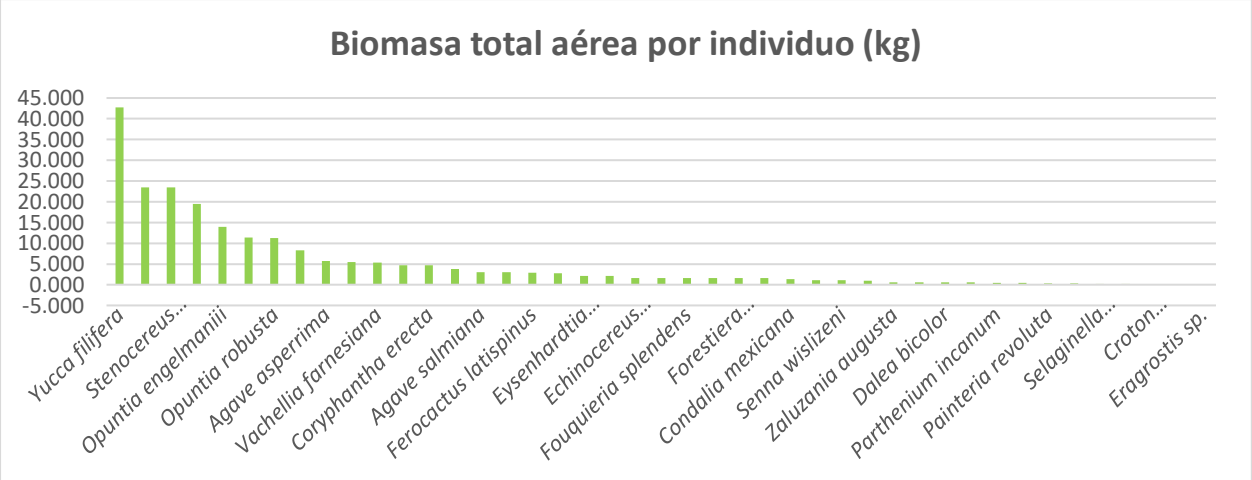
Con el desarrollo de la ecuación alométrica antes descrita fue posible estimar la biomasa área total por individuo, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 343. Cantidad de biomasa aérea por individuo y especie en (kg) en la S-CUSAF.

No.	Nombre científico	Nombre científico	Individuos por ha.	Biomasa total aérea por individuo (kg)
1	Palma pita	*Yucca filifera*	**0**	42.738
2	Mezquite	*Neltuma laevigata*	**1**	23.462
3	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	**0**	23.462
4	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	**1**	19.422

No.	Nombre científico	Nombre científico	Individuos por ha.	Biomasa total aérea por individuo (kg)
5	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	**0**	13.881
6	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	**1**	11.330
7	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	**0**	11.259
8	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	**1**	8.265
9	Maguey áspero	*Agave asperrima*	**50**	5.653
10	Cuatle	*Helietta parviflora*	**0**	5.405
11	Huizache	*Vachellia farnesiana*	**16**	5.334
12	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	**1**	4.662
13	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	**1**	4.662
14	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	**0**	3.741
15	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	**2**	3.025
16	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	**0**	2.958
17	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	**1**	2.914
18	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	**1**	2.705
19	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	**1**	2.068
20	Cardón	*Cylindropuntia imbricata*	**2**	2.068
21	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	**2**	1.623
22	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	**20**	1.601
23	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	**113**	1.590
24	Capulincillo	*Karwinskia molliis*	**123**	1.570
25	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	**0**	1.570
26	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	**1**	1.570
27	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	**98**	1.296
28	Uña de gato	*Mimosa texana*	**74**	1.070
29	Palo prieto	*Senna wislizeni*	**1**	1.048
30	Granjeno	*Celtis pallida*	**4**	1.017
31	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	**54**	0.629
32	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	**20**	0.605
33	Engordacabra	*Dalea bicolor*	**175**	0.605
34	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	**150**	0.549
35	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	**275**	0.463
36	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	**20**	0.412
37	Cabello de angel	*Painteria revoluta*	**74**	0.358
38	Zazálic	*Mentzelia hispida*	**1250**	0.292
39	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	**1050**	0.131
40	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	**9000**	0.045
41	Canelilla	*Croton ciliatoglandulifer*	**375**	-0.012

No.	Nombre científico	Nombre científico	Individuos por ha.	Biomasa total aérea por individuo (kg)
42	Pasto 2	*Briza sp*	**225**	-0.012
43	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	**550**	-0.037
		Total	**13,732**	**216.9955**



Grafica 106 Cantidad de biomasa aérea por individuo y especie en (kg) en la S-CUSAF.

De acuerdo con la gráfica anterior, las especies que presentan una mayor cantidad de biomasa total área son la palma (*Yucca filifera*), el órgano *(Stenocereus dumortieri*) y las especies del género *Opuntia spp* y otras cactáceas se deduce que ello obedece a las características dasométricas de cada especie.

En seguida, para estimar el contenido de carbono total por individuo de cada especie, se obtuvo de la relación de la biomasa aérea total por individuo de cada especie, por la concentración de carbono de las especies registradas e identificadas en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, con el empleo de la formula siguiente.

$$\boldsymbol{Contenido\ de\ carbono\ =\ B\ *\ CC}$$

Dónde:

B = biomasa aérea (peso seco de las especies en kg)

CC = concentración de carbono (%)

La concentración de carbono fue tomada de *Yerena et al.* (2011) del mismo artículo científico descrito líneas arriba, que recomienda un 45.4% de CC, para la biomasa aérea total de las especies arbóreas y arbustivas del matorral espinoso tamaulipeco.

El coeficiente de concentración de carbono en el estrato herbáceo fue tomado del artículo "**Coeficientes de carbono para arbustos y herbáceas del bosque de oyamel del Parque Nacional El Chico**" en la **"Revista Mexicana de Ciencias Forestales"** por: Razo-Zárate Ramón, Gordillo-Martínez Alberto José, Rodríguez-Laguna Rodrigo, Maycotte-Morales Carlos César y Acevedo- Sandoval Otilio Arturo, en el cual se reporta que el coeficiente de la concentración de carbono (CC) en herbáceas tuvo un promedio de 43%, este dato se tomó aún con la consideración de que el tipo de vegetación de la CUSAF no es la misma, sin embargo, proponen que el valor de CC para herbáceas en general está entre 40-45%.

Para las cactáceas presentes en la superficie de cambio de uso de suelo, la concentración de carbono, con un valor de 23% de CC, fue tomada de la revista científica *"**Biomasa aérea y almacén de carbono en dos leguminosas y una cactácea del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca, México"** Nieto-García Vania G., Huerta Saavedra Valeria, Martínez-Ramírez Alejandra; Chávez-Vergara Bruno y Montaño Noé Manuel. 2018,* apoyada por el Programa Mexicano del Carbono y el Instituto Tecnológico de Sonora. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México. Síntesis a 2018.

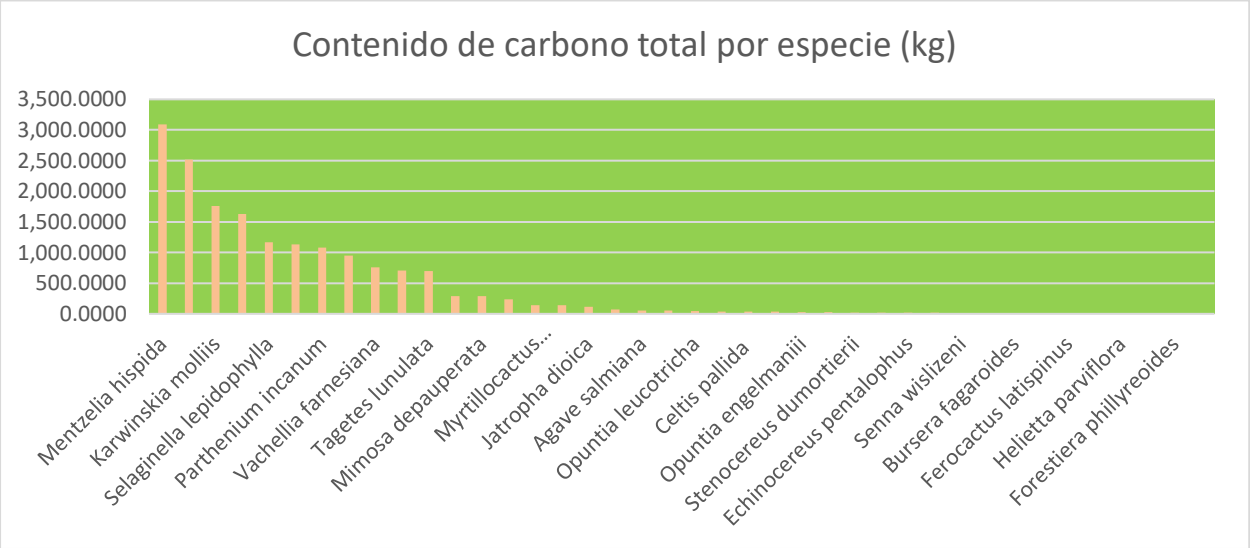
Con el desarrollo de la formula antes descrita y tomando en cuenta la concentración de carbono, es decir, los factores 45.5% y 23% dependiendo de la especie, fue posible estimar el contenido de carbono por individuo y total de cada especie y la capacidad total de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 344. Contenido de carbono total por individuo y por especie y capacidad total de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

No.	Nombre científico	Individuos totales	Contenido de carbono (kg/ha) por especie	Contenido de carbono total por especie (kg)
1	Cenchrus ciliaris	177,390	-141.4361	-2,787.7058
2	Eragrostis sp.	10,841	-2.9443	-58.0330
3	Briza sp	4,435	-1.2045	-23.7408

No.	Nombre científico	Individuos totales	Contenido de carbono (kg/ha) por especie	Contenido de carbono total por especie (kg)
4	Opuntia robusta	1	0.0951	1.8734
5	Forestiera phillyreoides	5	0.1782	3.5124
6	Mammillaria compressa	7	0.2381	4.6933
7	Helietta parviflora	2	0.2454	4.8368
8	Cylindropuntia kleinae	15	0.2708	5.3383
9	Ferocactus latispinus	10	0.3478	6.8557
10	Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera	15	0.4666	9.1967
11	Bursera fagaroides	6	0.5095	10.0428
12	Eysenhardtia polystachya	13	0.6103	12.0284
13	Senna wislizeni	27	0.6420	12.6548
14	Cylindropuntia imbricata	46	0.8486	16.7266
15	Echinocereus pentalophus	42	1.0226	20.1560
16	Coryphantha radians	20	1.0722	21.1330
17	Stenocereus dumortierii	4	1.0792	21.2719
18	Coryphantha erecta	23	1.2330	24.3030
19	Opuntia engelmaniii	6	1.3401	26.4133
20	Echinocactus platyacanthus	13	1.6833	33.1770
21	Celtis pallida	78	1.8387	36.2400
22	Yucca filifera	2	1.9403	38.2433
23	Opuntia leucotricha	13	2.0752	40.9015
24	Neltuma laevigata	10	2.5720	50.6942
25	Agave salmiana	39	2.6332	51.8995
26	Euphorbia antisyphilitica	392	3.7223	73.3664
27	Jatropha dioica	392	5.6799	111.9499
28	Croton ciliatoglandulifer	7,391	7.2703	143.2969
29	Myrtillocactus geometrizans	27	7.2849	143.5853
30	Painteria revoluta	1,452	11.9766	236.0592
31	Mimosa depauperata	392	14.6691	289.1278
32	Zaluzania augusta	1,059	14.7726	291.1677
33	Tagetes lunulata	2,957	35.3967	697.6694
34	Mimosa texana	1,452	35.7686	704.9998
35	Vachellia farnesiana	314	38.5587	759.9929
36	Dalea bicolor	3,452	48.1091	948.2294
37	Parthenium incanum	5,420	54.7874	1,079.8602
38	Condalia mexicana	1,922	57.3990	1,131.3348
39	Selaginella lepidophylla	20,696	59.1649	1,166.1392
40	Fouquieria splendens	2,236	82.4408	1,624.9083

No.	Nombre científico	Individuos totales	Contenido de carbono (kg/ha) por especie	Contenido de carbono total por especie (kg)
41	Karwinskia molliis	2,432	89.0745	1,755.6583
42	Agave asperrima	981	127.7157	2,517.2769
43	Mentzelia hispida	24,638	156.8528	3,091.5695
Total		**270,666**	**728.0012**	**14,348.9044**



Grafica 107. Contenido de carbono total por especie y total en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, se estima que la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, actualmente tiene la capacidad de almacenar un **total** de **14.349 toneladas de carbono.**

Si tomamos en cuenta el contenido de carbono total por especie dentro de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales; **el Garambullo (*Myrtillocactus geometrizans),* el Maguey *(Agave asperrima)* y el Nopal *(Opuntia leucotricha)*** son las especies que presentan un mayor contenido de carbono dentro de la superficie de cambio de uso de suelo, esto es el reflejo tanto de la abundancia como las características dasométricas de cada especie.

De acuerdo con la estimación de la capacidad de almacenamiento carbono que presenta la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales en el matorral crasicaule en proceso de degradación, no dista mucho de estimaciones de otros estudios que se han realizado en algunos matorrales de nuestro país y sus conclusiones, de acuerdo a la revisión de la siguiente literatura.

Si comparamos la capacidad de almacenamiento de carbono que presenta la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales antes de la remoción de la vegetación forestal, que resultó de **14.349 toneladas de carbono** contra la que resulta de la aplicación de las medidas de mitigación descritas líneas arriba, es decir, con el rescate y reubicación de flora silvestre y la reforestación que se proponen una vez establecidas y cuando se alcancen los parámetros proyectados, que se estima en **34.365 toneladas de carbono,** se tendría una **capacidad de almacenamiento mayor de 20.015 toneladas de carbono adicionales**, por lo que se demuestra que se mitiga la capacidad de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales antes de la remoción de la vegetación forestal.

De acuerdo con la estimación de la capacidad de almacenamiento carbono que presenta la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales en el matorral crasicaule en proceso de degradación, no dista mucho de estimaciones de otros estudios que se han realizado en algunos matorrales de nuestro país y sus conclusiones, de acuerdo a la revisión de la siguiente literatura.

Por lo que, de acuerdo a lo anterior, se concluye que los datos obtenidos de la estimación de la capacidad de almacenamiento de carbono en la superficie de cambio de uso de suelo, es el reflejo de las condiciones interpretativas de los resultados obtenidos, por lo que a partir de ellos se propondrán las medidas para mitigar los impactos hacia este servicio ambiental, proponiéndose como medidas de mitigación el presente programa de reforestación con especies nativas, que además tiene como objetivo auxiliar en las actividades de restauración del área explotada y el programa de rescate y reubicación de flora silvestre como se describe a continuación.

Programa de restauración del sitio con el auxilio de reforestación de especies nativas.

1. Introducción.

Las áreas forestales a nivel mundial han sufrido un fuerte deterioro en las últimas décadas, ya que en muchos países se han implementado las políticas de cambio de uso del suelo, lo cual ha llevado al incrementar en algunos casos a las tasas de deforestación, complementariamente el incremento de la población con la apertura de mayores áreas urbanas ha demandado el aumento en el aprovechamiento de todo tipo de recursos y lo que ha propiciado la deforestación. Existen otros factores como los incendios y huracanes que también tienen importancia en el aumento de la deforestación, aunque dependen de las condiciones atmosféricas y su importancia radica en

que en algunos años su presencia puede ser muy alta, todo lo anterior a afectado significativamente la diversidad de especies de flora y fauna silvestre, hasta llegar a perderse especies por completo en algunas regiones del mundo y principalmente en nuestro país. Adicionalmente también se encuentran los bosques que no tienen un manejo adecuado. (INIFAP, 2010).

Una alternativa para revertir el proceso de degradación de las áreas bajo alguna modalidad de aprovechamiento es la implementación de programas de restauración combinadas con actividades de reforestación y/o para plantaciones forestales, ya que estas se pueden realizar en zonas o en áreas preferentemente forestales o que están siendo afectadas por algún por algún tipo de aprovechamiento de los recursos naturales, como el caso de la explotación del banco de materiales que se propone.

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) tiene por *objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable*, según lo establece en el artículo 3, fracción II.

Uno de los objetivos específicos de la Ley, establecidos en el artículo, fracción II es *"Conservar y restaurar el patrimonio natural y contribuir, al desarrollo social, económico y ambiental del país, mediante el manejo integral sustentable de los recursos forestales en las cuencas hidrográficas, con un enfoque ecosistémico en el marco de las disposiciones aplicables;"*. En este contexto, la reforestación es una estrategia prioritaria para alcanzar dicho fin.

En este sentido y con el objetivo de demostrar que con las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales no se compromete la biodiversidad y se garantizar la restauración del sitio, como parte complementaria a las medidas de prevención que se han propuesto en el estudio técnico justificativo se propone el presente ***programa de restauración combinado con reforestación de especies nativas de la región donde se ubica el proyecto*** mismo que persigue los siguiente objetivos.

2. Objetivos generales.

2.1 De restauración del sitio

- Dar cumplimiento al Código Ambiental del Estado de Querétaro, a los ordenamientos ecológicos en sus diferentes modalidades y demás disposiciones jurídicas aplicables.

2.2 De reforestación

- Mitigar los efectos en la capacidad de almacenamiento de carbono con motivo de la remoción de la vegetación forestal con las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

- Establecer una reforestación combinada para la restauración del área explotada, de protección y restauración con especies nativas de la región en el sitio de explotación para dar cumplimiento a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, a los ordenamientos ecológicos en sus diferentes modalidades y demás disposiciones jurídicas aplicables.

2.3 Específicos.

- Demostrar que se mitiga la capacidad de almacenamiento de carbono en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal, con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales.

- Propiciar la regeneración natural mediante la incorporación de la capa fértil inicialmente rescatada y almacenada con dicho fin.

- Realizar la restauración y rehabilitación del área del proyecto, una vez concluidos los trabajos de explotación.

- Fortalecer las actividades de restauración con el auxilio de una reforestación con especies nativas y fijadoras del suelo, registradas e identificadas dentro de la superficie propuesta cambio de uso de suelo en áreas forestales.

3. Metas.

Con la ejecución del presente programa de reforestación se pretenden alcanzar las siguientes metas.

- Retirar, almacenar y reincorporar el volumen total de 39,460 m^3 de tierra de monte en la superficie explotada, rescatada inicialmente para dicho fin.
- Restaurar y rehabilitar la superficie total explotada conforme el avance de la explotación hasta el término de la vida útil del proyecto, es decir, las 19.71 hectáreas autorizadas para cambio de uso de suelo en áreas forestales.
- Se mantendrán 18 especies con un total de 1,268 individuos del programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre, es decir, se mantendrá su capacidad de almacenamiento de carbono, toda vez que dichas especies no serán eliminadas con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales.
- Reforestar un total de 1,900 individuos de 12 especies nativas de la región generalmente utilizadas en labores de restauración, registradas e identificadas en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, mismas que se distribuyen de la siguiente manera.

4. Selección de especies nativas.

4.1. Programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre.

Como se dijo líneas arriba se mantendrán 18 especies con un total de 1,268 individuos del programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre, si bien, es confines de mantener la biodiversidad, sin embargo, el almacenamiento de carbono que estás contiene se mantiene, es decir, que no se pierde con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales, toda vez que dichas especies no serán eliminadas, sino rescatadas y reubicadas en el área destinada para dicho fin.

Tabla 345. Número de individuos propuestos a rescate.

No.	Nombre común	Nombre científico	Total	(%)	Método
1	Maguey áspero	*Agave asperrima*	981	100.00	Directo
2	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	39	100.00	Directo
3	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	6	100.00	Directo
4	Palma pita	*Yucca filifera*	2	100.00	Directo
5	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	20	100.00	Directo
6	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	23	100.00	Directo
7	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	15	100.00	Directo
8	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	13	100.00	Directo
9	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	4	100.00	Directo

No.	Nombre común	Nombre científico	Total	(%)	Método
10	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	10	100.00	Directo
11	Cardón	*Cylindopuntia imbricata*	46	100.00	Directo
12	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	27	100.00	Esqueje
13	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	6	100.00	Esqueje
14	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	42	100.00	Directo
15	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	13	100.00	Esqueje
16	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	15	100.00	Directo
17	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	7	100.00	Directo
18	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	1	100.00	Esqueje
Total			**1,268**	**100.00**	

Con el desarrollo de la metodología para estimar la capacidad de almacenamiento de carbono, desarrollada en el Capítulo IV, aplicada a las especies propuestas a rescate y reubicación considerando sus características dasométricas actuales, se estima que con el rescate y reubicación de dichas especies se conserve un total del **3.016 toneladas de carbono**, es decir, esta cantidad no se perdería con motivo del cambio de uso de suelo, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 346. Capacidad de almacenamiento de carbono de las especies propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre.

No.	Nombre científico	Individuos totales	Contenido de carbono (kg/ha) por especie	Contenido de carbono total por especie (kg)
1	*Agave asperrima*	981	127.72	2517.28
2	*Agave salmiana*	39	3.30	65.05
3	*Bursera fagaroides*	6	0.51	10.04
4	*Yucca filifera*	2	1.94	38.24
5	*Coryphantha radians*	20	1.07	21.13
6	*Coryphantha erecta*	23	1.23	24.30
7	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	15	0.47	9.20
8	*Echinocactus platyacanthus*	13	1.68	33.18
9	*Stenocereus dumortierii*	4	1.08	21.27
10	*Ferocactus latispinus*	10	0.35	6.86
11	*Cylindropuntia imbricata*	46	1.12	22.03
12	*Myrtillocactus geometrizans*	27	7.28	143.59

No.	Nombre científico	Individuos totales	Contenido de carbono (kg/ha) por especie	Contenido de carbono total por especie (kg)
13	*Opuntia engelmaniii*	6	1.48	29.21
14	*Echinocereus pentalophus*	42	1.02	20.16
15	*Opuntia leucotricha*	13	2.08	40.90
16	*Cylindropuntia kleinae*	15	0.27	5.34
17	*Mammillaria compressa*	7	0.28	5.51
18	*Opuntia robusta*	1	0.13	2.66
Total		**1,268**		**3015.94**
Toneladas				**3.02**

4.1. Programa de reforestación con especies nativas de la región.

El programa de reforestación contempla la plantación de 12 especies con un total de 1,900 individuos, nativas de la región y propias de la vegetación por afectar con el cambio de uso de suelo, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 347. Especies y número de individuos a reforestar para fines de restauración y mitigación de la capacidad de almacenamiento de carbono por la remoción de la vegetación forestal.

No.	Nombre común	Nombre científico	Individuos totales
1	Maguey áspero	*Agave asperrima*	350
2	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	350
3	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	250
4	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	250
5	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	50
6	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	50
7	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	50
8	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	50
9	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	50
10	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	150
11	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	150
12	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	150
		Total	**1,900**

Se prevé que con la reforestación de los 1,900 individuos y previendo que los mismos alcancen los diámetros y alturas proyectadas, se mitigue la capacidad de almacenamiento de carbono que inicialmente se estimó para la vegetación forestal que soportaba la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, en este sentido a continuación se describen las características dasométricas que es necesario alcanzar para la biomasa total requerida y el contenido de carbono por total para lograr mitigar la capacidad de almacenamiento que se perdió con motivo de la remoción de la vegetación forestal.

Tabla 348. Características dasométricas proyectadas a alcanzar de las especies reforestadas para mitigar la capacidad de almacenamiento de carbono por la remoción de la vegetación forestal.

No.	Nombre común	Nombre científico	Individuos totales	Diámetro basal promedio cm (D)	Altura total promedio m (H)
1	Maguey áspero	*Agave asperrima*	350	25	3
2	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	350	25	3
3	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	250	5	3
4	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	250	8	4
5	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	50	13	0.25
6	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	50	13	0.25
7	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	50	7	0.1
8	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	50	50	0.45
9	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	50	25	3
10	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	150	25	2
11	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	150	25	2
12	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	150	25	2
		Total	**1,900**		

Como se dijo anteriormente, el diámetro basal promedio y la altura total promedio, son parámetros proyectados, pensando en que la reforestación de las especies propuestas de matorral crasicaule, con fines de restauración del sitio, perdurarán en el tiempo, como perduró la vegetación forestal presente en la S-CUSAF hasta que existió un motivó para su remoción, que

obligo a ser necesaria la cuantificación de su capacidad de almacenamiento de carbono. Ahora bien, no hay que perder de vista que la reforestación propuesta es con fines de mitigación por el impacto ambiental que va generar el cambio de uso de suelo en áreas forestales, es decir, el objetivo final no es la reparación del daño ambiental o dicho en otras palabras, regresar a su estado base la superficie autorizada a cambio de uso de suelo, bajo estos principios, la cuantificación del impacto se basa en estimaciones, pero principalmente en predicciones, como es el caso de la estimación de la capacidad de almacenamiento de carbono así como su mitigación en términos de las medidas que se proponen en el presente estudio técnico justificativo.

Sin embargo, sí es posible estimar las variables en cuestión, para matorral crasicaule, mediante el empleo de modelos de crecimiento específico usados en silvicultura, como el modelo de Gompertz o el de Chapman-Richards, que tienen una forma sigmoidal y pueden ajustarse con transformaciones logarítmicas, como el ejemplo que a continuación se describe:

$$\boldsymbol{B(t) = A \,.\, e^{-b.e^{-kt}}}$$

Donde:

$\boldsymbol{B(t)} =$ es la biomasa en el tiempo $\boldsymbol{t}$

$\boldsymbol{A}$ es la biomasa máxima que la planta puede llegar alcanzar.

$\boldsymbol{b\ y\ k}$ son parámetros que determinan la forma de la curva de crecimiento

El matorral crasicaule para México es muy diverso y no todas las especies se comportan de la misma manera. Por lo tanto, no se puede aplicar una sola ecuación a todo el ecosistema. Es necesario:

- Identificar las especies dominantes en el área de estudio.
- Recopilar datos de campo de una muestra representativa de cada especie.
- Generar ecuaciones específicas para cada especie o grupo de especies con características de crecimiento similares.
- Integrar modelos con variables ambientales (precipitación, temperatura) para una proyección más precisa bajo diferentes escenarios climáticos.

A continuación, se describe un ejemplo hipotético del desarrollo del modelo de Gompertz para el crecimiento de una cactácea columnar como el ***Neobuxbaumia tetetzo*.**

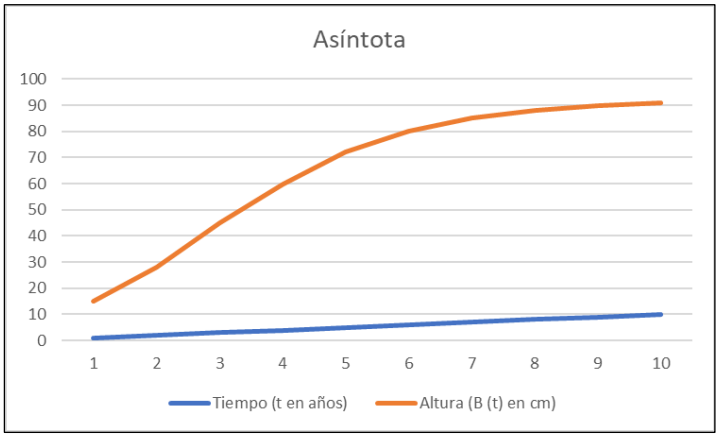
1. Fase de campo: Obtención de datos longitudinales.

A diferencia de la regresión lineal, que puede usar datos transversales (muchas plantas en un solo momento), el modelo de Gompertz requiere **datos longitudinales**. Se mide el crecimiento de las mismas plantas a lo largo del tiempo.

Para cada planta de ***Neobuxbaumia tetetzo*** seleccionada, se mide la altura total o el diámetro basal a intervalos regulares (por ejemplo, anualmente) durante varios años.

Ejemplo de datos de una planta:

Tiempo (t en años)	Altura ($B(t)$ en cm)
1	15
2	28
3	45
4	60
5	72
6	80
7	85
8	88
9	90
10	91



2. Estimación inicial de los parámetros

Para la regresión no lineal, se necesitan estimaciones iniciales de los parámetros (A, b y k) para que el algoritmo de ajuste comience su búsqueda de la mejor curva.

- **Parámetro A (asíntota superior):** Representa el tamaño máximo de la cactácea. Una buena estimación inicial es el valor máximo observado en los datos, o un valor ligeramente superior. En nuestro ejemplo, el valor máximo es 91 cm, por lo que podríamos usar $A_{inicial}$=95.
- **Parámetro b**: Relacionado con la posición del punto de inflexión. Se puede estimar a partir de los datos, a menudo requiere una conjetura inicial basada en el comportamiento de la curva.

- Parámetro k: Es la tasa de crecimiento. Se puede estimar a partir de la tasa inicial de crecimiento de la cactácea.

3. Ajuste del modelo de regresión no lineal.

Se utiliza un software estadístico (como R, Python con librerías como SciPy, o programas especializados) para ajustar el modelo de Gompertz a los datos. El proceso de ajuste busca los valores óptimos de A, b y k que minimicen la suma de los errores al cuadrado entre los datos observados y los predichos por la ecuación.

Los pasos en el software son, a grandes rasgos:

1. Ingresar los datos de tiempo t y altura $B(t)$.
2. Especificar la función de Gompertz.
3. Proporcionar los valores iniciales de los parámetros A, b k.
4. Ejecutar el algoritmo de regresión lineal (por ejemplo, el algoritmo de Levenberg-Marquardt.

El resultado del ajuste (ejemplo hipotético):

El software devuelve los mejores valores para los parámetros.

$A = 94.5$

$b = 2.5$

$\mathrm{k} = 0.4$

La ecuación resultante es:

$$B(t) = 94.5 \, . e^{-2.5.e^{-0.4t}}$$

4. Uso de la ecuación para la proyección.

Una vez que se tienen los parámetros ajustados, se puede usar la ecuación para proyectar el crecimiento de la cactácea.

Ejemplo de uso:

Para estimar la altura de la planta a los 12 años $t = 12$:

1. Sustituir $\boldsymbol{t = 12}$ en la ecuación:

$$\boldsymbol{B(12) = 94.5 \, . \, e^{-2.5.e^{-0.4*12}}}$$

2. Calcular el exponente interno:

$$\boldsymbol{B(12) = 94.5 \, . \, e^{-2.5.e^{-4.8}}}$$

$$\boldsymbol{e^{-4.8} = 0.00823}$$

3. Continuar con el cálculo del exponente principal:

$$\boldsymbol{B\,(12) = 94.5 \, . \, e^{-2.5.0.00823}}$$

$$\boldsymbol{B\,(12) = 94.5 \, . \, e^{-0.020575}}$$

4. Calcular el valor final:

$$\boldsymbol{B(12) = 94.5 \, . \, 0.9796}$$

$$\boldsymbol{B(12) = 92.57 \; cm}$$

El resultado muestra que a los 12 años, la planta habrá alcanzado una altura cercana a la asíntota máxima, lo que refleja el crecimiento lento y la estabilización característica del matorral crasicaule.

Sí bien, el ejemplo anterior, está referido para la proyección de la altura total de la especie referida, sin embargo, también existen metodologías específicas para proyectar el diámetro normal, que como ya se explicó, la reforestación de las especies nativas de matorral crasicaule propuestas perdurará en el tiempo en la superficie de restauración, es decir, no se tiene proyectado, ni en su caso, acotado un tiempo determinado, que obligue a determinar dichos parámetros.

En consecuencia a lo anterior, a partir de los indicadores dasométricos que se alcanzarían, se estimó la biomasa aérea total y el contenido de carbono por individuo y total de las especies de matorral crasicaule reforestadas, con el objetivo de verificar que dicha reforestación tendrá la capacidad de almacenamiento del carbono que se tenía antes de la remoción de la vegetación forestal.

En este sentido, para determinar la cantidad de carbono por individuo de cada especie reforestada, primeramente se estimó la biomasa total por alcanza por individuo de cada especie plantada, con el empleo de los datos dasométricos previamente visualizados.

La biomasa área de las especies reforestadas, se estimó con el empleo de la ecuación alométrica local tomada de Návar *et al.* (2004), de la revista científica la ***DINAMICA DE LA CAPTURA DE CARBONO EN PASTIZALES ABANDONADOS DEL NORESTE DE MEXICO.*** *José Israel Yamallel, Javier Jiménez Pérez, Eduardo Alanís Rodríguez, Oscar Alberto Aguirre Calderón, Marco Aurelio González Tagle, Eduardo Javier Treviño Garza de la Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo Leo, México. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Vol. 12 Núm. 1, 2014. pp 113 – 121*., misma que se describe a continuación.

$$\boldsymbol{BT} = (\mathbf{0.026884} + \mathbf{0.001191}\boldsymbol{D2H} + \mathbf{0.044529}\boldsymbol{D} - \mathbf{0.01516}\boldsymbol{H}) + (\mathbf{1.025041} + \mathbf{0.023663}\boldsymbol{D2H} - \mathbf{0.17071}\boldsymbol{H} - \mathbf{0.09615}\,\boldsymbol{ln\,H}) + (-\mathbf{0.43154} + \mathbf{0.011037}\boldsymbol{D2H} + \mathbf{0.113602}\boldsymbol{D} + \mathbf{0.307809}\,\boldsymbol{ln\,D}).$$

Donde:

BT= biomasa total aérea (kg)

D= diámetro basal (cm)

H= altura total (m)

Con el desarrollo de la ecuación alométrica antes descrita fue posible estimar la biomasa área total por individuo, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 349. Cantidad de biomasa aérea total por individuo y especie en (kg) proyectada alcanzada con la reforestación.

No.	Nombre común	Nombre científico	Individuos totales	Biomasa total aérea por individuo (kg)
1	Maguey áspero	*Agave asperrima*	350	72.197
2	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	350	72.197
3	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	250	3.935
4	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	250	10.837
5	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	50	5.069
6	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	50	5.069
7	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	50	2.705
8	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	50	50.102
9	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	50	72.197

No.	Nombre común	Nombre científico	Individuos totales	Biomasa total aérea por individuo (kg)
10	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	150	49.990
11	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	150	49.990
12	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	150	49.990
		Total	**1,900**	**444.276**

En seguida, para estimar el contenido de carbono total por individuo de cada especie reforestada, se obtuvo de la relación de la biomasa aérea total por individuo de cada especie, por la concentración de carbono de las especies reforestadas, con el empleo de la fórmula siguiente.

$$\boldsymbol{Contenido\ de\ carbono\ =\ B\ *\ CC}$$

Donde:

B = biomasa aérea (peso seco de las especies en kg)

CC = concentración de carbono (%)

La concentración de carbono fue tomada de *Yerena et al.* (2011) del mismo artículo científico descrito líneas arriba, que recomienda un 45.4% de CC, para la biomasa aérea total de las especies arbóreas y arbustivas del matorral espinoso tamaulipeco.

El coeficiente de concentración de carbono en el estrato herbáceo fue tomado del artículo "**Coeficientes de carbono para arbustos y herbáceas del bosque de oyamel del Parque Nacional El Chico**" en la **"Revista Mexicana de Ciencias Forestales"** por: Razo-Zárate Ramón, Gordillo-Martínez Alberto José, Rodríguez-Laguna Rodrigo, Maycotte-Morales Carlos César y Acevedo- Sandoval Otilio Arturo, en el cual se reporta que el coeficiente de la concentración de carbono (CC) en herbáceas tuvo un promedio de 43%, este dato se tomó aún con la consideración de que el tipo de vegetación de la CUSAF no es la misma, sin embargo, proponen que el valor de CC para herbáceas en general está entre 40-45%.

Para las cactáceas presentes en la superficie de cambio de uso de suelo, la concentración de carbono, con un valor de 23% de CC, fue tomada de la revista científica *"**Biomasa aérea y almacén de carbono en dos leguminosas y una cactácea del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca, México"** Nieto-García Vania G., Huerta Saavedra Valeria, Martínez-Ramírez*

Alejandra; Chávez-Vergara Bruno y Montaño Noé Manuel. 2018, apoyada por el Programa Mexicano del Carbono y el Instituto Tecnológico de Sonora. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México. Síntesis a 2018.

Con el desarrollo de la fórmula antes descrita y tomando en cuenta los coeficientes de concentración de carbono, es decir, los factores **45.5% (arbustos y árboles), 43% (herbáceas) y 23% (cactáceas)** dependiendo de la especie, fue posible estimar el contenido de carbono por individuo y total de cada especie y la capacidad total de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 350. Contenido de carbono total por individuo y por especie reforestada y capacidad total de almacenamiento de la reforestación.

No.	Nombre común	Nombre científico	Individuos totales	Contenido de carbono (kg/ha) por especie	Contenido de carbono total por especie (kg)
1	Maguey áspero	*Agave asperrima*	350	1631.039	11472.078
2	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	350	65.242	11472.078
3	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	250	1.161	446.625
4	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	250	1.476	1229.980
5	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	50	1.166	58.291
6	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	50	1.341	58.291
7	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	50	0.467	31.107
8	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	50	7.490	576.168
9	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	50	22.417	830.264
10	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	150	3.449	1724.649
11	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	150	7.473	1724.649
12	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	150	0.575	1724.649
		Total	**1900**		**31,348.830**

En base a los resultados de la tabla anterior, se estima que la reforestación que se propone, considerando los parámetros proyectados, es decir, una vez que se alcancen los diámetros y alturas promedio y la biomasa por individuo de las especies reforestadas, se tendrá una **capacidad de almacenamiento de 31.349 toneladas de captura de carbono.**

En este sentido, y considerando el programa de rescate y reubicación de flora silvestre y el de reforestación se estima una **capacidad de almacenamiento de carbono total de 34.365 toneladas,** una vez que las especies se encuentren establecidas con el compromiso que ir reponiendo aquellas que por alguna razón no sobreviva.

Tabla 351. Contenido de carbono total con la aplicación de medidas de mitigación que se logra retener.

No.	Programa	Contenido de carbono total por especie (ton)
1	Rescate y reubicación de flora silvestre.	3.016
2	Reforestación con especies nativas.	31.349
	Total	**34.365**

Es decir, si comparamos la capacidad de almacenamiento de carbono que presenta la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales antes de la remoción de la vegetación forestales, que resultó de **14.349 toneladas de carbono** contra la que resulta de la aplicación de las medidas de mitigación descritas líneas arriba, es decir, con el rescate y reubicación de flora silvestre y la reforestación que se proponen una vez establecidas y cuando se alcancen los parámetros proyectados, que se estima en **34.365 toneladas de carbono,** se tendría una **capacidad de almacenamiento mayor de 20.015 toneladas de carbono adicionales**, por lo que se demuestra que se mitiga la capacidad de almacenamiento de carbono en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales antes de la remoción de la vegetación forestal.

Es importante precisar que el suelo fértil rescatado será ira almacenando conforme el avance del desmonte y despalmen y se ira rotando para no afectar las actividades de proyecto, toda vez que no se cuenta con área para su almacenamiento, de tal manera que esto no obligue a ampliar la superficie solicitada y tampoco sea motivo de daños a la vegetación aledaña, fuera de la superficie autorizada.

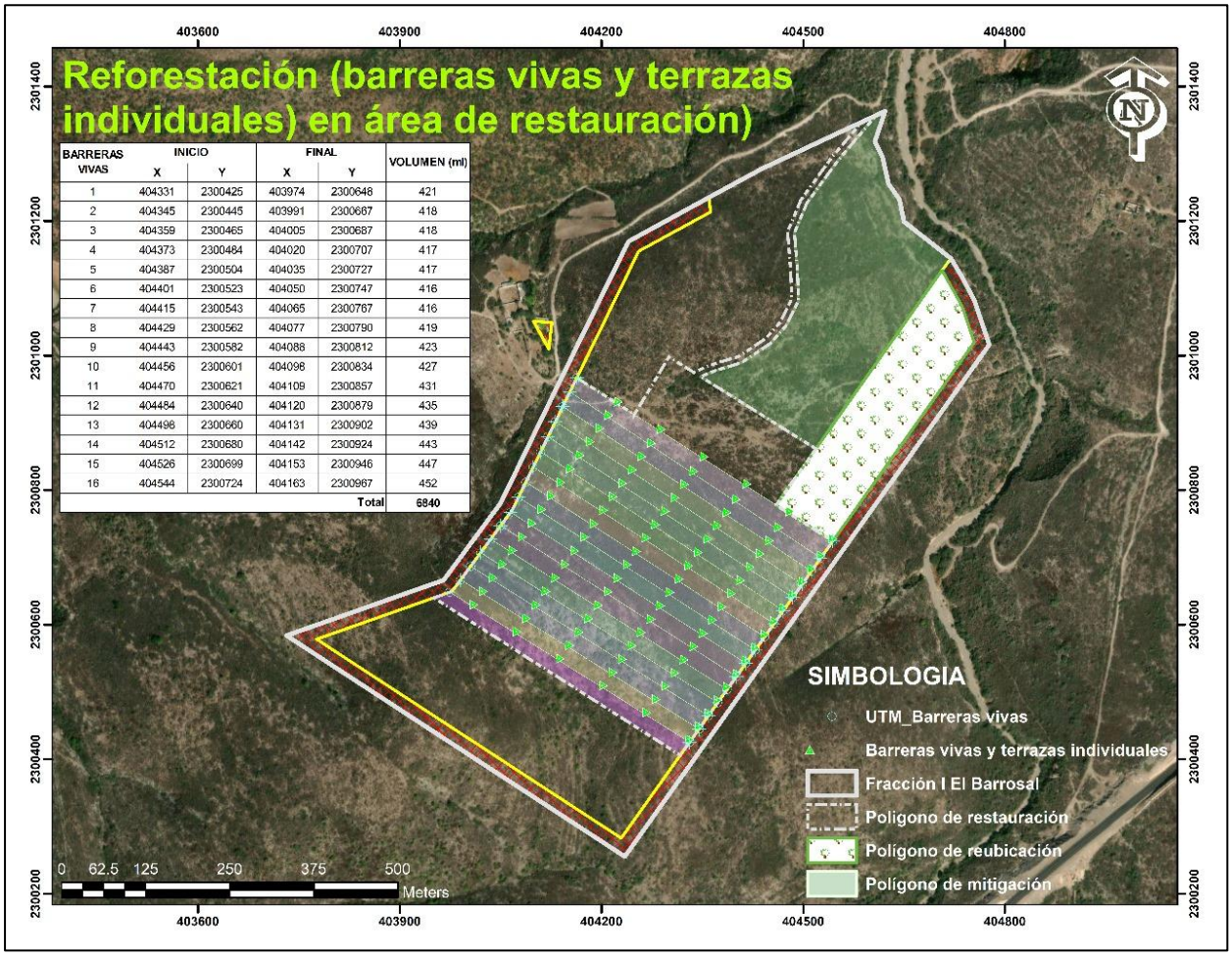
4. Definición del área a reforestar a corto plazo.

Tomando en cuenta que la reforestación tiene como objetivo auxiliar las labores de restauración, esta se llevara a cabo en la superficie autorizada para cambio de uso de suelo y se ejecutara conforme el avance del proceso de explotación del banco de materiales pétreos en un lapso no

mayor a 15 años, dado que son especies que fueron registradas e identificadas en la superficie del proyecto no se prevé que allá algún tipo de problema para su adaptación ya que estarán soportadas además en el mismo suelo originalmente extraído de dicha área, la cual se encuentra delimitada por las siguientes coordenadas geográficas UTM.

Tabla 352. Ubicación geográfica de la reforestación (barreras vivas y terrazas individuales).

BARRERAS VIVAS	INICIO		FINAL		VOLUMEN (ml)
	X	Y	X	Y	
1	404331	2300425	403974	2300648	421
2	404345	2300445	403991	2300667	418
3	404359	2300465	404005	2300687	418
4	404373	2300484	404020	2300707	417
5	404387	2300504	404035	2300727	417
6	404401	2300523	404050	2300747	416
7	404415	2300543	404065	2300767	416
8	404429	2300562	404077	2300790	419
9	404443	2300582	404088	2300812	423
10	404456	2300601	404098	2300834	427
11	404470	2300621	404109	2300857	431
12	404484	2300640	404120	2300879	435
13	404498	2300660	404131	2300902	439
14	404512	2300680	404142	2300924	443
15	404526	2300699	404153	2300946	447
16	404544	2300724	404163	2300967	452
				Total	**6840**



BARRERAS VIVAS	INICIO X	INICIO Y	FINAL X	FINAL Y	VOLUMEN (ml)
1	404331	2300425	403974	2300648	421
2	404345	2300445	403991	2300667	418
3	404359	2300465	404005	2300687	418
4	404373	2300484	404020	2300707	417
5	404387	2300504	404035	2300727	417
6	404401	2300523	404050	2300747	416
7	404415	2300543	404065	2300767	416
8	404429	2300562	404077	2300790	419
9	404443	2300582	404088	2300812	423
10	404456	2300601	404098	2300834	427
11	404470	2300621	404109	2300857	431
12	404484	2300640	404120	2300879	435
13	404498	2300660	404131	2300902	439
14	404512	2300680	404142	2300924	443
15	404526	2300699	404153	2300946	447
16	404544	2300724	404163	2300967	452
				Total	6840

Imagen 72. Ubicación geográfica de las barreas vivas y terrazas individuales.

5. Descripción de las técnicas y metodología a utilizar.

Tomando en cuenta la fisiología de las especies a emplear en la reforestación de auxilio para la restauración del sitio explotado, a continuación, se presentan las técnicas y metodología de propagación a fin de garantizar plantas sanas y vigorosas a la hora de irlas plantando en el sitio antes mencionado.

Tabla 353. Técnicas y métodos de propagación de las especies a utilizar.

No.	Nombre común	Nombre científico	Individuos totales	Método de reproducción
1	Maguey áspero	*Agave asperrima*	350	Hijuelos
2	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	350	Hijuelos
3	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	250	Semilla

No.	Nombre común	Nombre científico	Individuos totales	Método de reproducción
4	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	250	Esquejes
5	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	50	Vivero
6	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	50	Vivero
7	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	50	Vivero
8	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	50	Vivero
9	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	50	Esquejes
10	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	150	Pencas
11	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	150	Pencas
12	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	150	Pencas
		Total	**1900**	

Tal como se menciona en la tabla anterior, las especies del género ***Agave*** propuestas a reforestación, la adquisición de la planta se llevará a cabo por medio de la recolección de **hijuelos** en plantas ya establecidas y que por su grado de adaptación y crecimiento le han brotado hijuelos en la base, esta técnica es la más utilizada y adecuada para realizar plantaciones con estos fines y para este tipo de especies ya que garantizan una importante adaptación y sobrevivencia, dada la abundancia de estas especies en la zona, esta será seleccionada para hacer la recolección de especímenes y su posterior plantación en el área seleccionada.

Para el caso de las especies del género ***Opuntia*** el germoplasma será a base de **pencas**, las cuales igualmente a las anteriores, serán recolectadas de una planta tipo o patrón, de las ya adaptadas y establecidas en las cercanías de la superficie del proyecto, dentro de la microcuenca, también es una técnica comprobada de adaptación para este tipo de especie y con los fines que se persiguen, se prevé que no exista problemas para su adaptación ya que es una especie nativa y presenta un alto grado de adaptación en otros proyectos.

Las especies cuya forma de reproducción es por medio de **semilla**, será adquirida en viveros de la región, que se dedican a reproducir especies nativas, esto con la finalidad de garantizar su sobrevivencia.

Para el caso de ***Bursera fagaroides*** la reproducción se hará por medio de esquejes, es decir, mediante reproducción asexual, para ello se elegirán plantas sanas y vigorosas de las mismas que se ubican en la región, para ello se determinara el número de esquejes a obtener por planta

con la finalidad de evitar poner en riesgo el árbol patrón, cuyo procedimiento consiste en lo siguiente.

Reproducción asexual.

Algunas angiospermas, han desarrollado mecanismos asexuales donde las células somáticas, tienen la capacidad de producir otros individuos idénticos a la planta madre, conocidos como clones y a este proceso se le conoce como propagación asexual. La reproducción asexual consiste en utilizar partes vegetativas como: tallos, bulbos, esquejes, estacas u hojas, las cuales son capaces de enraizar y formar otro organismo independiente (Jiménez y Matías, 2010). Para el caso de las especies propuesta a rescate el método más idóneo es la propagación asexual por medio de estacas, las cuales son partes vegetativas, o en su defecto prolongaciones del tallo, aunque hay varios aspectos a considerar para utilizar esta técnica de propagación, los cuales se mencionan a continuación:

a).- Época del año.
b).- Grado de lignificación de la estaca.
c).- Número de yemas vegetativas.
d).- Tipo de sustrato de enraizamiento.
e).- Concentración de la fitohormona a utilizar.
f).- Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento.

Época del año

La época del año en la cual se van a colectar las estacas para propagar, juega un papel muy importante y es un factor decisivo para el éxito en el enraizamiento de los clones, ya que como se mencionó anteriormente, son plantas que en la época seca pierden sus hojas por ser plantas caducifolias y en la región este periodo abarca de Noviembre a Abril, este es el mejor lapso para la colecta de las estacas, y se explica porque en estos meses las plantas entran en un estado de hibernación, acumulando los nutrientes en el tallo (Tronco) y ramas que fueron elaborados cuando el árbol tenía hojas, por este motivo las estacas tendrán los nutrientes suficientes para poder enraizar, cuando estas sean cortadas de la planta madre.

Grado de lignificación de la estaca

Este es otro factor importante para la propagación asexual, ya que algunas secretan más resina que otras, como por ejemplo las *Bursera spp* secretan una gran cantidad de resina y esto impide

que, en las estacas, se forme un callo que va a dar origen a las raíces adventicias. En otros casos se requiere de estacas con poco grado de lignificación, ya que secretan menor cantidad de resina y esta es menos viscosa, lo que ocasiona que se origine un callo sin problemas y dé origen a un sistema radical en poco tiempo, resultando así en un enraizamiento exitoso como es el caso de *Bursera morelensis*.

Número de yemas vegetativas

Para propagar asexualmente las estacas provenientes de estas especies, se recomienda que tengan tres yemas vegetativas y una apical, para el caso de estacas poco lignificadas como en *Bursera spp*. Cuando se tienen estacas con alto grado de lignificación, estas se seleccionarán de ramas del año anterior y no tendrán yema apical (Ver Figura VIII.2) que sean de un árbol sano y que las yemas estén en reposo, es decir que no haya brotes vegetativos, ya que esto gastaría energía y la estaca tendría poca oportunidad de enraizar.

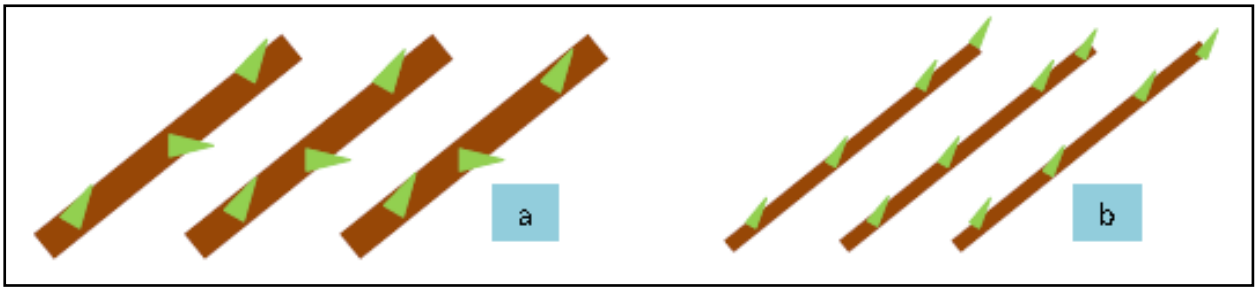


Imagen 73. Número de yemas vegetativas.

Tipo de sustrato de enraizamiento

De los tipos de sustratos para enraizamiento, uno de los mejores y que da mayor resultado es Peat Moss, el cual está formado por los restos descompuestos de un musgo cuyo nombre es *Sphagnum moss*, y que por sus propiedades retiene de buena manera la humedad, lo que permite que el enraizador (Fitohormona), realice su trabajo (Ver Figura). Otra manera es preparar suelo de la zona con hojarasca a una proporción volumen: volumen de 1:2 con la recomendación que la hojarasca, deberá estar muy triturada, una vez que se tenga esta, se procederá a desinfectar con una solución de formol al 5 %, para evitar la proliferación de microorganismos, principalmente bacterias y hongos saprófitos que puedan causar daño a las estacas en proceso de enraizamiento, así como la eliminación de huevecillos de insectos que puedan alimentarse de las estacas al eclosionar las larvas.



Imagen 74. Tipos de sustrato de enraizamiento.

Concentración de la fitohormona a utilizar.

Las fitohormonas son compuestos bioquímicos y algunos ya son sintetizados por el hombre, los cuales cumplen múltiples funciones dentro de la planta, por ejemplo, para inducir raíces en esquejes o en estacas como es el caso de Burseraceae, el ingrediente más utilizado es AIB cuyo nombre es ácido indol-3-butirico y es el fitorregulador más efectivo para el enraizamiento de especies leñosas, porque tiene la ventaja de no ser tóxico en un amplio rango de concentraciones, no se degrada fácilmente por efecto de la luz o microorganismos y al ser soluble en agua, permanece por más tiempo en el sitio de aplicación y así puede ejercer una mayor respuesta (Basch, 1998). La concentración más utilizada es 10,000 ppm o 10,000 mg kg-1.

Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento.

La época más idónea para colectar en campo las estacas es marzo, periodo en el cual los árboles están en reposo, por lo que las estacas carecerán de hojas y deben presentar tres yemas vegetativas con una longitud de 30 cm (Ver Figura). El material colectado deberá humedecerse con agua y se depositará en bolsas tipo Ziploc, para evitar la deshidratación del tejido, posteriormente se pueden colocar en una hielera para ser transportadas al sitio donde se va a realizar el enraizamiento (Castellanos y Bonfil, 2010).

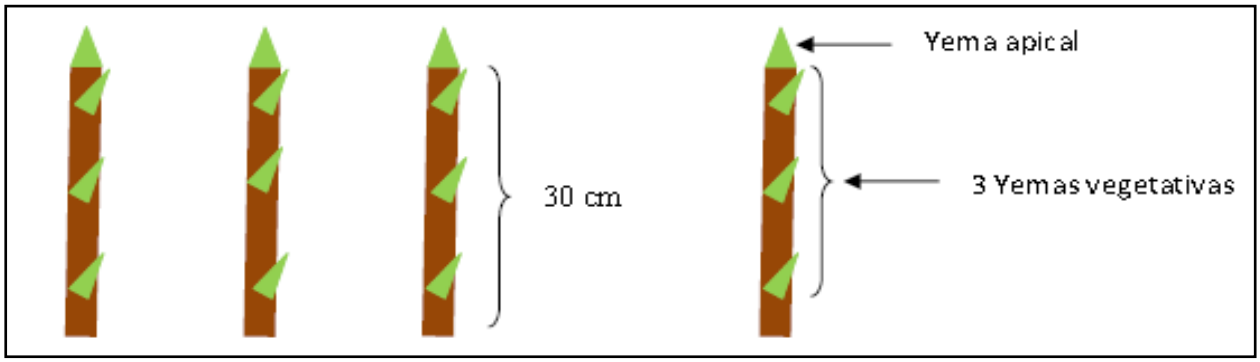


Imagen 75. Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento.

Una vez colectadas las estacas, se procederá al enraizamiento en el vivero haciendo un corte de 45o en la base de la estaca, para posteriormente sumergir la misma en el enraizador que deberá tener una concentración de 10,000 mg kg-1 de AIB, el cual se puede adquirir en múltiples tiendas de agroquímicos.

Una vez realizado lo anterior, se plantará la estaca en el sustrato de enraizamiento, que como se menciono puede ser Peat Moss o un sustrato preparado con suelo de la zona.

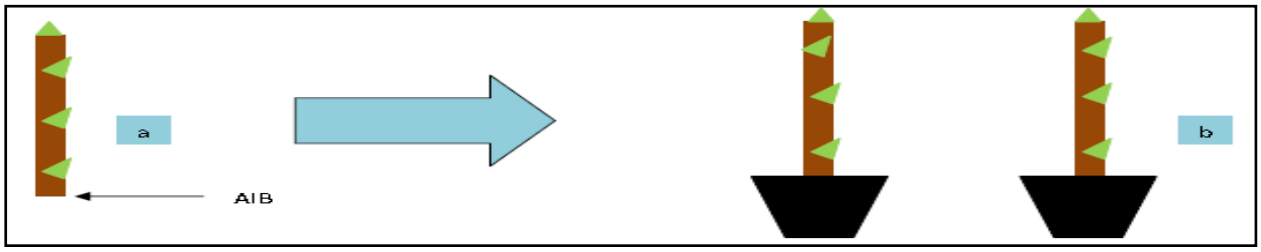


Imagen 76. Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento.

Para verificar que efectivamente las estacas están enraizando, se deberá realizar un muestreo extractivo de los clones, para ver si hay promoción de raíces adventicias, en las estacas sometidas al efecto del AIB, este proceso se deberá realizar aproximada mente a los 60 días después de la plantación, en caso de que ya haya brotes de raíces, se volverá a colocar la estaca en el sustrato. Si al pasar un periodo aproximadamente de 90 a 100 días después de la plantación y no hay brotes de raíces, las estacas no enraizarán. Las estacas que logren enraizar, lograrán este proceso en un tiempo aproximado de 60 a 90 días después del trasplante.

En relación a las especies de huizache y mesquite que se proponen para reforestación, estas especies serán adquiridas directamente en vivero, cuyas plántulas serán plantadas en la superficie ya explotada. Para ello se ha seleccionado el Vivero Forestal Parque Nacional El Cimatario, vivero que produce este tipo de especies y que otorga en donación plantas a particulares, empresas y organismos públicos y no gubernamentales, precisamente con fines de restauración de áreas degradadas.

6. Preparación del terreno

La preparación del suelo es un factor muy importante dentro del proceso de plantación de cualquier especie; la forma de preparar el suelo está sujeto a las características físicas o de relieve del terreno.

Para nuestro caso y considerando que será un área explotada donde se ha extraído piedra caliza, en primer lugar, se van a nivelar y estabilizar los taludes y cortes de las terrazas, hasta dejarlos lo más adecuados posible en el sentido de que se pueda acceder con vehículos y herramientas, posterior a ello se irá incorporando el suelo orgánico que fue extraído y almacenado inicialmente para ir formando una capa uniforme donde sea posible establecer la plantación, previo a la reforestación se aplicaran riegos de auxilio para estabilizar el suelo restituido y propiciar la regeneración de la semilla de las especies propuestas bajo este método de reforestación, posterior a ello se dará inicio con la reforestación de las áreas.

7. Diseño de la plantación

Consideran las características de las especies una vez que llegan a una edad adulta, se va emplear el diseño de tres bolillos, con las siguientes densidades.

Tabla 354. Diseño de la reforestación de auxilio.

No.	Nombre común	Nombre científico	Individuos totales	Espaciamiento (m)
1	Maguey áspero	*Agave asperrima*	350	10X10
2	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	350	10X10
3	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	250	2.5X2.5
4	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	250	2.5X2.5
5	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	50	1.0x1.0
6	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	50	1.0x1.0
7	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	50	1.0x1.0
8	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	50	1.0x1.0
9	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	50	5.0X5.0
10	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	150	10X10
11	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	150	10X10
12	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	150	10X10
		Total	**1900**	

De acuerdo al diseño de la plantación, es importante precisar que la superficie a ocupar por especie se refiere al área que cada una va ocupar dentro de las 19.71 hectáreas explotadas al final de la vida útil del proyecto y no propiamente a la superficie requerida para cada una de ellas, ya que esta se tendría que sumar dando como resultado la superficie total a reforestar.

8. Técnica de plantación

La plantación puede realizarse con diferentes herramientas según las técnicas, el tipo de planta, los recursos y el personal disponible.

Para nuestro caso se va utilizar la técnica de sistema de cepa común que consiste en hacer una apertura de suelo de 40 cm de largo por 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad, depositando a un lado de la cepa la tierra de los primeros 20 cm (es la tierra más fértil) y, en el otro lado, la tierra de los 20 cm más profundos.

Al momento de la plantación y dependiendo de las especies propuesta en el presente programa, se tendrán las siguientes consideraciones:

1. Previo a la plantación, se recomienda hacer una poda de raíz si ésta es necesaria, recortando las puntas para evitar que se doblen y crezcan hacia arriba o en forma circular. Si se poda la raíz es necesario podar un poco el follaje lateral para compensar la pérdida de raíces y evitar la deshidratación de la planta en tanto se arraiga en el terreno.

2. Se quita el envase sin dañar la raíz (retirar el envase de plástico de la planta).

3. Antes de colocar el árbol en la cepa, se agrega la tierra superficial (más fértil) para que la planta tenga mejor disposición de nutrientes.

4. Después de haber colocado la planta, se rellena con la tierra más profunda y se compacta la tierra de tal forma que no quede tan fuerte para permitir la aireación y drenaje en el suelo.

5. Se recomienda apisonar ligeramente el suelo para que no queden espacios de aire en la cepa y evitar la deshidratación de la raíz de la planta, ya que desde su extracción del vivero hasta la plantación está sujeta al estrés físico por el traslado.

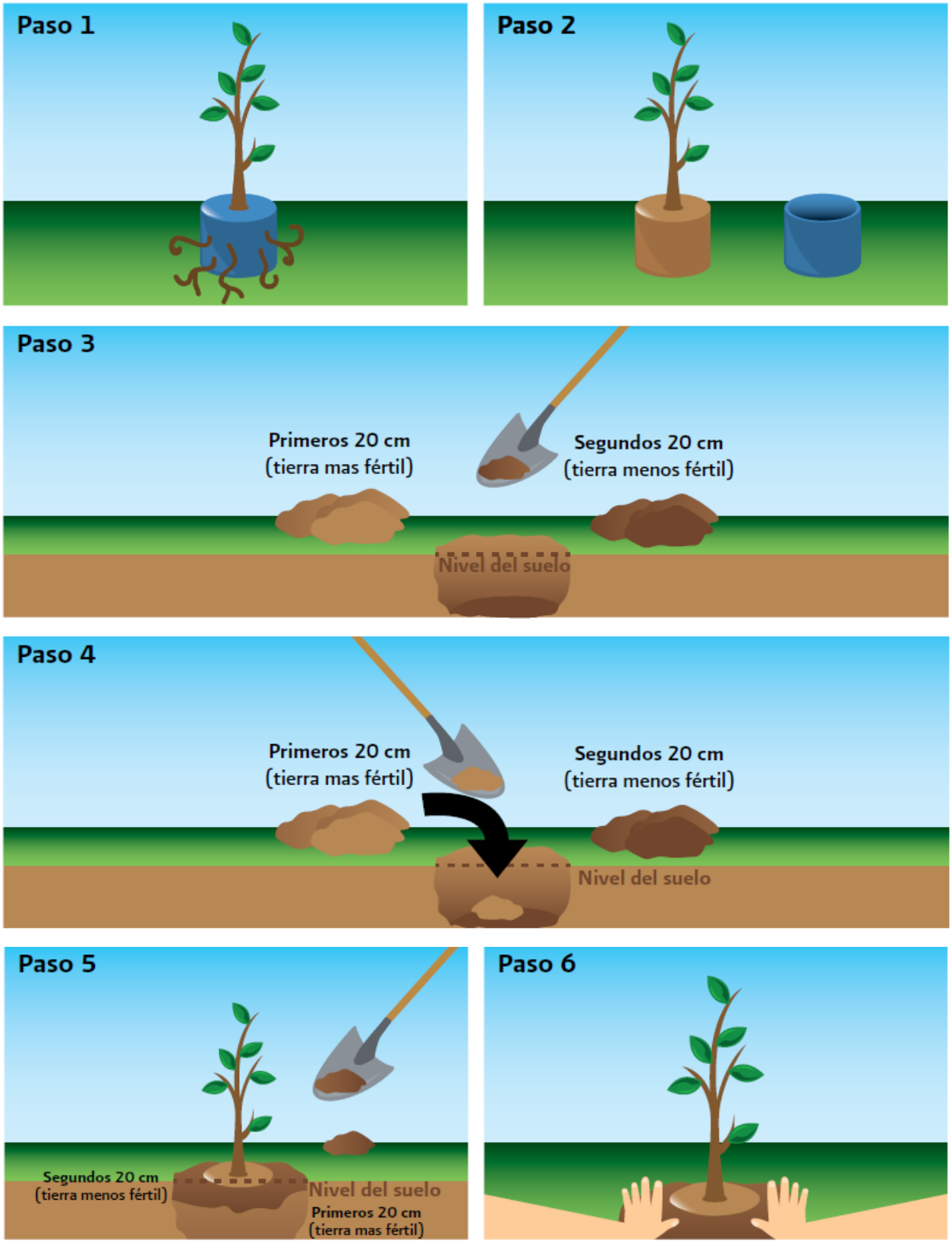


Imagen 77. Sistema de cepa común a utilizar.

9. Época de plantación.

En regiones con temporal bien definido, se sugiere plantar entre los meses de mayo a septiembre, para nuestro caso la plantación se llevará a cabo conforme el avance de la explotación de área autorizada para cambio de uso de suelo en áreas forestales que será la que marque los tiempos de los compromisos contraídos, o sea en cualquier época del año, preferentemente en la época de lluvias.

9. Protección.

El objetivo de esta actividad es evitar la destrucción o daño de la reforestación por posibles agentes que pueden ser controlados por el hombre.

Dado que el predio donde se ubica la superficie a reforestar es de propiedad privada esta se encuentra circulada, sin embargo, se procurará evitar el tránsito de vehículos que circulan en su interior y paso de personas por el área, colocando letreros alusivos a la reforestación y los cuidados de deben tener con la plantación.

10. Mantenimiento de la reforestación.

Tomando en cuenta el objetivo de la reforestación no se prevén acciones extraordinarias de mantenimiento, más que la reposición de plantas que por algún motivo allá muerto, lo anterior, para mantener la densidad de la misma, y que, al paso de los años, estas mismas especies mediante la germinación foresten el área hasta lograr la restauración total del sitio.

10.1 Reposición de planta muerta.

Para mantener la densidad definida de la plantación es necesario reponer las plantas muertas en cada ciclo de lluvias.

11. Evaluación y seguimiento.

Con el fin de obtener indicadores de evaluación, deberá tomar en cuenta los siguientes parámetros:

11.1 Estimación de la supervivencia.

Se estimará cuantitativamente el éxito del rescate y reubicación de individuos. Esta tarea permitirá evaluar la efectividad del programa de reforestación, rescate y reubicación.

Porción estimada del arboles vivos = *(Sumatoria de las plantas vivas muestreadas / Sumatoria de las plantas vivas y muertas muestreadas) X 100.*

11.2 Evaluación del estado sanitario.

Se estima la porción de los árboles sanos respecto a los vivos. Esta actividad permitirá definir las estrategias para aplicar las medidas sanitarias para mantener en buen estado los individuos reforestados y reubicados.

Porción estimada de árboles sanos = *(Sumatoria de árboles sanos en el sitio muestreado / Sumatoria de árboles vivos, clasificados como:*

Bueno. Cuando la planta presenta un follaje denso, color propio de la especie y tiene amplia cobertura de copa o buen estado de desarrollo.

Regular. Cuando el árbol muestra un follaje menos denso, color seco a amarillento y follaje medio o poco desarrollado.

Malo. Cuando el follaje es amarillento, ralo y de hojas débiles o nulo desarrollo.

Porción estimada de árboles vigorosos = *(Sumatoria de árboles vigorosos en el sitio muestreado / Sumatoria de árboles vivos en el sitio muestreado) X 100.*

- Índice de calidad de los individuos reforestados y reubicados por especie.
- Cumplimiento de las actividades de mantenimiento de los individuos reforestados y reubicados (riego, protección, labores culturales, entre otras).
- Grado de efectividad del programa de rescate y reubicación.

12. Cronograma de trabajo

El presente programa de reforestación se ejecutará en apego al siguiente cronograma de trabajo.

Tabla 355. Cronograma de actividades del programa de reforestación.

Cronograma de actividades del programa de reforestación												
ACTIVIDADES	**AÑO 1**											
	E	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Adquisición de plantas												
Mantenimiento en área de acopio												
Preparación del sitio												
Reforestación de especies												

Protección												
ACTIVIDADES	**AÑO 2 - 16**											
	E	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
Mantenimiento de la reforestación												
Evaluación y seguimiento												
Estimación de supervivencia												
Evaluación del estado sanitario												
Alternativa ante resultado negativos												

A partir de establecida la reforestación se mantendrá una supervisión constante con el objetivo de actuar ante cualquier contingencia presentada en las especies plantadas, desde la aparición de plagas o enfermedades que ocasionen la muerte del nuevo individuo.

Después del año dos, estas actividades serán rutinarias hasta lograr una sobrevivencia de al menos el 80% y lograr los objetivos planteados inicialmente.

13. Alternativas a aplicar ante resultados desfavorables.

Los indicadores de evaluación de la reforestación nos indicaran las actividades o acciones a realizar ante los resultados desfavorables que llegasen a presentar, las cuales irán desde la aplicación de tratamientos contra plagas y enfermedades y la misma reposición total de individuos muertos.

14. Bitácora de trabajo.

Para registro de las diferentes actividades del programa de reforestación serán registradas bajo el diseño de las siguientes bitácoras.

Tabla 356. Bitácora de actividades

BITÁCORA DE TRABAJO

Fecha: ____/____/_____

Lugar: _____

Polígono No._____ Responsable: _____

Coordenadas del polígono:

No.	X	Y		No.	X	Y
1						
2						
3						

4						
5						

Hora de inicio: _____Hora de término: _____

Condiciones climáticas: _____

Observaciones: _____

_____

Ejemplares rescatados:

Especie	**Cantidad**	**Polígono de reubicación**

Así mismo el formato para el levantamiento de datos de campo con el objetivo de evaluar los indicadores de dicha reforestación es el siguiente.

Tabla 357. Formato de levantamiento de datos de campo.

FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE DATOS DE CAMPO

Promovente:			Fecha:		
Nombre del Predio:			Súp. Plantada:		(Has.)
% de pendiente:		% de pedregosidad:			
		Coordenadas UTM del Sitio:		**X**	**Y**
No. de fotografía:					
				Transecto:	
Fecha de Reforestación:		Densidad:		Espaciamiento (m):	
NOMBRE CIENTIFICO O COMUN DE LAS ESPECIES					
N. común o especie	**Sobrevivencia**		**Sanidad o vigor de los árboles**		
	Vivos	**Muertos**	**Bueno**	**Regular**	**Malo**

Labores de protección					
Labores de mantenimiento					

Nombre y firma

En base a los resultado obtenidos de la capacidad de almacenamiento de carbono con el programa de reforestación y los propios de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, donde quedo demostrado, que no solo se mitiga la estimación estimada para el área del proyecto, sino, que además se tendrá una capacidad mayor con la ejecución del programa de reforestación, por lo que dicho servicio ambiental no se pone en riesgo con el uso de suelo solicitado.

IV.3.1.3 Medidas que se consideran para mitigar el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación.

Con el objetivo de mitigar el deterioro de la calidad del agua y la disminución en su captación por la remoción de la vegetación forestal, se propone la construcción de barreras de piedra acomodada en curvas de nivel, de tinas ciegas o zanjas trincheras, y el establecimiento de barreras vivas y terrazas individuales como actividades de restauración, así mismo, la colocación de letrinas portátiles, la colocación de contenedores para el almacenamiento de residuos sólidos urbanos, aislamiento de los Arroyos El Barrosal y Bernal con la franja de protección y las obras de mitigación del incremento de escurrimientos pluviales, previo a las actividades de cambio de uso de suelo, mismas que se describen a continuación.

Tomando en cuenta lo anterior y a sabiendas que la vegetación forestal, esta intrínsecamente ligada con el agua de lluvia que se infiltra, si comparamos los resultados del balance hídrico actual, es decir, sin la remoción de la vegetación forestal, contra la que resulta con proyecto, es decir, una vez eliminada la vegetación forestal, en suma se obtiene el déficit de infiltración que de **7,202.20 m³** de agua, lo que supondría que es la afectación con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales, sobre la vegetación presente, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 358. Comparativo entre el balance hídrico Sin Proyecto y Con Proyecto.

Balance hídrico actual						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	1,002.4999	202.1466	13,826.1705	45,798.5331	19,370.6399
Total	**80,199.9900**	**1,002.4999**	**202.1466**	**13,826.1705**	**45,798.5331**	**19,370.6399**
%	**100.00%**	**1.25%**	**0.25%**	**17.24%**	**57.11%**	**24.15%**
Balance hídrico con CUSAF						
Polígono	**PP (m3)**	**INT (m3)**	**INF (m3)**	**ETR (m3)**	**ESC (m3)**	**RS (m3)**
CUSAF	80,199.9900	0.0000	147.4136	7,681.2059	45,798.5331	26,572.8374
Total	**80,199.9900**	**0.0000**	**147.4136**	**7,681.2059**	**45,798.5331**	**26,572.8374**
%	**100.00%**	**0.00%**	**0.18%**	**9.58%**	**57.11%**	**33.13%**
Déficit		**-1002.50**	**-54.73**	**-6,144.96**	**0.00**	**7,202.20**

Tabla 359. Nivel de afectación de la recarga subterránea con proyecto CUSAF.

Vegetación	**Recarga subterránea actual (m^3)**	**Recarga subterránea con proyecto (m^3)**	**Disminución de la recarga subterránea (m^3)**
Matorral Crasicaule	19,370.6399	26,572.8374	-7,202.1975
Total	**19,370.6399**	**26,572.8374**	**-7,202.1975**

Balance hídrico con las medidas de mitigación.

Una vez realizado el cambio de uso de suelo se verán afectados aquellos parámetros que están relacionados con la cubierta vegetal tal es el caso de la evapotranspiración, la intercepción de la lluvia por el dosel arbóreo y el escurrimiento, por lo que durante el tiempo que se remueva la vegetación se deberán proponer medidas que mitiguen los efectos provocados por las actividades propias del cambio de uso de suelo.

Por lo anterior, se tienen contempladas las siguientes actividades:

1. Barreras de piedra acomodada en curvas de nivel.
2. Tinas ciegas o zanjas trincheras
2. Establecimiento de barreras vivas (restauración).
3. Establecimiento de terrazas individuales (restauración)

Agua precipitada.

El cálculo de precipitaciones medias para un área física cualquiera, pasa por el hecho de contar con una red mínima de estaciones pluviométricas. A partir, entonces, de estos requerimientos, es posible realizar un cálculo estimativo acerca del nivel medio de precipitaciones pluviales caídas sobre un área determinada. Para el presente estudio se utilizaron los datos climatológicos de la estación 22017 Tolimán que resulta ser la más cercana al área de influencia de microcuenca y la S-CUSAF.

Tabla 360. Agua precipitada con las medidas de mitigación.

Polígono	**Área (m2)**	**Estación SMN**	**Precipitación (mm)**	**Agua total precipitada (m3)**
Restauración (S-CUSAF)	197,100.00	22017	406.9	80,199.99
Franja de Amortiguamiento	51,200.00	22017	406.9	20,833.28
Polígono de mitigación	71,048.93	22017	406.9	28,909.81

Recarga inducida.

Para calcular la recarga inducida por las obras de conservación de suelo y agua se seguirá la metodología del Colegio de Postgraduados en la Evaluación Externa de los apoyos de Restauración de Suelos y en su Addendum[4].

El procedimiento que se siguió fue el siguiente:

4 https://www.cnf.gob.mx:8443/snif/portal/component/phocadownload/category/53-reforestacion-sanidad-suelos?download=272:addendum-suelos

https://www.researchgate.net/profile/Esteban_Valtierra-Pacheco/publication/318349675_Restauracion_de_Suelos_Forestales_Evaluacion_Externa_Ejercicio_Fiscal_2007_Evaluacion_de_apoyos_2004-2006/links/596504074585157fcc5e3492/Restauracion-de-Suelos-Forestales-Evaluacion-Externa-Ejercicio-Fiscal-2007-Evaluacion-de-apoyos-2004-2006.pdf

Cálculo de la lámina de capacidad de retención de las obras propuestas (mm).
Calcular el escurrimiento diario a través del método de la curva numérica (mm).
Cálculo de la lámina de agua retenida diaria.
Cálculo de la lámina de agua retenida anualmente.
Cálculo de la lámina de agua retenida anualmente en el polígono de infiltración.

Recarga inducida en el Polígono de mitigación.

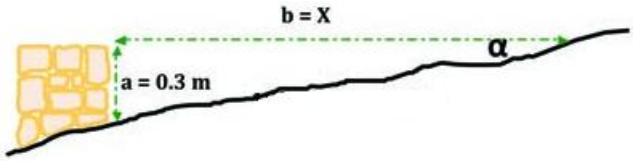
1. Lámina de capacidad de retención de las obras propuestas "LCR".

Para el cálculo de LCR se obtiene la cubicación de las obras y se convierte en milímetros, para el presente estudio se consideraron como obras las barreras de piedra acomodada y las terrazas individuales.

Capacidad de retención de las barreras de piedra acomodada.

Como se describió en el apartado correspondiente, se considera la construcción de **1,234.29 metros de barreras de piedra acomodada** para la cual se calculará su retención a partir de la fórmula de distancia horizontal y área del triángulo:

Para calcular el volumen de retención de cada metro de barrera de piedra, primeramente, se debe obtener el valor de distancia horizontal "b", de la siguiente manera:



$$Distancia\ horizontal = \frac{Altura\ de\ la\ barrera}{Pendiente\ media} \times 100$$

La distancia horizontal se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 361. Cálculo de la distancia horizontal de las barreras de piedra acomodada en el polígono de mitigación.

Polígono	Pendiente media (%)	Altura de la barrera	Distancia horizontal (m) = (altura de la barrera /Pendiente) x 100	Distancia horizontal

Polígono de mitigación	(1820msnm – 1800msnm) = 20 / 481 * 100 = **4.16**	0.3	= (0.3 / 4.16) x 100	7.21

Entonces, el área del triángulo será igual a:

$$\text{Á}\boldsymbol{rea\ del\ tri\text{á}ngulo} = \frac{\boldsymbol{b} \times \boldsymbol{a}}{\mathbf{2}}$$

Tabla 362. Cálculo del área del triángulo en el polígono de mitigación.

Polígono	**Altura de la barrera**	**Distancia horizontal**	**Área del triángulo (m2)**	**Área del triángulo (m2)**
Polígono de mitigación	0.3	7.21	= (0.4 x 7.21)/2	1.0815

Por lo que el volumen de retención en un metro de barrera de piedra, sería igual a:

$$\boldsymbol{Volumen} = \text{Á}\boldsymbol{rea\ del\ tri\text{á}ngulo} \times \mathbf{1}$$

Tabla 363. Cálculo del volumen unitario en el polígono de mitigación.

Área del triángulo (m2)	**Área del triángulo**	**Volumen (m3)**
1.0815	= 1.0815 x 1	1.0815

Para calcular la lámina se debe calcular la densidad de obras por unidad de área, es decir metros de obra por hectárea, la cual se obtendrá de relación de metros de obra total entre la superficie en hectáreas:

Tabla 364. Cálculo de densidad de obras "Barreras de piedra acomodada" en el polígono de mitigación.

Polígono	**Longitud de barreras (m)**	**Superficie (ha)**	**Barreras /ha**
Polígono de mitigación	1,234.29	7.104893	173.7239

De la tabla anterior tenemos que en el polígono de mitigación, tiene una densidad de obras de 173.7239 metros por hectárea, para obtener la cubicación de la obra multiplicamos este valor por el volumen retenido por cada metro de obra (1.0815 m3/m) por lo tanto en una hectárea se captará un volumen de 187.8824 m3.

Para convertir el volumen retenido de metros cúbicos a milímetros se considera que una hectárea tiene dimensiones estándar de 100 m x 100 lo que suma una superficie de 10, 000 m2 se considera que una lámina de 1 mm corresponde a 0.001 m; si multiplicamos el área por altura obtenemos el volumen entonces en una hectárea 1 mm corresponde a 10,000 m2 x 0.001 m= 10 m3 y un metro cúbico equivale a 0.1 mm.

Por lo tanto, en el polígono de mitigación se tiene una capacidad de retención 187.8824 m3/ha es decir 18.8824 mm de agua.

Capacidad de retención de las tinas ciegas o zanjas trincheras.

Como se describió en el apartado correspondiente se considera la construcción de 9,602.93 tinas ciegas en el polígono de mitigación, para la cual se calculará su retención a partir de sus dimensiones, que se proponen de 0.50 m de ancho por 0.50 m de profundidad por 3.00 m de longitud, teniendo una capacidad de retención de 0.75 m³/año.

Para estimar la capacidad de retención de agua de las tinas ciegas o zanjas trincheras, primeramente se estimó el área que ocupa nuestro rectángulo, es decir, que las tinas que se están proponiendo tiene 0.50 m de ancho por 3.00 metros de largo, lo que no da un área de 1.50 metros cuadrados, asumiendo que se está proponiendo una profundad de 0.50 metros, por lo que multiplicando la profundidad por el área del cuadrado, es estima un volumen de **(1.50 x 0.50 = 0.75) metros cúbicos**, que sería la capacidad de retención por cada una de las tinas ciegas que se proponen.

$$\text{Área} = (\boldsymbol{l}) \times (\boldsymbol{h})$$

Tabla 365. Capacidad de retención de las tinas ciegas o zanjas trincheras.

Polígono	Área del rectángulo	Área m2	Capacidad de retención m3
Polígono de mitigación	= 3.00 X 0.50	0.75	0.75

Por lo tanto, tenemos que cada tina ciega captará un volumen de **0.75 m³** de suelo.

Para calcular la lámina se debe calcular la densidad de obras por unidad de área, es decir piezas de obra por hectárea, la cual se obtendrá de relación de piezas totales entre la superficie en hectáreas:

Tabla 366. Cálculo de densidad de obras "Terrazas Individuales" en el polígono de mitigación.

Polígono	N° Piezas	Superficie (ha)	Terrazas /ha
Polígono de mitigación	9,602.93	19.71	487.21

De la tabla anterior tenemos que en la superficie se tiene una densidad de obras de 487.21 tinas ciegas por hectárea, para obtener la cubicación de la obra multiplicamos este valor por el volumen retenido por cada terraza individual (0.75 m3/tina) por lo tanto en una hectárea se captará un volumen de 365.4075 m3.

Para convertir el volumen retenido de metros cúbicos a milímetros se considera que una hectárea tiene dimensiones estándar de 100 m x 100 lo que suma una superficie de 10, 000 m2 se considera que una lámina de 1 mm corresponde a 0.001 m; si multiplicamos el área por altura obtenemos el volumen entonces en una hectárea 1 mm corresponde a 10,000 m2 x 0.001 m= 10 m3 y un metro cúbico equivale a 0.1 mm.

Por lo tanto, en el polígono de mitigación se tiene una capacidad de retención 365.4075 m3/ha es decir 36.54075 mm de agua.

Capacidad de retención de las obras.

La capacidad de retención total se calcula a través de la sumatoria de la capacidad de las barreras de piedra acomodada y tinas ciegas, dando una Lámina de Capacidad de Retención de **55.42315** mm.

Tabla 367. Lámina de Capacidad de Retención en el polígono de mitigación.

Obra de conservación	Densidad de obras/ha	Volumen unitario	Lámina infiltrada m3/ha	Lámina infiltrada mm
Barreras de piedra acomodada	173.7239	1.0815	187.8824	18.8824
Tinas ciegas	487.21	0.75	365.4075	36.54075
Total			**553.2899**	**55.42315**

1. Escurrimiento diario.

Para el cálculo del escurrimiento diario se consideró un valor de Curva Numérica que corresponde a una condición de suelo desnudo ya que será el polígono que captará los escurrimientos provenientes de los polígonos de CUSF durante el desmonte.

Una vez obtenida la Curva Numérica se calculará la retención máxima usando la siguiente fórmula

$$\boldsymbol{S = \left(\frac{25400}{CN} - 254\right)}$$

$$S = \left(\frac{25400}{44} - 254\right) = 323.2727$$

Donde:

S = Retención máxima potencial de humedad (mm)

CN = Curva numérica

Con la retención máxima "S" se determinó el escurrimiento medio para cada dato de precipitación diario a partir de la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Q = [\frac{(P - 2S)2}{P} + 0.8S]}$$

Donde:

Q = Escurrimiento medio en mm.

P = Precipitación en mm (para una tormenta en particular).

S = Potencial máximo de retención de humedad en mm.

Cuando la precipitación diaria registrada era igual a cero o nula, se consideró que el escurrimiento era 0 ya que sin precipitación no se puede iniciar el proceso de escorrentía.

Los cálculos de escurrimientos diarios se presentan en la "Memoria balance hídrico S-CUST RI PMIT".

4. Lámina de agua retenida diaria y anual.

El escurrimiento diario se comparó con la capacidad de retención de las obras y se determinó el agua retenida, de acuerdo con la siguiente relación:

$$LR = \begin{cases} Q_a \rightarrow Q_a < LCR \\ LCR \rightarrow Q_a > LCR \end{cases}$$

Donde:

LR = es la lámina de agua retenida (mm)

Qa = es el escurrimiento antes de las obras (mm)

LCR = es la lámina de capacidad de retención (mm)

El cálculo de la lámina retenida se presenta en la "Memoria balance hídrico S-CUST RI PMIT" debido a que se tratan de registros diarios por lo que son extensos los cálculos, dando como resultado un promedio de 76.4290 mm captados anualmente.

5. Lámina de agua retenida en el polígono de mitigación.

Se obtiene al convertir la lámina de milímetros a metros cúbicos por hectárea para lo cual se multiplica por 10 el valor obtenido, el resultado se multiplica a su vez por la superficie en hectáreas arrojando un resultado de **5,430.1967** m3 captados en el polígono de mitigación

Tabla 368. Volumen retenido en las obras en el polígono de mitigación.

Polígono	Lámina retenida (mm)	Volumen retenido (m3/ha)	Superficie (ha)	Captación de agua (m3)
Polígono de mitigación	76.4290	764.2897	7.1049	5,430.1967

Con las obras de conservación de suelos se tiene una captación anual de 76.4290 mm lo que equivale a 764.2897 m3/ha, por lo tanto, dado que para el presente estudio con las obras de conservación de suelo y agua se tendrá una captación de **5,430.1967** m3. Esta cantidad es una de las medidas de mitigación a sumar en el balance hídrico expuesto en el punto anterior.

Recarga inducida en la Franja de Amortiguamiento.

No se establecerán obras en la Franja de Amortiguamiento

Recarga inducida en la restauración.

Toda vez que se pretenden llevar a cabo la restauración del sitio conforme la proyección del terraceo, en este caso con el apoyo de la reforestación de especies nativas, es por ello que se planea ejecutar por medio de 16 barreas vivas, que corresponde al mismo número de terrazas proyectadas.

1. Lámina de capacidad de retención de las obras propuestas "LCR".

Para el cálculo de LCR se obtiene la cubicación de las obras y se convierte en milímetros, para el presente estudio se consideraron como obras las barreras vivas que se contemplan en el programa de reforestación con fines de restauración de sitio.

Capacidad de retención de las barreras vivas.

Como se describió en el apartado anterior, se considera la construcción de 6,839.85 metros de barreras vivas para la cual se calculará su retención a partir de la fórmula de distancia horizontal y área del triángulo:

Para calcular el volumen de retención de cada metro de barrera viva, primeramente, se debe obtener el valor de distancia horizontal "b", de la siguiente manera:

A partir de la fórmula:

$$Distancia\ horizontal = \frac{Altura\ de\ la\ barrera}{Pendiente\ media} \times 100$$

La distancia horizontal se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 369. Cálculo de la distancia horizontal de las barreras vivas en la Restauración.

Polígono	Pendiente media (%)	Altura de la barrera	Distancia horizontal (m)	Distancia horizontal
Restauración	17.90	0.3	= (0.3 / 17.90) x 100	1.66

Entonces, el área del triángulo será igual a:

$$\acute{A}rea\ del\ tri\acute{a}ngulo = \frac{b \times a}{2}$$

Tabla 370. Cálculo del área del triángulo en la Restauración.

Polígono	Altura de la barrera	Distancia horizontal	Área del triángulo (m2)	Área del triángulo (m2)
Restauración	0.3	1.66	= (0.3 x 1.66) /2	0.0996

Por lo que el volumen de retención en un metro de barrera viva sería igual a:

$$\boldsymbol{Volumen} = \text{Á}\boldsymbol{rea\ del\ tri\text{á}ngulo} \times \mathbf{1}$$

Tabla 371. Cálculo del volumen unitario en la restauración.

Área del triángulo (m2)	Área del triángulo	Volumen (m3)
0.0996	= 0.0996 x 1	0.0996

Para calcular la lámina se debe calcular la densidad de obras por unidad de área, es decir metros de obra por hectárea, la cual se obtendrá de relación de metros de obra total entre la superficie en hectáreas:

Tabla 372. Cálculo de densidad de obras "Barreras Vivas" en la Restauración.

Polígono	Longitud de barreras (m)	Superficie (ha)	Barreras /ha
Restauración	6,839.85	16.64	411.0486

De la tabla anterior tenemos que la superficie propuesta a restauración, tiene una densidad de obras de 411.0486 metros por hectárea, para obtener la cubicación de la obra multiplicamos este valor por el volumen retenido por cada metro de obra (0.0996 m3/m) por lo tanto en una hectárea se captará un volumen de 40.9404 m3.

Para convertir el volumen retenido de metros cúbicos a milímetros se considera que una hectárea tiene dimensiones estándar de 100 m x 100 lo que suma una superficie de 10, 000 m2 se considera que una lámina de 1 mm corresponde a 0.001 m; si multiplicamos el área por altura obtenemos el volumen entonces en una hectárea 1 mm corresponde a 10,000 m2 x 0.001 m= 10 m3 y un metro cúbico equivale a 0.1 mm.

Por lo tanto, en el polígono de mitigación se tiene una capacidad de retención 40.9404 m3/ha es decir 4.0940 mm de agua.

Capacidad de retención de las terrazas individuales.

Toda vez que el programa de reforestación contempla la plantación de 1,900 equivalentes a mismo número de terrazas individuales proyectadas, para la cual se calculará su retención a partir de sus dimensiones.

De acuerdo a las dimensiones de las terrazas individuales, el volumen de capacidad de retención de cada terraza se calcula de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Volumen} = (\boldsymbol{A}) \times (\boldsymbol{h}) = \left(\boldsymbol{\pi} \times \left(\frac{\boldsymbol{D}}{\boldsymbol{2}}\right)^{\boldsymbol{2}}\right) \times \boldsymbol{h}$$

Donde:

A= Área (m2)

h= Altura (m)

π= 3.1416

D= Diámetro (m)

Sustituyendo los valores en la formula, tenemos:

$$\text{Volumen} = \left(\pi \times \left(\frac{1}{2}\right)^{2}\right) \times (0.1) = 0.0785\ m^3$$

Por lo tanto, tenemos que cada terraza individual captará un volumen de 0.0785 m3 de suelo.

Para calcular la lámina se debe calcular la densidad de obras por unidad de área, es decir piezas de obra por hectárea, la cual se obtendrá de relación de piezas totales entre la superficie en hectáreas:

Tabla 373. Cálculo de densidad de obras "Terrazas Individuales" en la restauración.

Polígono	No. Piezas	Superficie (ha)	Terrazas /ha
Restauración	1,900	16.64	114.1826

De la tabla anterior tenemos que en la superficie se tiene una densidad de obras de 114 terrazas individuales por hectárea, para obtener la cubicación de la obra multiplicamos este valor por el

volumen retenido por cada terraza individual (0.0785 m3/terraza) por lo tanto en una hectárea se captará un volumen de 8.9633 m3.

Para convertir el volumen retenido de metros cúbicos a milímetros se considera que una hectárea tiene dimensiones estándar de 100 m x 100 lo que suma una superficie de 10, 000 m2 se considera que una lámina de 1 mm corresponde a 0.001 m; si multiplicamos el área por altura obtenemos el volumen entonces en una hectárea 1 mm corresponde a 10,000 m2 x 0.001 m= 10 m3 y un metro cúbico equivale a 0.1 mm.

Por lo tanto, en el polígono de mitigación se tiene una capacidad de retención 8.9633 m3/ha es decir 0.8963 mm de agua.

Capacidad de retención de las obras.

La capacidad de retención total se calcula a través de la sumatoria de la capacidad de las Barreras vivas y terrazas individuales, dando una Lámina de Capacidad de Retención de 15.0323 mm.

Tabla 374. Lámina de capacidad de retención de las obras en la restauración del sitio.

Obra de conservación	Densidad de obras/ha	Volumen unitario	Lámina infiltrada m3/ha	Lámina infiltrada mm
Terrazas individuales	114.1826	0.0785	8.9633	0.8963
Barreras vivas	411.0486	0.0996	40.9404	4.0940
Total			**49.9037**	**4.9903**

Escurrimiento diario.

Para el cálculo del escurrimiento diario se consideró un valor de Curva Numérica que corresponde a una condición de suelo desnudo ya que será el polígono captará los escurrimientos provenientes de los polígonos de CUSAF durante el desmonte.

Una vez obtenida la Curva Numérica se calculará la retención máxima usando la siguiente fórmula

$$\boldsymbol{S = \left(\frac{25400}{CN} - 254\right)}$$

$$S = \left(\frac{25400}{52} - 254\right) = 234.4615$$

Donde:

S = Retención máxima potencial de humedad (mm)

CN = Curva numérica

Con la retención máxima "S" se determinó el escurrimiento medio para cada dato de precipitación diario a partir de la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Q} = [\frac{(\boldsymbol{P} - \mathbf{2}\boldsymbol{S})\mathbf{2}}{\boldsymbol{P}} + \mathbf{0.8}\boldsymbol{S}]$$

Donde:

Q = Escurrimiento medio en mm.

P = Precipitación en mm (para una tormenta en particular).

S = Potencial máximo de retención de humedad en mm.

Cuando la precipitación diaria registrada era igual a cero o nula, se consideró que el escurrimiento era 0 ya que sin precipitación no se puede iniciar el proceso de escorrentía.

Los cálculos de escurrimientos diarios se presentan en la "Memoria balance hídrico S-CUSAF "RI_REST".

Lámina de agua retenida diaria y anual.

El escurrimiento diario se comparó con la capacidad de retención de las obras y se determinó el agua retenida, de acuerdo con la siguiente relación:

$$\mathrm{LR} = \begin{cases} \mathrm{Q_a} \rightarrow \mathrm{Q_a} < \mathrm{LCR} \\ \mathrm{LCR} \rightarrow \mathrm{Q_a} > \mathrm{LCR} \end{cases}$$

Donde:

LR es la lámina de agua retenida (mm)

Qa, es el escurrimiento antes de las obras (mm)

LCR, es la lámina de capacidad de retención (mm)

El cálculo de la lámina retenida se presenta en "Memoria balance hídrico S-CUSAF "RI_REST", debido a que se tratan de registros diarios por lo que son extensos los cálculos, dando como resultado un promedio de 71.4425 mm captados anualmente.

Lámina de agua retenida en el polígono de restauración.

Se obtiene al convertir la lámina de milímetros a metros cúbicos por hectárea para lo cual se multiplica por 10 el valor obtenido, el resultado se multiplica a su vez por la superficie en hectáreas arrojando un resultado de 10,911.2538 m3 captados en el polígono de restauración.

Tabla 375. Volumen retenido en las obras en la Restauración.

Polígono	Lámina retenida (mm)	Volumen retenido (m3/ha)	Superficie (ha)	Captación de agua (m3)
Restauración	71.4425	714.4253	16.64	11,888.0365

Con las obras de restauración del sitio, se tiene una captación anual de 71.4425 mm lo que equivale a 714.4253 m3/ha., por lo que considerando la superficie del polígono, se tendrá una captación de 11,888.0365 m3. Esta cantidad es una de las medidas de mitigación a sumar en el balance hídrico expuesto en el punto anterior.

Intercepción de la precipitación.

La cantidad de precipitación que llega a la superficie del terreno depende en gran medida del tipo y densidad de la cubierta vegetal. Está cubierta intercepta parte de la precipitación y la almacena temporalmente sobre la superficie de las hojas y ramas, de donde es devuelta a la atmosfera por evaporación. Intercepción es aquella parte de la precipitación que es almacenada temporalmente sobre la superficie de las hojas y ramas (Shaw, 1996).

Para la cobertura vegetal se tomó en cuenta el efecto del establecimiento de obras de conservación de suelo y reforestación de vegetación.

El coeficiente de intercepción se obtuvo de acuerdo con la cobertura vegetal que presenta cada polígono forestal basado en los valores reportados para México los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 376. Coeficiente de intercepción por tipo de vegetación.

Tipo de vegetación	**Coeficiente de intercepción**	**Referencia**
Bosque de pino-encino	13.4	Cruz (2010)
Bosque de encino-pino	20	Orosco (2006)
Pastizal y matorral	**10**	**Orosco (2006)**
Agricultura de temporal con cultivos permanentes y semipermanentes	11	Orosco (2006)
Agricultura de temporal con cultivos anuales	5	Orosco (2006)
Bosque de oyamel (incluye Ayarín y cedro) con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.	22	Orosco (2006)
Bosque de pino	19.2	Orosco (2006)
Bosque de pino con vegetación arbustiva y herbácea.	16.4	Orosco (2006)
Bosque de encino	13.6	Cantú y González (2002)
Asentamientos humanos, cuerpos de agua y áreas sin vegetación aparente	0	Dionisio y Ramírez (2008)
Bosque de pino-encino con vegetación secundaria	16.2	Cruz (2010)
Bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	10.6	Cruz (2010)
Bosque tropical/Selva Baja Caducifolia	13.6	Cruz (2010)
Bosque mesófilo de montaña	16	Cruz (2010)
Bosque mesófilo de montaña con vegetación arbustiva y herbácea	10	Cruz (2010)
Pastizal cultivado	9.7	Orosco (2006)
Pastizal inducido	9.7	Orosco (2006)
Selva alta y media perennifolia	26.3	Hagedorn (1996)
Selva alta y media perennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	23.3000	Cruz (2010)
Selva alta y media subperennifolia	23.3000	Cruz (2010)
Selva alta y media subperennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	20.3000	Cruz (2010)

Para la obtención del valor se multiplica la precipitación total por la cobertura y el coeficiente de intercepción y todo se divide entre 10,000 para obtener el resultado en m3 de agua interceptada en la superficie total del predio (Orosco, 2006).

$$\boldsymbol{Agua\ interceptad} = \frac{\boldsymbol{Agua\ total\ precipitada}\ (\boldsymbol{Cobertura}\ \%)\ (\boldsymbol{Coeficiente\ de\ intercepci\acute{o}n}\ \%)}{\boldsymbol{10000}}$$

Para la estimación de la cobertura vegetal se consideró la cobertura que presenta actualmente los polígonos de CUSF y la aportación que tendrá con las obras de conservación de suelo y agua.

Tabla 377. Intercepción de agua con las medidas de mitigación.

Polígono	Vegetación	Agua total precipitada (m3)	Coeficiente de intercepción (%)	Cobertura vegetal (%)	Agua interceptada (m3)
Restauración	Matorral Crasicaule	67,739.430	10	75.0	2,540.2286
Franja de Amortiguamiento	Matorral Crasicaule	20,833.280	10	50.0	520.8320
Polígono de mitigación	Matorral Crasicaule	28,909.809	10	80.0	1,156.3924
Total		**117,482.520**			**4,217.4530**

Infiltración.

Se estimó la infiltración aplicando el principio del método de Green – Ampt y la Ley de Darcy, la cual sólo funciona para medios porosos no saturados, por lo que se limita a esta condición de suelo (Orosco, 2006).

Las variables que intervienen en gran medida en la infiltración son la pendiente, capa de materia orgánica (hojarasca y humus), textura, estructura, porosidad, profundidad del suelo y la percolación, las cuales fueron consideradas para determinar la infiltración.

A continuación, se presenta el desarrollo del cálculo de la infiltración, a través de las fórmulas derivadas de las ecuaciones generales (Green-Ampt y Darcy), las cuales se plantearon de manera práctica y aplicada, dejando de lado el concepto teórico-matemático que por lo general manejan los autores sin llevar a una explicación concreta.

Está en primer lugar la Ley de Darcy, la cual se expresa de la siguiente forma:

$$Q = k * i * A \text{----------(1)}$$

Donde:

Q: Caudal de paso (unidades de volumen/tiempo: m3/hr).

K: coeficiente de permeabilidad – valores experimentales- (mm/hr o cm/hr).

I: gradiente hidráulico (adimensional).

A: Área de paso (m2).

El gradiente hidráulico lo obtenemos de una diferencia de niveles en una distancia determinada, lo que nos da como resultado una pendiente expresada de la siguiente manera:

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L} \text{ ----------(2)}$$

Por otra parte, el volumen por unidad de tiempo, puede derivarse de la fórmula del gasto, tal y como se presenta a continuación:

$$Q = A * V \text{----------(3)}$$

Donde:

Q: Gasto (en unidades de m3/s o m3/hr).

A: Área en m2.

V: Velocidad de flujo en m/s o m/h.

Igualando la fórmula (1) y (2), tenemos lo siguiente:

$$k * i * A = A * V \text{--------(4)}$$

Se cancelan las áreas y nos queda:

$$V = k * i \text{----------(5)}$$

Donde:

V: Velocidad de descarga (velocidad con la que se infiltra el agua).

K: coeficiente de permeabilidad (mm/hr o cm/hr).

I: gradiente hidráulico (adimensional).

La velocidad (V), no representa una velocidad real con el que el agua fluye a través del suelo. Esta velocidad llamada de descarga está referida al área, que no es realmente de la que dispone el agua para fluir, considerando que el flujo sólo es posible a través de los espacios poroso, debe de disponerse de una velocidad llamada de infiltración (vi); por lo cual se plantea una nueva expresión para la ecuación de la continuidad con otras variables, tal y como se señala a continuación:

$$A_V * v_i = A \times V \text{----------(6)}$$

Donde:

AV: Área de espacios porosos en m2.

Vi: velocidad de infiltración (mm/hr o cm/hr o m/hr).

A: Área en m2.

V: Velocidad de flujo (mm/hr, cm/hr o m/hr).

Despejando la velocidad de infiltración (vi) tenemos:

$$V_i = \frac{A \times V}{A_V} \text{----------(7)}$$

Si se considera una dimensión unitaria normal a un plano de referencia y se recurre a la definición de la relación de espacios porosos, se tiene:

$$e = \frac{A_V}{A - A_V} \text{----------(8)}$$

Donde:

e: coeficiente de porosidad.

A: Área en m2.

Av: Área de espacios porosos en m2.

Con las fórmulas desarrolladas hasta ahora, no se puede calcular la velocidad de infiltración la cual sólo se da en el área de espacios porosos, pues es necesario tener el valor de coeficiente de porosidad, por lo que se realiza un despeje de la fórmula (8):

$$\frac{1}{e} = \frac{A - A_V}{A_V}; \frac{1}{e} = \frac{A}{A_V} - 1; \frac{A}{A_V} = \frac{1}{e} + 1;$$

$$\frac{A}{A_V}=\frac{1+e}{e}\text{----------(9)}$$

De acuerdo a lo anterior, la relación entre vi y V se deduce de acuerdo a las ecuaciones (7) y (9):

$$v_i=\frac{1+e}{e}V\text{----------(10)}$$

Rigurosamente, la velocidad de infiltración "vi" no es una velocidad real, puesto que el flujo en el suelo es a través de la conexión de conductos irregulares entre las partículas del estrato. Por lo tanto, la velocidad de descarga y la de infiltración son sólo variables de cálculo que permiten llegar a resultados concretos.

Una vez obtenidas las fórmulas a emplearse en el cálculo de la infiltración, se realizó el desarrollo para cada uno de los polígonos de mitigación:

1. Determinar el gradiente hidráulico del suelo.

A partir del Modelo Digital de Elevaciones obtenido del INEGI se obtuvo el gradiente hidráulico a partir de la siguiente:

$$\mathbf{i}=\frac{Hf-Hi}{L}=Adimensional$$

Donde:

Hf= Cota más alta del terreno

Hi=Cota más baja del terreno

L= longitud del recorrido en metros

I=Gradiente hidráulico

Tabla 378. Cálculo del gradiente hidráulico en los polígonos de mitigación.

Polígonos	Cota más baja (msnm)	Cota más alta (msnm)	Longitud del terreno (m)	Fórmula del gradiente hidráulico	Gradiente hidráulico (Adimensional)
Restauración	1,900	1,830	980	= (1900 - 1830) / 980	0.0714
Franja de Amortiguamiento	1,880	1,820	980	= (1880 - 1820) / 980	0.0612
Polígono de mitigación	1,880	1,820	481	= (1880 - 1820) / 481	0.1247

2. Obtener la conductividad hidráulica, porosidad efectiva.

Considerando las condiciones del área (conservado o degradado) y la textura del suelo, estos datos se obtienen de los parámetros de infiltración de Green-Ampt:

Tabla 379. Parámetros de infiltración de Green-Ampt para varias clases de suelo.

Clase de suelo	Porosidad efectiva "e"			Conductividad hidráulica "K"	
	Mínimo: suelos degradados /descubiertos	Media: Condiciones naturales	Máximo: Suelos conservados	cm/hr	mm/hr
Arena	0.354	0.417	0.480	11.78	117.8
Franco arenoso	0.283	0.412	0.541	1.09	10.9
Franco	0.334	0.434	0.534	0.34	3.4
Franco limoso	0.394	0.486	0.578	0.65	6.5
Franco arcillo-arenoso	0.235	0.330	**0.425**	**0.15**	**1.5**
Franco arcilloso	0.279	0.309	0.501	0.10	1.0
Franco arcillo-limoso	0.347	0.432	0.517	0.10	1.0
Arcilla arenosa	0.207	0.321	0.435	0.06	0.6
Arcilla limosa	0.334	0.423	0.512	0.05	0.5
Arcilla	0.269	0.385	0.501	0.03	0.3

Los polígonos sujetos en análisis presentan una textura arcillosa y franco arenosa considerando las condiciones que presenta actualmente los valores de porosidad efectiva y conductividad hidráulica son los siguientes:

Tabla 380. Parámetros físicos de acuerdo con la clase de suelo en los polígonos de mitigación.

Polígonos	Textura	Conductividad hidráulica (mm/hr)	Porosidad efectiva "e"	Acciones a realizar
Restauración	Franco arcillo-arenoso	1.5	0.425	Barreras de piedra acomodada, incorporación de materia orgánica y terrazas individuales mejorando la porosidad del suelo tomando por ello el valor máximo
Franja de amortiguamiento	Franco arcillo-arenoso	1.5	0.425	Incorporación de materia orgánica, terrazas individuales

Polígonos	Textura	Conductividad hidráulica (mm/hr)	Porosidad efectiva "e"	Acciones a realizar
Polígono de mitigación	Franco arcillo-arenoso	1.5	0.425	y barreras vivas mejorando la porosidad del suelo tomando por ello el valor máximo

En la tabla anterior se puede observar que los datos de porosidad efectiva marcados en naranja presentan datos de porosidad efectiva para suelos conservados debido al efecto de las obras de conservación de suelo y a las prácticas de incorporación de matillo orgánico ya que ésta última aumenta la porosidad del suelo.

3. Calcular la velocidad de descarga.

$$\boldsymbol{V = k \cdot i}$$

Donde:

V = Velocidad de descarga

k= coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica (mm/h).

i= Gradiente hidráulico (adimensional).

Tabla 381. Velocidad de descarga en los polígonos de mitigación.

Polígonos	Conductividad hidráulica (mm/hr)	Gradiente hidráulico (Adimensional)	Fórmula de la velocidad de descarga	Velocidad de descarga (mm/h)
Restauración	1.5	0.0714	= 1.5 x 0.0714	0.1071
Franja de Amortiguamiento	1.5	0.0612	= 1.5 x 0.0612	0.0918
Polígono de mitigación	1.5	0.1247	= 1.5 x 0.1247	0.1871

4. Calcular la velocidad de infiltración.

$$\boldsymbol{v_i = \frac{1 + e}{e} \cdot v}$$

Donde:

v= velocidad de descarga en mm/seg.

e= porosidad efectiva.

vi= velocidad de infiltración, en mm/seg.

Tabla 382. Velocidad de infiltración en los polígonos de mitigación.

Polígonos	Velocidad de descarga (mm/h)	Porosidad efectiva "e"	Fórmula de la velocidad de infiltración	Velocidad de infiltración "Vi" (mm/hr)
Restauración	0.1071	0.425	= (1+0.425) / 0.425 x 0.1071	0.3591
Franja de Amortiguamiento	0.0918	0.425	= (1+0.425) / 0.425 x 0.0918	0.3078
Polígono de mitigación	0.1871	0.425	= (1+0.425) / 0.425 x 0.1871	0.6273

5. Calcular el área de espacios porosos.

Lo cual sería el área efectiva por la cual fluye el agua, para lo cual tomaremos como base una hectárea (10,000 m2).

$$A_V = {(A * V)}/{V_i}$$

Donde:

AV = Área de vacíos

A = Área (10,000 m2)

V = Velocidad de descarga (m/hr)

vi = Velocidad de infiltración (m/hr)

Tabla 383. Área de vacíos por hectárea en los polígonos de mitigación.

Polígonos	Velocidad de descarga "V" (m/hr)	Velocidad de infiltración "Vi" (m/hr)	Fórmula del área de vacíos	Área de espacios porosos "Av" (m2)
Restauración	0.1071	0.3591	= (10,000 x 0.0001071) / 0.0003591	2,982.4561
Franja de Amortiguamiento	0.0918	0.3078	= (10,000 x 0.0000918) / 0.0003078	2,982.4561
Polígono de mitigación	0.1871	0.6273	= (10,000 x 0.0001871) / 0.0006273	2,982.6239

6. Calcular el área de espacios porosos en hectáreas para la superficie de cada polígono.

Para determinar el área de vacíos se convierte de metros cuadrados a hectáreas dividiéndolo entre 10,000 y posteriormente se multiplica por la superficie en hectáreas.

Tabla 384. Área de vacíos en los polígonos de mitigación.

Polígonos	Área de espacios porosos "Av" (m2)	Área de espacios porosos en 1 ha	Superficie (ha)	Fórmula de área de espacios porosos total	Área total de espacios porosos (has)
Restauración	2,982.4561	0.2982	16.6477	= 0.2982 x 16.6477	4.9651
Franja de Amortiguamiento	2,982.4299	0.2982	5.1200	= 0.2982 x 5.12	1.5270
Polígono de mitigación	2,982.4832	0.2983	7.1049	= 0.2983 x 7.1049	2.1191

7. Se obtiene el gasto o volumen infiltrado, en este caso para 1 hectárea.

$$Q = Av.\ V$$

Donde:

AV = Área de vacíos

V = Velocidad de descarga (mm/hr)

Q = Volumen infiltrado (m3/hr/ha)

Tabla 385. Volumen infiltrado en el área de vacíos por hectárea en los polígonos de mitigación.

Polígonos	Velocidad de descarga "V" (m/hr)	Área de espacios porosos "Av" (m2)	Fórmula del volumen infiltrado "Q"	Volumen infiltrado "Q" (m3/hr/ha)
Restauración	0.0001071	2,982.4561	= 0.0001071 x 2982.4561	0.3194
Franja de Amortiguamiento	0.0000918	2,982.4299	= 0.0000918 x 2982.4561	0.2738
Polígono de mitigación	0.0001871	2,982.4832	= 0.0001871 x 2982.6239	0.5580

8. Determinar la precipitación efectiva y tiempo efectivo de infiltración.

Como la infiltración en las primeras capas del suelo no puede presentarse todo el año, se definió un periodo de infiltración tomando en cuenta la precipitación efectiva, lo cual es el número días con lluvia al año debido a que la precipitación no se presenta a diario o cuando se presenta no siempre alcanza una intensidad que origine el fenómeno de infiltración.

Se consideró un tiempo efectivo de 6 horas ya no puede presentarse las 24 horas del día, después de cada evento, tomando en cuenta que ésta no inicia en los primeros minutos de la precipitación.

Tabla 386. Número de días con precipitación efectiva de las estaciones de influencia

Estación climatológica	Precipitación efectiva (días)	Tiempo efectivo de infiltración (hr)
22017 Tolimán	30.7	6.0

9. Calcular el volumen total infiltrado en el suelo.

Se multiplica el volumen infiltrado en el área de vacíos por el tiempo efectivo de infiltración, el resultado se multiplica por los días de precipitación efectiva y finalmente multiplica por el área de vacíos por polígono.

Tabla 387. Volumen total infiltrado en el suelo en los polígonos de mitigación.

Polígonos	Volumen infiltrado "Q" (m3/hr/ha)	Área total de espacios porosos (has)	Tiempo efectivo de infiltración (hr)	Precipitación efectiva (días)	Fórmula Vol. total inf	Vol. Total infiltrado en suelo (m3)
Restauración	0.3194	4.9651	6.0	30.7	= 0.3194 x 4.9651 x 6 x 30.7	292.1333
Franja de Amortiguamiento	0.2738	1.5270	6.0	30.7	= 0.2738 x 1.527 x 6 x 30.7	77.0106
Polígono de mitigación	0.5580	2.1191	6.0	30.7	= 0.558 x 2.1191 x 6 x 30.7	217.8301
				Total		**586.9740**

Evapotranspiración Real.

Proceso que representa la mayor pérdida de agua, por efecto de la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas, aquí se aplicó la fórmula de Thornthwaite (1948), modificada por Llorente (1969) para obtener la Evapotranspiración Potencial en la zona, para posteriormente obtener la Evapotranspiración Real aplicando el Método de Blanney-Criddle.

Primero se calculó la Evapotranspiración Potencial (ETP), utilizando el método de Thornthwaite, el cual calcula el uso consuntivo mensual de agua, como una función de las temperaturas medias mensuales:

Tabla 388. Estimación de la ETP mensual y anual en los polígonos de mitigación.

ETP											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
38.8580	49.0141	66.0958	90.4411	109.8884	109.2439	99.9011	94.8231	83.7281	64.8962	48.8079	37.9110

La tabla anterior muestra que la ETP estimada de 893.6088 mm/año, volumen mayor a la cantidad de agua precipitada. Sin embargo, este dato representa la demanda evaporativa de la atmosfera, pero el dato que requerimos es finalmente el de la evapotranspiración real, es decir, la que ocurre de acuerdo a las condiciones prevalecientes en cuanto a clima, cobertura, propiedades físicas del suelo y manejo.

Estimación de la ETR. Para el caso de este proyecto, nos interesa conocer la ETR, determinada por el método Blanney-Criddle, que considera el tipo de vegetación o cobertura presente en la zona, puesto que cada especie tiene diferentes tipos de evapotranspiración a causa de diferentes procesos fisiológicos, se requiere que la información se presente de manera más específica.

Para estimar la evapotranspiración durante el ciclo vegetativo completo, se empleó la fórmula:

$$Et = Kg\,F$$

Donde:
Et = Evaporación durante el ciclo vegetativo, mm.
F = Factor de temperatura y luminosidad.
Kg = Coeficiente global de desarrollo.

El coeficiente global de desarrollo Kg varía entre 0.5 y 1.2, los cuales se presentan en el cuadro de coeficientes globales de desarrollo para diversos cultivos.

El factor de temperatura y luminosidad F se calculó de la siguiente manera:

$$F = \sum_{i=12}^{n} f_i$$

Donde:
n = número de meses que dura el ciclo vegetativo.
fi = Pi ((Ti+17.8) / 21.8)

Pi = porcentaje de horas de sol del mes i de acuerdo a la latitud.

Ti= Temperatura media del mes i en °C.

Los porcentajes de horas de sol del mes i con respecto a la latitud se toma de la siguiente tabla, para el área de estudio se consideraron los valores de latitud 20:

Tabla 389. Porciento de horas de sol mensual de acuerdo a la latitud.

Latitud Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
19	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20	**10.48**	**10.26**	**12.67**	**13.75**	**15.41**	**15.04**	**15.12**	**14.57**	**13.22**	**12.36**	**10.79**	**10.34**
21	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62

Se tomaron los coeficientes globales de desarrollo (Kg) de Ortiz (2006):

Tabla 390. Coeficientes globales de desarrollo por uso de suelo.

Uso de suelo	Coeficiente considerado
Pastizales densos	0.75
Erosión	0.05
Bosque	**0.90**
Suelo desnudo	0.5

Una vez establecidos los coeficientes globales para los diferentes usos de suelo, se calculó el valor de la ETR; para lo cual se consideró un ciclo vegetativo de 12 meses.

Usando los valores de temperatura media mensual y el porcentaje de horas sol mensual, se sustituyen en la fórmula para calcular fi, y obtener el factor F mensual, que se multiplica por el coeficiente global del cultivo, dando como resultado los valores de ETR mensuales.

Tabla 391. Estimación de la ETR para uso actual del suelo por el método de Blanney-Criddle.

Temperatura media (°C)											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
15.0	16.5	18.7	21.3	23.0	22.7	21.8	21.6	20.8	18.8	16.7	14.9
Porcentaje de horas de sol del mes i "Pi"											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**

7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66
Factor de temperatura y luminosidad "fi"											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
11.6455	11.4071	14.0810	15.2813	17.1248	16.7202	16.8028	16.1938	14.6963	13.7334	11.9959	11.4900
Coeficiente global de desarrollo "Kg"											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Et											
Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
10.4810	10.2664	12.6729	13.7532	15.4123	15.0482	15.1225	14.5744	13.2267	12.3601	10.7963	10.3410
ET (mm)	154.0547										

De esta forma el valor de la ETR es de 154.0547 mm/año, que se pierden por este fenómeno, y que varían de acuerdo al tipo de cobertura presente en el lugar.

De acuerdo con Aparicio (2005) una vez obtenida la ETP y ETR, en la zona de estudio se calcula el coeficiente ponderado de Evapotranspiración con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{ETR}{ETP}$$

Donde:
K = Coeficiente ponderado de Evapotranspiración.
ETR = Evapotranspiración Real
ETP = Evapotranspiración Potencial.

Sustituyendo los valores en la fórmula se tiene:

$$K = \frac{154.0547}{893.6088} = 0.1724$$

Para obtener la evapotranspiración en los polígonos de mitigación (m3), multiplicando la precipitación media anual (m3) por el coeficiente ponderado de ETR.

Tabla 392. Agua evapotranspirada en los polígonos de mitigación.

Polígonos	Agua total precipitada (m3)	K	Fórmula de agua evaporada (m3)	Agua evaporada en el predio en (m3)
Restauración	67,739.4303	0.1724	= 67739.4303 x 0.1724	11,678.0178
Franja de Amortiguamiento	20,833.2800	0.1724	= 20833.28 x 0.1724	3,591.5775
Polígono de mitigación	28,909.8096	0.1724	= 28909.8096 x 0.1724	4,983.9402
Total	**117,482.5199**			**20,253.5356**

Escurrimiento superficial.

El escurrimiento superficial se determinó a través del Método de Curvas Numéricas propuesto en 1972 por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y adoptado por la CONAFOR en 2004.

El procedimiento para seguir es el siguiente:

Determinar la cubierta vegetal (densidad de cobertura en porcentaje), y la cual se clasifica en cinco rangos:

Muy ralo: 0-20%
Ralo: 20-40%
Normal: 40-60%
Denso: 60-80%
Muy denso: >80%

Indicar a que grupo de suelo pertenece de acuerdo a las propiedades físicas indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 393. Grupos de suelos y descripción.

Grupo de suelos	Descripción de las características del suelo
A	Es el que ofrece menor escorrentía. Incluye los suelos que presentan mayor permeabilidad, incluso cuando están saturados. Comprenden los áreas profundos sueltos con predominio de arena o grava y con muy poco limo o arcilla (Arenosos, arenosos-limosos, loes, etc.)
B	

Grupo de suelos	Descripción de las características del suelo
	Incluye los suelos de moderada permeabilidad cuando están saturados comprendiendo los áreas arenosos menos profundos que los del Grupo A, otros de textura franco-arenosa de mediana profundidad y los francos profundos
C	Es el que ofrece mayor escorrentía. Incluye los suelos que presentan gran permeabilidad cuando están saturados, por presenta r un estrato impermeable que dificulta la infiltración o porque en conjunto, su textura es franco – arcillosa o arcillosa
D	Es el grupo que ofrece mayor escorrentía. Incluye los suelos que presentan gran permeabilidad, tales como los terrenos que presentan en la superficie o cerca de la misma una capa de arcilla muy impermeable y aquellos con subsuelo muy impermeable próximo a la superficie

Habiendo identificado las condiciones hidrológicas y el grupo de suelo, se determina el valor de la curva numérica a partir de la siguiente tabla:

Tabla 394.Valores de curvas numéricas (CN) para estimar escorrentía (SCS- USDA, 1964)

Caminos	**Tratamiento o práctica**	**Condición hidrológica**	**Grupos de suelo**			
			A	**B**	**C**	**D**
			Valor Curva Numérica			
Bosques	Muy ralo	N/A	56	75	86	91
	Ralo	N/A	46	68	78	84
	Normal	N/A	36	**60**	71	77
	Denso	N/A	26	**52**	62	69
	Muy denso	N/A	15	**44**	54	61
Caminos	Terracería	Regular	72	82	87	89
	Pavimentado	Mala	74	84	90	92

Fuente: CONAFOR (2004), citado por Orosco (2006).

Considerando la cobertura vegetal, así como la condición hidrológica y el tratamiento, tenemos la siguiente valoración de la Curva Numérica:

Tabla 395. Valores de curvas numéricas (CN) con la cobertura en los polígonos de mitigación.

Polígono	Textura	Grupo de suelo	Cobertura vegetal (%)	Tratamiento	Curva Numérica
Restauración	Franco arenosa	B	75.0	Denso	52
Franja de Amortiguamiento	Franco arenosa	B	50.0	Normal	60
Polígono de mitigación	Franco arenosa	B	80.0	Muy denso	44

Obtenido el valor de la curva numérica, se utiliza en la determinación del cálculo de la retención máxima usando la siguiente fórmula

$$S = (25400/CN) - 254$$

Donde:

S = Retención máxima potencial de humedad (mm)

CN = Curva numérica

Sustituyendo, los valores de Curvas Numéricas, tenemos la siguiente retención máxima potencial:

Tabla 396. Cálculo de la retención máxima potencial en los polígonos de mitigación.

Polígono	Curva Numérica	Fórmula de la retención máxima potencial "S"	Retención máxima potencial (mm)
Restauración	52	= (25,400 / 52)-254	234.4615
Franja de Amortiguamiento	60	= (25,400 / 60)-254	169.3333
Polígono de mitigación	44	= (25,400 / 44)-254	323.2727

Determinar el escurrimiento medio que, nos expresa el gasto medio en lámina de escurrimiento que se presenta en el área de interés, para una tormenta en particular (se consideró la máxima precipitación del mes más lluvioso) y se determina con la siguiente ecuación:

$$Q= [(P-0.2S)2/P+0.8S]$$

Dónde:

Q = Escurrimiento medio en mm.

P = Precipitación en mm (para una tormenta en particular).

S = Potencial máximo de retención de humedad en mm.

Para este parámetro se utilizó la precipitación más alta reportada anualmente, que para la estación de influencia 22034 es de 74.0 mm y posteriormente, se sustituyó este valor en la fórmula anterior:

Tabla 397. Cálculo del escurrimiento medio con las medidas de mitigación.

Polígonos	Retención máxima potencial	Precipitación para una tormenta P (mm)	Fórmula del Escurrimiento medio	Escurrimiento medio "Q" (mm)
Restauración	234.4615	74.0	= [(74- 0.2 (234.4615))^2/74 + 0.8 (234.4615)]	2.8093
Franja de Amortiguamiento	169.3333	74.0	= [(74- 0.2 (169.3333))^2/74 + 0.8 (169.3333)]	7.6895
Polígono de mitigación	323.2727	74.0	= [(74- 0.2 (323.2727))^2/74 + 0.8 (323.2727)]	0.2626

La obtención de los coeficientes de escurrimientos se origina de dividir el gasto medio escurrido, entre la precipitación del mes más lluvioso.

Tabla 398. Determinación de los coeficientes de escurrimiento con las medidas de mitigación.

Polígonos	Precipitación para una tormenta P (mm)	Gasto Q -mm	Fórmula del coeficiente de escurrimiento	Coeficiente de escurrimiento
Restauración	74.0	2.8093	= 2.8093 / 74	0.0380
Franja de Amortiguamiento	74.0	7.6895	= 7.6895 / 74	0.1039
Polígono de mitigación	74.0	0.2626	= 0.2626 / 74	0.0035

El escurrimiento se obtiene multiplicando la superficie por la precipitación media anual después la multiplicamos por el coeficiente de escurrimiento, o lo que es equivalente a multiplicar el agua precipitada (m3) por los coeficientes de escurrimiento:

Tabla 399. Escurrimiento con las medidas de mitigación.

Polígonos	Agua total precipitada (m3)	Coeficiente de escurrimiento (A)	Fórmula del escurrimiento	Escurrimiento (m3)
Restauración	67,739.4303	0.0380	= 67739.4303 x 0.038	2,571.6287
Franja de Amortiguamiento	20,833.2800	0.1039	= 20833.28 x 0.1039	2,164.8184
Polígono de mitigación	28,909.8096	0.0035	= 28909.8096 x 0.0035	102.5813
Total	**117,482.5199**			**4,839.0284**

Recarga Subterránea.

Después de la infiltración de agua en el suelo se inicia el movimiento vertical del agua hacia denominándose percolación, siendo el agua que fluye hacia las partes más profundas del suelo a través de espacios porosos y grietas de los estratos rocosos, quedando depositada en las formaciones geológicas como acuíferos, acuicludos, acuitardos, acuifugos, etc. (Orosco, 2006).

La forma más práctica para estimar la cantidad de agua que se recarga, se hace sustituyendo los valores obtenidos anteriormente en la fórmula del balance hídrico quedando:

$$Rs = Pp - (Int + Inf + Etr + Esc)$$

Donde:

Pp: Precipitación total

Int: Intercepción

Etr: Evaporación

Esc: Escurrimiento

Inf: Infiltración

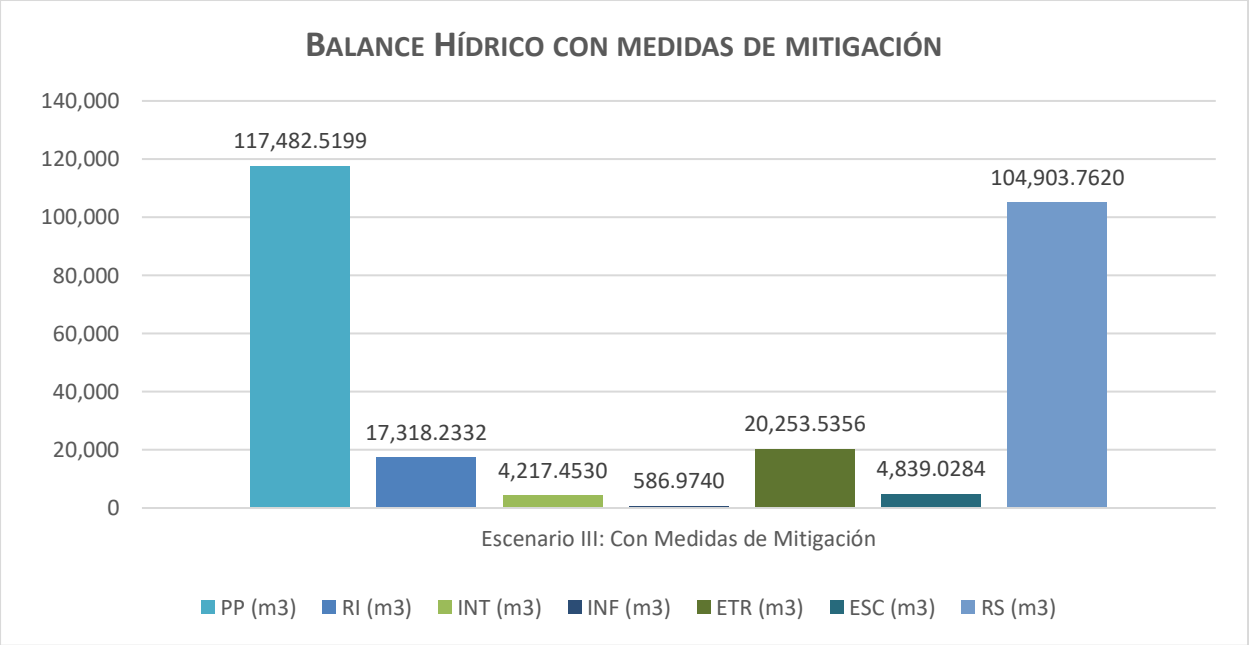
Tabla 400. Balance hídrico con las medidas de mitigación.

Polígono	PP (m3)	RI (m3)	INT (m3)	INF (m3)	ETR (m3)	ESC (m3)	RS (m3)
Restauración	67,739.4303	11,888.0365	2,540.2286	292.1333	11,678.0178	2,571.6287	62,545.4583
Franja de Amortiguamiento	20,833.2800	0.0000	520.8320	77.0106	3,591.5775	2,164.8184	14,479.0415
Polígono de mitigación	28,909.8096	5,430.1967	1,156.3924	217.8301	4,983.9402	102.5813	27,879.2622
Total	**117,482.520**	**17,318.2332**	**4,217.4530**	**586.9740**	**20,253.5356**	**4,839.0284**	**104,903.762**
%	**87.15%**	**12.85%**	**3.13%**	**0.44%**	**15.02%**	**3.59%**	**77.82%**
Entradas	**134,800.753**						

Una vez empleada la ecuación del balance hídrico tenemos que con las medidas de mitigación se tiene una entrada (precipitación y recarga inducida) de agua de 134,800.7531 m3, la cual representa un 12.85% más del agua precipitada que fue 117,482.5199 m3, como resultado de la inducción por medio de las obras de conservación de suelo, equivalente a 17,318.2332 m3, y una intercepción de 7,350.5065 m3 son captados por la vegetación; la evaporación del agua a la atmosfera es de 20,253.5356 m3 debido a la transpiración y evaporación de las plantas la cual

está relacionado con el estado de la vegetación, el suelo tiene una capacidad de almacenar 586.9740 m3 en la capa superficial debido a las propiedades físicas del suelo como es la textura, porosidad y la conductividad hidráulica una vez que la precipitación rebase ésta capacidad de almacenamiento iniciará el proceso de escurrimiento que será de 4,839.0284 m3 el cual dependerá del tipo de suelo así como las condiciones de cobertura.

Mientras que la recarga subterránea representa **104,903.7620** m3 por efecto de las medidas de mitigación.



Grafica 108. Grafica del balance hídrico con aplicación de medidas de mitigación.

Eficiencia de las medidas de mitigación.

En la siguiente tabla se presenta se presenta la captación de agua para cada escenario del proyecto (Sin Proyecto, Con CUSF, Con medidas de mitigación y la eficiencia de las medidas de mitigación):

Tabla 401. Eficiencia de las medidas de mitigación.

Captación actual de agua (m3)	Captación de agua por el desmonte (m3)	Cantidad a mitigar (m3)	Captación de agua con todas las medidas de mitigación (m3)	Eficiencia de las medidas de mitigación
19,370.6399	26,572.8374	-7,202.1975	104,903.7620	-1457%

De acuerdo con nuestro balance hídrico, si comparamos el agua captada actual, es decir, sin cambio de uso de suelo o eliminación de la vegetación, que fue e 19,370.6399 m3, contra la que resulta de la eliminación de la vegetación forestal, es decir, con proyecto que resulto de 26,572.8374 m3, tenemos in déficit de – 7,202,1975 m^3.

Ahora bien, con la aplicación de medidas de mitigación, es decir, la construcción de obras de conservación de suelo y agua en los polígonos de restauración, mitigación y la franja de protección, resulta una captación inducida 104,903.7620 m3, es decir, 97,701.5645 m3 de agua captada adicionales al déficit de infiltración, por lo que se mitiga la cantidad de agua que pudiera perderse con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales.

De acuerdo con el documento; Actualización de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Tolimán, Estado de Querétaro, en su apartado 4.3 Hidro geoquímica y calidad del agua subterránea, donde se ubica el proyecto.

…En la actualidad la mayoría de los cuerpos de agua superficial se encuentran contaminados ya sea en mayor o menor medida, dependiendo de la cercanía con las fuentes emisoras de los contaminantes; el río San Juan localizado en la ciudad de San Juan del Río y Tequisquiapan no queda exento de este fundamento ya que su cauce alberga descargas municipales e industriales principalmente. De acuerdo a los resultados obtenidos en el periodo Nov. – Dic. de 1995 con el fin de evaluar la posible contaminación del acuífero a través del monitoreo y detección de posibles focos de emisión de contaminantes, así como su movilidad en el acuífero de la ciudad de San Juan del Río y con el fin de conocer el grado de contaminación del agua subterránea en la ciudad de San Juan del Río se efectuó el análisis de grasas–aceites, plomo, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y coliformes totales.

Por otra parte, los resultados de los análisis químicos realizados a muestras de agua superficial, indicaran niveles de concentración de plomo similares a los de aguas subterráneas.
Los resultados de las muestras de agua superficial indicaron, como era de esperarse, altos valores en este parámetro debido al alto contenido de materia orgánica. De igual manera que para el acuífero de la ciudad de San Juan, los resultados de los análisis de nitratos para el valle de Tequisquiapan se encuentran arriba de la norma establecida para uso de agua potable. El grado de concentración llegó a ser hasta 4 veces en orden de magnitud de dicho límite. La concentración promedio fue de 10 mg/l y los máximos valores fueron en el pozo 838 de 24.12

mg/l y en el pozo 863 de 24.18 mg/l. Los resultados de los análisis químicos para aguas superficiales indicaron la ausencia de este parámetro.

En la mayoría de los pozos se obtuvieron concentraciones de coliformes totales de cero, únicamente se presentaron índices de contaminación en pozo 863 (73 UFC / 100 m), pozo 869 (230 UFC / 100 m) y en el pozo 1178 (91 UFC / 100 m).

Los resultados de los análisis de las muestras de agua superficial de la presa Centenario y puente San Nicolás indicaron altos contenidos de Coliformes de 9300 y 110,000 UFC / 100 m, lo que indica su alta contaminación de este parámetro en cuerpos de agua superficial y de la potencialidad para contaminar las aguas subterráneas.

Cabe precisar que ante la carencia de información sobre la calidad del agua en la zona del proyecto que nos permita hacer una comparación a mayor detalle, se propondrán las mejores medidas de prevención con el objetivo de evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en las inmediaciones del proyecto.

Evitar el derrame de sustancias por concepto de reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo utilizado en actividades de CUSAF.

Previo a las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales, se capacitará a todo el personal principalmente aquel que vaya hacer uso de vehículos, maquinaria y equipo con el objetivo de hacerles saber que quedará prohibido realizar cualquier tipo de maniobras de reparación y mantenimiento dentro de la superficie autorizada del proyecto con el fin de evitar el derrame de aceites, gasolina, diésel o cualquier otro tipo de sustancias que contamine el suelo y escurrimientos superficiales y subterráneos que pueda afectar además la fauna silvestre por el consumo de agua en arroyos o cuerpos de agua perennes en la zona del proyecto.

Por necesidades del proyecto de ser necesario algún tipo de reparación o mantenimiento este deberá realizarse fuera del área en talleres especializados y autorizados para dicho fin.

Así mismo los vehículos automotores que sean empleados en las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales deben cumplir con la normatividad ambiental vigente en materia de emisiones a la atmósfera, es decir, con la verificación estatal y federal en su caso.

Esta medida estará delimitada al área autorizada para cambio de uso de suelo en áreas forestales por lo que no merece ser cartografiada ni georreferenciada.

Colocación de letrinas portátiles.

Con el objetivo de garantizar un adecuado manejo de las aguas grises en el área de cambio de uso de suelo en áreas forestales generadas por los empleados, se colocarán letrinas portátiles a razón de una por cada cinco trabajadores, estas serán contratadas a una empresa especializada con todo y el servicio de mantenimiento y serán colocada estratégicamente dentro de la superficie del proyecto.

Las letrinas se colocarán de forma permanente, toda vez que serán el medio para el manejo de las aguas grises, cuyo mantenimiento correrá a cargo del prestador de dicho servicios.

La naturaleza de esta medida es preventiva y tiene la finalidad de evitar la contaminación del agua superficial y subterránea dentro y fuera de la superficie del proyecto.

Colocación de contenedores para residuos sólidos urbanos.

De igual manera se colocarán contenedores para almacenar y clasificar los residuos sólidos generados durante y después de las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales, los cuales permanecerán hasta la etapa de operación y serán manejados preferentemente por el municipio de Tolimán.

La naturaleza de esta medida es preventiva y tiene la finalidad de evitar la contaminación del agua superficial y subterránea dentro y fuera de la superficie del proyecto.

Aislamiento y delimitación de la zona federal de los arroyos El Barrosal y Bernal.

Con el objetivo de demostrar que el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remisión de la vegetación forestal, en este sentido es importante precisar que la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, no afecta arroyos ni cuerpos de agua de carácter federal, lo cual ha quedo demostrado con la validación del estudio hidrológico que se realizó y tramito para la superficie que comprende el proyecto, autorizado mediante Oficio No. B00.921.04.-01747 de fecha 1º de octubre de 2020 por la Comisión Nacional del Agua ***(Anexo V.4.4)***. Sin embargo, *debido a que el predio presenta linderos cercanos con los arroyos Bernal y Barrosal, ambos aportadores de la cuenca del rio Tolimán que cuenta con declaratoria de propiedad nacional publicada en el Diario Oficial de la Federación de fecha 19 de agosto de 1919, es necesario que se delimiten sus zonas federales.*

Por ello deberá presentar en esta Dependencia el proyecto de delimitación de estos arroyos utilizando los gastos asociados al periodo de retorno de 10 años…

En cumplimiento a lo solicitado por la CONAGUA en el oficio de validación del estudio hidrológico, con fecha 4 de junio del presente, se ingresó para su revisión y en su caso autorización la delimitación del derecho federal de los arroyos Bernal y Barrosal, cuyo proyecto fue autorizado mediante Oficio No. B00.921.04.-01727 de fecha 28 de septiembre de 2021 en los siguientes términos; *De acuerdo a los límites de las poligonales de los arroyos Bernal y Barrosal y la poligonal del predio mostrados en los planos con clave XF-01, ZF-02, ZF-03, ZF-04 y ZF-05 de fecha marzo de 2021, se concluye que el predio no es afectado por áreas de propiedad federal por lo que no es necesario que realice la colocación de mojoneras…**(Anexo V.4.5)***, por lo que ha quedado de igual manera demostrado que el proyecto no afecta cauces de injerencia federal, sin embargo, para garantizar que las zonas federales de los cauces no sufrirán afectación alguna se propone la delimitación de los mismos, mediante la colocación de las mojoneras en cada uno de sus vértices de las coordenadas geográficas autorizadas por la CONAGUA, mismas que se relacionan a continuación.

Tabla 402. Delimitación geográfica de la zona federal del margen derecho del arroyo Barrosal.

Zona federal Margen derecho Arroyo Barrosal		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
0	403919	2301170
1	403935	2301173
2	403954	2301175
3	403974	2301177
4	403994	2301178
5	404013	2301179
6	404033	2301179
7	404054	2301178
8	404078	2301183
9	404093	2301194
10	404117	2301196
11	404133	2301214
12	404147	2301225

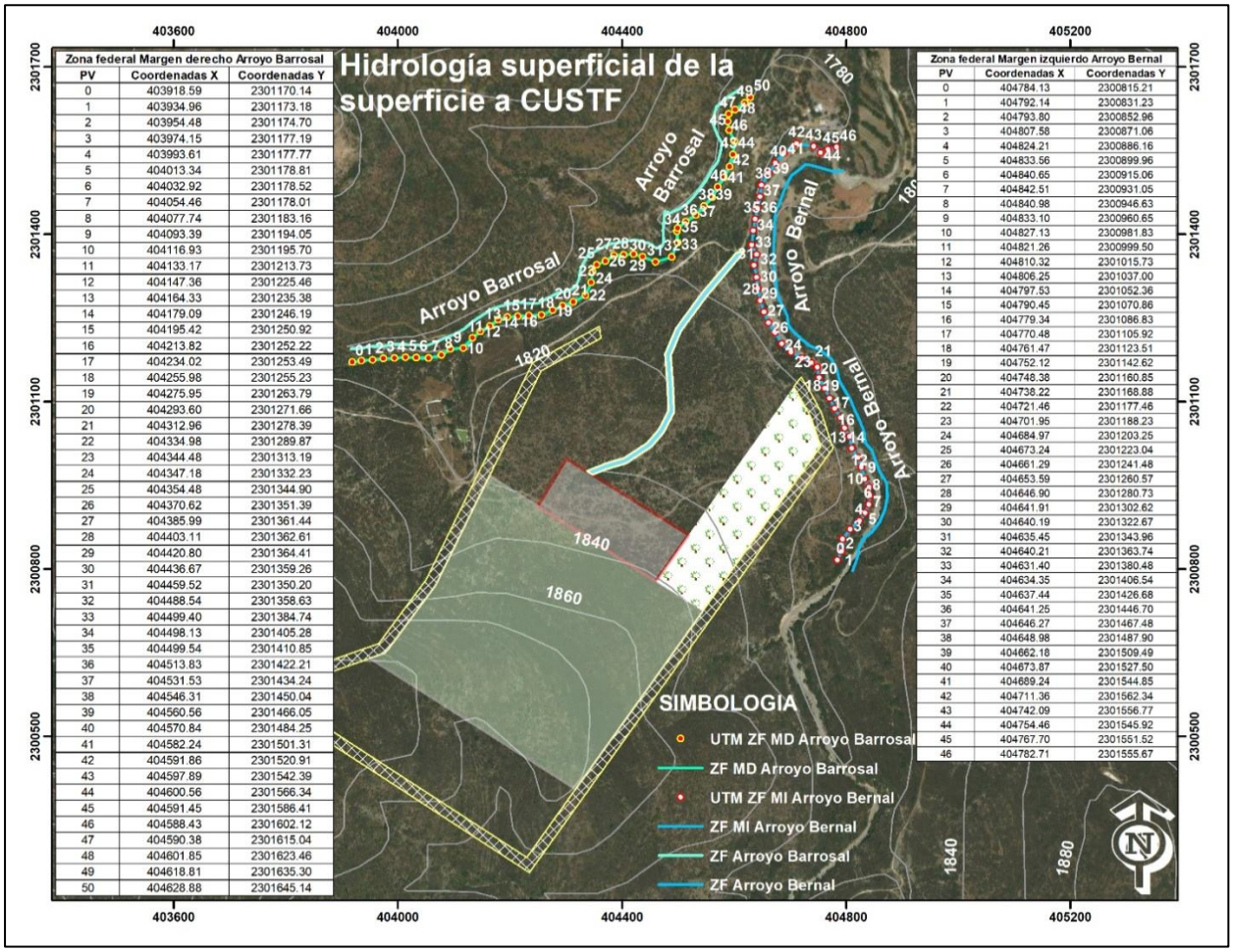
Zona federal Margen derecho Arroyo Barrosal		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
13	404164	2301235
14	404179	2301246
15	404195	2301251
16	404214	2301252
17	404234	2301253
18	404256	2301255
19	404276	2301264
20	404294	2301272
21	404313	2301278
22	404335	2301290
23	404344	2301313
24	404347	2301332
25	404354	2301345
26	404371	2301351
27	404386	2301361
28	404403	2301363
29	404421	2301364
30	404437	2301359
31	404460	2301350
32	404489	2301359
33	404499	2301385
34	404498	2301405
35	404500	2301411
36	404514	2301422
37	404532	2301434
38	404546	2301450
39	404561	2301466
40	404571	2301484
41	404582	2301501
42	404592	2301521

Zona federal Margen derecho Arroyo Barrosal		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
43	404598	2301542
44	404601	2301566
45	404591	2301586
46	404588	2301602
47	404590	2301615
48	404602	2301623
49	404619	2301635
50	404629	2301645

Tabla 403. Delimitación geográfica de la zona Federal del margen izquierdo del arroyo Bernal.

Zona federal Margen izquierdo Arroyo Bernal		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
0	404784	2300815
1	404792	2300831
2	404794	2300853
3	404808	2300871
4	404824	2300886
5	404834	2300900
6	404841	2300915
7	404843	2300931
8	404841	2300947
9	404833	2300961
10	404827	2300982
11	404821	2300999
12	404810	2301016
13	404806	2301037
14	404798	2301052
15	404790	2301071
16	404779	2301087
17	404770	2301106

Zona federal Margen izquierdo Arroyo Bernal		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
18	404761	2301124
19	404752	2301143
20	404748	2301161
21	404738	2301169
22	404721	2301177
23	404702	2301188
24	404685	2301203
25	404673	2301223
26	404661	2301241
27	404654	2301261
28	404647	2301281
29	404642	2301303
30	404640	2301323
31	404635	2301344
32	404640	2301364
33	404631	2301380
34	404634	2301407
35	404637	2301427
36	404641	2301447
37	404646	2301467
38	404649	2301488
39	404662	2301509
40	404674	2301528
41	404689	2301545
42	404711	2301562
43	404742	2301557
44	404754	2301546
45	404768	2301552
46	404783	2301556



Zona federal Margen derecho Arroyo Barrosal		
PV	Coordenadas X	Coordenadas Y
0	403918.59	2301170.14
1	403934.96	2301173.18
2	403954.48	2301174.70
3	403974.15	2301177.19
4	403993.61	2301177.77
5	404013.34	2301178.81
6	404032.92	2301178.52
7	404054.46	2301178.01
8	404077.74	2301183.16
9	404093.39	2301194.05
10	404116.93	2301195.70
11	404133.17	2301213.73
12	404147.36	2301225.46
13	404164.33	2301235.38
14	404179.09	2301246.19
15	404195.42	2301250.92
16	404213.82	2301252.22
17	404234.02	2301253.49
18	404255.98	2301255.23
19	404275.95	2301263.79
20	404293.60	2301271.66
21	404312.96	2301278.39
22	404334.98	2301289.87
23	404344.48	2301313.19
24	404347.18	2301332.23
25	404354.48	2301344.90
26	404370.62	2301351.39
27	404385.99	2301361.44
28	404403.11	2301362.61
29	404420.80	2301364.41
30	404436.67	2301359.26
31	404459.52	2301350.20
32	404488.54	2301358.63
33	404499.40	2301384.74
34	404498.13	2301405.28
35	404499.54	2301410.85
36	404513.83	2301422.21
37	404531.53	2301434.24
38	404546.31	2301450.04
39	404560.56	2301466.05
40	404570.84	2301484.25
41	404582.24	2301501.31
42	404591.86	2301520.91
43	404597.89	2301542.39
44	404600.56	2301566.34
45	404591.45	2301586.41
46	404588.43	2301602.12
47	404590.38	2301615.04
48	404601.85	2301623.46
49	404618.81	2301635.30
50	404628.88	2301645.14

Zona federal Margen izquierdo Arroyo Bernal		
PV	Coordenadas X	Coordenadas Y
0	404784.13	2300815.21
1	404792.14	2300831.23
2	404793.80	2300852.96
3	404807.58	2300871.06
4	404824.21	2300886.16
5	404833.56	2300899.96
6	404840.65	2300915.06
7	404842.51	2300931.05
8	404840.98	2300946.63
9	404833.10	2300960.65
10	404827.13	2300981.83
11	404821.26	2300999.50
12	404810.32	2301015.73
13	404806.25	2301037.00
14	404797.53	2301052.36
15	404790.45	2301070.86
16	404779.34	2301086.83
17	404770.48	2301105.92
18	404761.47	2301123.51
19	404752.12	2301142.62
20	404748.38	2301160.85
21	404738.22	2301168.88
22	404721.46	2301177.46
23	404701.95	2301188.23
24	404684.97	2301203.25
25	404673.24	2301223.04
26	404661.29	2301241.48
27	404653.59	2301260.57
28	404646.90	2301280.73
29	404641.91	2301302.62
30	404640.19	2301322.67
31	404635.45	2301343.96
32	404640.21	2301363.74
33	404631.40	2301380.48
34	404634.35	2301406.54
35	404637.44	2301426.68
36	404641.25	2301446.70
37	404646.27	2301467.48
38	404648.98	2301487.90
39	404662.18	2301509.49
40	404673.87	2301527.50
41	404689.24	2301544.85
42	404711.36	2301562.34
43	404742.09	2301556.77
44	404754.46	2301545.92
45	404767.70	2301551.52
46	404782.71	2301555.67

Imagen 78. Delimitación geográfica del derecho federal, márgenes derecho e izquierdo de los arroyos Barrosal y Bernal respectivamente cercanos a la S-CUSAF.

Con dichas medidas de prevención se evitará afectar la calidad del agua con las actividades de cambio de uso de suelo, adicionalmente se propondrán otras con el mismo objetivo.

Delimitación de la franja de protección para proteger los Arroyos El Barrosal y Bernal.

Así mismo es importante precisar, que la franja de 20 metros de ancho que se dejara entre la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales y la zona federal de los cauces antes descritos, tiene su fundamento en el artículo 29 fracción I inciso g), fracción II inciso d) del Reglamento de la Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro en Materia de Explotación de Bancos de Materiales, que a la letra dice;

Artículo 29. En los trabajos de explotación de bancos de materiales, sin perjuicio de lo que establezcan las Normas Técnicas Ambientales, se cumplirán las siguientes especificaciones:

I.- Para materiales como arena, tepetate, arcilla, tezontle y similares, en cuya explotación no se requiera uso de explosivos, se estará a lo siguiente:

g) Deberá dejarse una franja de protección de 20 metros de ancho mínimo alrededor de la zona de explotación del banco de materiales. El ancho de esa franja de protección se medirá a partir de las colindancias del predio o caminos, líneas de conducción, transmisión y telecomunicaciones hasta la intersección del terreno natural con la superior del talud resultante;

II.- Para materiales en masas rocosas como basaltos, granitos, andesitas, sedimentarios y otros similares, en cuya explotación se requiera el uso de explosivos, además de los aspectos considerados en los incisos b), d) e), f), g), h) i) y k) de la fracción I de este artículo se estará a lo siguiente:

d) En las explotaciones de materiales de roca basáltica, la franja de protección deberá ser similar a la que se específica del inciso g) de la fracción I de este artículo, y

Toda vez que dicha medida tiene su fundamento legal en dicha Ley, es un mandato constitucional que se debe cumplir en la práctica, por lo que dicha franja de protección de 20 metros propuesta, será delimitada y señalizada en campo con el objetivo de cumplir con dicho reglamento, pero sobre todo garantizar la protección de los arroyos cercanos a la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, para cuya delimitación se empleara el listado de coordenadas UTM descritas en la siguiente tabla, cuyos resultados serán integrados a los informes emitidos a la autoridad competente con el objetivo de que verifique su cumplimiento.

Tabla 404. Delimitación geográfica de la franja de protección de 20 metros, a fin de proteger los cauces federales.

Franja de protección		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
1	404738	2301114
2	404755	2301080

Franja de protección		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
3	404777	2301016
4	404235	2300255
5	403731	2300584
6	403965	2300666
7	404050	2300780
8	404240	2301170
9	404359	2301235
10	404362	2301213
11	404255	2301155
12	404068	2300772
13	404067	2300770
14	404066	2300768
15	403981	2300654
16	403979	2300652
17	403977	2300650
18	403975	2300649
19	403972	2300647
20	403776	2300578
21	404229	2300283
22	404317	2300406
23	404433	2300568
24	404544	2300724
25	404754	2301020
26	404737	2301072
27	404706	2301127
28	404720	2301144
	Superficie	**5.12 Has.**



Imagen 79. Delimitación geográfica de la franja de protección entre el límite de la zona federal de los cauces.

Delimitación de las áreas propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre para proteger los arroyos El Barrosal y Bernal.

Con el mismo objetivo de proteger los cauces federales delimitados, en este caso de los arroyos El Barrosal y Bernal, estratégicamente se delimito el área que será destinada para rescate y reubicación de flora silvestre la cual se encuentra comprendida entre el polígono propuesto a cambio de uso de suelo y el límite del derecho federal de dichos cauces, dado que el programa de rescate y reubicación de flora silvestre está consagrado jurídicamente, no tendría por qué no funcionar como medida de compensación a la biodiversidad y al mismo tiempo dicha área proteger dichos cauces, la ubicación georreferenciada se presenta en el programa de rescate y reubicación respectivo.

Tabla 405. Delimitación geográfica de las áreas de rescate y reubicación de flora silvestre.

PV	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	404736.74	2301072.26
2	404754.38	2301019.60
3	404543.81	2300724.00
4	404459.52	2300777.80
5	404706.33	2301127.00
	Superficie	**4.00 Has**

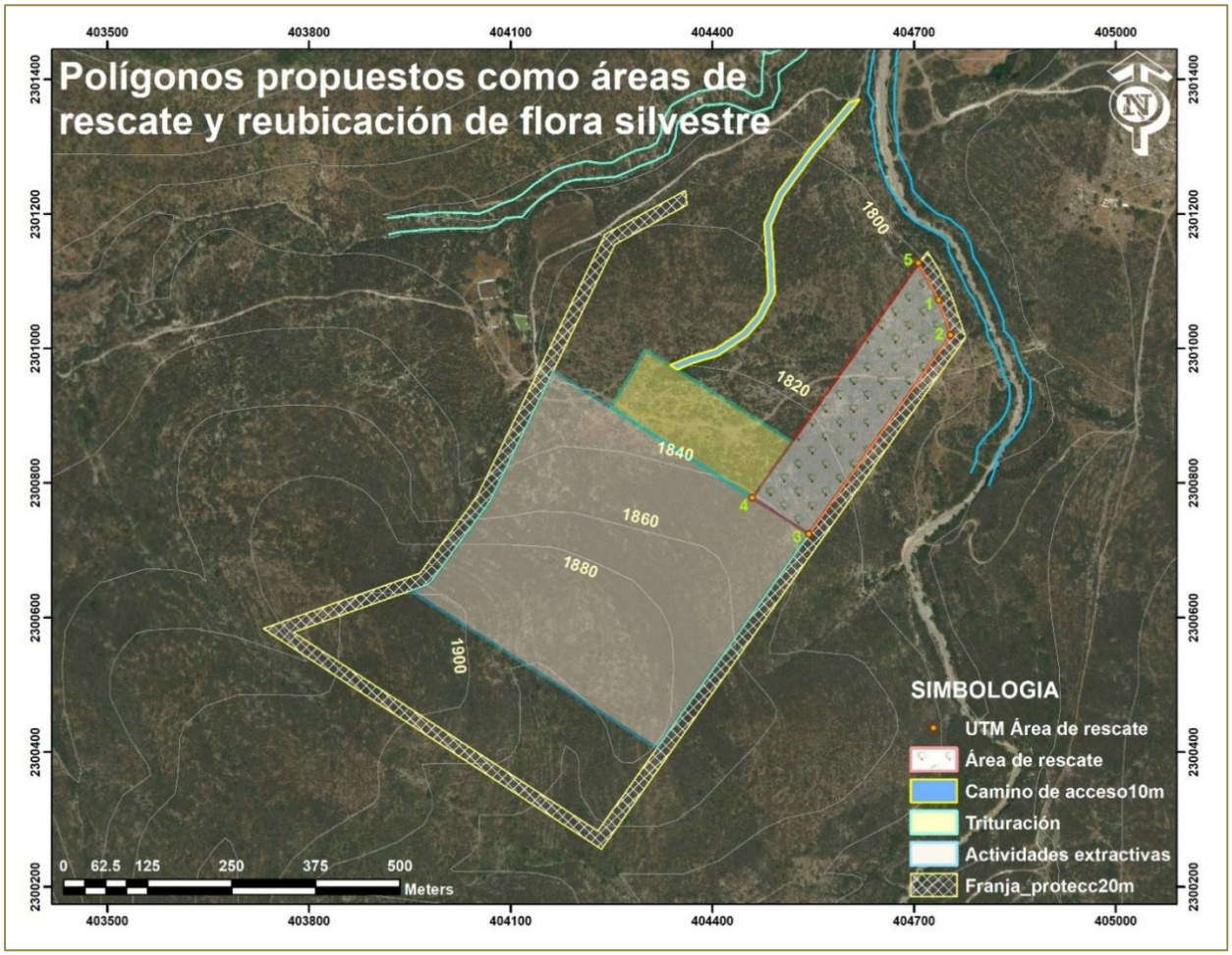


Imagen 80. Delimitación geográfica de las áreas de rescate y reubicación de flora silvestre.

Cumplimiento de la Licencia de explotación vigente, para evitar impactos ambientales por el efecto de los cortes en los frentes de explotación.

Adicionalmente y con el objetivo de evitar la afectación hacia los cauces en comento por el efecto de los cortes, durante el proceso de explotación del banco de materiales pétreos, los trabajos se ejecutarán estrictamente a la licencia de explotación, el cual establece lo siguiente;

En los trabajos de explotación de bancos de materiales, sin perjuicio de lo que establezcan las Normas Técnicas Ambientales, se cumplirán las siguientes especificaciones:

I.- Para materiales como arena, tepetate, arcilla, tezontle y similares, en cuya explotación no se requiera uso de explosivos, se estará a lo siguiente:

b) En los casos en que debido a las condiciones topográficas, la altura de frente fuese superior a 10 metros, la Secretaría aprobará los procedimientos de explotación propuestos por el perito responsable, o en su caso, fijará estos, atendiendo a las Normas Técnicas Ambientales correspondientes; Los cortes al terreno se realizarán siguiendo la topografía del sitio para formar terrazas y así facilitar los trabajos de restauración o rehabilitación del sitio y su integración al entorno;

d) La extracción de materiales deberá ser uniforme, sin dejar obstáculos ni montículos en el interior del banco de materiales que pudieran interferir con las acciones de nivelación y restauración o rehabilitación del sitio;

e) Las actividades de extracción de materiales deberán realizarse aplicando los equipos adecuados para el control de contaminantes y las medidas de mitigación especificadas en el estudio de impacto ambiental correspondiente, para evitar que polvos, humo, ruido, vibraciones y demás impactos potenciales se conviertan en problemas que afecten al ambiente o la salud de los seres humanos;

f) Los materiales extraídos de los bancos de materiales, deberán ser transportados en vehículos cerrados o debidamente cubiertos con lonas perfectamente sujetas y amarradas, para evitar la dispersión de polvos y partículas en el trayecto que recorran. De igual forma, deberán humedecer y barrer el interior de la caja de los vehículos de transporte de materiales, una vez que hayan terminado su recorrido o hayan descargado los materiales respectivos, para evitar que escapen polvos y partículas, durante el recorrido de regreso;

g) Deberá dejarse una franja de protección de 20 metros de ancho mínimo alrededor de la zona de explotación del banco de materiales. El ancho de esa franja de protección se medirá a partir de las colindancias del predio o caminos, líneas de conducción, transmisión y telecomunicaciones hasta la intersección del terreno natural con la superior del talud resultante;

Esta franja de protección debe quedar totalmente libre de cualquier instalación o depósito de material almacenado y contar con obras de desvío de escurrimientos pluviales. La Secretaría determinará cuando esta franja deba ser ampliada de acuerdo con las condiciones de estabilidad observadas en el terreno o los taludes.

Esta zona constituirá, asimismo una zona de protección ecológica para los colindantes, por lo tanto, la Secretaría fijará el tipo de acciones de mejoramiento ambiental que requiera esta zona, así como el plazo máximo para realizar estas acciones, las cuales serán con cargo al titular de la licencia explotación. El incumplimiento de la observancia de esta protección ocasionará la cancelación inmediata de la licencia de explotación.

h) Las cotas del piso en las áreas donde ya se extrajo material, deberán ser especificadas en el proyecto aprobado por la Secretaría con una tolerancia máxima de 0.50 metros;

i) A criterio de la Secretaría, se podrán otorgar autorizaciones en las que se indique que no deberá trabajarse más de un frente de explotación a la vez en el mismo predio;

j) Deberán efectuarse los trabajos necesarios, para asegurar el drenaje superficial de las aguas de lluvia, a fin de evitar erosiones o encharcamientos; trabajos que quedarán sujetos a la aprobación previa de la Secretaría, y

k) Se deberá restaurar o rehabilitar el terreno explotado sin riesgo de derrumbes o daños a terceros, conforme a lo establecido en el capítulo VI del presente reglamento.

II.- Para materiales en masas rocosas como basaltos, granitos, andesitas, sedimentarios y otros similares, en cuya explotación se requiera el uso de explosivos, además de los aspectos considerados en los incisos b), d) e), f), g), h) i) y k) de la fracción I de este artículo se estará a lo siguiente:

a) Las excavaciones deberán ser a cielo abierto. La altura máxima del frente deberá corresponder al espesor de la masa rocosa, pero nunca será mayor de 20 metros;

b) El talud del corte en este tipo de material podrá ser vertical, pero nunca a contra - talud;

c) Para la explotación de roca basáltica, con el fin de provocar el volteo por el propio peso del material, las excavaciones en el material subyacente podrán ser hasta de 5 metros de ancho por 1 metro de altura, separados de la siguiente excavación, por una franja en estado natural de 3 metros de ancho, las cuales deberán permanecer apuntaladas hasta que el personal y equipo se encuentren en zonas de seguridad;

d) En las explotaciones de materiales de roca basáltica, la franja de protección deberá ser similar a la que se específica del inciso g) de la fracción I de este artículo, y

e) Los pisos en que se terminen de hacer terrazas, deberán cubrirse con la capa de suelo fértil que se retiró durante la preparación de las áreas de explotación, con un espesor de 20 centímetros, sembrándose especies nativas del área, de preferencia que sean pioneros sobre roca.

De acuerdo a lo anterior, es importante precisar que las actividades de explotación supervisadas por el perito responsable del banco de materiales pétreos y en coordinación con la Secretaria de Desarrollo Sustentable del Poder Ejecutivo del Estado de Querétaro.

Elaboración de estudios perimetrales de partículas.

Con el objetivo de evitar la afectación de los cauces cercanos a la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales con motivo igualmente de los cortes y partículas del suelo, durante las actividades de explotación, en el primer semestre y una vez obtenida la licencia de explotación del banco de materiales pétreos, se elaboraran estudios perimetrales de particular de acuerdo con la NOM-025-SSA1-2014 que establece los valores limite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire y los criterios para su evaluación, los resultados obtenidos de dichos estudios serán informados semestralmente a las autoridades competentes con el objetivo de evaluar en conjunto la efectividad de los mismos y en su caso se propongan medidas adicionales a las ya descritas.

Aunado a lo anterior, tampoco se prevén daños por incremento de escurrimientos, partículas de suelo y azolve con las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales, ya que para ello se han propuesto la construcción de barreras de piedra acomodada que entre otros beneficios es precisamente la retención de partículas del suelo y azolve de sedimentos y la construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras que funcionan como reguladoras de la velocidad de los

escurrimientos, producto del despalme del área autorizada para cambio de uso de suelo en áreas forestales, sin embargo, de ordenarse medidas adicionales en la respectiva autorización estas serán ejecutadas y cuyos avances serán entregados en los informes de cumplimiento correspondientes.

Obras de regulación y mitigación de escurrimientos para proteger los arroyos El Barrosal y Bernal.

Con el propósito de proponer las obras de regulación, mitigación y protección hacia los Arroyos El Barrosal y Bernal, que de acuerdo a la exposición del área propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales se prevé que la mayor cantidad de escurrimientos pluviales escurran hacia el Arroyo Bernal. Se considero la estimación de gastos máximos y volúmenes de escurrimiento superficial en condición actual y futura del Estudio hidrológico validado por la Comisión Nacional del Agua mediante Oficio No. No. B00.921.04.-01747 de fecha 1º de octubre de 2020.

Los gastos máximos resultantes a la salida de cada subcuenca y su incremento en gasto y volumen derivado del proyecto a desarrollar en el predio, se presentan en la siguientes tablas.

Tabla 406. Incremento del escurrimientos en las Subcuencas 1 Bernal y 2 Barrosal.

SUBCUENCA 1 Incremento de escurrimiento generado por el desarrollo del proyecto (Método SCS)				
Tr años	Escurrimiento Q_{S1}		Incremento en gasto $Q_{INCREMENTO}$ m³/s	Incremento en volumen m³
	Actual m³/s	Proyecto m³/s		
5	10.20	11.18	0.99	8,560
10	14.88	16.10	1.22	10,572
25	20.62	22.09	1.46	12,704
50	24.71	26.33	1.62	14,070
100	28.63	30.39	1.76	15,287

SUBCUENCA 2 Incremento de escurrimiento generado por el desarrollo del proyecto (Método SCS)				
Tr años	Escurrimiento Q_{S1}		Incremento en gasto $Q_{INCREMENTO}$ m³/s	Incremento en volumen m³
	Actual m³/s	Proyecto m³/s		
5	0.29	0.34	0.06	213
10	0.65	0.74	0.09	326
25	1.18	1.30	0.12	449
50	1.60	1.74	0.14	529
100	2.02	2.18	0.16	602

En el caso de la subcuenca 1 Bernal, para un periodo de retorno Tr=50 años, el cambio de uso de suelo en áreas forestales a banco de materiales pétreos, generaría un impacto de 1.62 m^3/s con un incremento de 14,070 m^3.

En el caso de la subcuenca 2 El Barrosal, para un periodo de retorno Tr=50 años, el cambio de uso de suelo en áreas forestales a banco de materiales pétreos, generaría un impacto de 0.14 m^3/s con un incremento de 529 m^3.

Obras de regulación, mitigación y protección de los arroyos propuestas

Para regular, mitigar y proteger los arroyos en comento de los impactos generados en la escorrentía superficial derivados del cambio de uso de suelo, se proponen las siguientes medidas y/o obras de regulación.

Obras de regulación en la Subcuenca 1 Bernal

Para el caso de la subcuenca 1 Bernal, se propone la construcción de dos (2) presas de gaviones, las cuales se ubicarán en la depresión topográfica donde se prevé, llegue la mayor cantidad de escurrimientos una vez realizado el desmonte y despalme del área propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Es importante precisar que dentro de los múltiples beneficios de las presas de gaviones es reducir la velocidad de los escurrimientos y la retención de ensolves evitando de esta manera daños en infraestructura agua abajo, y la afectación de cauces por la generación de partículas producto de la operación del proyecto.

Servicios y beneficios de las presas de gaviones.

Reducir la erosión hídrica.
Disminuir la velocidad del escurrimiento y su poder erosivo.
Evitar el crecimiento en profundidad y anchura de las cárcavas.
Retener y favorecer la filtración de agua de lluvia.
Retiene azolves y evita que suelos infértiles se depositen sobre áreas fértiles.
Evita el azolvamiento de los vasos de almacenamiento, canales y otras obras hidráulicas.
Estabiliza el fondo de la cárcava.
Favorece la retención e infiltración de agua y la recarga de acuíferos.

Las presas de gaviones que se proponen tendrán 2.00 m de ancho, con una profundad de 1.50 m de como mínimo, estas dimensiones pueden variar dependiendo de las condiciones del terreno una vez que se inicie con el proceso de construcción, así mismo se evaluara la afectividad de las misma, lo que podría ocasionar proponer obras adicionales, por lo que los cambio no previstos serán informados en los reportes periódicos señalados en la autorización correspondiente.

Tabla 407. Ubicación geográfica de las obras de regulación de escurrimiento consistentes en la construcción de presas de gaviones, subcuenca 1 Bernal.

PRESAS DE GAVIONES		
UBICACION GEOGRAFICA UTM WGS84		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
Presa de gavión 1	404521	2300978
Presa de gavión 2	404785	2301026

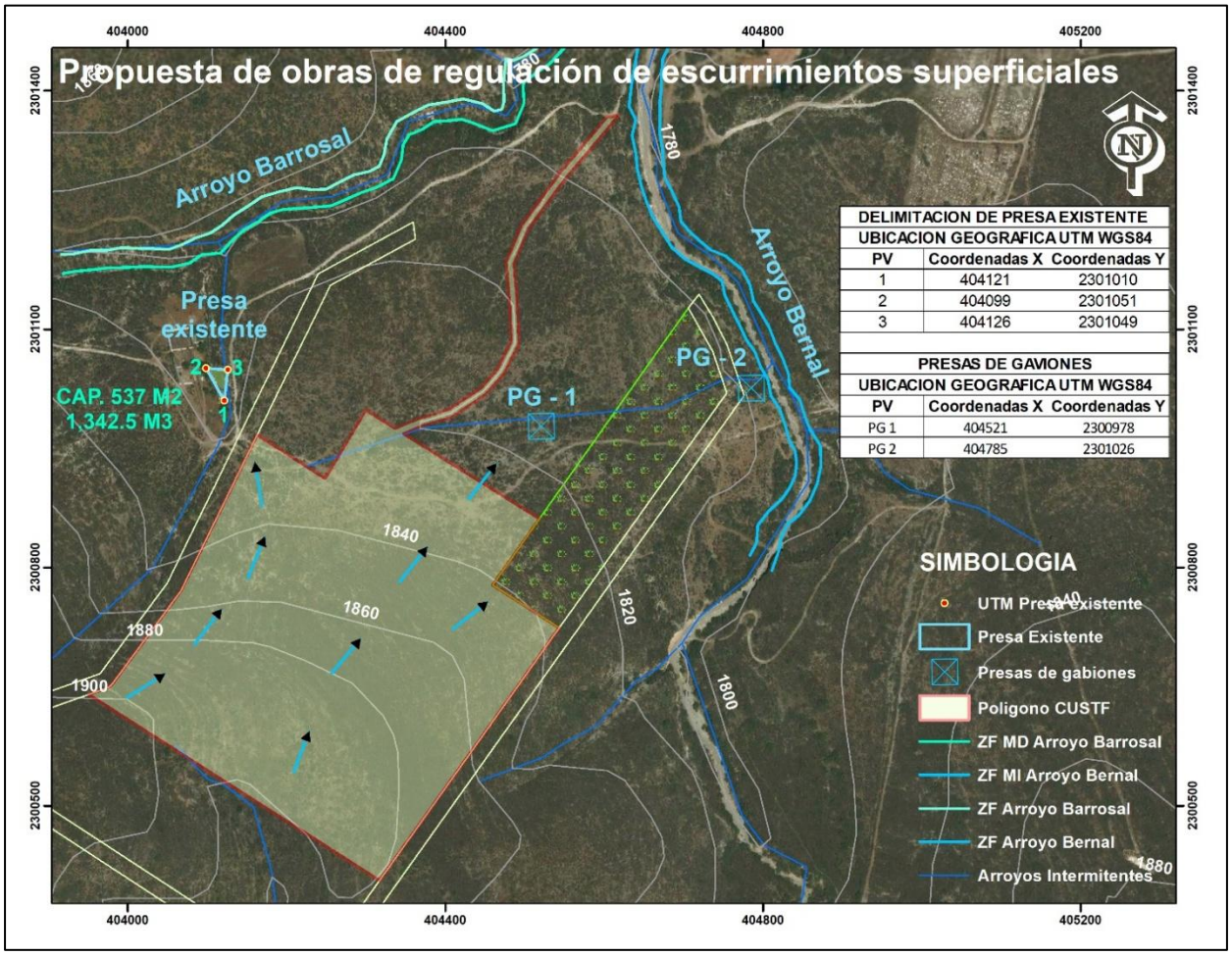


Imagen 81. Ubicación geográfica de las obras de regulación, control y protección de los arroyos colindantes.

Obras de regulación en la Subcuenca 2 El Barrosal.

Para regular los escurrimientos generados por las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales, en la subcuenca 2 del arroyo El Barrosal, se utilizara una represa existente en

lado oeste del área del proyecto, que ya viene funcionando para almacenamiento de agua de lluvia, con fines de abrevadero, pero que está diseñada para retener y controlar escurrimientos de agua de lluvia, por lo que permite en momento dado regular la velocidad de los mismos y a su a la retención de ensolves, con mantenimiento preventivo periódico con el objetivo de evitar sobre pasar su capacidad de almacenamiento.

Esta represa tiene una capacidad de almacenamiento de 1,342.50 m^3 de agua con una extensión de 537 m^2 capacidad considerada suficiente para el control y regulación de los gastos estimados con el proyecto de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Los resultados de dicha medida serán reportados periódicamente de acuerdo a lo establecido en la autorización correspondiente, lo que permitirá evaluar su efectividad de las mismas, por lo que siendo necesario se harán los ajustes correspondientes.

Tabla 408. Ubicación geográfica de las obras de regulación de escurrimiento consistentes en la construcción de presas de gaviones, subcuenca 2 El Barrosal.

DELIMITACION DE PRESA EXISTENTE		
UBICACION GEOGRAFICA UTM WGS84		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
1	404121	2301010
2	404099	2301051
3	404126	2301049

Tomando en cuenta que el principal objetivo de estas obras, es regular la velocidad de los escurrimientos provenientes de la superficie propuesta cambio de uso de suelo en áreas forestales, la efectividad se realizará mediante un enfoque de evaluación ***ex post***, es decir, después del hecho o posterior, y se llevará a cabo mediante el monitoreo del desempeño hidrológico, en el cual se determinará si la obra ha logrado el objetivo de modificar el comportamiento del escurrimiento. En este sentido, una vez construidas, con las dimensiones propuestas, se realizará un registro de datos durante eventos de lluvias, en el primer año del proyecto, esto nos va permitir contrastar datos de entradas y salidas del agua que llega a las obras y de esta manera evaluar la capacidad de la obra de reducir el pico de escurrimiento y retrasar su llegada al punto final, o bien comparar el volumen total de agua que llega y sale de la

obra durante una tormenta. La diferencia representa el volumen retenido que será liberado de una forma controlada.

La ventaja de este procedimiento, estriba en que dichas obras pueden ser modificadas, incluso aumentar sus dimensiones, todo va depender de su desempeño y el objetivo final que es reducir la velocidad de los escurrimiento. Los resultados obtenidos serán incorporados en los informes anuales de las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Por lo anteriormente expuesto se prevé que con la construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras, el evitar el derrame de sustancias por concepto de reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo, colocación de letrinas portátiles y contenedores para residuos sólidos urbanos, las medidas de protección a cauces federales, el aislamiento y delimitación de la zona federal de los arroyos, la delimitación de la franja de protección, la delimitación de las áreas propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre para proteger los arroyos, el cumplimiento del Reglamento en materia de bancos de materiales pétreos para evitar impactos ambientales por el efecto de los cortes en los frentes de explotación y la elaboración de estudios perimetrales de partículas y las obras de regulación, control y mitigación de escurrimientos, durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales se mitigue el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.

IV.3.1.4 Medidas a considerar para garantizar que la biodiversidad de los ecosistemas que se afectaran con el cambio de uso de suelo se mantenga.

Con el objetivo de garantizar que la biodiversidad del ecosistema por afectar con las actividades de cambio de uso de suelo se mantiene, se proponen el programa y subprograma de rescate y reubicación de flora y fauna silvestre. Mismos que se describe a continuación.

IV.3.1.4.1 Flora silvestre

Programa de rescate y reubicación de flora silvestre

1. Introducción.

Se propone este **Programa de Rescate y Reubicación de especies** de vegetación forestal como una de las medidas de mitigación de los impactos ambientales que se darán durante la realización de dicho proyecto. Sera una medida de mitigación/conservación por la afectación en la composición de la vegetación. El enfoque del programa está encaminado, principalmente, a la extracción, manejo, protección y conservación de aquellos ejemplares vegetales que puedan ser rescatados y/o pertenezcan a alguna especie con estatus conservación según la NOM-059-SEMARNAT-2010, aquellas de importancia ecológica y que sean susceptibles de manejo. Pero también se consideran aquellos ejemplares que por sus características morfológicas excepcionales representen un valor ecológico/cultural.

Como una medida para mitigar los posibles cambios adversos al ambiente causados por la construcción del proyecto, se realizará este programa de rescate de flora silvestre, misma que se ejecutara en área adyacente a las obras que componen el proyecto.

El tipo de vegetación que será afectado por el desarrollo del proyecto es: vegetación de tipo matorral crasicaule en proceso de degradación.

Para caracterizar a este tipo de vegetación, se realizaron muestreos para tener datos de la representatividad de todas las especies en los estratos presentes y que se verán afectados.

Por lo que derivado de este análisis y de las características del tipo de vegetación en el sistema ambiental, el promovente establecido las estrategias para asegura la conservación de las especies que serán afectadas, persiguiendo los siguientes objetivos.

2. Objetivos

- **General**

Prevenir y mitigar la afectación a la vegetación forestal por el cambio de uso de suelo en áreas forestales para la ejecución del proyecto**,** con ubicación en el municipio de Tolimán, Querétaro, en una superficie de **19.71 hectáreas** en un ecosistema de vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule en proceso de degradación, mediante el rescate y reubicación de las especies forestales que se verán afectadas previa y durante la ejecución del cambio de uso de suelo.

- **Específicos**

1. Mantener la homogeneidad y heterogeneidad de las especies presentes en el sistema ambiental con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales.

2. Mantener la biodiversidad presente en la cuenca hidrológico forestal mediante el rescate y reubicación de aquellas especies que pudieran resultar afectadas con el cambio de uso de suelo en áreas forestales.
3. Rescatar las especies florísticas representativas de matorral crasicaule, las de más alto valor de importancia, aquellas que no fue posible registrar e identificar en el sistema ambiental y principalmente aquellas que se encuentra enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo algún tipo de restricción ecológica ubicadas en las 19.71 hectáreas del área solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales.
4. Implementar los métodos y las técnicas de rescate y reubicación de los individuos de las especies de flora para lograr un 80% de supervivencia de los individuos.

3. Metas y resultados esperados.

De las **43 especies** identificadas y que serán removidas con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales se propone para su rescate un total de **18 especies o 56.25%,** de estas serán recatados un total de **1,268 individuos**, en algunas de ellas se están proponiendo hasta en un cien por ciento de los individuos cuantificados en la superficie a CUSAF, lo cual se puede verificar en la siguiente Tabla.

Tabla 409. Número de individuos propuestos a rescate.

No.	Nombre común	Nombre científico	Total	(%)	Método
1	Maguey áspero	*Agave asperrima*	981	100.00	Directo
2	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	39	100.00	Directo
3	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	6	100.00	Directo
4	Palma pita	*Yucca filifera*	2	100.00	Directo
5	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	20	100.00	Directo
6	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	23	100.00	Directo
7	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	15	100.00	Directo
8	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	13	100.00	Directo
9	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	4	100.00	Directo
10	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	10	100.00	Directo
11	Cardón	*Cylindopuntia imbricata*	46	100.00	Directo
12	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	27	100.00	Esqueje
13	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	6	100.00	Esqueje
14	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	42	100.00	Directo
15	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	13	100.00	Esqueje
16	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	15	100.00	Directo

No.	Nombre común	Nombre científico	Total	(%)	Método
17	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	7	100.00	Directo
18	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	1	100.00	Esqueje
Total			**1,268**	**100.00**	

Justificación técnica de las especies propuestas.

En este sentido, del cien por ciento de las especies propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre, el 77.77% pertenece a la familia Cactácea, el 16% a la Asparagaceae y solo el 5.57% a la familia Burseraceae. En efecto, es importante precisar, que si bien el objetivo final es mantener la biodiversidad de las especies por motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales, sin embargo, se demostró que la biodiversidad de las mismas se mantiene, toda vez, que el cien por ciento de las especies identificadas y registradas en la superficie de cambio de uso de suelo, se encuentra ampliamente distribuidas en la microcuenca, lo que nos indica que no habrá una disminución de las mismas.

Así mismo, es importante mencionar que la elección de especies se hizo en función de garantizar su sobrevivencia, es decir, que las especies propuestas, son especies con un alto grado de resiliencia, incluso en condiciones extremas como el clima, la lluvia o el tipo de suelo, presentando un alto índice de adaptabilidad, máxime que las condiciones del área donde se pretenden establecer, son las mismas que presenta el área donde actualmente se encuentran de forma natural, es decir, ambas áreas se encuentran en el mismo predio, por lo que el hábitat es el mismo, sin embargo, a continuación se describen algunas de las características más importante, que nos van a garantizar su adaptabilidad.

Resistencia y adaptación para la supervivencia de las especies propuestas.

Familia Cactácea.

Los cactus ***(Cactácea)*** son supervivientes notables gracias a una serie de adaptaciones evolutivas que les permiten prosperar en ambientes áridos, ya que poseen las siguientes características:

- **Almacenamiento de agua:** Poseen tallos gruesos y carnosos que actúan como reservorios de agua para largos periodos de sequía.
- **Espinas:** Las hojas se han transformado en espinas para reducir la pérdida de agua por transpiración, protegerse de los depredadores y, en algunos casos, proporcionar sombra.

- **Sistema de raíces:** Suelen tener raíces superficiales y muy extendidas para absorber rápidamente la lluvia, o raíces profundas para alcanzar el agua subterránea.
- **Ritmo de crecimiento lento:** Muchas especies tienen un crecimiento muy lento, lo que les permite conservar energía en entornos difíciles. Un ejemplo es la biznaga, que crece entre 0,5 y 1 cm por año.
- **"Plantas nodrizas":** La supervivencia de los cactus jóvenes a menudo depende de crecer bajo la protección de otras plantas más grandes, que les proporcionan sombra y un microambiente más húmedo.

Generalmente, las cactáceas tienen una buena capacidad de adaptación si se siguen los protocolos adecuados, debido a su resistencia y adaptaciones para sobrevivir en ambientes áridos, como es el caso.

Métodos de rescate y reubicación

De los métodos más comunes recomendables para el rescate y reubicación de cactáceas son los siguientes:

- **Rescate de individuos completos**: Se extraen y se reubican ejemplares adultos. La supervivencia mejora si se trasladan a una ubicación similar a la original en cuanto a exposición solar, tipo de suelo y riego. Se deben tomar precauciones para no dañar las raíces y dejar que el área del corte cicatrice antes de replantar.
- **Rescate de material vegetativo**: Se utilizan ramificaciones o segmentos de los cactus (esquejes) para enraizarlos y crear nuevos individuos, una técnica eficaz y común para muchas especies.
- **Recolecta de semillas**: Se recogen semillas maduras de la zona afectada para su posterior propagación y reintroducción. Este método es crucial para especies de crecimiento lento y puede complementar el rescate de individuos.

Para nuestro caso, se propone el rescate directo, y en algunos casos por medio de esquejes principalmente en el género Opuntia sp y el Garambullo.

Sin embargo, siempre existen riesgos que determinan el éxito entre los cuales destacan los siguientes.

- **Especie y edad**: Las especies de crecimiento lento y las de mayor edad son más vulnerables.

- **Estado de la planta**: El éxito del trasplante es mayor en plantas sanas que en aquellas con signos de pudrición o estrés avanzado.
- **Época del año**: La reubicación idealmente se realiza en primavera o a principios de verano, cuando la planta tiene un período de crecimiento activo y mayor capacidad de recuperación. Los trasplantes en invierno pueden retrasar el crecimiento de las raíces.
- **Manejo durante el proceso**: Un manejo cuidadoso, la extracción manteniendo el cepellón de tierra y el uso de equipo de protección minimizan el estrés de la planta.
- **Condiciones del nuevo hábitat**: Replicar las condiciones originales del hábitat, incluyendo la exposición al sol, tipo de suelo y patrón de riego, es fundamental para la recuperación.
- **Cicatrización**: Tras la extracción o propagación por esqueje, es esencial dejar que las heridas de la planta cicatricen adecuadamente antes de replantar para evitar infecciones y pudrición.

De los principales desafíos a los que nos podemos enfrentar durante el rescate y reubicación de las cactáceas son.

- **Pérdida de ejemplares**: No todos los individuos rescatados sobreviven al trasplante, especialmente aquellos dañados o viejos.
- **Recuperación lenta**: Las cactáceas, especialmente las de crecimiento lento, pueden tardar mucho tiempo en establecerse y recuperarse por completo en su nueva ubicación.
- **Tráfico ilegal**: A menudo, el tráfico ilegal y la extracción no controlada comprometen la viabilidad de los esfuerzos de rescate, ya que muchas especies raras y de crecimiento lento son el objetivo.

En conclusión, el rescate y reubicación de cactáceas es factible y a menudo exitoso si se implementan protocolos rigurosos. No obstante, no es una solución perfecta y debe ser parte de una estrategia de conservación más amplia que incluya la conservación del hábitat y la lucha contra el tráfico ilegal.

Familia Asparagácea.

Al igual que las Cactáceas, para la familia ***Asparagaceae*****,** no es posible establecer un único "índice de supervivencia", ya que esta incluye más de 2,500 especies con una inmensa diversidad de formas de vida, adaptaciones y hábitats.

La familia Asparagaceae abarca:

- Plantas suculentas, como los magueyes (*Agave*), yucas y sotoles (*Dasylirion*).
- Especies semisuculentas.
- Plantas no suculentas, como los espárragos (*Asparagus officinalis*).

Adaptaciones de supervivencia en ambientes áridos

De la misma forma que las cactáceas, las especies de ***Asparagaceae*** adaptadas a entornos áridos (muchas de la subfamilia Agavoideae) poseen características que les permiten sobrevivir en condiciones extremas, por lo siguiente:

- **Almacenamiento de agua:** Los magueyes, por ejemplo, tienen hojas gruesas y carnosas para almacenar agua.
- **Sistemas radiculares eficientes:** Algunas especies desarrollan raíces extendidas para capturar rápidamente la lluvia superficial.
- **Lento crecimiento:** El crecimiento lento permite conservar energía en ambientes con pocos recursos.

La factibilidad del rescate y reubicación de la familia Asparagaceae, que incluye géneros como el ***agave, yucca y sotol***, es generalmente alta, especialmente para las especies suculentas. Estas plantas poseen una notable capacidad de regeneración y supervivencia, lo que hace que los programas de rescate y reubicación sean estrategias viables de conservación. Sin embargo, la factibilidad varía según la especie, el tamaño de la planta, la técnica de rescate y las condiciones del sitio de reubicación.

Métodos de rescate y reubicación

Las estrategias para el rescate y reubicación de las **Asparagaceae** suelen centrarse en la resistencia y adaptabilidad de estas plantas:

- **Rescate de individuos completos**: Las especies de gran tamaño, como los ***agaves y yuccas***, pueden ser trasplantadas por completo. Se requiere un manejo cuidadoso de las raíces y el tallo para asegurar la supervivencia. Es vital dejar que las heridas de la planta cicatricen adecuadamente antes de replantar, un proceso crucial para evitar infecciones.
- **Rescate de material vegetativo**: El uso de hijuelos o esquejes es un método muy efectivo. Los agaves, por ejemplo, producen hijuelos que pueden ser separados y

trasplantados fácilmente, incluso después de un tratamiento para fortalecer el crecimiento de las raíces.

- **Recolecta de semillas**: Para especies en peligro o aquellas con poblaciones muy fragmentadas, la recolecta de semillas es una estrategia importante para su propagación en viveros y posterior reintroducción.

Para nuestro caso se propone el rescate directo, es decir, plantas completas o en su caso hijuelos, lo que nos va garantizar su sobrevivencia.

De los factores de riesgo a considerar son los siguientes.

- **Estado de la planta**: El éxito del trasplante es mayor en plantas sanas. Las plantas con un sistema radicular bien desarrollado tienen más posibilidades de sobrevivir.
- **Condiciones del nuevo hábitat**: Replicar las condiciones originales del suelo, la exposición solar y el drenaje es fundamental para asegurar una buena adaptación y crecimiento en el nuevo sitio. La mayoría de estas especies prosperan en suelos bien drenados y con exposición parcial o total al sol.
- **Momento del trasplante**: La mejor época para el trasplante suele ser durante el periodo de crecimiento activo de la planta, como la primavera o el verano, lo que permite que se establezca antes del reposo invernal. Algunas especies de agave se plantan entre abril y junio para aprovechar el ciclo de lluvias.
- **Técnica de trasplante**: El uso de métodos adecuados, como cavar una zanja alrededor de la planta para preservar el cepellón de raíces, aumenta las posibilidades de supervivencia.

A pesar de la alta factibilidad, existen desafíos en la reubicación de **Asparagaceae**:

- **Estrés por trasplante**: Las plantas reubicadas pueden experimentar estrés, lo que puede manifestarse en un crecimiento más lento o en la susceptibilidad a plagas y enfermedades.
- **Recuperación lenta**: Algunas especies de crecimiento lento pueden tardar años en recuperarse por completo y florecer en su nuevo hábitat.
- **Capacidad de carga del nuevo hábitat**: El sitio de reubicación debe ser monitoreado para asegurar que tenga la capacidad suficiente para soportar a las nuevas plantas sin afectar a la flora nativa.

En conclusión, el rescate y reubicación de la familia Asparagaceae es una estrategia viable y a menudo exitosa para la mitigación del impacto ambiental en proyectos de desarrollo. Sin embargo, su éxito requiere una planificación cuidadosa, la aplicación de técnicas apropiadas y el monitoreo continuo para garantizar que las plantas se establezcan y prosperen en su nuevo entorno.

Familia Burserácea.

Las especies de la familia ***Burseraceae***, especialmente del género *Bursera* (conocido como "copal" en México), están muy bien adaptadas a los ambientes secos de los bosques tropicales caducifolios y los matorrales xerófilos. Algunas de sus adaptaciones son:

- **Hojas caducas:** La mayoría de las especies pierden sus hojas durante la estación seca para minimizar la pérdida de agua por transpiración.
- **Tejidos suculentos:** Al igual que las cactáceas, muchas especies de Burseraceae tienen tejidos que les permiten almacenar agua, ya sea en el tronco, las ramas o las raíces.
- **Resinas aromáticas:** Producen resinas que tienen varios usos, como en la elaboración de incienso. Estas resinas también pueden ayudar a proteger a la planta de herbívoros y patógenos.

La factibilidad del rescate y reubicación de la familia ***Burseraceae***, que incluye géneros como el copal **(*Bursera*)** y el palo de sangre (*Haematostemon*), es viable, pero presenta desafíos debido a la naturaleza de estas especies, que suelen ser árboles y arbustos leñosos adaptados a ambientes secos. El éxito de la reubicación depende de la especie, el tamaño del individuo, la técnica de trasplante y el manejo posterior.

Aspectos que favorecen la factibilidad

- **Capacidad de rebrote:** Muchas especies de Burseraceae, especialmente del género *Bursera*, tienen una gran capacidad de rebrote a partir de estacas. Esta adaptación a ambientes áridos y a la perturbación natural puede ser aprovechada para la propagación vegetativa controlada, que puede ser más exitosa que el trasplante de árboles adultos.
- **Resiliencia:** Al estar adaptadas a condiciones de aridez y a la estación seca, estas plantas son resistentes y pueden soportar el estrés del trasplante, especialmente si se realiza en el momento adecuado del año, idealmente durante la estación seca.

Desafíos y limitaciones a los que nos podemos enfrentar.

- **Especies sensibles:** No todas las especies de Burseraceae reaccionan igual al trasplante. Algunas especies raras o de crecimiento muy lento pueden tener una tasa de supervivencia más baja, por lo que su reubicación requiere una planificación aún más cuidadosa y un seguimiento exhaustivo.
- **Tamaño de los individuos:** El rescate y trasplante de árboles adultos es más complejo y costoso que el de plántulas o estacas. El manejo de individuos grandes, especialmente aquellos con sistemas radiculares extensos, requiere maquinaria especializada y técnicas que minimicen el estrés de la planta.
- **Condiciones del nuevo hábitat:** El éxito de la reubicación depende de la capacidad para replicar las condiciones del hábitat original, incluyendo el tipo de suelo (muchas prefieren suelos con buen drenaje), la exposición solar y las condiciones de humedad. Un sitio de reubicación mal elegido puede comprometer la supervivencia.
- **Manejo post-reubicación:** El seguimiento y el cuidado de las plantas reubicadas son cruciales. Esto incluye riego adecuado, protección contra herbívoros y plagas, y monitoreo del crecimiento para evaluar el éxito de la intervención.

Enfoque de mitigación

Para maximizar la factibilidad del rescate y la reubicación de la familia Burseraceae, se combinarán varias estrategias:

1. **Rescate de individuos prioritarios:** Se identifican y rescatan los árboles de mayor valor ecológico o de especies amenazadas, siguiendo protocolos específicos.
2. **Propagación vegetativa y por semilla:** Se recolectan estacas y semillas de las plantas del área afectada para su propagación en viveros. Este material genético se utiliza para reforestar el área de mitigación, ya que a menudo es más adaptable que el trasplante de individuos maduros.
3. **Monitoreo y evaluación:** El proyecto contempla el seguimiento para evaluar la supervivencia y el crecimiento de las plantas reubicadas y propagadas, permitiendo ajustar las estrategias si es necesario.

En resumen, la reubicación de las Burseraceae es una estrategia factible, pero su éxito requiere un enfoque integral que combine el rescate de individuos, la propagación en vivero y un riguroso monitoreo posterior, aprovechando la resiliencia y la capacidad de regeneración de la familia.

Considerando el estatus de conservación de algunas especies, especialmente de la biznaga asiento de suegra ***Echinocactus platyacanthus, Link & Otto*** enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-201 como Amenazada, se propone un subprograma de rescate y reubicación para dicha especie, con el objetivo de garantizar mantenerla y conservarla dentro del ecosistema por afectar, ello a pesar de que la especie que se encuentra registrada e identificada en el sistema ambiental.

Dado que la superficie propuesta a rescate y reubicación de flora silvestre presenta vegetación forestal, fue necesario estimar la capacidad de carga, con el objetivo de determinar si esta tiene la capacidad de albergar el total de individuos por especie, propuestos en el programa de rescate y reubicación.

En este sentido se tomó en cuenta que dicha área, esta contigua o colindante a la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, es decir, que para fines de estimar la capacidad de carga, se tomó como superficie espejo, ya que ambas presentan las mismas condiciones de cobertura y abundancia en cuanto al tipo de vegetación, y las mismas condiciones de clima y suelo, lo que nos permite por un lado estimar la capacidad de carga en función del número de individuos por hectárea estimados para la superficie propuesta a cambio de uso de suelo y por el otro garantizar la sobrevivencia de las especies rescatadas y reubicadas en dicha superficie propuesta.

Descripción de las características físico – biológicas de la superficie propuesta a reubicación.

De las principales condiciones físicas y biológicas que determinan los hábitats naturales, son el clima, suelo y tipo uso de vegetación presentes, con estos indicadores, podemos determinar el grado de adaptabilidad y supervivencia de las especies, si el objetivo es llevar a cabo una reforestación bajo cualquier tipo, es por ello, que a continuación se describen las condiciones medioambientales de los polígonos propuestos a reubicación de las especies propuestas en nuestro programa, que como ya se dijo presenta las mismas condiciones que el área donde se pretenden rescatar los ejemplares.

Tipo de clima.

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta García y según la Carta de Climas 1:50,000 del INEGI, la superficie de donde se va a realizar el rescate como la de reubicación presentan el mismo tipo de climas, es decir, un (BS1hw) que corresponde a un clima estepario (BS) Semiárido (1) Semicálido (k) con lluvias en verano (w), con un porcentaje bajo de

precipitación invernal menor a 5%, con temperaturas que van de los 18° C y 22° C con una temperatura del mes más caliente mayor a los 18° C.

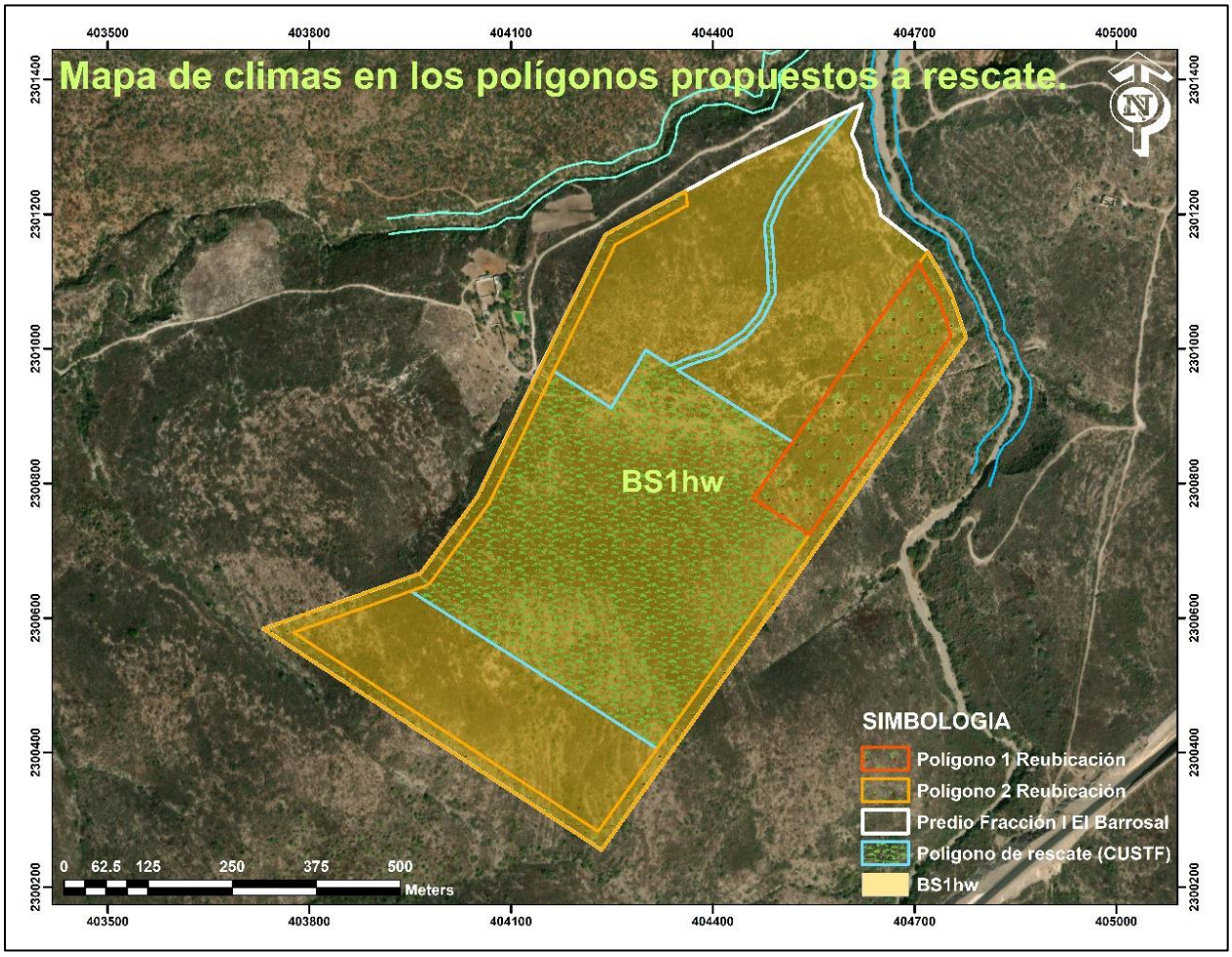


Imagen 82. Mapa de clima en los polígonos de rescate y reubicación de flora silvestre.

Tipo de suelo.

De acuerdo la carta edafológica del INEGI, los polígonos de rescate y el de reubicación presente el mismo tipo de suelos, es decir, un ***Rendzina.*** Las **Rendzinas** son suelos poco profundos y pedregosos que se representan sobre rocas calizas, los encontramos en climas cálidos o templados con lluvias moderadas o abundantes.

Su vegetación natural es de matorral, selva o bosque bajo caducifolio. Se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en **humus y muy fértil**, que descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal. No son muy profundos.

Son generalmente arcillosos. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos **bajos o moderados,** pero congregan peligro de erosión en las laderas y lomas.

El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presentan. Su susceptibilidad a la erosión es moderada, dependiendo de la cobertura vegetal y materia orgánica. No tiene subunidades.

Este tipo de suelo, presenta una textura media (2), presentan una fase física pedregosa, sin fase química.

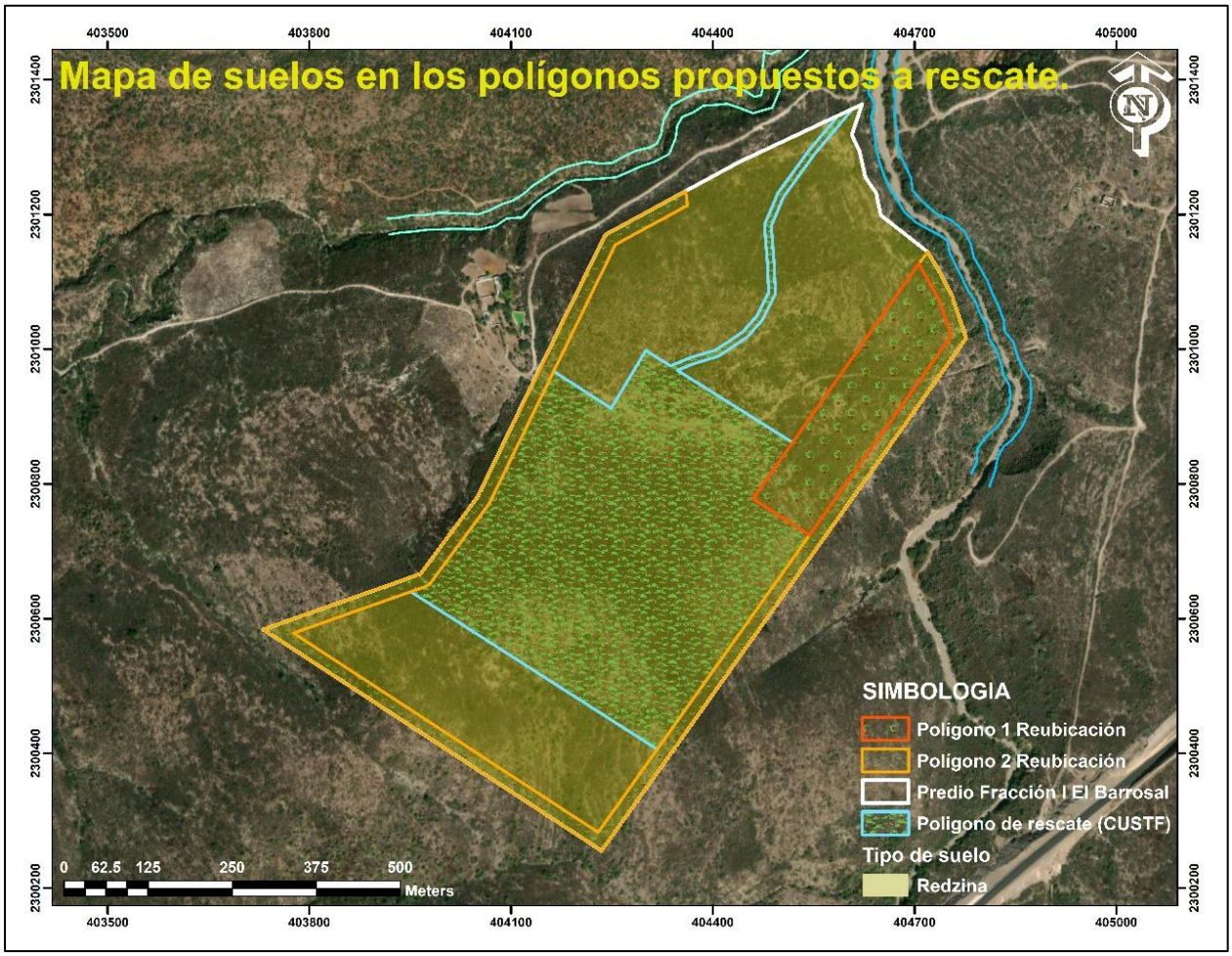


Imagen 83. Mapa de suelos en los polígonos de rescate y reubicación de flora silvestre.

Uso de suelo y vegetación.

Para la determinar el o los tipos de vegetación presentes en los polígonos de rescate y el de reubicación, se consultó la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, con el apoyo de la Guía para la

interpretación de cartografía Uso del Suelo y Vegetación Escala 1: 250 000, Serie VI del INEGI. 2017, clasificando el tipo de vegetación presente como matorral crasicaule.

Matorral crasicaule.

Este tipo de vegetación se encuentra entre los 1400 y 2500 m.s.n.m. (Zamudio y col.. 1992) De acuerdo con la descripción de la Carta de Vegetación y Uso Actual del Suelo del INEGI, el matorral crasicaule muestra predominancia de cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos que se desarrollan principalmente en zona áridas y semiáridas del centro y norte del país. Algunas especies características: *Opuntia streptacantha* (nopal cardón)*, O. tomentosa (nopal chamacuelo) y O. leucotricha* (nopal duraznillo) formando asociaciones nombradas como "nopaleras"; *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo)*, Neltuma laevigata* (mezquite blanco) y *Vachellia farnesiana* (huizache).

Esta comunidad se desarrolla preferentemente sobre suelos de laderas de cerros de naturaleza volcánica, aunque también desciende a suelos aluviales contiguos. La precipitación media anual varía entre 300 y 600 mm y la temperatura es de 16º C a 22 º C en promedio anual. En algunas partes de San Luis Potosí y Guanajuato se le asocia con *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo) y a veces también con *Steneocereus spp.,* Por otro lado, con *Yucca decipiens* puede formar un estrato de eminencias, mientras que a niveles inferiores conviven muchas arbustos microfilos, por ejemplo, especies de los géneros *Mimosa, Acacia, Dalea, Prosopis, Rhus, Larrea, Brickelia, Eupatorium, Buddleia, Celtis,* entre otras. En México, predomina el género *Opuntia.* La altura de este matorral alcanza generalmente de 2 a 4 m., su densidad es variable, pudiendo alcanzar casi el 100% de cobertura, y el matorral puede admitir la numerosa presencia de plantas herbáceas.

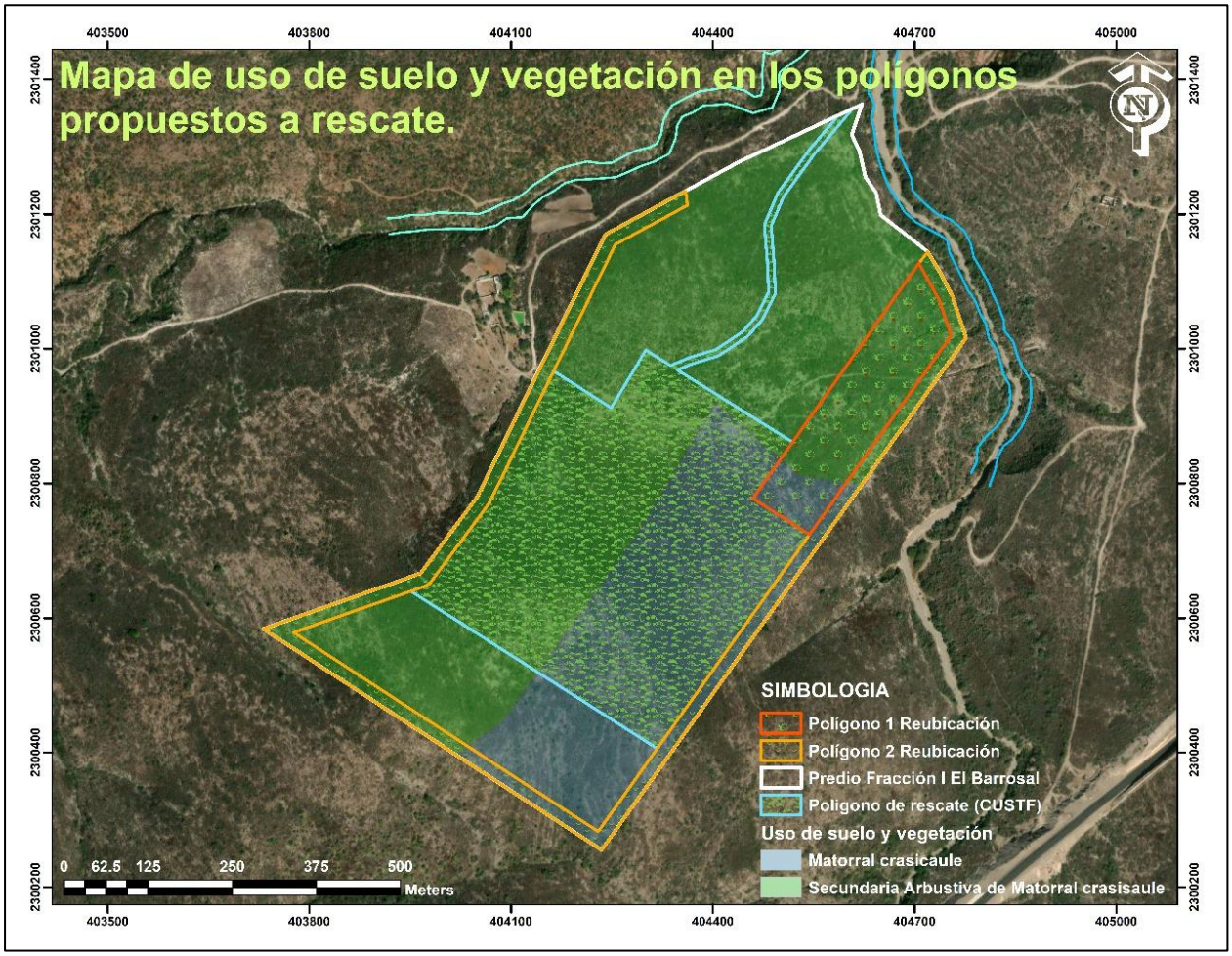


Imagen 84. Mapa de uso de suelo y vegetación en los polígonos de rescate y reubicación de flora silvestre.

En consideración a lo anterior, se concluye que los polígonos, presentan las mismas condiciones de hábitats para las especies propuestas a rescate, es decir, ambas unidades presentan el mismo clima, suelo y vegetación condiciones indispensables para garantizar la sobrevivencia, ya que las especies rescatadas no se van a enfrentar a condiciones adversas a sus condiciones originales, lo que les garantiza su adaptabilidad en el nuevo polígono de reubicación.

En este sentido se tomó en cuenta que dicha área, esta contigua o colindante a la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, es decir, que para fines de estimar la capacidad de carga, se tomó como superficie espejo, ya que ambas presentan las mismas condiciones de cobertura y abundancia en cuanto al tipo de vegetación, y las mismas condiciones de clima, suelo y vegetación, lo que nos permite por un lado estimar la capacidad de carga en función del número de individuos por hectárea estimados para la superficie propuesta a cambio de uso de suelo y

por el otro garantizar la sobrevivencia de las especies rescatadas y reubicadas en dicha superficie propuesta.

Tabla 410. Capacidad de almacenamiento de carbono de las especies propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre.

No.	Nombre científico	Individuos totales	Contenido de carbono (kg/ha) por especie	Contenido de carbono total por especie (kg)
1	*Agave asperrima*	981	127.72	2517.28
2	*Agave salmiana*	39	3.30	65.05
3	*Bursera fagaroides*	6	0.51	10.04
4	*Yucca filifera*	2	1.94	38.24
5	*Coryphantha radians*	20	1.07	21.13
6	*Coryphantha erecta*	23	1.23	24.30
7	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	15	0.47	9.20
8	*Echinocactus platyacanthus*	13	1.68	33.18
9	*Stenocereus dumortierii*	4	1.08	21.27
10	*Ferocactus latispinus*	10	0.35	6.86
11	*Cylindropuntia imbricata*	46	1.12	22.03
12	*Myrtillocactus geometrizans*	27	7.28	143.59
13	*Opuntia engelmaniii*	6	1.48	29.21
14	*Echinocereus pentalophus*	42	1.02	20.16
15	*Opuntia leucotricha*	13	2.08	40.90
16	*Cylindropuntia kleinae*	15	0.27	5.34
17	*Mammillaria compressa*	7	0.28	5.51
18	*Opuntia robusta*	1	0.13	2.66
	Total	**1,268**		**3015.94**
	Toneladas			**3.02**

Dado que la superficie propuesta a rescate y reubicación de flora silvestre presenta vegetación forestal, fue necesario estimar la capacidad de carga, con el objetivo de determinar si esta tiene la capacidad de albergar el total de individuos por especie, propuestos en el programa de rescate y reubicación.

En este sentido se tomó en cuenta que dicha área, esta contigua o colindante a la superficie propuesta a cambio de uso de suelo, es decir, que para fines de estimar la capacidad de carga,

se tomó como superficie espejo, ya que ambas presentan las mismas condiciones de cobertura y abundancia en cuanto al tipo de vegetación, y las mismas condiciones de clima y suelo, lo que nos permite por un lado estimar la capacidad de carga en función del número de individuos por hectárea estimados para la superficie propuesta a cambio de uso de suelo y por el otro garantizar la sobrevivencia de las especies rescatadas y reubicadas en dicha superficie propuesta.

Tomando en cuenta lo anterior, para estimar la capacidad de carga también se consideró como referencia el ***Manual Básico de Practicas de reforestación elaborado por la Gerencia de Reforestación de la Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal Primera Edición 2010.***

El manual establece que en zonas áridas y semiáridas como las que presenta la superficie propuesta a rescate y reubicación de flora silvestre, es factible establecer entre 2,000 y 800 individuos por hectárea, bajo el método de reproducción de planta en vivero y entre 4,000 y 1,100 individuos por hectáreas de especies reproducidas bajo el método de reproducción asexual o vegetativo, tal como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 411. Densidades promedio recomendadas por tipo de ecosistema. CONAFOR, 2010.

Tipo	**Ecosistema (densidad por ha)**			
	Bosques	**Selvas medianas y altas**	**Selvas bajas**	**Zonas áridas y semiáridas**
Con planta de vivero	Máximo 1,600 Mínimo 1,100	Máximo 900 Mínimo 625	Máximo 900 Mínimo 625	Máximo 2000 Mínimo 800
Con material vegetativo	No aplica	No aplica	No aplica	Máximo 4,000 Mínimo 1,100

Tomando en cuenta el muestreo de flora silvestre en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, considerada como área espejo, se estima un total de 458 individuos por hectárea de las especies propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre tal como se puede verificar en la siguiente tabla.

Tabla 412. Número de individuos por hectárea de las especies propuesta a rescate y reubicación.

No.	**Nombre común**	**Nombre científico**	**NOM-059**	**Ind/ha.**	**Total**
1	Maguey áspero	*Agave asperrima*	No	49.8	981
2	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	No	2.0	39
3	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	No	0.3	6

4	Palma pita	*Yucca filifera*	No	0.1	2
5	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	No	1.0	20
6	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	No	1.2	23
7	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	No	0.8	15
8	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	P	0.7	13
9	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	No	0.2	4
10	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	No	0.5	10
11	Cardón	*Cylindopuntia imbricata*	No	2.4	46
12	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	No	1.4	27
13	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	No	0.3	6
14	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	No	2.2	42
15	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	No	0.7	13
16	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	No	0.8	15
17	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	No	0.4	7
18	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	No	0.1	1
		Total		**64**	**1,268**

Considerando que el área propuesta a rescate y reubicación cuenta actualmente con apenas 64 individuos por hectárea de las especies que se proponen, y que de acuerdo al ***Manual Básico de Practicas de reforestación*** es factible establecer hasta 4,000 individuos por hectárea, se concluye que se pueden establecer hasta 3,936 individuos adicionales por hectárea, que resulta de restar los 64 individuos/hectárea a los 4,000 individuos que de acuerdo al Manual es factible establecer. Por lo que se concluye, que incluso una hectárea tiene la capacidad de albergar los 1,268 individuos que se proponen a reubicación, considerando una densidad de 4,000 individuos por hectárea.

Ahora bien, si consideramos que se propone reubicar un total de 1,268 individuos, se requerirá una superficie de 0.98 hectáreas (1.0 ha.) que resulta de dividir el total de individuos adicionales en una hectáreas propuestos a rescate y reubicación (1,268) entre el número de individuos por hectáreas factibles de establecer, es decir, 4,000 individuos según el Manual.

Así mismo, se estimó la superficie requerida para establecer el total del individuos propuestos a reubicación, que se estima en una superficie de **1.08 hectáreas,** que se obtuvo de multiplicar el espaciamiento propuesto para cada especies entre sí y dividirlo entre 10,000 m^2 que representa la hectárea, y el resultado obtenido de dicha operación, es decir, la densidad por hectárea dividirla

entre el total de individuos propuestos a reubicación por especies, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 413. Estimación de la superficie requerida para establecer el total de individuos propuestos a reubicación.

No.	Familia	Nombre común	Nombre científico	Total	DENSIDAD POR HA	ESPACIAMENTO (m)	SUP. REQUERIDA (HAS.)
1	Asparagaceae	Maguey áspero	*Agave asperrima*	981	1111	3.00	0.88
2	Asparagaceae	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	39	1111	3.00	0.04
3	Burseraceae	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	6	1111	3.00	0.01
4	Asparagaceae	Palma pita	*Yucca filifera*	2	625	4.00	0.00
5	Cactácea	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	20	1600	2.50	0.01
6	Cactácea	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	23	1600	2.50	0.01
7	Cactácea	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. Pseudocrucigera*	15	1600	2.50	0.01
8	Cactácea	Biznaga burra	*Echinocactus platyacanthus*	13	1600	2.50	0.01
9	Cactácea	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	4	1600	2.50	0.00
10	Cactácea	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	10	1600	2.50	0.01
11	Cactácea	Cardón	*Cylindopuntia imbricata*	46	1600	2.50	0.03
12	Cactácea	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	27	1600	2.50	0.02
13	Cactácea	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	6	1600	2.50	0.00
14	Cactácea	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	42	1600	2.50	0.03
15	Cactácea	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	13	1600	2.50	0.01
16	Cactácea	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	15	1600	2.50	0.01
17	Cactácea	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	7	1600	2.50	0.00
18	Cactácea	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	1	1600	2.50	0.00
			Total	**1,268**			**1.08**

De acuerdo con lo anterior, y tomando en cuenta que se propone una superficie total de 9.12 hectáreas, de las cuales de acuerdo a las estimaciones solo se ocuparían 1.08 hectáreas, se concluye que los polígonos propuestos a reubicación de flora silvestre tienen la capacidad de carga de albergar el número total de individuos de las especies propuestas en el presente programa de rescate y reubicación de flora silvestre.

4. Metodología para el rescate y reubicación de especies.

4.1 Rescate directo.

Antes de iniciar los trabajos de extracción, se observarán las condiciones en que se encuentran los individuos tomando en cuenta las características propias de las especies. Así mismo, considerar las condiciones ambientales y características del área donde se desarrollan. Por lo que previo a la extracción deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Característica general de la especie (forma y estructura).
- Tiempo de estadía en el área de acopio.
- Condición fitosanitaria.
- Edad y vigor.

Posteriormente, se identificarán y marcarán cada uno de los individuos que serán extraídos, señalando;

- Nombre de la especie.
- Numero de individuo.
- Ubicación geográfica en coordenadas UTM.
- Posición u orientación.
- Estado fitosanitario.
- Altura y diámetro.
- Condiciones del área donde fue encontrada.

Una vez identificados y marcados cada uno de los individuos que serán rescatados, se deberá acondicionar antes de su extracción llevando a cabo las siguientes actividades:

- Regar un día antes para que la tierra se encuentre húmeda, así se podrá cavar mejor y que la tierra quede adherida a las raíces.
- Abrir una zanja alrededor del individuo hacia adentro hasta que quede suelto el cepellón o forma tronco-cónica.

A continuación, se describen las actividades que deberán realizarse para el rescate de individuos.

a. *Identificación y censo.*

Se realizará un recorrido por el área de cambio de uso de suelo para identificar aquellos individuos que cuenten con las características adecuadas para ser extraídos. Se registrarán datos como nombre de la especie rescatada, daños y/o enfermedades presentes; con el fin de conocer su condición de desarrollo y la manera en que prosperan dichas especies en cada tramo de distribución. Lo cual resulta de vital importancia para evitar efectos negativos del ambiente sobre el adecuado desarrollo de la planta.

b. Extracción de individuos.

La extracción de estos individuos se llevará a cabo mediante banqueo, el cual consiste en confinar las raíces de un árbol y la tierra que las cubre en una bolsa de arpilla o tela de costal formando una bolsa o cepellón. Dicha bolsa se refuerza amarrándola con mecate para mantenerla compacta y proteger las raíces.

El excavado se realizará con una pala que tenga buen filo, empezando a cavar a una distancia determinada con anterioridad, siguiendo las normas establecidas según el tamaño del árbol. Para excavar fácilmente, el suelo no debe estar muy húmedo, pero por otra parte no debe estar totalmente seco para que no se desmorone parte del banco; la apertura de la zanja se llevara a cabo lo más lejos posible del tronco.

Para determinar el tamaño del banco se tomará en como criterio el diámetro del tronco, el cual como medida estándar deberá ser diez veces mayor al tronco cuando menos y a partir de ahí realizar la zanja.

Cuando se encuentren raíces excavando la zanja, se cortan las delgadas con la pala y las gruesas con navaja afilada para ejecutar un corte limpio cuidando que existan desgarres.

Para llevar a cabo esta actividad deberá considerar las siguientes recomendaciones:

- Las labores de corte de raíces se realizarán con herramientas desinfectadas.
- En caso necesario, durante el banqueo solo se podrá efectuar la poda de ramas muertas, cruzadas y dañadas. Cuando haya ramas codominantes se aplicará la poda estructural.
- En caso de individuos cuyo crecimiento presente ramas desde la base, estas serán atadas para evitar que se dañen durante el banqueo.
- Para conformar el cepellón, se utilizarán herramientas afiladas que eviten el desgarre de las raíces.

- Durante el proceso de excavación, se cortarán las raíces con herramientas apropiadas que permitan ejecutar un corte limpio, evitando desgarres y daños.
- El tamaño y forma del cepellón dependerá de las características de la raíz, el tipo de suelo, la especie y tamaño del árbol, cantidad de humedad del suelo y vigor del árbol, considerando la información que se muestra a continuación:

Tabla 414. Dimensiones de tronco y cepellón para las especies a reubicar.

Diámetro del tronco (cm)	Diámetro del cepellón (cm)	Altura del cepellón (cm)
3	30	30
4	40	40
5	50	50
6	60	60
> 6 y hasta 7.5	> 60 y hasta 75	> 46 y hasta 56
> 7.5 y hasta 12	> 75 y hasta 120	> 46 y hasta 72

- El cepellón deberá arpillarse (cubrirse) para evitar el desmoronamiento, preferentemente se utilizarán recubrimientos a base de materiales biodegradables o de fácil extracción para poder retirarlas al momento de la plantación, evitando de esta manera dañar las raíces.
- La cubierta o arpilla estará suficientemente ajustada de tal manera que obtenga un cepellón firme, seguro y soporte el movimiento durante las maniobras de transporte y plantación, manejando en todo momento el árbol del cepellón y no del tronco.

c. Traslado al área de confinamiento.

Los individuos extraídos serán etiquetados con su respectiva identificación y transportados al área de confinamiento temporal.

El traslado se realizará por medio mecánico, se recomienda el uso de camionetas ya que tiene el espacio suficiente para trasladar las plantas.

d. Mantenimiento en el área de confinamiento.

Durante el tiempo que permanezca los individuos en el sitio antes de su trasplante, se proveerá de riego necesario. Su frecuencia y cantidad dependerá de las características del suelo, de tal manera que el cepellón cuente con la humedad necesaria hasta el momento de su reubicación.

e. Reubicación.

Se debe contar con plantas sanas y que soporte las condiciones de campo, por lo que antes de ser reubicadas, todas las plantas serán sometidas a un proceso de estrés, disminuyendo la cantidad de riegos y exponiéndolas completamente a la radiación solar.

La reubicación en campo se realizará una vez que la planta ha pasado por un periodo de cicatrización y enraizamiento, mismo que es variable dependiendo de la especie.

Es de suma importancia considerar que el restablecimiento de las plantas se recomienda efectuarse de la época de lluvias para proporcionar las condiciones naturales de humedad y evitar estrés y marchitamiento.

Posteriormente a la reubicación de los individuos rescatados, deberá realizar el mantenimiento hasta asegurar su establecimiento y posterior desarrollo, ejecutando actividades como es: el riego, la poda de saneamiento, aplicación de abono, control de plagas y enfermedades, deshierbe, protección, entre otros; así como monitoreó constantes con el fin de detectar deficiencias y evaluar la respuesta de los ejemplares al trasplante.

Se deberá llevar un registro en una bitácora desde el inicio del rescate, traslado y reubicación de los ejemplares con fotografías que respalde las técnicas aplicadas, así como el registro de las actividades que contemplen el cumplimiento de esta condicionante, además de la tasa de supervivencia y adaptación al nuevo hábitat.

4.2 Reproducción asexual.

Algunas angiospermas, han desarrollado mecanismos asexuales donde las células somáticas, tienen la capacidad de producir otros individuos idénticos a la planta madre, conocidos como clones y a este proceso se le conoce como propagación asexual. La reproducción asexual consiste en utilizar partes vegetativas como: tallos, bulbos, esquejes, estacas u hojas, las cuales son capaces de enraizar y formar otro organismo independiente (Jiménez y Matías, 2010). Para el caso de las especies propuesta a rescate el método más idóneo es la propagación asexual por medio de estacas, las cuales son partes vegetativas, o en su defecto prolongaciones del tallo, aunque hay varios aspectos a considerar para utilizar esta técnica de propagación, los cuales se mencionan a continuación:

a).- Época del año.
b).- Grado de lignificación de la estaca.

c).- Número de yemas vegetativas.

d).- Tipo de sustrato de enraizamiento.

e).- Concentración de la fitohormona a utilizar.

f).- Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento.

a).- Época del año

La época del año en la cual se van a colectar las estacas para propagar, juega un papel muy importante y es un factor decisivo para el éxito en el enraizamiento de los clones, ya que como se mencionó anteriormente, son plantas que en la época seca pierden sus hojas por ser plantas caducifolias y en la región este periodo abarca de Noviembre a Abril, este es el mejor lapso para la colecta de las estacas, y se explica porque en estos meses las plantas entran en un estado de hibernación, acumulando los nutrientes en el tallo (Tronco) y ramas que fueron elaborados cuando el árbol tenía hojas, por este motivo las estacas tendrán los nutrientes suficientes para poder enraizar, cuando estas sean cortadas de la planta madre.

b).- Grado de lignificación de la estaca

Este es otro factor importante para la propagación asexual, ya que algunas secretan más resina que otras, como por ejemplo las *Bursera spp* secretan una gran cantidad de resina y esto impide que, en las estacas, se forme un callo que va a dar origen a las raíces adventicias. En otros casos se requiere de estacas con poco grado de lignificación, ya que secretan menor cantidad de resina y esta es menos viscosa, lo que ocasiona que se origine un callo sin problemas y dé origen a un sistema radical en poco tiempo, resultando así en un enraizamiento exitoso como es el caso de *Bursera morelensis*.

c).- Número de yemas vegetativas

Para propagar asexualmente las estacas provenientes de estas especies, se recomienda que tengan tres yemas vegetativas y una apical, para el caso de estacas poco lignificadas como en *Bursera spp*. Cuando se tienen estacas con alto grado de lignificación, estas se seleccionarán de ramas del año anterior y no tendrán yema apical (Ver Figura VIII.2) que sean de un árbol sano y que las yemas estén en reposo, es decir que no haya brotes vegetativos, ya que esto gastaría energía y la estaca tendría poca oportunidad de enraizar.

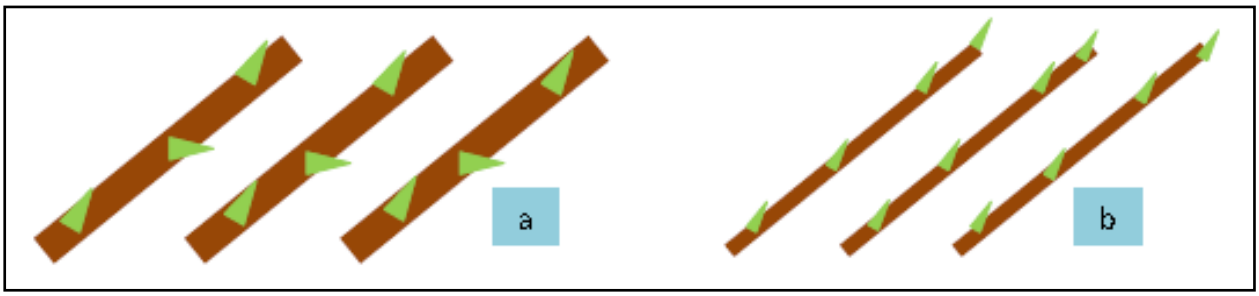


Imagen 85. Numero de yemas vegetativas.

d).- Tipo de sustrato de enraizamiento

De los tipos de sustratos para enraizamiento, uno de los mejores y que da mayor resultado es Peat Moss, el cual está formado por los restos descompuestos de un musgo cuyo nombre es *Sphagnum moss*, y que por sus propiedades retiene de buena manera la humedad, lo que permite que el enraizador (Fitohormona), realice su trabajo (Ver Figura). Otra manera es preparar suelo de la zona con hojarasca a una proporción volumen: volumen de 1:2 con la recomendación que la hojarasca, deberá estar muy triturada, una vez que se tenga esta, se procederá a desinfectar con una solución de formol al 5 %, para evitar la proliferación de microorganismos, principalmente bacterias y hongos saprófitos que puedan causar daño a las estacas en proceso de enraizamiento, así como la eliminación de huevecillos de insectos que puedan alimentarse de las estacas al eclosionar las larvas.



Imagen 86. Tipos de sustrato de enraizamiento.

e).- Concentración de la fitohormona a utilizar

Las fitohormonas son compuestos bioquímicos y algunos ya son sintetizados por el hombre, los cuales cumplen múltiples funciones dentro de la planta, por ejemplo, para inducir raíces en esquejes o en estacas como es el caso de Burseraceae, el ingrediente más utilizado es AIB cuyo nombre es ácido indol-3-butirico y es el fitorregulador más efectivo para el enraizamiento de especies leñosas, porque tiene la ventaja de no ser tóxico en un amplio rango de concentraciones, no se degrada fácilmente por efecto de la luz o microorganismos y al ser soluble en agua,

permanece por más tiempo en el sitio de aplicación y así puede ejercer una mayor respuesta (Blazich, 1998). La concentración más utilizada es 10,000 ppm o 10,000 mg kg-1.

f).- Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento.

La época más idónea para colectar en campo las estacas es marzo, periodo en el cual los árboles están en reposo, por lo que las estacas carecerán de hojas y deben presentar tres yemas vegetativas con una longitud de 30 cm (Ver Figura). El material colectado deberá humedecerse con agua y se depositará en bolsas tipo Ziploc, para evitar la deshidratación del tejido, posteriormente se pueden colocar en una hielera para ser transportadas al sitio donde se va a realizar el enraizamiento (Castellanos y Bonfil, 2010).

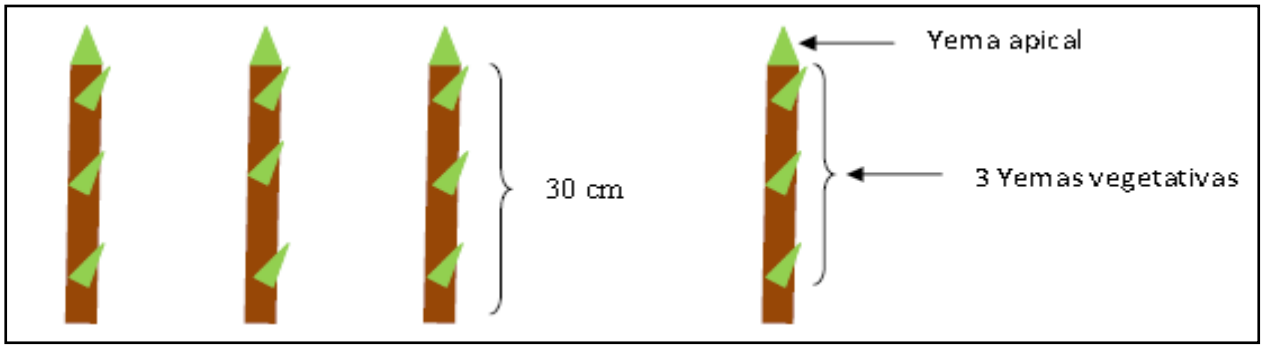


Imagen 87. Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento.

Una vez colectadas las estacas, se procederá al enraizamiento en el vivero haciendo un corte de 45o en la base de la estaca, para posteriormente sumergir la misma en el enraizador que deberá tener una concentración de 10,000 mg kg-1 de AIB, el cual se puede adquirir en múltiples tiendas de agroquímicos.

Una vez realizado lo anterior, se plantará la estaca en el sustrato de enraizamiento, que como se menciono puede ser Peat Moss o un sustrato preparado con suelo de la zona.

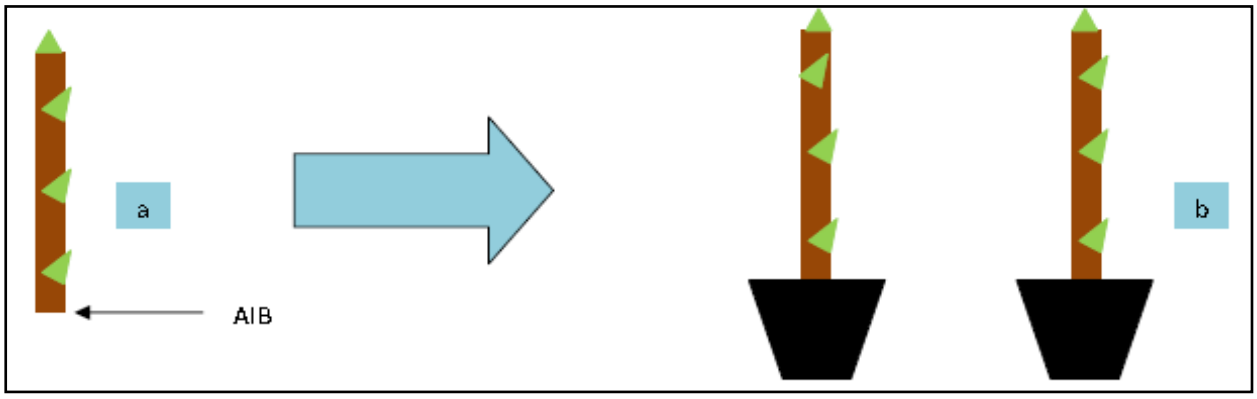


Imagen 88. Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento.

Para verificar que efectivamente las estacas están enraizando, se deberá realizar un muestreo extractivo de los clones, para ver si hay promoción de raíces adventicias, en las estacas sometidas al efecto del AIB, este proceso se deberá realizar aproximada mente a los 60 días después de la plantación, en caso de que ya haya brotes de raíces, se volverá a colocar la estaca en el sustrato. Si al pasar un periodo aproximadamente de 90 a 100 días después de la plantación y no hay brotes de raíces, las estacas no enraizarán. Las estacas que logren enraizar, lograrán este proceso en un tiempo aproximado de 60 a 90 días después del trasplante.

4.3 Reproducción por semilla.

Este método de reproducción tradicional consiste en recolectar las semillas de la especie propuesta a reproducir, respetando el ciclo biológico de la planta para obtener un germoplasma de buena calidad, para el caso la mejor época para colectar su semilla es de noviembre a marzo cuando su fructificación ha cumplido su ciclo en la planta y se inicia con el desprendimiento de la misma.

Una vez recolectada la semilla esta se pone a germinar en almácigos, para que una vez que esta alcance una altura adecuada sea trasplantada en bolsa de polietileno la cual recibirá su mantenimiento hasta la llegada del periodo de lluvias para su plantación.

5. Lugares de acopio y reproducción de especies.

Dentro de la misma área destinada para la reubicación de las especies rescatadas ahí mismo será acondicionado un espacio para acopio y reproducción de especies considerando que se trata de pocos individuos por especies que serán reproducidas por semilla, cuya ubicación exacta se muestra en el siguiente apartado.

6. Localización de los sitios de reubicación.

El área destinada para la reubicación de las especies rescatadas se ubica de manera contigua al área solicitada para cambio de uso de suelo en áreas forestales por lo que las condiciones físicas y biológicas son similares, lo que nos va permitir que las especies puedan adaptarse con gran facilidad y de esta manera lograr una sobrevivencia de por lo menos el 80% como lo establece la meta a lograr. Los polígonos destinados para dicha medida de compensación se encuentran delimitados por las siguientes coordenadas geográficas UTM WGS84.

Tabla 415. Delimitación geográfica del área de acopio, reproducción y rescate de especies.

Polígono 1 Rescate y reubicación.		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
1	404736.74	2301072.26
2	404754.38	2301019.60
3	404543.81	2300724.00
4	404459.52	2300777.80
5	404706.33	2301127.00
	Superficie	**4.00 Has**

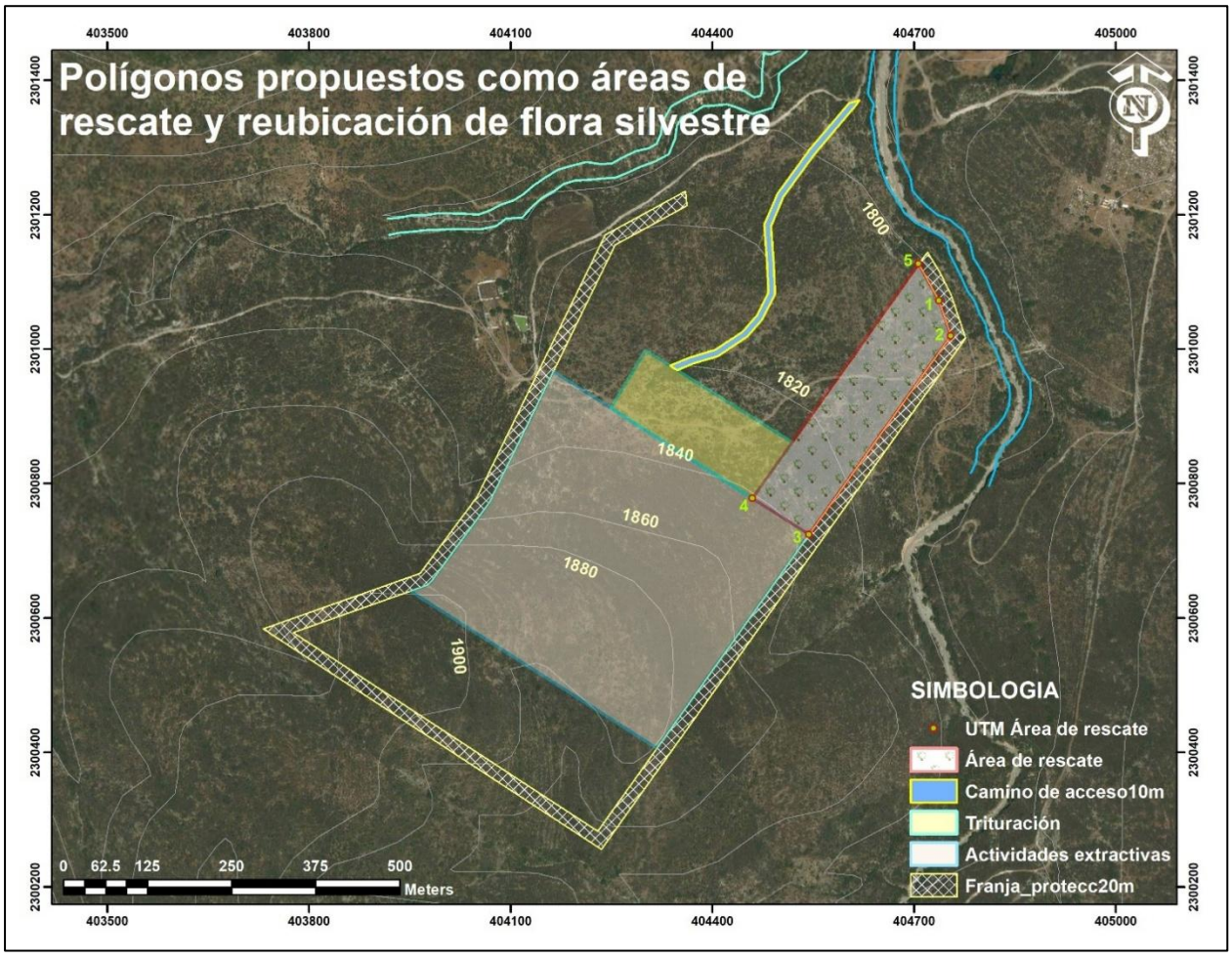


Imagen 89. Área de acopio, reproducción y rescate de especies.

Tomando en cuenta que en la superficie que comprende la franja de protección, no se llevaran actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales sino por el contrario se va a dejar

como área de conservación siendo esta restricción compatible con el rescate y reubicación de flora silvestre, por lo que también será destinado para dicho fin, por lo que dicho polígono se encuentra delimitado mediante las siguientes coordenadas geográficas UTM.

Tabla 416. Franja de protección que será destinada para rescate y reubicación de especies de flora silvestre.

Franja de protección		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
1	404738	2301114
2	404755	2301080
3	404777	2301016
4	404235	2300255
5	403731	2300584
6	403965	2300666
7	404050	2300780
8	404240	2301170
9	404359	2301235
10	404362	2301213
11	404255	2301155
12	404068	2300772
13	404067	2300770
14	404066	2300768
15	403981	2300654
16	403979	2300652
17	403977	2300650
18	403975	2300649
19	403972	2300647
20	403776	2300578
21	404229	2300283
22	404317	2300406
23	404433	2300568
24	404544	2300724
25	404754	2301020

Franja de protección		
PV	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
26	404737	2301072
27	404706	2301127
28	404720	2301144
	Superficie	**5.12 Has.**



Imagen 90. Franja de protección que será destinada para rescate y reubicación de especies de flora silvestre.

Tomando en cuenta lo anterior, se van destinar una superficie de **9.12 hectáreas**, es decir, 8.04 **hectáreas adicionales** a las estimadas para albergar los **1,268 individuos** propuesto a rescate, superficie suficiente, máxime que la mayoría de las especies son de porte pequeño, entre las que destaca las de la familia cactácea.

7. Acciones a realizar para el mantenimiento y supervivencia

Las actividades de mantenimiento están encaminadas a auxiliar la reubicación de los ejemplares rescatados, con el fin de garantizar la supervivencia del 80% de los individuos establecidos. Por lo que se ejecutaran las siguientes acciones:

Monitoreo. Esta acción permitirá detectar oportunamente los problemas que aparezcan y darle la solución oportuna. El monitoreo se llevará a cabo durante 5 años si las plantaciones ocurren durante el primer año, y hasta 5 años si ocurren en el segundo de acuerdo con la disponibilidad de plantas.

Revisiones periódicas. Llevar a cabo una revisión por semana de las plantas durante los dos primeros meses, para verificar su estado y que se esté aplicando suficiente riego, a la vez que se verificara si el deshierbe está siendo aplicado con la regularidad necesaria. Después de esta revisión, el monitoreo será mensual durante el resto del primer año y bimestralmente hasta el sexto o séptimo año.

Riegos. Posteriormente al riego de establecimiento de la plantación, durante 3 meses, se aplicará cada semana si el temporal lluvioso no es constante. Posteriormente al periodo de lluvioso se regarán las plantas cada 15 días. Después hasta el tercer año el riego se realizará cada 15 días exceptuando el periodo lluvioso y durante el invierno será cada 20 días. Los riesgos deberán aplicarse en la semana entre las 06:00 y las 10:00 h, para evitar perdida de humedad por evaporación, aplicando 9 litros por planta.

Poda. Deberá realizar la corta de ramas muertas, dañadas o enfermas, con la finalidad de mantener la sanidad y propiciar el buen desarrollo de los individuos.

Deshierbe. El deshierbe se realizar durante los 2 primeros años de la plantación. Mientras las plantas reciban riego se desyerbarán sus cajetes en cada sesión de riego y cada 15 días durante, el periodo lluvioso (mayo a septiembre). Posteriormente cada 40 días durante el resto del año.

Fertilización. Esta actividad se debe realizar en la fase inicial de la plantación y durante sus primero tres años de establecida. Se recomienda que esta aplicación se realice al año de establecida, para que las nuevas raíces estén en la posibilidad de absorber los elementos que le serán proporcionados.

Prevención de incendios. Consiste en implementar acciones preventivas para minimizar el riesgo por incendios que pudieran afectar la reforestación y reubicación de las especies de la vegetación.

Manejo de plagas y enfermedades. Una vez que las plantas se encuentren en el sitio de reubicación durante el proceso de adaptación se realizara un monitoreo constante con el fin de evitar la posible presencia de plagas y enfermedades que pudieran ocasionar la muerte de los individuos rescatados.

Cercado y protección. Toda vez que la superficie donde se realizara la reubicación y trasplante de los individuos rescatados es propiedad del promovente y esta a su vez cuenta con circulado perimetral, por lo únicamente se reforzara dicho circulado para proteger las plantas de animales como ganado principalmente.

De todas las actividades se llevará bitácora, se tomarán fotografías y se realizarán informes bimestrales, para la integración al informe semestral correspondientes.

8. Programa de actividades (plazo mínimo de 5 años).

El programa de rescate y reubicación se ejecutará conforme al siguiente cronograma de actividades, como se muestra a continuación.

Tabla 417. Cronograma de actividades para el programa de rescate y reubicación.

Cronograma de actividades para el programa de rescate y reubicación												
ACTIVIDADES	**AÑO 1**											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Delimitación del área a CUSAF.												
Rescate de flora silvestre												
Resguardo de ejemplares rescatados en el área de acopio												
Riego												
Monitoreo en el área de acopio												
Reforestación o reubicación (meses de lluvia)												
Monitoreo en campo de especies reubicadas												

Cronograma de actividades para el programa de rescate y reubicación												
ACTIVIDADES	**AÑO 2-15**											
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Mantenimiento.												

Reposición de plantas en casi de que no tengan el 80% de supervivencia.												
Protección												
Labores culturales (reposición de plantas, riego, control de malezas, protección, fertilización, control del plagas y enfermedades, etc.)												
Control de plagas y enfermedades												
Evaluación de la supervivencia												
Seguimiento												

9. Evaluación del rescate y reubicación (indicadores).

La evaluación y seguimiento del programa de rescate y reubicación de especies permitirá determinar el grado de éxito del programa, al mismo tiempo que se mantiene un control en las actividades que se proponen como parte de la metodología que permita alcanzar los objetivos planteados.

Con el fin de obtener indicadores de evaluación, deberá tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

- ***Estimación de la supervivencia.*** Se estimará cuantitativamente el éxito del rescate y reubicación de individuos. Esta tarea permitirá evaluar la efectividad del programa de reforestación, rescate y reubicación.

- ***Porción estimada del arboles vivos =*** *(Sumatoria de las plantas vivas muestreadas / Sumatoria de las plantas vivas y muertas muestreadas) X 100.*

- ***Evaluación del estado sanitario.*** Se estima la porción de los árboles sanos respecto a los vivos. Esta actividad permitirá definir las estrategias para aplicar las medidas sanitarias para mantener en buen estado los individuos reforestados y reubicados.

- ***Porción estimada de árboles sanos =*** *(Sumatoria de árboles sanos en el sitio muestreado / Sumatoria de árboles vivos, clasificados como:*

  Bueno. Cuando la planta presenta un follaje denso, color propio de la especie y tiene amplia cobertura de copa o buen estado de desarrollo.

Regular. Cuando el árbol muestra un follaje menos denso, color seco a amarillento y follaje medio o poco desarrollado.

Malo. Cuando el follaje es amarillento, ralo y de hojas débiles o nulo desarrollo.

Porción estimada de árboles vigorosos = *(Sumatoria de árboles vigorosos en el sitio muestreado / Sumatoria de árboles vivos en el sitio muestreado) X 100.*

- Índice de calidad de los individuos reforestados y reubicados por especie.
- Cumplimiento de las actividades de mantenimiento de los individuos reforestados y reubicados (riego, protección, labores culturales, entre otras).
- Grado de efectividad del programa de rescate y reubicación.
- Presentar la bitácora para las actividades de restauración, rescate y reubicación, así como de las actividades de mantenimiento y monitoreo.

10. Informe de avances y resultados.

A partir de la información obtenida en las diferentes etapas del Programa de rescate y reubicación de especies de la vegetación forestal, se elaborarán informes semestrales hasta llegar a un periodo mínimo de 5 años, o hasta alcanzar los objetivos planteados. Los documentos a generar durante y al final de los trabajos de campo, son:

- Porcentaje de supervivencia por especie de los individuos reubicados y reforestados.
- Estado sanitario de los individuos por especie.
- Vigor de los individuos (bueno, regular, malo) por especies.
- Índice de calidad de los individuos reforestados y reubicados por especie.
- Cumplimiento de las actividades de protección.
- Efectividad del programa de reforestación, rescate y reubicación.
- La bitácora de las actividades de reforestación, rescate y reubicación.

La evidencia fotográfica de las actividades de reforestación, rescate y reubicación por especie.

Se remitirán informes en los términos que nos indique la autoridad competente (SEMARNAT).

2 Subprograma de rescate y reubicación de biznaga siento de suegra o acitrón Echinocactus platyacanthus, Link & Otto

1. Introducción.

Las zonas áridas y semiáridas de la República Mexicana cubren cerca del 60% de su superficie, y en estas áreas se encuentra un alto número de endemismos (Rzedowski, 1991). Entre las familias vegetales presentes en estas áreas, se encuentran las cactáceas, cuyo origen se ubica en Sudamérica y de acuerdo a Barthlott y Hunt (1993) se aceptan alrededor de 100 géneros y 1,500 especies. En México se encuentra la mayor diversidad y abundancia de cactáceas. Presenta un total de 48 géneros y 563 especies reconocidas. De acuerdo a Hunt (1992), 15 géneros, que corresponden al 31.3%, están restringidos a sus límites territoriales y 20 más son endémicos. Por esta situación México es considerado un centro de diversificación de la familia. El género *Echinocactus* contiene seis especies de las cuales cuatro son endémicas para México (Hernández y Godínez, 1994; Ortega–Baes y Godínez–Álvarez, 2006).

Varios miembros de la familia Cactaceae destacan por la importancia económica que han adquirido a través de su uso actual y ancestral. El conocimiento sobre el uso y las propiedades de estas plantas entre los diferentes grupos étnicos, han proporcionado datos que documentan el uso de estas plantas en la alimentación, preparación de bebidas, empleo en la medicina, forraje y ornato, sobre todo en las vastas zonas áridas y semiáridas, donde resaltan como componentes florísticos y en algunos casos fisonómicos (Pérez, 2005).

Aproximadamente 130 géneros de cactáceas se cultivan; las especies pequeñas y de crecimiento lento son las más apreciadas, por la diversidad de formas, colores y espinas que exhiben. Debido a la recolecta y extracción ilegal, un gran número de cactáceas ha sufrido una disminución en sus poblaciones naturales (Toledo, 1988), asimismo a esta condición ha contribuido la pérdida de sus hábitats naturales y la limitada habilidad para restablecerse después de un evento de perturbación, excepto los géneros *Opuntia* y *Cylindropuntia* (Hernández y Godínez, 1994). Estos factores son la causa de que la familia esté incluida en los Apéndices de la Convención Internacional sobre el Tráfico de Especies Silvestres y de la Flora y Fauna Amenazadas (CITES, 1990). De igual manera gran número de especies están incluidas en el listado de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés).

Dentro de las especies listadas en la IUCN se encuentra *Echinocactus platyacanthus* ubicada en la categoría de vulnerable. En la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) aparece como especie en Peligro de extinción (P), es decir, es una especie con limitaciones en su aprovechamiento por tener poblaciones reducidas o una distribución geográfica restringida, ya que es una especie utilizada en gran medida, para la alimentación humana y animal, además es un elemento decorativo importante e indudablemente su mayor importancia es el uso de sus tallos en la preparación del dulce de acitrón, un dulce tradicional de México (Bravo–Hollis y Sánchez–Mejorada, 1991). Hunt (1992), propone considerar a *E. platyacanthus* como especie en peligro de extinción, correspondiente a especies de amplia distribución, pero cuyas poblaciones presentan una baja densidad de individuos causada por factores antropogénicos. Por lo anterior es necesario proteger su hábitat, caracterizar sus poblaciones y elaborar programas de manejo, con el fin de evitar su extinción.

2. Antecedentes.

México es conocido como uno de los reservorios más importantes de diversidad vegetal del planeta, lo que representa un inmenso legado de recursos que pueden contribuir a atender los requerimientos para el bienestar social (Casas *et al*., 1997; Hernández–Verdugo *et al*., 1999). Mediante investigaciones etnobotánicas se ha logrado rescatar parte de la información valiosa para el conocimiento de la vegetación. Las especies económicamente útiles de México constituyen el 25% de la flora existente (Casas *et al*., 1997).

Varias especies de cactáceas han perdido parte de su hábitat, debido principalmente al crecimiento de los asentamientos humanos, mismos que han producido la extensión de las áreas de cultivo. El alto crecimiento demográfico ha generado una demanda mayor de recursos naturales, principalmente los renovables, hecho que ha traído un efecto negativo sobre la vegetación del país y por consiguiente de su ecología.

3. Objetivo general.

- Mantener la diversidad de la especie de ***biznaga siento de suegra o acitrón Echinocactus platyacanthus, Link & Otto*** dentro de la biodiversidad del ecosistema por afectar con el cambio de uso de suelo en áreas forestales.

3.1 Objetivos específicos

- Rescatar la totalidad de los ejemplares estimados (todos) de la especie ***biznaga siento de suegra o acitrón Echinocactus platyacanthus, Link & Otto*** mediante el método de directo (extracción directa de individuos) o en su caso, mediante germinación de semillas, en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

- Proponer las mejores técnicas y métodos de trasplante y plantación de la especie en el área propuesta para su rescate.

- Garantizar la sobrevivencia de un 80% de los individuos rescatados o reproducidos por media de semilla.

4. Metas planteadas de la especie a rescate

La meta planteada a lograr en el presente subprograma es el rescate y reubicación de la totalidad de los ejemplares estimados (13) encontrados en la superficie total 19.71 hectáreas que se proponen para cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Tabla 418. Metas proyectadas a rescate y reubicación.

No.	Familias	N. común	N. científico	NOM-059-SEMANRNAT-2010	Ejemplares totales	Ejemplares a recatar	Método de rescate
1	Cactaceae	Biznaga burra o biznaga asiento de suegra	*Echinocactus platyacanthus, Link & Otto*	En peligro de extinción (P)	13	13 Todos los encontrados	Directo
				Total	**13**	**13**	

Tomando en cuenta que la superficie donde se realizara la reubicación y trasplante cuenta con vegetación natural fue necesario estimar la capacidad de carga de la misma con el objetivo de evita competencia de nutrientes y así garantizar la sobrevivencia de la mismas, cuyos resultados se muestran a continuación.

Tabla 419. Cálculo de capacidad de carga de la superficie que albergara el total de los individuos a rescate y trasplante.

No	FAMILIA	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	INDIV./HA S-CUSAF	INDIVIDUOS A RESCATAR	SUPERFICIE REQUERIDA (M2)
1	Cactaceae	Biznaga burra o biznaga asiento de suegra	*Echinocactus platyacanthus, Link & Otto*	0.7	7	700

					Todos los encontrados	
				Total	**0.7**	**7**	

Para el cálculo de la capacidad de carga se consideró el número de individuos por hectárea de la superficie de cambio de uso de suelo tomando en cuenta que tanto esta área como la que albergara los individuos rescatados presentan las mismas condiciones de cobertura y densidad. Posteriormente, el número de individuos por la especie a rescatar se dividió entre los individuos por hectárea de la superficie de cambio de uso de suelo, dando como resultado la superficie requerida en hectáreas, para nuestro caso se requieren en total **700 metros cuadrados** para su rescate y reubicación, considerando que se destinara un área de **9.12 hectáreas,** se considera suficiente superficie para albergar la totalidad de los ejemplares a rescatar.

4. Descripción botánica de *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto

Echinocactus platyacanthus forma *bisnaga* (Figura 1) es una especie que pertenece a la tribu Cactaceae de la subfamilia Cactoideae, dos de los grupos jerárquicos de Cactaceae en los cuales se ha registrado viviparidad. Este cacto tipo barril (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1991), conocido localmente como "biznaga" o "asiento de la suegra", se utiliza para el consumo humano y como forraje (Jiménez-Sierra & Torres-Orozco, 2003). Sus tallos son grandes y cilíndricos, de hasta 2 m de altura y 80 cm de diámetro, de color verde oscuro; cuando son jóvenes, los tallos tienen bandas anchas horizontales muy lanosas en el ápice. Las costillas, en las plantas jóvenes, son tan pocas como 8, anchas, altas, y más o menos onduladas, pero en las plantas adultas son muy numerosas y más bien delgadas. Las areolas son distantes en las plantas jóvenes y confluentes en las adultas que ya florecen. Tiene espinas robustas, tubuladas, con bandas conspicuas, especialmente en las más robustas; al principio son amarillentas pero pronto adquieren un color castaño rojizo. Cada areola tiene 5 o 6 espinas radiales de 3 a 4 cm de longitud y una espina central solitaria, recta, de 4 a 5 cm de longitud. Sus flores son numerosas, amarillas, de 4 a 5 cm de longitud. El ovario presenta escamas lineares, con las axilas provistas de abundante lana que cubre de manera completa el pericarpelo y forma una masa densamente afelpada; las escamas superiores son angostas, rígidas, con la punta más o menos como espina; los segmentos exteriores del perianto son ovados, largamente apiculados, aserrados. El fruto se esconde en una masa de lana suave y blanca, es oblongo, de 4 a 5 cm de longitud; sus semillas son negras y brillantes (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1991).



Imagen 91. Especie de biznaga asiento de suegra o acitrón Echinocactus platyacanthus Link & Otto

Crece en la parte central y noreste del país, en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato, Hidalgo, Puebla y Oaxaca, en vegetación semiárida (principalmente en matorral rosetófilo), por lo general en laderas, pero también en áreas planos estacionalmente inundables (Trujillo-Argueta, 1982). La antesis ocurre en primavera y fructifica en verano durante la estación lluviosa (Trujillo-Argueta, 1984; Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada, 1991). En los áreas planos inundables es en donde se ha encontrado viviparidad (Trujillo-Argueta, 1982), pero no se ha estudiado el nivel de incidencia y sus implicaciones en otros procesos biológicos de la especie.

5. Rescate directo.

Antes de iniciar los trabajos de extracción, se observarán las condiciones en que se encuentran los individuos tomando en cuenta las características propias de las especies. Así mismo,

considerar las condiciones ambientales y características del área donde se desarrollan. Por lo que previo a la extracción deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Característica general de la especie (forma y estructura).
- Tiempo de estadía en el área de acopio.
- Condición fitosanitaria.
- Edad y vigor.

Posteriormente, se identificarán y marcarán cada uno de los individuos que serán extraídos, señalando;

- Nombre de la especie.
- Numero de individuo.
- Ubicación geográfica en coordenadas UTM.
- Posición u orientación.
- Estado fitosanitario.
- Altura y diámetro.
- Condiciones del área donde fue encontrada.

Una vez identificados y marcados cada uno de los individuos que serán rescatados, se deberá acondicionar antes de su extracción llevando a cabo las siguientes actividades:

- Regar un día antes para que la tierra se encuentre húmeda, así se podrá cavar mejor y que la tierra quede adherida a las raíces.
- Abrir una zanja alrededor del individuo hacia adentro hasta que quede suelto el cepellón o forma tronco-cónica.

A continuación, se describen las actividades que deberán realizarse para el rescate de individuos.

a. *Identificación y censo.*

Se realizará un recorrido por el área de cambio de uso de suelo para identificar aquellos individuos que cuenten con las características adecuadas para ser extraídos. Se registrarán datos como nombre de la especie rescatada, daños y/o enfermedades presentes; con el fin de conocer su condición de desarrollo y la manera en que prosperan dichas especies en cada tramo de distribución. Lo cual resulta de vital importancia para evitar efectos negativos del ambiente sobre el adecuado desarrollo de la planta.

b. Extracción de individuos.

La extracción de estos individuos se llevará a cabo mediante banqueo, el cual consiste en confinar las raíces de un árbol y la tierra que las cubre en una bolsa de arpilla o tela de costal formando una bolsa o cepellón. Dicha bolsa se refuerza amarrándola con mecate para mantenerla compacta y proteger las raíces.

El excavado se realizará con una pala que tenga buen filo, empezando a cavar a una distancia determinada con anterioridad, siguiendo las normas establecidas según el tamaño del árbol. Para excavar fácilmente, el suelo no debe estar muy húmedo, pero por otra parte no debe estar totalmente seco para que no se desmorone parte del banco; la apertura de la zanja se llevara a cabo lo más lejos posible del tronco.

Para determinar el tamaño del banco se tomará en como criterio el diámetro del tronco, el cual como medida estándar deberá ser diez veces mayor al tronco cuando menos y a partir de ahí realizar la zanja.

Cuando se encuentren raíces excavando la zanja, se cortan las delgadas con la pala y las gruesas con navaja afilada para ejecutar un corte limpio cuidando que existan desgarres.

Para llevar a cabo esta actividad deberá considerar las siguientes recomendaciones:

- Las labores de corte de raíces se realizarán con herramientas desinfectadas.
- En caso necesario, durante el banqueo solo se podrá efectuar la poda de ramas muertas, cruzadas y dañadas. Cuando haya ramas codominantes se aplicará la poda estructural.
- En caso de individuos cuyo crecimiento presente ramas desde la base, estas serán atadas para evitar que se dañen durante el banqueo.
- Para conformar el cepellón, se utilizarán herramientas afiladas que eviten el desgarre de las raíces.
- Durante el proceso de excavación, se cortarán las raíces con herramientas apropiadas que permitan ejecutar un corte limpio, evitando desgarres y daños.
- El tamaño y forma del cepellón dependerá de las características de la raíz, el tipo de suelo, la especie y tamaño del árbol, cantidad de humedad del suelo y vigor del árbol, considerando la información que se muestra a continuación:

Tabla 420. Dimensiones de tronco y cepellón para las especies a reubicar.

Diámetro del tronco (cm)	Diámetro del cepellón (cm)	Altura del cepellón (cm)
3	30	30
4	40	40
5	50	50
6	60	60
> 6 y hasta 7.5	> 60 y hasta 75	> 46 y hasta 56
> 7.5 y hasta 12	> 75 y hasta 120	> 46 y hasta 72

- El cepellón deberá arpillarse (cubrirse) para evitar el desmoronamiento, preferentemente se utilizarán recubrimientos a base de materiales biodegradables o de fácil extracción para poder retirarlas al momento de la plantación, evitando de esta manera dañar las raíces.
- La cubierta o arpilla estará suficientemente ajustada de tal manera que obtenga un cepellón firme, seguro y soporte el movimiento durante las maniobras de transporte y plantación, manejando en todo momento el árbol del cepellón y no del tronco.

c. Traslado al área de confinamiento.

Los individuos extraídos serán etiquetados con su respectiva identificación y transportados al área de confinamiento temporal.

El traslado se realizará por medio mecánico, se recomienda el uso de camionetas ya que tiene el espacio suficiente para trasladar las plantas.

d. Mantenimiento en el área de confinamiento.

Durante el tiempo que permanezca los individuos en el sitio antes de su trasplante, se proveerá de riego necesario. Su frecuencia y cantidad dependerá de las características del suelo, de tal manera que el cepellón cuente con la humedad necesaria hasta el momento de su reubicación.

e. Reubicación.

Se debe contar con plantas sanas y que soporte las condiciones de campo, por lo que antes de ser reubicadas, todas las plantas serán sometidas a un proceso de estrés, disminuyendo la cantidad de riegos y exponiéndolas completamente a la radiación solar.

La reubicación en campo se realizará una vez que la planta ha pasado por un periodo de cicatrización y enraizamiento, mismo que es variable dependiendo de la especie.

Es de suma importancia considerar que el restablecimiento de las plantas se recomienda efectuarse de la época de lluvias para proporcionar las condiciones naturales de humedad y evitar estrés y marchitamiento.

Posteriormente a la reubicación de los individuos rescatados, deberá realizar el mantenimiento hasta asegurar su establecimiento y posterior desarrollo, ejecutando actividades como es: el riego, la poda de saneamiento, aplicación de abono, control de plagas y enfermedades, deshierbe, protección, entre otros; así como monitoreó constantes con el fin de detectar deficiencias y evaluar la respuesta de los ejemplares al trasplante.

Se deberá llevar un registro en una bitácora desde el inicio del rescate, traslado y reubicación de los ejemplares con fotografías que respalde las técnicas aplicadas, así como el registro de las actividades que contemplen el cumplimiento de esta condicionante, además de la tasa de supervivencia y adaptación al nuevo hábitat.

De decidirse el rescate de dicha especie por medio del rescate directo de ejemplares, este se apegará al programa general de rescate y reubicación de flora silvestre antes descrito.

5. Programa de actividades (plazo mínimo de 16 años).

Considerando las características de la especie propuesta en el presente subprograma, las actividades de rescate, plantación, seguimiento y mantenimiento se proyectan a un periodo de 16 años, con el desarrollo de las siguientes actividades.

Tabla 421. Cronograma de actividades para el programa de rescate y reubicación biznaga asiento de suegra o acitrón *Echinocactus platyacanthus*.

Cronograma de actividades para el programa de rescate y reubicación												
ACTIVIDADES	**AÑO 1**											
	ene	**feb**	**mar**	**abr**	**may**	**jun**	**jul**	**ago**	**sep**	**oct**	**nov**	**dic**
Delimitación del área a CUSAF.												
Identificación y censo de la especie a rescatar.												
Extracción de individuos												
Traslado al área de confinamiento												
Mantenimiento en el área de confinamiento.												

ACTIVIDADES	AÑO 2-15											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Reubicación y plantación en área seleccionada para rescate												
Mantenimiento (riego, control de malezas, protección, manejo fitosanitario y fertilización)												
Reposición de plantas en casi de que no tengan el 80% de supervivencia.												
Protección												
Labores culturales												
Control de plagas y enfermedades												
Evaluación de la supervivencia												
Seguimiento												

Las poblaciones de *Echinocactus platyacanthus* en sus áreas de distribución están condicionadas tanto por factores bióticos y abióticos. Trujillo–Argueta (1984) indica que la distribución de *E. platyacanthus* está determinada principalmente por las características del suelo, ya que el desarrollo de las poblaciones se da en suelos calcáreos. Asimismo, se ha reportado que las características edafológicas son determinantes en los patrones de distribución, comprobando la preferencia de la planta por suelos calcáreos (Del Castillo 1996; Del Castillo y Trujillo, 1997; Álvarez, *el al.,* 2004).

Considerando lo anterior, es importante precisar que la superficie seleccionada para el rescate y plantación de esta especie presenta las mismas condiciones climatológicas y edáficas que la superficie donde serán rescatadas, es decir, del área de cambio de uso de suelo, por lo que el éxito de la misma únicamente dependerá del cuidado y protección una vez que sean plantados los ejemplares rescatados.

Una vez establecida la plantación de Echinocactus platyacanthus, las actividades de mantenimiento, supervivencia, evaluación e informe de avances y resultados se apegará a lo descrito en el programa general de rescate y reubicación de especies de flora silvestre o a lo que valla indicando la autoridad competente tomando como base los informes correspondientes.

IV.3.1.4.2 Fauna silvestre

1. Programa de control de daños a la fauna silvestre.

Esta medida se ha adoptado para minimizar los efectos del impacto genérico significativo de afectación a la fauna.

La razón de la baja presencia de especies, se atribuye a que la fauna al sentir una presión antropogénica en su territorio, la primera reacción que tiene es desplazarse hacia sitios más seguros, de difícil acceso, poca alteración y con suficiente humedad, condiciones que cada vez se ven más limitadas en los alrededores, caso contrario del terreno objeto del presente estudio donde al tenerse un fácil acceso que permite la movilidad de personas y vehículos por su interior, provocó su desplazamiento.

Los trabajos de preparación del sitio, especialmente la tala de arbolado, ahuyentará a la mayor parte de las especies de fauna superior, cuya movilidad les permita la huida una vez que se inicien los trabajos, buscarán refugio en otros lugares, lo cual puede alterar actividades de cortejo, territorialidad y eventualmente podrían destruirse nidos, madrigueras u otros elementos del ciclo normal de vida de animales en el sitio del proyecto.

Por otra parte el incremento en el tráfico motorizado, desplazamiento del personal, ruidos, y la pérdida de cobertura vegetal, etc. puede afectar negativamente a las poblaciones de anfibios, reptiles, aves o mamíferos, o alterar el normal ciclo de vida de estas especies.

Para mitigar estos efectos, se exigirá al personal operativo de la empresa o Contratista correspondiente, el uso de silenciadores, y el óptimo estado de funcionamiento de vehículos y maquinarias, para evitar el excesivo ruido, tal como se establece en la medida ambiental correspondiente.

Estos impactos en gran medida se reducen por el abandono de las zonas de las obras por parte de los animales presentes con anterioridad, esta circunstancia es verificable en especies de mamíferos y aves, con gran facilidad de movimiento, algo menor en micromamíferos y que, sin embargo, es limitada en otros grupos de especies con la capacidad de movimiento más restringida como reptiles, anfibios e invertebrados, que pueden localizarse todavía en la zona en las fases de construcción.

Sin embargo, es de mencionar que en el predio se observó nula presencia de la misma solamente algunas aves de fácil desplazamiento, dado que son las especies cuyas poblaciones tienen un número de ejemplares más reducido y son más sensibles a las actividades humanas.

Igualmente, las aves y pájaros no pueden trasladar a sus huevos o polladas, a no ser que estos últimos ya tengan capacidad de volar.

Una medida que puede minimizar esta afectación es la adopción de un cierto control en el periodo de anidación, que permita evitar los periodos del año en los que se producen procesos de puesta y cría en las aves más sensibles de la zona, centrado básicamente entre mediados de abril y finales de julio, y que pasado éste, y ya con el desarrollo completado, estos sean capaces de desplazarse al exterior de las obras de forma autónoma.

Los reptiles irán progresivamente abandonando la zona, dado que si bien su capacidad de movimiento suele ser menor que las de los anteriores es suficiente para que puedan estar fuera de la misma al inicio propiamente dicho de los trabajos.

1.1. Actividades

La protección de las áreas con vegetación natural, promueve a su vez la protección de la fauna. De acuerdo con ello, cuanto menos se alteren las condiciones ambientales, especialmente evitando dañar innecesariamente la cobertura vegetal del área de influencia y no contaminar el agua, menor afección se provocará sobre las especies de fauna presentes.

La conservación de la fauna silvestre de la zona debe ser un punto importante a tratar en las charlas de orientación y sensibilización de los pobladores y trabajadores a desarrollar por el Contratista.

Como se ha señalado, las especies que presentan una sensibilidad superior al desarrollo de los trabajos en la zona son las especies protegidas ya indicadas, las especies que implican riesgos para la salud, y por último de aves y pájaros. En relación con estas últimas, la sensibilidad cambia a lo largo del año, presentando su mayor valor en la época de cría de cada especie en particular, desde que se finaliza la construcción de los nidos, se producen las puestas, y hasta que los pollos inician el vuelo. Ya que en estas fases la tala de árboles produciría la eliminación de los huevos o pollos, siendo la magnitud del impacto función del interés de las especies afectadas.

Una actividad que minimizará a medio y largo plazo los efectos sobre la fauna en general es el desarrollo de las medidas ambientales; programa de manejo de la masa forestal a remover y el

programa de rescate y restauración de especies. Dada las funciones en concreto de compensación que conllevan, al permitir recuperar los hábitats de las especies presentes.

En función de lo señalado, se deberá acometer la corta de arbolado una vez aprobado el plan de manejo de la vegetación, adelantando los trabajos de tala para que se desarrollen antes del periodo de cría de la mayoría de las especies de aves presentes, para evitar retrasos en la ejecución del proyecto, o retrasarlos, iniciando los trabajos en las zonas despejadas existentes durante el periodo de cría, en las que no haya un arbolado denso en el que se puedan afectar nidos de especies sedentarias presentes, para una vez acabado el periodo de cría acometer de forma inmediata las talas.

Por otra parte, en el caso de encontrarse alguna especie de fauna silvestre de lento desplazamiento en los frentes de las actividades de cambio de uso de suelo, deberá capturarse con los métodos descritos y tendrá que ser liberada en un área adyacente al proyecto. En consecuencia, se ejecutará el programa de rescate y protección de especies de fauna, bajo la supervisión de personal capacitado para el manejo de la fauna silvestre. En el área del proyecto quedará prohibida la caza y captura de las especies de fauna silvestre, así como la colecta de las especies de flora silvestre que se encuentren en el área citada y en áreas adyacentes al mismo.

1.2. Monitoreo

- Participación del biólogo, o profesionista con perfil equivalente, capacitado y adiestrado en materia de capacitado y adiestrado en materia de sensibilización y enseñanza de personal operario sobre lo relacionado con la protección de las especies de fauna silvestre presentes en el área del Proyecto, así como en las adyacentes.
- Verificación que el plan de Manejo de la vegetación procura evitar la tala en el periodo de enero a abril, como plazo en el que se deberán minimizar, en lo posible, las talas y podas.
- Verificación de la efectividad de las medidas antes señaladas y su cumplimiento.
- Realización de un monitoreo de la fauna terrestre, con el mismo alcance del desarrollado tras la finalización de los trabajos y el abandono de las zonas de obra, con el objetivo de verificar la recuperación de las especies originales.

1.3. Ubicación de la medida ambiental

En caso de encontrar presencia de fauna silvestre, principalmente mamíferos y reptiles o en su caso anidación de fauna silvestre, se aplicará el programa de rescate y reubicación de fauna que se describe más adelante.

2. Control de la caza furtiva de fauna silvestre.

Esta medida se ha determinado al igual que la anterior para prevenir y atenuar el impacto genérico significativo definido como afectación a la fauna silvestre.

La presencia de los trabajadores en las actividades de cambio de uso de suelo, podría agravar la condición de las poblaciones de fauna silvestre, al intensificar más la perturbación entre la fauna que se encuentre dentro o cercanas a las áreas de trabajo y/o circulación existente en la zona, así como también ellos podrían incrementar su eliminación por temor a algún animal o contribuir a la cacería ilegal o furtiva ya sea por entretenimiento o para alimentarse.

Por lo tanto, se deberá evitar la disminución o desaparición local de las poblaciones de fauna silvestre por extracción/eliminación directa del hombre durante las distintas etapas del proyecto.

2.1. Actividades.

Con el fin de evitar o minimizar el impacto producido por la caza ilegal, se recomienda la aplicación de las siguientes medidas durante las distintas etapas del proyecto.

- Orientar con charlas a los trabajadores, esta formación se integrará con la relativa a especies de fauna silvestre presumiblemente presente en el predio.
- Prohibir a los trabajadores la práctica de cualquier tipo de la cacería sobre cualquier especie presente en el área del Proyecto.
- Prohibir o regular el uso de armas de fuego dentro de los predios del Proyecto.
- Cumplir con las leyes y normas establecidas por la SEMARNAT, sobre protección a la fauna silvestre.
- Se Colocará un rótulos de aviso que indiquen la prohibición de la caza ilegal.



Imagen 92. Rótulos alusivos a la protección de fauna silvestre en la superficie a CUSAF.

2.2. *Monitoreo.*

- Contrato de elaboración de rótulos —PROHIBIDO CAZAR.
- Listado de los asistentes a las charlas de orientación y su reporte.

2.3. *Ubicación de la medida ambiental.*

Los rótulos se ubicarán en sitios estratégicos en los márgenes del área de cambio de uso de suelo, donde sean visibles no solo a los trabajadores sino para el público en general con el objetivo de crear conciencia sobre el cuidado y protección de la fauna silvestre.

3. *Programa de rescate y reubicación de especies de fauna silvestre.*

1. Introducción.

Con el propósito de demostrar que con las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales se mantiene la biodiversidad es que como parte complementaria a las medidas de prevención que se han propuesto en el estudio técnico justificativo se propone el presente *programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.*

El programa tendrá como base los resultados obtenidos en los muestreos de fauna silvestre practicados en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales y sus alrededores, cuyas especies identificadas serán las que potencialmente se vean afectadas sino se garantiza la aplicación eficaz y eficiente de dicho programa.

Es importante precisar que de las especies de fauna silvestre identificadas en el área a cambio de uso de suelo en áreas forestales del proyecto que formaran parte del presente programa, ninguna de ellas se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo, es de resaltar el nivel de importancia que tienen todas ellas en la conservación de la biodiversidad como parte integral de dicho ecosistema.

2. Objetivos.

- Mantener y conservación de la biodiversidad de la fauna silvestre como parte integral del ecosistema por afectar con las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

- Mantener la homogeneidad y heterogeneidad de las especies presentes en el sistema ambiental con motivo del cambio de uso de suelo en áreas forestales.

- Rescatar mediante las técnicas apropiadas por grupo faunístico todos los ejemplares observados previo a las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

- Evitar dañar, incluso la muerte de individuos con motivo de la ejecución del cambio de uso de suelo en áreas forestales.

3. Metas.

El programa de rescate y reubicación de fauna silvestre será dirigido a los **27 individuos** de las **13 especies** identificadas en la superficie a cambio de uso de suelo en áreas forestales y zonas aledañas, cuyas metas están en función del número de individuos por especie identificada, tal cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 422. Metas planteadas en el programa de rescate.

Aves					
No.	**Familia**	**Nombre común**	**Nombre científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**S-CUSAF**
1	*Cathartidae*	Zopilote	*Coragyps atratus*	No	4
2	*Columbidae*	Tortola cola larga	*Columbina inca*	No	3
3	*Columbidae*	Huilota	*Zenaida macroura*	No	4
4	*Corvidae*	Cuervo	Corvus corax	No	1
5	*Cuculidae*	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	No	1
6	*Hirundinidae*	Golondrina comun	*Hirundo rustica*	No	1
7	*Picidae*	Pajaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	No	1
8	*Troglodytidae*	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	No	2
			Total		**17**
Mamíferos					
No.	**Familia**	**N. Común**	**N. Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**S-CUSAF**
1	Canidae	Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	No	2
2	Leporidae	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	No	5
3	Canidae	Coyote	*Canis latrans*	No	1
4	Mephitidae	Zorrillo	*Conepatus leuconotus*	No	1
			Total		**9**
Reptiles					
No.	**Familia**	**N. Común**	**N. Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**S-CUSAF**
1	Phrynosomatidae	Lagartija Espinosa Mexicana	*Sceloporus spinosus*	No	1

Total		**1**
Total		**27**

Es importante precisar que, ninguna de las especies identificadas se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo, dicho programa no se propone en función de dicha restricción ya que todas las especies son igual de importantes para mantener la homogeneidad y heterogeneidad de las mismas dentro del sistema ambiental.

Indicadores de seguimiento del programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.

Para establecer los indicadores de seguimiento del presente programa, es importante tener claro los objetivos que se persiguen con la implementación del mismo, para nuestro caso, vamos a partir del siguiente objetivo que es, evitar dañar, incluso la muerte de individuos con motivo de la ejecución del cambio de uso de suelo en áreas forestales, sin perder de vista que si el presente objetivo no se cumple en automático el resto de los objetivos tampoco se cumplen, toda vez que si las especies sufren daños que les causen la muerte con motivo de las actividades de cambio de uso de suelo, en automático hay una pérdida de la biodiversidad.

En este sentido, las actividades que contempla el programa, son lo más importante para definir los indicadores de éxito del rescate y reubicación de fauna silvestre en la superficie de cambio de uso de suelo, ya que de su aplicación y ejecución depende el éxito del programa, mismas que se describen a continuación.

4. Metodología de rescate de especies.

A los anfibios y reptiles se les conoce en conjunto como herpetofauna. La mayoría de los métodos que se describen se aplican de manera general a estas dos clases de vertebrados, ampliamente distribuidos en una gran diversidad de ambientes. Sin embargo, las variantes en los métodos que se utilizan tienen que ver con el tamaño de los organismos y/o clases características del habitan o del microhábitat que ocupan.

Los anfibios pueden ser contados cuando se concentran en las áreas en que se reproducen. Sin embargo, algunos individuos, particularmente las hembras, pueden movilizarse en todas las estaciones de reproducción a estas áreas de agregación. La temporada de reproducción generalmente es de corta duración en especies de clima templado y de mayor duración en especies tropicales, y es muy impredecible en duración y ocurrencia en especies de ambientes áridos.

La mayoría de las especies de anfibios muestran actividad máxima después de la puesta del sol y su búsqueda durante las horas luz resulta a medio o poco productiva. Al parecer los anfibios de ambientes húmedos, muchas especies de ranas, sapos y salamandras viven asociados a cuerpos de agua, permanentes y temporales, donde pueden ser observados y capturados.

Los reptiles son generalmente difíciles de observar, sobre todo los de talla corporal pequeña. El avistamiento de los reptiles varia marcadamente con la temperatura ambiental, ya que de estas depende su temperatura corporal, por lo que es recomendable efectuar conteos de estos organismos durante periodo estandarizados en condición climática y en tiempo, sobre todo cuando se pretende comparar distintas poblaciones.

Las aves son contadas por una amplia variedad de razones y por un amplio rango de métodos. La captura de aves en redes ornitológicas también brinda una indicación de abundancia, composición y riqueza (Wunderle et al. 1987, Estades et al. 2006)

Finalmente, también se pueden obtener estimados de densidad (aves por unidad de área) al ubicar en un mapa la posición de aves territoriales no marcadas (Recher 1970, Stouffer 2007) o a través de métodos más intensivos que requieren para su captura de redes ornitológicas donde las aves son individualmente marcadas con una combinación de anillos de color. Una vez marcadas las aves se liberan y posteriormente el observador se encuentra en la posibilidad de delimitar el territorio sobre un mapa como resultado de los avistamientos o recapturas de las aves marcadas (Holmes et al 18989, Fedy y Stutchburg 2004).

Los métodos para la captura de animales silvestres incluyen una variedad de técnicas de trampas y redes. Si el animal es capturado vivo o muerto depende de la naturaleza del estudio y la razón para su captura. Aunque en la actualidad muchos mamíferos son capturados vivos, en algunos casos el uso de trampas mortales es necesario y justificado. Por ejemplo, las colecciones en los museos necesitan especímenes de referencias que permita la correcta identificación de especies, y los esqueletos o tejidos necesarios para algunos análisis no pueden obtenerse de animales vivos. El trampeo para remover animales de un área, particularmente una especie abundante o plaga, es mejor hacer los con trampas mortales, armas de fuego, o venenos. Si los animales capturados van a ser utilizados para una colección de museo, es necesario asegurar que el espécimen no va a ser dañado por el método de trampeo.

Dado que el objetivo del presente programa es el de conservar y proteger las especies presentes en el área donde se llevará a cabo las actividades de cambio de uso de suelo, a continuación, se presentan algunos método y técnicas de captura, rescate y reubicación de dichos ejemplares.

4.1. Técnicas a emplear para la captura de ejemplares del grupo de anfibios y reptiles.

Para la captura de adultos y larvas de anfibios resulta útil una red con cabo de madera o metal. Las colectas nocturnas de ranas y sapos son muy productivas en época de reproducción durante la temporada de lluvias, ya que los machos tienen cantos característicos que permiten detectarlos en esta temporada. Salamandras y pequeñas ranas de hojarasca se pueden capturar levantando troncos podridos, rocas y removiendo hojarasca acumulada en el suelo, capturando los ejemplares mano.

De igual manera muchas especies de reptiles pueden atraparse manualmente al buscarlas en su ambiente, por ejemplo, debajo de rocas y troncos y otros objetos en los que se puedan esconder. Es recomendable usar guantes de cuero al buscar reptiles o revisar trampas especialmente cuando haya riesgo de encontrar serpientes venenosas.

El uso de una lanza de cuerda delgada sujeta al extremo de una vara o de una caña de pescar es una técnica efectiva para atrapar por el cuello a lagartijas de diversos tamaños y de comportamiento huidizo cuando se posan momentáneamente en lugares al alcance de una persona.

Los ganchos o bastones herpetológicos son de gran ayuda para la captura de reptiles ya que, al remover las hojas, piedras, troncos, ramas, etc., se puede evitar una mordedura además de no maltratar a los organismos por captura. Las lagartijas también se pueden capturar por medio de ligas de hule gruesas, lanzándolas el estirarlas con un dedo y orientadas hacia el individuo, de manera que al golpearlo produzcan una inmovilización temporal que permita atraparlo.

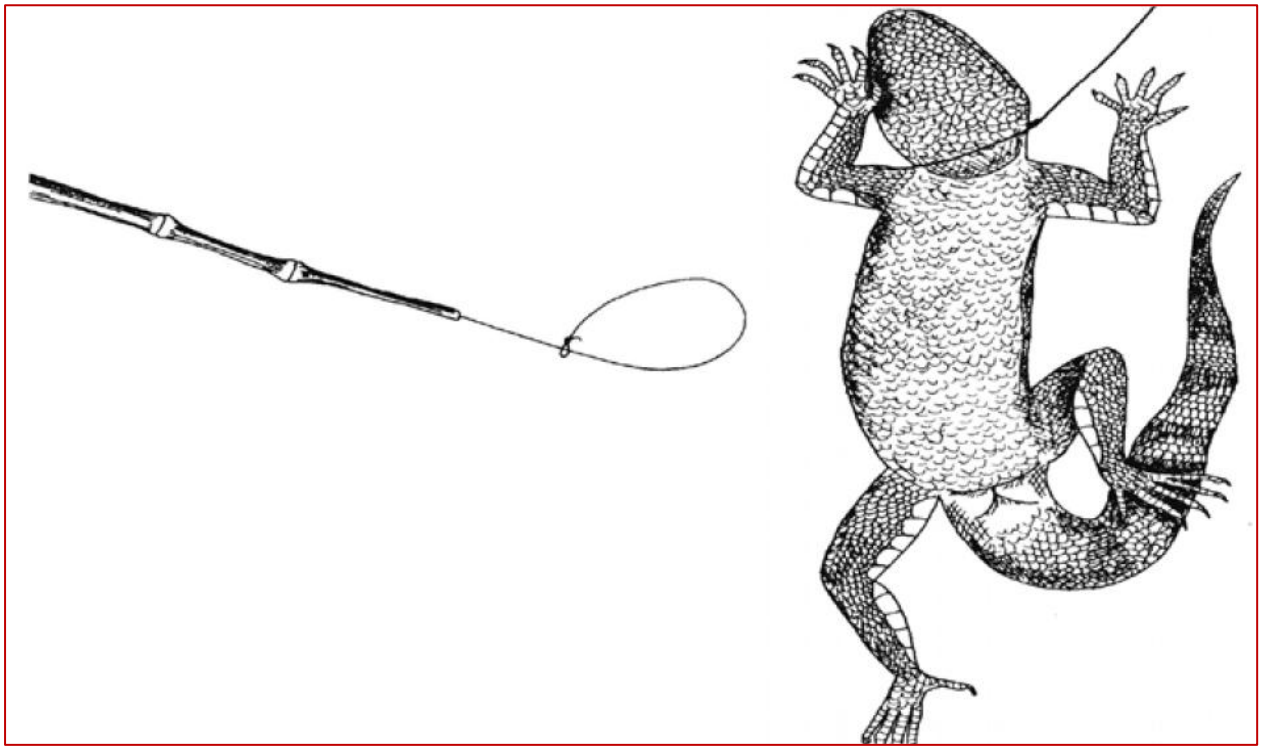


Imagen 93. Lazo montado en una vara o caña de pescar y lagartija lazada por el cuello (tomado de Vanzonlini y Nelson 1990.



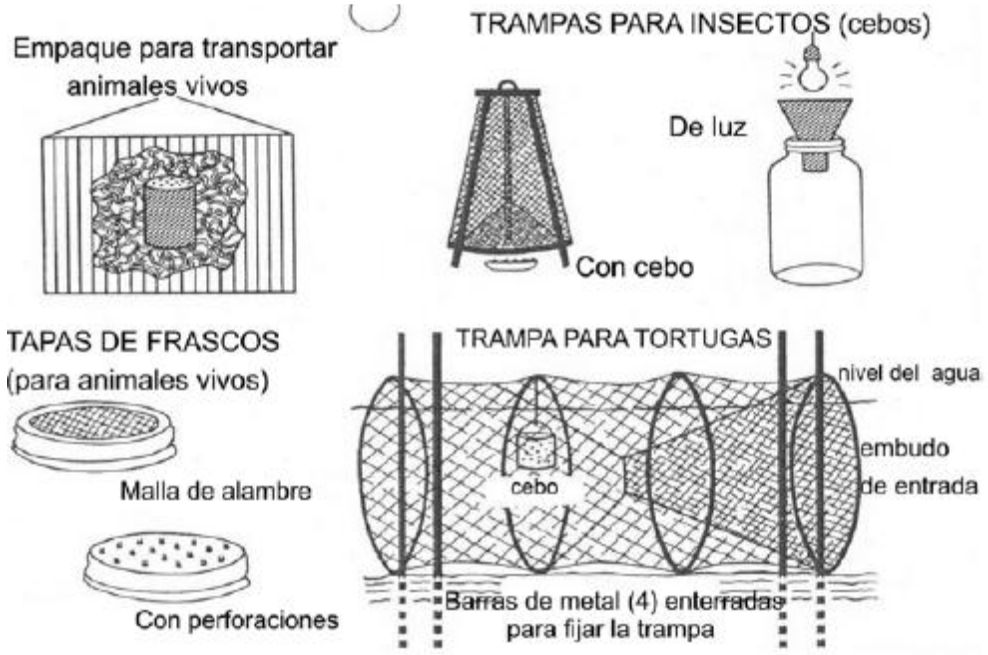


Imagen 94. Algunos instrumentos y trampas para captura de anfibios y reptiles, ganchos herpetológicos, lazos y nasas (modificado de Conant 1958).

La captura de serpientes requiere de un procedimiento que consiste en inmovilizar la cabeza. Primero se sujeta la cabeza con un bastón herpetológico contra el suelo en un lugar firme y se toma de la parte posterior de la cabeza con los dedos pulgar y medio, al mismo tiempo colocando el dedo índice en la parte superior, con la otra mano se sujeta el cuerpo, posteriormente se deposita en una bolsa de tela, introduciendo primero la parte posterior, el saco debe torcerse, doblarse y amarrarse en el extremo, es conveniente transportar la bolsa alejada del cuerpo y no es recomendable que un solo colector lleve una serpiente venenosa, ya que podría necesitar ayudar en caso de una mordedura (Casas-Andreu et al 1991).



Imagen 95. Manipulación de una serpiente para inmovilizarla (tomado de Ferri 1992).

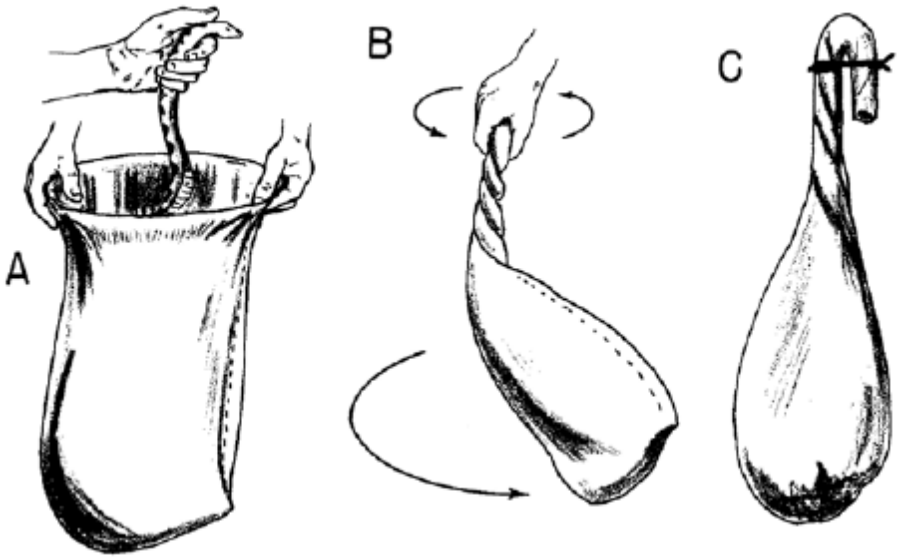


Imagen 96. Embolsado de una serpiente para transportarla (tomado de Knudsen 1072).

4.1.1. Captura con trampas y barreras de desvió.

Las trampas terrestres con barrera de desvió han sido ampliamente utilizadas en inventarios de herpetoauna, debido a su efectividad en la captura de reptiles y anfibios que difícilmente se pueden capturar por otros métodos. Este tipo de trampa consiste en construir una barrera física que impide el libre tránsito de los animales que deambulan en un área dada, los que pueden ser atrapados al entrar en trampas de foso y/o trampas de cilindro o de embudo colocados junto a la barrera.

El material de la barrera puede ser lona de plástico o lamina de aluminio o galvanizada enterrado en el suelo 10 cm y con al menos 50 cms sobre el suelo para atrapar a los organismos que entran y salen del área. Las trampas de foso son cubetas o botes de 5 a 20 litros de capacidad que se instalan junto a la barrera enterrados a ras de suelo y separadas entres de 5 a 10 m dependiendo de la longitud de la barrera. Cada trampa de foso requiere de orificios de drenaje en el fondo y una cubierta de madera o plástico levantada del suelo unos 5 cms la revisión de las trampas se realiza visitando cada una diariamente o en días alternados.

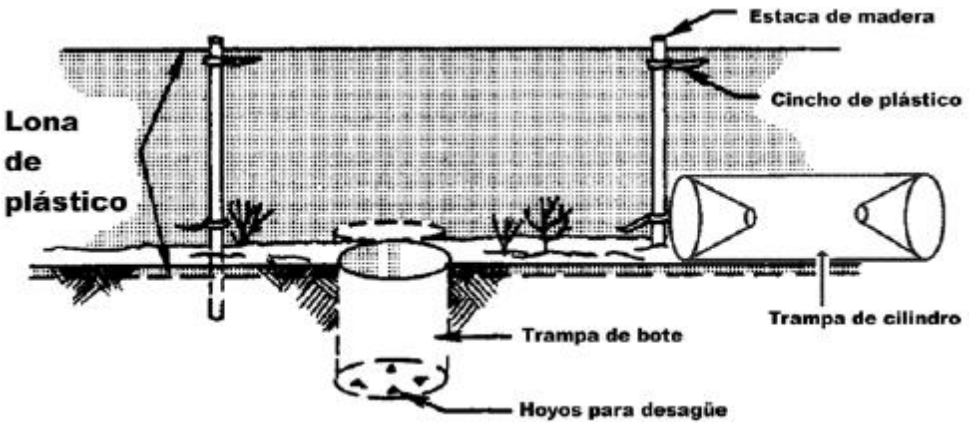


Imagen 97. Trampa terrestre de acero de desvió en combinación con trampas de fosos (bote) y de cilindro (modificado de Heyer et al 2001).



Imagen 98. Instalación de una barrera de desvió (foto: M. A. De la Torre-Loranca).



Imagen 99. Trampa de foso bajo la barrera de desvío y organismos capturados en la trampa (foto: M. A. De la Torre-Loranca).

El arreglo de las líneas de las trampas puede variar dependiendo del ambiente en el que se instalen, y por lo general la topografía del área de muestreo determinara la longitud promedio de las líneas, aunque es convincente que no sea menor a 10 m. al plantear estos arreglos debe tenerse en cuenta un diseño que permita abarcar todos los ambientes o microambientes disponibles para incrementar la posibilidad de capturar más especies de anfibios y reptiles.

Para instalar las trampas es recomendable realizar un recorrido de exploración en cada sitio de muestreo, para determinar los principales ambientes y la extensión de los mismos, calculando el número de las líneas que podrán ser trazadas. Posteriormente se realizan las siguientes actividades:

a) Si el ambiente es cerrado, limpiar unos transectos de aproximadamente 1 m de ancho.
b) Enterrar cada 2 m postes de madera de 1 m de altura para sujetar el material que servirá como barrera.
c) Colocar la barrera enterrándola en la franja trazada.
d) Tensar bien toda la lona o lamina y verificar que el nivel del suelo pase por en medio de las trampas de foso.

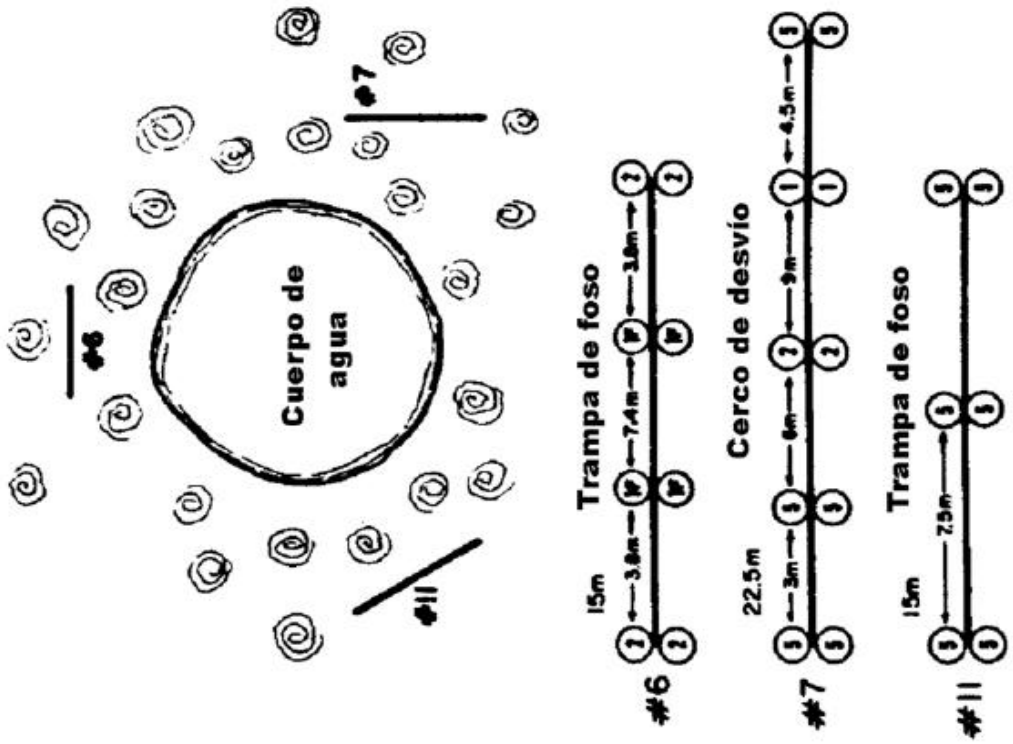


Imagen 100. Posibles arreglos de cercas de desvío con trampas de foso y su ubicación alrededor de un cuerpo de agua (modificado por Vogt y Hine 1982).

Estas trampas pueden ser desmontadas rápidamente, permitiendo que no sean una barrera permanente para los animales y se habitúen a su presencia y traten de evitarla. La desactivación del sistema de trampeo consiste en bajar la lona de plástico y tapar los botes a ras de suelo.

4.1.2. Marcado de organismos.

Anfibios y reptiles. Estos organismos pueden ser marcados individualmente por el método de corte de falanges en patas y manos. En este caso se asigna una codificación a cada falange y se cortan solamente las puntas de las falanges que corresponda, de manera que la locomoción del organismo no se vea afectada. Es recomendable administrar un antibiótico y/o antimicótico en crema vía cutánea (Donnelly et al 1994).

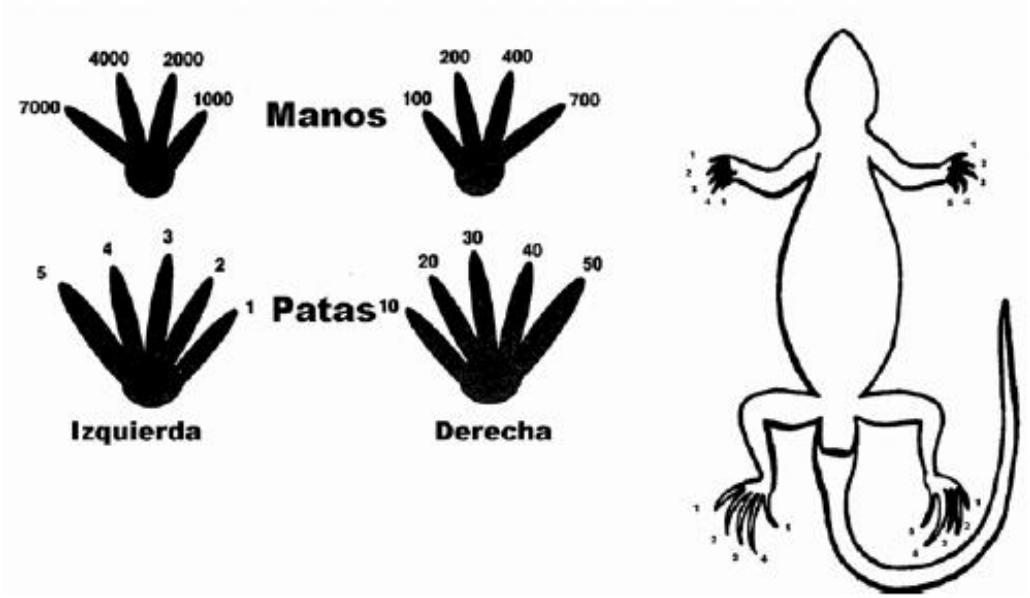


Imagen 101. Ejemplo de codificación para el corte de falanges en anfibios y lagartijas (tomado de Donnelly et al 1994).

4.1.3. Registro de datos individuales.

Los organismos capturados serán fotografiados. Esto va permitir contar con un registro visual de identidad. Para cada organismo se va registrar la siguiente información: género y especie, ubicación y en su caso número y tipo de trampa, fecha, hora de captura, microhábitat, numero de marca asignado, peso, sexo, y datos biométricos de acuerdo con el tipo de organismo (Pisani y Villa 1974).

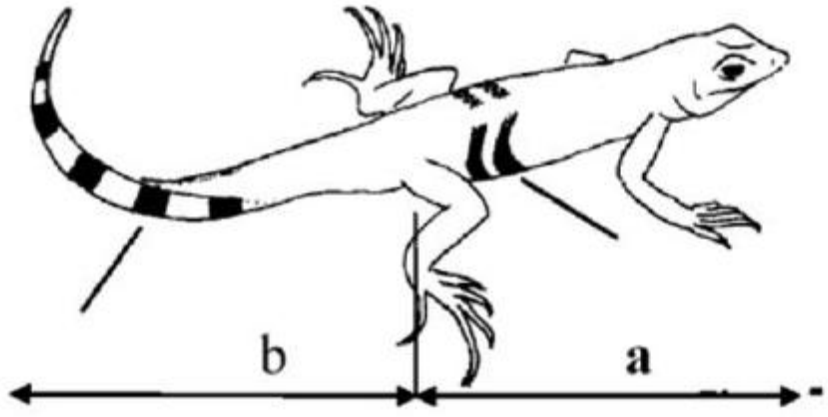


Imagen 102. Medidas biométricas de lagartijas y salamandras (a) longitud hocico-cloaca, (b) longitud de la cola (modificado de Casas-Andreu y McCoy 1979).

4.1.4. Transporte de organismos.

Los organismos recolectados se depositan en bolsas de plástico, contenedores de plásticos, o sacos de lona delgada para ser transportados, cuidando que contengan humedad suficiente para evitar que se deshidraten y mueran. Para prevenir daños a los individuos, conviene depositarlos en bolsas o contenedores por separado de acuerdo con el sitio de captura y la especie.

4.2. Técnicas a emplear para la captura de ejemplares del grupo de aves.

Aun este grupo es el más seguro para evitar cualquier daño por su facilidad de desplazamiento, sin embargo, ante la presencia de nidos los cuales pueden tener crías durante la etapa de preparación del sitio y pueden tender a defenderse tratando de volar a lugares seguros, por lo cual se proponen algunas técnicas de captura para garantizar su conservación y daños con motivo del cambio de uso de suelo.

4.2.1. Captura con redes ornitológicas.

Las redes ornitológicas, también conocidas como redes de niebla, redes japonesas o redes de captura, han sido utilizadas para la captura de aves durante años y se han convertido en herramientas efectivas para el monitoreo de poblaciones.

En diferentes estudios, se han usado redes de diferentes tamaños (6, 9, 12 y 18 m) para la captura de aves terrestres, pero en general se prefieren las de 12 m de largo por 2.5 m de alto. Dado que la eficiencia de captura para aves de diferentes tamaños varía con el tamaño de la malla de red. Por lo general se usan redes de color negro con malla de 30 a 36 mm para paseriformes pequeños a medianos. Las redes pueden colocarse entre dos postes este formado por tramos de 1 m como máximo, para su fácil transporte. Los postes deben asegurarse con cuerdas de material fuerte y resistente. Estas cuerdas de soporte (por ejemplo, cordón para cortinas) pueden atarse a la base de los arbustos disponibles o estacas enterradas en el suelo. Antes de colocar la red, debe limpiarse el área en una franja de 1 a 2 m de ancho a todo lo largo de la red, con un machete, para evitar que se enrede. Cuando este colocando la red, evite también en la media de los posible el uso de objetos personales en donde la red se puede enredar (relojes, botones, gorras, entre otros).



Imagen 103. Redes ornitológicas para captura de aves.

Una vez capturadas las aves a rescatar, estas serán transportadas de jaulas cuyo tamaño dependerá de la especie capturada, la cual será llevada a aquellos lugares donde se vea identificada con sus poblaciones de origen.



Imagen 104. Jaula para el traslado de aves

4.3. Técnicas a emplear para la captura de ejemplares del grupo de mamíferos.

Las capturas se realizan ya sea manualmente, con aparatos mecánicos (trampas), con la inyección de drogas a distancia o usando drogas administradas oralmente a través de cebos. Entre los métodos de captura existen algunos muy sencillos hasta los más sofisticados para captura de especies de grandes portes y fuerza, en este caso describiremos los más prácticos principalmente para captura de especies pequeñas.

4.3.1. Trampas de acero y resorte.

Los cepos de acero que presentan un recubrimiento de hule han sido exitosos en la captura de carnívoros y otros grandes animales mamíferos sin causarles daños. Dentro de las trampas

letales tenemos a las trampas de cuerpo "Conibear". Para mamíferos pequeños son comunes las trampas de resorte (marca Víctor y Museum Special).



Imagen 105. Trampa de acero y resorte con jaula.

4.3.2. Trampas – Caja.

Los pequeños mamíferos también pueden ser capturados con trampas caja de marca Sherman, Havahert y Víctor. Para los mamíferos medianos existen trampas Tomahawk de diferentes tamaños, plegable o fijas, con una o dos puertas abatibles.

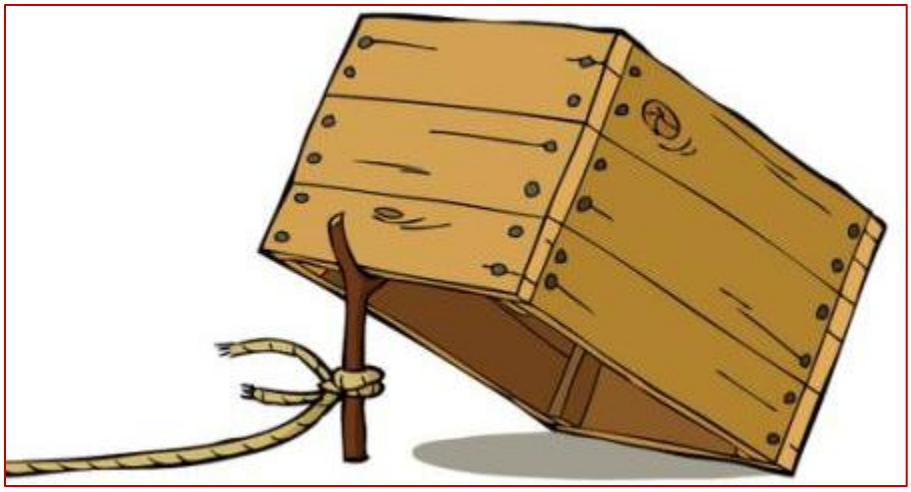


Imagen 106. Trampa – caja

4.3.3. Trampas – Corral.

Para la captura de animales de caza mayor se han utilizado corrales - trampa, donde son conducidos los animales mediante el uso de diferentes señuelos y cebos. Generalmente son estructuras permanentes construidas con maderas y alambre.



Imagen 107. Tampa - corral para mamíferos.

4.3.4. Redes – trampa

Los murciélagos son capturados mediante redes de nylon (redes de neblina) que se fabrican largos y altos, así como diferentes tamaños de luz en la trama.



Imagen 108. Redes – trampa para capturar mamíferos.

4.3.5. Lazos de cable y cuerda.

Estos lazos que se conocen comúnmente como lazos matreros, se han utilizado con éxito para capturar animales grandes de casa vivos. Los lazos de cable utilizados para atrapar a los animales de las patas han sido usados mamíferos médianos como coyotes.

Este tipo de lazos fabricados con alambre de diferentes calibres, son también responsables de la muerte y mutilación de muchos animales silvestre sobre todo en países africanos y asiáticos, por lo que solo deben ser utilizados por expertos revisados cuidadosamente para evitar que los animales sufran.

4.3.6. Cebos para trampas.

El éxito en los trabajos de trampeo con el fin de capturar animales depende del uso y selección de los señuelos y cebos que ejerzan una tracción efectiva. Son numerosos los tipos de alimento, de preparados comerciales, de señuelos artificiales y de esencias que se elaboren con este fin.

El cebo previo constituye un importante prerrequisito para cualquier programa de trampeo. Existente otras técnicas como escancias y señuelos y otros medios de atracción, poco comunes para el manejo de fauna silvestre en áreas que serán desprovistas de vegetación.



Imagen 109. Cebo para trampas para capturar mamíferos.

4.4. Técnicas propuestas para ahuyentar a la fauna silvestre.

Tomando en cuenta lo anterior, en caso de ser necesaria la implementación de alguna de las técnicas antes descritas, también como una actividad de rescate y reubicación se realizarán jornadas de ahuyentamiento de fauna silvestre antes del inicio de cada jornada laboral principalmente durante las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales en la superficie autorizada.

Durante esta actividad, se anotarán las características del entorno del hábitat de los individuos localizados, tales como refugios, percha, madrigueras, número de individuos, crías, huevos, ubicación georreferenciada del sitio, asociación vegetal, tipo de suelo, y en general, el mayor número de elementos físicos y ecológicos que nos permitan una mejor toma de decisiones para su ahuyentamiento, quedando todo bien documentado en su bitácora de campo.

Para el caso de las especies de fauna consideradas para ahuyentamiento, se tomará como criterio primordial, las especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos que presenten alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y aquellas que cuenten con características de gran movilidad. Sin embargo, los mecanismos y acciones de protección considerados en este programa, podrán ser aplicados a otras especies de los cuatro grupos zoológicos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), que aunque no se encuentren listadas en la normatividad, pudieran ser afectados por las actividades de la obra.

El ahuyentamiento de fauna silvestre se concentra básicamente en generar condiciones de tipo ecológico que causen estrés ambiental y por consiguiente un desplazamiento de los animales que se encuentren cercanos o al interior de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales. Las técnica de ahuyentamiento se ejecutarán en combinación con el rescate y la reubicación de los individuos que se encuentre en el sitio, por lo que será de suma importancia primeramente conocer el comportamiento de los diferentes grupos faunísticos, cuya descripción de presenta a continuación.

Aves

Las aves tienen dos picos de actividad, uno en las horas de la mañana y otro en las horas de la tarde. En las horas de la mañana, el pico de actividad de las aves ha sido registrado desde la salida del sol hasta 4 horas después, es decir, desde las 5:30 am hasta las 9:30 am. En la tarde, el pico de actividad de las aves ha sido registrado como 3 horas antes del ocaso, es decir desde las 3:00 pm hasta las 6:00 pm. En estas horas deberá realizarse la actividad de ahuyentamiento.

Las aves en general responden de forma positiva a estímulos visuales, Auditivos, Químicos y Mecánicos.

Se recomienda implementar las siguientes técnicas:

1 Siluetas
2 Cintas de papel metalizado
3 Humo
4 Sonidos

Mamíferos

Los mamíferos tienen, diariamente, por lo general un solo pico de actividad. Con excepción de los primates, la mayoría de los mamíferos neotropicales son predominantemente nocturnos (Srbek-Araujo & García, 2005). De esta manera, se realizará una actividad de ahuyentamiento tanto en las horas del día como en la noche, sin embargo se tendrá una mayor dedicación durante la última. Consecuentemente, se debe realizar una actividad de ahuyentamiento en las horas de la mañana, entre las 7:00 y las 9:00 y otra en la tarde, entre las 6:00 pm y las 12:00 pm.

Los mamíferos en general responden de forma positiva a estímulos Visuales, Auditivos, Químicos y Mecánicos.

Se recomienda implementar las siguientes técnicas:

1 Siluetas
2 Humo
3 Sonidos
4 Hormonas de Depredadores

Anfibios y reptiles

Los anfibios y reptiles tienen, diariamente, por lo general un solo pico de actividad. En general, los anfibios son animales de comportamientos nocturnos, debido a que no toleran las altas temperaturas. Por su parte, dentro de los reptiles, existen especies que son diurnas mientras que hay otro porcentaje que es estrictamente nocturno. Por esta razón se debe realizar una actividad de ahuyentamiento en las horas de la mañana, entre las 6:30 y las 10:30 y otra en la tarde, entre las 6:00 pm y las 10:00 pm.

Los anfibios y reptiles en general responden de forma positiva a estímulos, Auditivos, Químicos y Mecánicos.

Se recomienda implementar las siguientes técnicas:

1 Siluetas
2 Sonidos
3 Hormonas de Depredadores

4.4.1 Descripción de los diferentes métodos de ahuyentamiento

Siluetas. *Estimulo visual*

Esta metodología consiste en ubicar de manera estratégica siluetas de aves y animales depredadores pintados en diferentes materiales como madera, globos de helio, plástico y cartón plax. Se recomienda utilizar siluetas de depredadores específicos dependiendo del grupo de individuos que se quiere ahuyentar.

Se ha demostrado que las silueta de águilas y de búhos generan gran estimulo en todos los grupos de individuos (aves, mamíferos y anfibios y reptiles)

La ubicación de las siluetas se debe de realizar a tres alturas diferentes dependiendo de la zona y el tipo de cobertura que esta posee, se recomiendo ubicar en la parte más alta de los árboles (siluetas de águilas), en la parte media (globos de helio y siluetas de búhos) y en la parte baja (siluetas de búhos) a fin de tener una cobertura visual más amplia.

La respuesta de los animales se debe a que este método pretende simular la presencia de depredadores en la zona, como lo son las águilas y los búhos, con los cuales se busca hacer creer al individuo que se encuentra en peligro y que debe desplazarse del lugar.
Las aves y algunos mamíferos son los grupos que tienen una mejor respuesta al desplazamiento frente a este estímulo.



Imagen 110. Siluetas

Reflectores. *Estimulo visual*

Este método consiste en utilizar reflectores de alta luminosidad buscando generar un cambio en las condiciones naturales del ambiente y crear un estrés en los animales.

El uso de los reflectores se debe hacer en horas de la noche, con este se busca alterar las condiciones naturales de la noche (oscuridad) e impedir que los animales no puedan dormir y requieran desplazarse del lugar para hacerlo. Este método se emplea principalmente en aves y mamíferos.

Se recomienda instalarlos cerca de lugares donde, mediante el muestreo corto se logró establecer que había nidos o madrigueras.



Imagen 111. Reflectores

Cintas de colores (papel metalizado). *Estimulo visual*

Este método utiliza cintas de colores metalizados, con las cuales se busca reflejar los rayos del sol y crear un estrés visual en las aves que sobrevuelen el área.

Las cintas se deben instalar en lugares semiabiertos para permitir el ingreso de los rayos del sol y lograr reflejarlos. Las cintas se extienden y amarran entre los árboles, con una tensión adecuada que permita el movimiento de esta por acción del viento, buscando que los reflejos se emitan en diferentes direcciones.

Este método tiene buena respuesta de ahuyentamiento en las aves.



Imagen 112. Cintas de papel metalizado

Humo. *Estimulo visual, olfativo y sensorial.*

Esta metodología consiste en generar nubes de humo de forma controlada con las cuales se pretende simular un peligro inminente (un incendio), la mayoría de los animales mediante su instinto de supervivencia tienden a huir del lugar donde se evidencian estas situaciones de peligro.

Una gran ventaja de este método, radica en la facilidad de dispersión del humo en la zona que se quiere ahuyentar.

El uso del humo ha mostrado buena respuesta en todos los grupos de individuos, se recomienda hacer nubes de humo en varios puntos del área de ahuyentamiento aunque es de vital importancia tener en cuenta la dirección y la fuerza de las corrientes de viento del lugar.

Utilizando estas direcciones se deben de colocar de forma estratégicas los puntos donde se quiera hacer las nubes de humo, esto buscando que los animales se desplacen hacia un lugar previsto donde no sean afectados por la obra.

También se pueden utilizar materiales y compuestos que generen olores repelentes y se dispersen junto con el humo con el fin de aumentar la efectividad del método.

Se recomienda hacer uso del método en horas de la mañana y en horas de la tarde, no es adecuado hacerlas muy continuas, debido a que una alta saturación de humo (CO2) en el ambiente y por un tiempo muy prolongado puede afectar la salud de algunos individuos más susceptibles al estímulo.



Imagen 113. Ahuyentamiento con humo

Reproducción de Sonidos. *Estimulo auditivo*

Uno de los métodos más empleados, es la reproducción de diferentes tipos de sonidos que generen estímulos auditivos.

La reproducción de estos busca simular la presencia de: personas, maquinaria operando, animales depredadores, entre otros; con lo cual se genere estrés ambiental y por consiguiente un desplazamiento.

Durante la aplicación de esta metodología se utiliza un bafle o parlante amplificador de sonido (mínimo 30Wats de potencia, dependiendo del tamaño del área), con una grabación que se reproduzca continuamente.

Se debe ubicar en un lugar estratégico en el cual se logre abarcar en la totalidad el área que se quiere ahuyentar. Es recomendable No dejar la grabación de forma continua por mucho tiempo, puesto que se puede volver "normal" para los animales y en un momento dado dejar de causar el estímulo que se desea, por lo anterior se recomienda colocar la grabación durante 50 minutos y suspenderla por 10 minutos, así sucesivamente el tiempo que el investigador considere pertinente.

Esta metodología ha mostrado una respuesta positiva principalmente en aves y mamíferos, se puede utilizar en cualquier horario.



Imagen 114. Ahuyentamiento mediante sonidos

Feromonas de Depredadores. *Estimulo olfativo*

Con esta metodología se busca generar un estímulo olfativo en los individuos. Mediante el uso de feromonas se pretende simular la presencia de depredadores en el lugar y generar un desplazamiento.

El uso de feromonas de depredadores para el ahuyentamiento de fauna no es muy común, debido a que la falta de información y estudios acerca de la técnica limitan su uso, sin embargo, se puede pensar que en un futuro cercano podría ser una buena técnica natural de ahuyentamiento de fauna.

5. Recursos humanos (por frente de trabajo):

Para la implementación del programa se contará con 1 Biólogo, 1 Médico Veterinario, 1 Supervisor y 3 Técnicos de campo.

6. Localización de los sitios de reubicación.

Con el objetivo de proveer las mejores condiciones de hábitats a las especies de fauna silvestre propuestas a rescate y reubicación, en primer lugar se identificaron aquellas zonas que presentaran las mejores condiciones de clima y cobertura vegetal y al mismo tiempo de mayor aislamiento de actividades antropogénicas, es decir, movimiento de personas y sus actividades diarias, para ello se ubicaron las zonas destinadas a protección dentro del POEREQ que sin duda

es el instrumento ambiental más idóneo que nos puede guiar para cumplir dicho requerimiento, en este sentido, se delimito un polígono de aproximadamente **122.05 hectáreas**, que se ubica en la parte más alta de la microcuenca Bernal, que dentro del POEREQ está catalogada con una política de Protección, la cual brindaría las condiciones idóneas, es decir, aislamiento, clima, cobertura y protección que las especies requieren para su adaptabilidad, el cual se encuentra delimitado mediante las siguientes coordenadas UTM WGS84, que se relacionan en la siguiente tabla.

Tabla 423. Ubicación geográfica del área de reubicación y/o ahuyentamiento de fauna silvestre.

Vértices	**Coordenadas X**	**Coordenadas Y**
1	399682	2297595
2	399799	2297385
3	399912	2297368
4	400033	2297313
5	400216	2297193
6	400221	2297076
7	399856	2296628
8	399650	2296483
9	399486	2296133
10	399419	2296263
11	399257	2296297
12	399143	2296430
13	399152	2296543
14	399114	2296738
15	398972	2296919
16	399022	2297094
17	399013	2297341
18	399177	2297621
19	399415	2297861
20	399648	2298004
	Superficie Has.	**122.05**

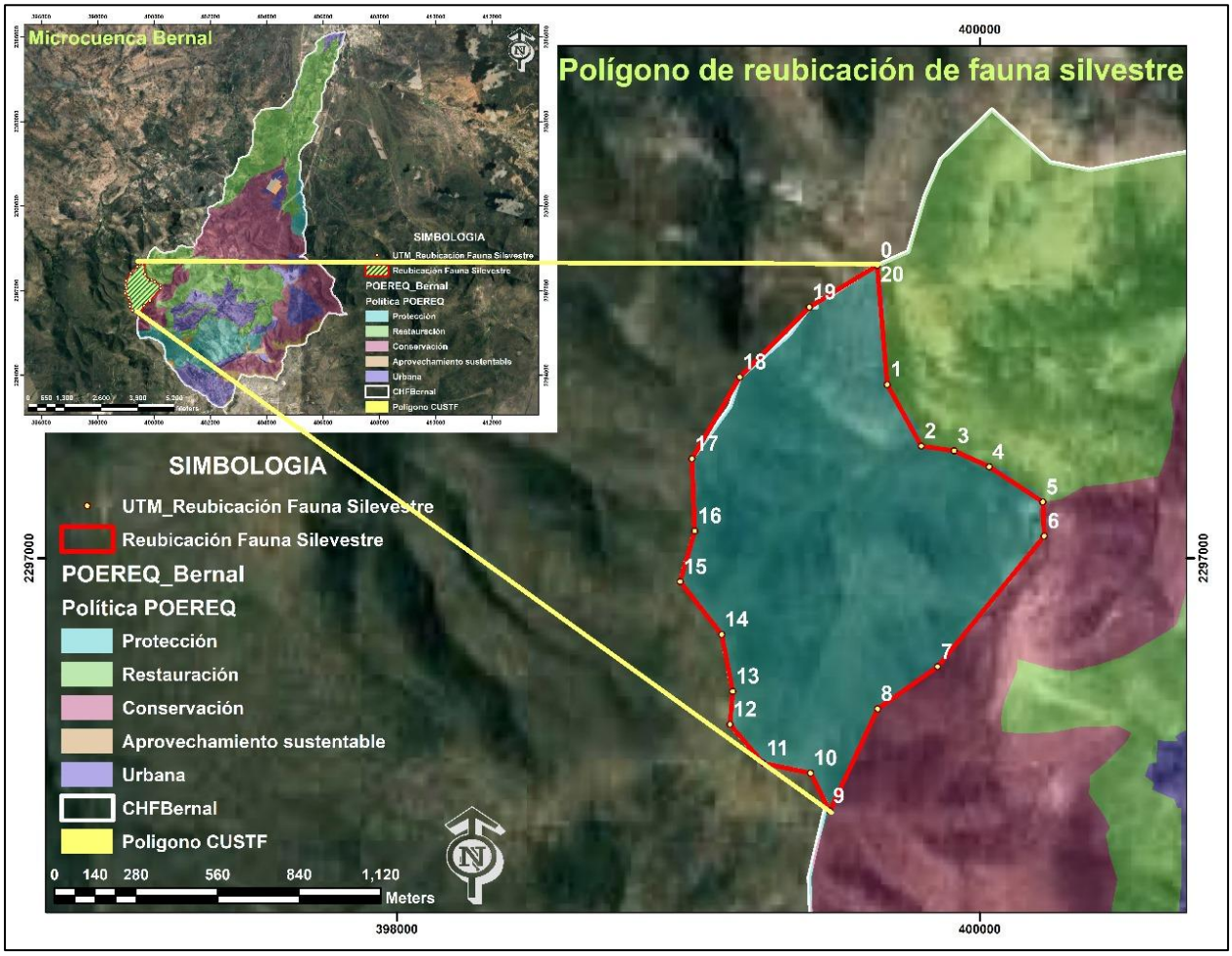


Imagen 115. Zona de ahuyentamiento y reubicación de fauna silvestre.

La selección del área para el rescate, reubicación y ahuyentamiento de la fauna silvestre, estuvo determinada por el tipo de vegetación y factores climatológicos, hábitat y condiciones bajo las cuales se reproducen, desarrollan y distribuyen las especies identificadas tanto en el sistema ambiental como en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.

En este sentido se mantendrá una vigilancia y supervisión constante en los frentes de trabajo, con el objetivo de evitar dañar a alguna especie que por su movilidad, aparezca repentinamente en el área del proyecto, para ser ahuyentada o en su caso capturada y llevada a un área segunda en el área definida para su reubicación y liberación.

7. Cronograma de actividades semanales durante la ejecución del CUSAF.

Previo al inicio de las actividades de cambio de uso de suelo de la superficie autorizada, se planea semanalmente la ejecución del programa de rescate y reubicación de fauna silvestre conforme al siguiente cronograma de actividades, como se muestra a continuación.

Tabla 424. Cronograma de actividades para el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.

Cronograma de actividades para el programa de rescate y reubicación						
ACTIVIDADES	**SEMANA**					
	Lunes	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**
Delimitación del área a CUSAF						
Búsqueda y localización especies en anidación y/o reproducción en nidos y oquedades						
Ahuyentamiento de especies fuera del área del proyecto.						
Captura de especies en anidación, reproducción y de difícil desplazamiento (en su caso)						
Reubicación y liberación de especies de fauna silvestre en el área destinada para tal fin.						
Monitoreo de especies después de su liberación						
Seguimiento y evaluación						
Informe de avances y resultados.						

8. Indicadores de seguimiento y evaluación de las acciones de rescate y reubicación.

Es preciso puntualizar que al tratarse de seres vivos que serán interrumpidos en su hábitat natural es inevitable que se va a generar una perturbación en sus condiciones de vida, generando en algunas especies estrés principalmente en aquellas especies que sea necesaria su captura, traslado y liberación, motivo por el cual dicho programa tiene que estar sujeto a un seguimiento y evaluación diario con el fin de detectar oportunamente algún síntoma de malestar hacia dicha especies e inmediatamente atenderlo.

Los indicadores de seguimiento y evaluación de las acciones de rescate y reubicación serán los siguientes:

- Observar la nula presencia de especies dentro del área autorizada para el proyecto de los diferentes grupos faunísticos.

- Observar el alejamiento de las especies del lugar de liberación hacia dentro o fuera del sistema ambiental.

- Observar el movimiento motriz normal de cada especie capturada, rescatada y liberada, es decir, que no presente ningún síntoma de afectación o daño.

- En caso de reubicar especies en reproducción en cualquier fase de desarrollo, asegurarnos que estos cumplan su ciclo de cría hasta lograr su independencia y se desplacen de manera independiente.

Para establecer los indicadores de seguimiento del presente programa, es importante tener claros los objetivos que se persiguen con la implementación del mismo, para nuestro caso, vamos a partir del siguiente objetivo que es, evitar dañar, incluso la muerte de individuos con motivo de la ejecución del cambio de uso de suelo en áreas forestales, sin perder de vista que si el presente objetivo no se cumple en automático el resto de los objetivos tampoco se cumplen, toda vez que si las especies sufren daños que les causen la muerte con motivo de las actividades de cambio de uso de suelo, en automático hay una pérdida de la biodiversidad.

En este sentido, las actividades que contempla el programa, son lo más importante para definir los indicadores de éxito del rescate y reubicación de fauna silvestre en la superficie de cambio de uso de suelo, ya que de su aplicación y ejecución depende el éxito del programa, mismas que se describen a continuación.

Tabla 425. Indicadores de seguimiento y evaluación de las acciones de rescate y reubicación.

Grupo faunístico	**Técnicas de captura**	**Técnicas de ahuyentamiento**	**Indicadores de éxito.**
Aves	Captura con redes ornitológicas.	Siluetas	Número de aves capturadas y liberadas Número de aves ahuyentadas
		Cintas de papel metalizado	Número de aves ahuyentadas
		Humo	Número de aves ahuyentadas
		Sonidos	Número de aves ahuyentadas
Mamíferos	Trampas de acero y resorte.	Siluetas	Número de mamíferos o especies capturadas y liberadas Número de mamíferos o especies ahuyentadas
	Trampas – Caja.	Humo	
	Trampas – Corral.	Sonidos	

Grupo faunístico	Técnicas de captura	Técnicas de ahuyentamiento	Indicadores de éxito.
	Redes – trampa	Hormonas de Depredadores	
	Lazos de cable y cuerda.		Número de mamíferos o especies capturadas y liberadas
	Cebos para trampas.		Número de mamíferos o especies capturadas y liberadas
Anfibios y reptiles	Lazo montado en una vara o caña de pescar	Siluetas	Número de reptiles o especies capturadas y liberadas.
	Red de bolsa con mago separado	Sonidos	Número de reptiles o especies ahuyentadas
	Colador modificado como red de bolsa	Hormonas de Depredadores	
	Bastones para sujetar serpientes		Número de reptiles o especies capturadas y liberadas.
	Lazada para lagartijas		
	Trampa terrestre de acero de desvió en combinación con trampas de fosos (bote) y de cilindro		
	Trampa de foso bajo la barrera de desvío y organismos		

Los resultados de la aplicación de las técnicas de captura, reubicación y ahuyentamiento de fauna silvestre, así como de las evidencias de las mismos, serán incluidos en los reportes semestrales que serán remitidos a las autoridades competentes.

9. Informe de avances y resultados.

Los informes de avance y resultados se entregarán conforme lo establezca la autoridad normativa y a las dependencias que se indiquen, sin embargo, como medio de control se llevara una bitácora de seguimiento diaria de tal manera que nos permita contar con informes semanales de evaluación y seguimiento para ir evaluación los resultados de dicho programa.

Para la elaboración de estos lineamientos, se revisaron los protocolos de reintroducción de fauna silvestre, definidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN/SCC, 2002; 2013), así como documentos enfocados a la definición de estrategias de conservación de

vida silvestre, a nivel mundial, como los publicados por Association of Zoos and Aquariums (AZA, 1992), World Association of Zoos and Aquariums (WAZA, 2005; Barongi *et al* 2015) y la revisión de estudios de caso publicados de reintroducciones de ejemplares silvestres (Griffith *et al* 1989; Beck *et al* 1994; Fischer & Lindenmayer, 2000; Armstrong & Seddon, 2008; Harrington *et al* 2013; Soorae, 2016).

A partir de los resultados obtenidos en los muestreos de fauna silvestre en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, se presenta una propuesta de lineamientos metodológicos para el monitoreo y el seguimiento post-liberación de fauna silvestre rehabilitada, identificando los aspectos básicos que se deben tener en cuenta en estos procesos, los cuales se describen a continuación.

Procedencia de las especies de fauna silvestre a liberación:

Para nuestro caso, los ejemplares que contempla el programa de rescate, reubicación y post - liberación son los identificados en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, los cuales se enlistan en la siguiente tabla.

Tabla 426. Relación de especies de fauna silvestre a rescate, reubicación o pots – liberación.

Aves					
No.	**Familia**	**Nombre común**	**Nombre científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**S-CUSAF**
1	*Cathartidae*	Zopilote	*Coragyps atratus*	No	4
2	*Columbidae*	Tortola cola larga	*Columbina inca*	No	3
3	*Columbidae*	Huilota	*Zenaida macroura*	No	4
4	*Corvidae*	Cuervo	Corvus corax	No	1
5	*Cuculidae*	Correcaminos o paisano	*Geococcyx californianus*	No	1
6	*Hirundinidae*	Golondrina comun	*Hirundo rustica*	No	1
7	*Picidae*	Pajaro carpintero	*Melanerpes aurifrons*	No	1
8	*Troglodytidae*	Matraca	*Campylorhynchus brunneicapillus*	No	2
			Total		**17**
Mamíferos					
No.	**Familia**	**N. Común**	**N. Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**S-CUSAF**
1	Canidae	Zorra gris	*Urocyon cinereoargenteus*	No	2

2	Leporidae	Conejo	*Sylvilagus floridanus*	No	5
3	Canidae	Coyote	*Canis latrans*	No	1
4	Mephitidae	Zorrillo	*Conepatus leuconotus*	No	1
			Total		**9**
Reptiles					
No.	**Familia**	**N. Común**	**N. Científico**	**NOM-059-SEMARNAT-2010**	**S-CUSAF**
1	Phrynosomatidae	Lagartija Espinosa Mexicana	*Sceloporus spinosus*	No	1
			Total		**1**
			Total		**27**

Es importante establecer la procedencia de los animales y tener certeza de que su liberación se realizará en poblaciones que tengan similares características genéticas, biológicas y ecológicas (IUCN/SCC, 2002; Wimberger et al. 2010; Torres et al. 2013). Los animales deben ser identificados y recibir una mínima interacción con humanos, fomentando las conductas naturales de la especie.

Con relación a la edad o grupo etario de liberación, Sarrazin & Legendre (2000) destacan que los individuos juveniles, a menudo, son naturalmente propensos a una alta mortalidad, pero presentan la ventaja con relación a los adultos de no verse tan afectados por el cautiverio, mientras que los adultos tienden a experimentar una mayor supervivencia en las poblaciones naturales. Por su parte, Torres et al. (2013) recomiendan la liberación de ejemplares jóvenes, ya que tendrán más capacidad de adaptarse al nuevo entorno y de desarrollar una capacidad inmunitaria, acorde con los desafíos que encontrarán en el medio natural; sin embargo, en el proceso de liberación, se debe hacer un análisis particular para seleccionar los individuos con edades óptimas, dependiendo de la especie a liberar y nunca deben ser liberados animales que hayan permanecido largos períodos en cautiverio como mascotas, ni animales de edad avanzada.

Para nuestro caso, y de acuerdo a los objetivos del proyecto, la liberación de los individuos de las distintas especies se hará sin tomar en cuenta la edad de los mismos, toda qué vez que el propósito es reubicarlo a lugares lejanos y seguros con el objetivo de evitar dañarlos incluso la muerte por las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales, es decir, no se contempla mantener en cautiverio a ningún individuos salvo que alguno de estos presente

problemas de salud o movilidad, sin embargo, se seguirá al pie de la letra el cumplimiento de los presentes lineamientos para su liberación.

Exámenes necesarios en los animales capturados:

Previo a su reubicación y liberación, se debe realizar una valoración integral de los ejemplares, que incluya exámenes paraclínicos e identificación de agentes patógenos específicos, evaluación genética, etológica y de la condición corporal de los individuos.

Para esta valoración se contará con el apoyo de un Biólogo y un Médico Veterinario, el objetivo de esta valoración es asegurarnos de reubicar y liberar los ejemplares en óptimas condiciones de salud y movilidad, con propósito de evitar la muerte de los animales liberados.

Exámenes paraclínicos y diagnóstico de agentes patógenos:

En muchos casos no se están realizando vigilancia de patógenos en la fauna silvestre, salvo algunas excepciones (Nassar *et al* 2013). Esto se debe, quizás, a la ausencia de responsabilidades propias en esta materia, por deficiencias normativas para abordar la vigilancia y el control de las enfermedades en fauna silvestre (Peñuela-Gómez *et al* 2012) Por esta razón, es de suma importancia la valoración del riesgo de posibles enfermedades y patógenos, para reducir al mínimo la eventualidad de transmisión a las poblaciones naturales, a los animales domésticos o los seres humanos (Jiménez & Cadena, 2004; Armstrong & Seddon, 2008; Nassar *et al* 2013). En la Tabla 36 se presentan los principales diagnósticos de agentes patógenos y exámenes paraclínicos específicos que se sugiere realizar, previo a la liberación de mamíferos, aves y reptiles.

Tabla 427. Exámenes paraclínicos y diagnóstico de agentes patógenos, previo a la liberación de mamíferos, de aves y de reptiles.

Grupo	Enfermedad	Agente Patógeno	Examen especifico
Marsupiales	Chagas o Tripanosomiasis Leptospirosis Toxoplasmosis Salmonelosis	*Trypanosoma cruzi* *Leptospira spp* *Toxoplasma gondii* *Salmonella spp*	Hemograma Química sanguínea Coprológicos
Roedores	Leptospirosis Brucelosis Pasteurelosis	*Leptospira spp* Brucella spp Pasreurella spp	Hemograma Química sanguínea Coprológicos

Grupo	Enfermedad	Agente Patógeno	Examen especifico
Xenartros	Leishmaniasis Tripanosomiasis Histoplasmosis Paracoccidioidomicosis Lepra Brucelosis	Legysmania sp *Trypanosoma sp* Histoplasma sp Paracoccidioides brasiliensis Mycobacteriurm leprae Brucella so	Hemograma Química sanguínea Coprológicos
Primates	Toxoplasmosis Salmonelosis Hepatitis Tuberculosis	*Toxoplasma gondii* *Salmonella sp* *Virus de hepatitis* *Leptospira sp* *Mylcobacterium tuberculosis*	Hemograma Química sanguínea Coprológicos
Felinos	Salmonelosis Rinotraqueitis felina Peritonitis infecciosa felina Gripe felina	*Parvovirus* *Herpesvirus felino tipo 1* *Coronavirus felino* *Salmonella sp* *Calicivirus felino*	Hemograma Química sanguínea Coprológicos
Prociónidos	Salmonelosis Hepatitis Leptospirosis Leishmaniasis Tripanosomiasis	*Salmonella sp* *Virus de hepatitis* *Leptospira sp* *Leshismania sp* *Trypanosomia sp*	Hemograma Química sanguínea Coprológicos
Aves	Tuberculosis aviar Psitacosis Virus de Newcastle Salmonelosis Malaria aviar	*Mycobacterium avium* *Chlamydophila psittaci* *Paramixovirus* *Aspergillus sp* *Salmonella sp* *Plasmodium sp*	Hemograma Química sanguínea Coprológicos
Quelonios	Herpersvirosis Fibropapilomatosis Salmonelosis Micosis por hong	Herpesvirus Herpesvirus Salmonella sp Fasarium sp., Aspergillus sp., Candida sp.	Hemograma Química sanguínea Coprológicos

Grupo	Enfermedad	Agente Patógeno	Examen especifico
Ofidios	Cryptosporidiosis Paramyxovirusis Cuerpo de inclusion	Criptosporidium Paramixovirus Retrivirus	Hemograma Química sanguínea Coprológicos
Cocodrilos	Viruela	Poxvirus	Hemograma Química sanguínea Coprológicos

Exámenes genéticos:

Son una herramienta imprescindible en muchas áreas de acción de la biología, como la evolución ecológica, los estudios de diversidad biológica y la conservación (Ruiz-García et al 2007; Zamora-Abrego et al. 2013), principalmente, en especies que se encuentran en estado de amenaza o que son altamente traficadas, a nivel nacional.

Es ideal que las pruebas se realicen en la totalidad de individuos que serán reubicados, sin embargo, en la práctica esto es imposible de cumplir. Por lo anterior, se deben establecer criterios de selección de ejemplares en los que deben llevar a cabo estos análisis, así como el tipo de prueba genética a utilizar. Las herramientas básicas usadas en estudios de variabilidad genética son los marcadores moleculares, cuyas variaciones pueden ayudar a encontrar similitudes, en el nivel taxonómico y entre poblaciones (Mancera-Rodríguez et al 2013). Existe una gran variedad de marcadores moleculares, como los fragmentos de restricción polimórficos (RFLP), polimorfismos de ADN amplificados al azar (RAPD), polimorfismos de longitud de fragmentos amplificados (AFLP) y los microsatélites (STRs), para la identificación y comparación genética entre poblaciones o especies, ayudando en la resolución de dudas taxonómicas, el diseño y la planeación de estrategias para su conservación o para conocer la procedencia de animales silvestres, de los cuales, se desconoce su origen (Ruiz-García et al 2003; 2007; Oyler-Mccance & Leberge, 2012); sin embargo, para muchas especies, se desconocen las características genéticas distintivas de subespecies o poblaciones.

La identificación genética, se puede obtener a partir de muestras obtenidas por métodos no invasivos, como excrementos, pelos o plumas y a través de métodos invasivos, como muestras sangre y de tejido (Godoy, 2009).

Los estudios genéticos para nuestro caso, no serían de gran utilidad, y dada la complejidad no se tiene contemplado este tipo de estudios para las especies identificadas en la superficie de

cambio de uso de suelo en áreas forestales, ya que el programa de rescate y reubicación no contempla la reproducción o mejoramiento de ninguna especie de las identificadas, el objetivo principal es el rescate y liberación para evitar dañar los individuos que se encuentren en la superficie de cambio de uso de suelo durante las actividades del proyecto.

Evaluación del comportamiento:

El cautiverio es un ambiente restringido y extraño que afecta drásticamente el comportamiento de los ejemplares (Lozano, 2003; Duarte-Sánchez & Díaz-Martínez, 2009; Arango et al 2013). Por esto, es necesario realizar una evaluación etológica y de rehabilitación, que permita valorar si el animal desarrolla patrones conductuales normales o disminuye los anormales, para que pueda ser liberado (Lozano, 2003; Arango et al 2013).

Algunos comportamientos deben ser estimulados en cautiverio, como la búsqueda de alimento (identificación, persecución y muerte de la presa, tiempo de manipulación y forma de consumo), hábitat (búsqueda de refugio, utilización de materiales y construcción del nido), reconocimiento de depredadores, interacciones intra e interespecíficas, amansamiento e improntación (contacto físico asociativo, contacto visual y acercamiento con humanos, comportamientos agonísticos) (Arango et al 2013; Reading et al. 2013). Éstos, se pueden estimular a través de la implementación de programas de enriquecimiento ambiental que incrementan el bienestar, proporcionando un entorno confortable, para el desarrollo de patrones normales del comportamiento (Lozano, 2003).

Para nuestro caso, no se tiene contemplado el cautiverio de ejemplares, siempre y cuando resulte necesario y de acuerdo a las recomendaciones médicas tanto del Biólogo como del Médico Veterinario, pero sería en casos extremadamente delicados. Incluso ni si quiere se está considerando la captura, solamente en casos justificados, se va a privilegiar el ahuyentamiento de las especies a lugares seguros fuera de la superficie donde se estén llevando a cabo las actividades de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Evaluación del estado corporal de los individuos:

La condición corporal en los animales silvestres, se vincula con la disponibilidad de reservas de energía en cada individuo, así como con la probabilidad de supervivencia (Aguilar et al. 2010). Un animal en buen estado tiene más reservas de energía que uno en mal estado y, por consiguiente, es menos susceptible a la inanición, siendo el índice de condición corporal un buen indicador de la tasa de consumo previo de alimentos y el tamaño de las reservas energéticas

(Mader, 1996; Green, 2001), por lo que, previo a su liberación, se debe evaluar el estado físico del animal.

En mamíferos, se miden el peso y la condición corporal y se clasifica en: obeso, normal, moderado y caquéctico (Acevedo et al 2014); en aves, se evalúa la condición corporal, tiendo en cuenta el peso y masa corporal, la medición de niveles de grasa, la observación de piel, plumaje y medidas del tamaño del tarso (Altman, 1997); en reptiles varía, según el grupo taxonómico, pero en general, se mide el peso corporal, longitud total, longitud hocico-cloaca, longitud del cráneo, perímetro de la base de la cola, principalmente, en lagartos y cocodrilos; para tortugas, se calcula el índice de condición corporal, longitud recta de caparazón, largo curvo del caparazón, masa muscular y peso corporal (Mader, 1996; Rueda et al 2007; Sampson et al. 2014).

Como se manifestó líneas arriba, se va a privilegiar el ahuyentamiento de las especies encontradas dentro de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales, con el objetivo de evitarles estrés con motivo de su captura, sin embargo, de ser necesario y previo diagnóstico del Biólogo y Médico Veterinario se realizará una evaluación del estado corporal de los individuo, reitero en casos extremos.

Marcaje de ejemplares:

El marcaje permite identificar los animales de manera más fácil al momento de realizar el seguimiento y el monitoreo (Mellor et al. 2004; Silvy et al.2012). En Tabla 37, se presentan los marcajes más utilizados, así como sus ventajas y desventajas. Sin embargo, se privilegiará el ahuyentamiento de individuos que se encuentre dentro de la superficie a cambio de uso de suelos.

Tabla 428. Tipos de marcaje en animales silvestre.

Tipo de marcaje	Grupo	Ventajas	Desventajas
Pinturas y tinta (Semipermanente).	Mamíferos Aves Reptiles	Utilizadas en estudios de corta duración. Fácil visualización Bajo costo	Tóxicos Generar alteraciones en la piel donde se aplica. Corta duración Requiere remarcar los animales.

Tipo de marcaje	Grupo	Ventajas	Desventajas
Pigmento fluorescente (Semipermanente).	Mamíferos Reptiles	Utilización en animales nocturnos Observaciones fácil en la oscuridad	Puede ser toxico y puede generar la muerte de individuo. Necesario una lampara de luz ultravioleta o de luz blanca.
Etiquetas o tags (Semipermanentes)	Mamíferos Aves Reptiles	Fácil de observar.	Etiquetas de gran tamaño pueden generar efectos negativos. Su puede desprender dependiendo de su tamaño, material, forma, posición, sitio anatómico, comportamiento del animal. Necesita restricción física o química para colocarlo.
Collar expandible (Semipermanente)	Mamíferos Aves	Fácil de observar	Puede impedir su circulación sanguínea, respiración o alimentación. El animas puede quedar enredado en el collar o ahogarse.
Radio collar (Semipermanente)	Mamíferos Aves Reptiles	Seguimiento remoto de los animales liberados en una gran área.	Puede enredarse quedando los individuos atrapados y/o asfixiados. Requiere entrenamiento técnico para el manejo de los equipos Costoso.
Anillo (Permanente)	Aves	Anillos de metal permiten determinar la entidad anilladora con su país de origen	Puede generar lesiones a nivel de la tibia.

Como se manifestó líneas arriba, el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre va a privilegiar el ahuyentamiento de individuos, por lo que única y exclusivamente bajo recomendaciones del Biólogo y el Médico Veterinario se podrá utilizar algún tipo de marcaje para alguna especie que por su condición de salud o restricción ambiental lo amerite.

Selección del tipo de liberación:

El tipo de liberación depende de aspectos relacionados con el grupo taxonómico, la edad, el origen del animal, el manejo y el tiempo de permanencia en cautiverio, entre otros. Las liberaciones duras, se llevan a cabo de manera abrupta, sin ningún tipo de aclimatación a su nuevo ambiente (IUCN/SCC, 2002; Harrington et al. 2013), normalmente, de individuos recién capturados o que han estado en cautiverio corto tiempo o que han tenido una buena respuesta al proceso de rehabilitación. Las liberaciones suaves requieren de algún tiempo de adaptación y de aclimatación del animal, por eso es necesario implementar medidas de apoyo, que garanticen su bienestar (IUCN/SCC, 2002; Arango et al. 2013; Harrington et al. 2013); se realizan, principalmente, con individuos producto de decomiso y nacidos en cautiverio, que han sido rehabilitados.

Para nuestro caso y tomando en cuenta que las especies identificadas en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, en caso, de que por necesidad se capture algún ejemplar de dichas especies, se hará mediante el método de liberación dura, toda vez que las especies registradas se encuentran adaptadas a la condiciones del área donde serán ahuyentada y /o liberadas.

Aspectos logísticos para la liberación:

Los animales que se liberan deben ser transportados por separado, chequear su estado de salud constantemente y suministrar tranquilizantes a los que presenten un alto estrés. Las jaulas tienen que ser totalmente seguras y cómodas, que no permitan fugas innecesarias o traumas durante el viaje, esto de ser necesario, ya que se privilegiará el ahuyentamiento de dichas especies.

Técnicas de seguimiento y monitoreo:

Estas técnicas permiten determinar rangos de acción, desplazamientos, usos del hábitat y obtener información directa del comportamiento del animal en el medio silvestre, que validan la eficacia de la rehabilitación, reintroducción y su adaptación al medio (MAVDT, 2006a). Las técnicas más utilizadas son la radio telemetría (telemetría por tierra, satelital por sistemas de posicionamiento global) (Silva & Opps, 2011), cámara trampa (Chávez et al. 2013), la observación directa y las trampas de huellas y rastros (Aranda, 2012).

Si bien es cierto que las técnicas de seguimiento y monitoreo nos van a *permitir determinar rangos de acción, desplazamientos, usos del hábitat y obtener información directa del comportamiento*

del animal en el medio silvestre, que validan la eficacia de la rehabilitación, reintroducción y su adaptación al medio (MAVDT, 2006a). Sin embargo, considerando que las especies registradas en la superficie de cambio de uso de suelo no presentan ningún tipo de restricción de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2020 y que las mismas se encuentran distribuidas en el sistema ambiental, esto nos permite concluir que se no encuentran en riesgo de sobrevivencia aunado a que los equipos para llevará dicha práctica son de costos muy elevados, por lo tanto, únicamente se ahuyentaran los individuos de las especies que se encuentren dentro de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo con el objetivo de lastimarlos y poner en riesgo su vida.

Evaluación durante la fase de seguimiento y monitoreo:

La vigilancia del estado sanitario de los ejemplares liberados permite identificar los riesgos reales para la salud de los individuos reintroducidos (Seddon *et al*. 2007; Armstrong & Seddon, 2008). Es conveniente monitorear, rutinariamente, el estado de salud, mediante la observación directa de la condición corporal, estado de la piel, además, el registro de algún signo clínico que denote enfermedad. En la tabla 38 se presenta una propuesta de formato de evaluación clínica rutinaria en la fase de seguimiento y de monitoreo de mamíferos, de aves y de reptiles reintroducidos, para en caso necesario.

Tabla 429. Formato de evaluación clínica rutinaria en la fase de seguimiento y monitoreo de mamíferos, aves y reptiles, en su caso.

Formato de evaluación clínica rutinaria de la fase de seguimiento y monitoreo de mamíferos, aves y reptiles, en su caso.						
Fecha:			Lugar:			
Hora de inicio de observación:			Hora de finalización de observación:			
Nombre comun:			Nombre científico:			
Número de identificación			Edad: Ad SA J I		Sexo: Ma He	
EVALUACION GENERAL						
	Mamíferos		Aves		Reptiles	
Condición corporal	Buena		Buena		Buena	
	Regular		Regular		Regular	
	Mala		Mala		Mala	
Evaluación de la piel y anexos.	Pelaje	Buena	Plumaje	Buena	Escamas u ostoedermos	Buena
		Regular		Regular		Regular
		Mala		Mala		Mala
	Garras, pezuñas uñas	Completas	Garras	Completas	Garras	Completas
		Fracturadas		Fracturadas		Fracturadas
		Pérdida total		Pérdida total		Pérdida total
	Cuernos y astas.	Completas	Ranfoteca	Completas	Ranfoteca y dientes	Completas
		Fracturadas		Fracturadas		Fracturadas

		Pérdida total		Pérdida total		Pérdida total
	Dientes	Completas	Podoteca	Completas	Caparazón	Completas
		Fracturadas		Fracturadas		Fracturadas
		Pérdida total		Pérdida total		Pérdida total
Evidencia de signos de enfermedad	Vocalización persistente		Vocalización persistente		Estiramiento del cuello	
	Decaimientos y muecas faciales		Decaimiento (renuente al ejercicio)		Decaimiento (renuente al ejercicio)	
	Temblores		Movimientos excesivos		Coloración oscura de la piel (saurios)	
	Chasquido de dientes		Ojos parcialmente cerrados		Ojos parcialmente cerrados y hundidos	
	Rechazo alimentarse		Pérdida de peso y/o rechazo a alimentarse		Pérdida de peso y/o rechazo a alimentarse	
	Pérdida de peso		Cuello retraído y alas abiertas		Piel reseca	
	Pilo erección		Respiración rápida y superficial		Respiración rápida y superficial	
	Respiración rápida y superficial		Dificultades en la locomoción		Dificultades en la locomoción	
	Dificultades en la locomoción		Plumaje erizado y sucio		Nado de lado (tortuga).	
Evaluación de lesiones físicas	Superficial: eritema de la piel.		Superficial: eritema de la piel		Superficial: eritema de la piel	
	Piel: perdida de epidermis y dermis		Piel: perdida de epidermis y dermis		Piel: perdida de epidermis y dermis	
	Necrosis: cutánea con compromiso subcutáneo		Necrosis: cutánea con compromiso subcutáneo.		Necrosis: cutánea con compromiso subcutáneo.	
	Compromiso muscular u óseo		Compromiso muscular u óseo.		Compromiso muscular u óseo.	
OBSERVACIONES:						

Se recomienda, si es posible, recapturar los animales liberados en un periodo determinado, para hacerles un examen clínico general, acompañado de pruebas paraclínicas, además, para evaluar presencia de anticuerpos contra agentes infecciosos y contaminantes (Mader, 1996).

Tiempo de seguimiento y monitoreo:

El periodo de seguimiento y de monitoreo está condicionado por el tipo de especie liberada, el hábitat, el personal disponible, entre otros (Cepeda et al. 2010). El monitoreo, se debe hacer por un tiempo de, al menos, 8 horas diarias, durante las primeras semanas de seguimiento, para observar la adaptación de los ejemplares al nuevo ambiente o para realizar medidas de manejo. Posteriormente, se sugiere ejecutar seguimientos mensuales, bimestrales o trimestrales, durante un 1 año, como mínimo (Beck et al. 1994; Seddon et al. 2007; Armstrong & Seddon, 2008; Mccarthy et al 2012).

Para nuestro caso el monitoreo se va concentrar en la superficie autorizada para cambio de uso de suelo en áreas forestales, durante las actividades del proyecto, con el objetivo de evitar el retorno y entrada de individuos a dicha área y que corra el riesgo de sufrir algún tipo de percance, incluso un accidente catastrófico de algún ejemplas de las especies registradas.

Tipo de intervenciones - medidas de apoyo:

Durante el proceso de seguimiento y de monitoreo, se pueden revisar, replantear o cancelar ciertas actuaciones previstas o, incluso, el propio programa, de acuerdo con los resultados obtenidos. Asimismo, incluir nuevas acciones que contribuyan a cumplir los objetivos planteados, para lograr la permanencia de la población reintroducida (Seddon, 1999). Las intervenciones, se deben hacer siempre que sean necesarias, principalmente, en animales que provengan de liberaciones blandas, siendo las más comunes las alimenticias, el control de depredadores, la construcción de refugios y recapturas (Seddon, 1999; Armstrong & Seddon, 2008).

Conforme a los resultado obtenidos con el programa de rescate y reubicación de fauna silvestre, se harán las intervenciones necesarias y estarán en función de los informes semestrales que se emitan a la autoridad correspondiente, la cual ordenara en tiempo y forma lo que se debe revisar, replantear o cancelar, de las actividades y resultados reportados.

Implementación de estrategias divulgativas en el área de reubicación:

Se recomienda ejecutar un programa de educación ambiental para sensibilizar a la comunidad acerca de la conservación de ecosistemas, su protección y propiciar un cambio de actitud, que favorezca la supervivencia de la especie en particular, en las áreas donde existe o es liberada (Leal *et al*. 2010). Esta información permitirá involucrar a las poblaciones humanas locales, como colaboradores del proyecto (IUCN/SCC, 2002). En Tabla 39, se presenta una descripción de estrategias divulgativas y las correspondientes actividades a desarrollar en ellas.

Tabla 430. Estrategias divulgativas en el área de reubicación y/o ahuyentamiento de fauna silvestre.

Estrategia	Descripción	Actividades a desarrollar
Elaboración y producción de material educativo idóneo.	Actividades de educación ambiental en las comunidades de manera directa con el programa	Elaborar cartillas, volantes, botones, stikers, videos. Producir material didáctico.

Estrategia	Descripción	Actividades a desarrollar
Realización de investigaciones científicas	Realizar investigaciones científicas en las diferentes etapas del proceso.	Ejecutar Tesis o Investigaciones de las liberaciones realizadas.
Divulgación de información relacionada con el proyecto	Participar y ofrecer espacios de información del proyecto de liberación a nivel local y regional.	Divulgar en eventos y en publicaciones científicos, periódicos locales, programas de televisión y radio, Internet y puntos de información
Generar alianzas	Generar alianzas entre autoridades ambientales, universidades, ONGs, administraciones locales y organizaciones comunitarias que estén trabajando por la conservaciones de especies faunísticas.	Vincular instituciones de trabajan en beneficio de las especies silvestres. Obtener aportes desde lo técnico, logístico y financiero, entre otros.
Trabajo en comunidad	Brindar pautas necesarias para un cambio de actitud con respecto a las liberaciones y crear un verdadero compromiso en ellas, en pro de la conservación. Enseñar a valorar y preservar los recursos naturales y a proteger los ejemplares liberados.	Implementar alternativas sostenibles que genere beneficios sociales y económicos a las comunidades locales. Fomentar la disminución de la captura o caza de animales silvestre. Vincular voluntarios de la comunidad que vigilen que no se presente capturas u caza de los individuos liberados. Capacitar a miembros de centros educativos, grupos económicos y la comunidad en general sobre la protección de las especies liberadas.

Por tratarse de un proyecto privado, se tiene contemplado como estrategias divulgativas la colocación de anuncios alusivos a evitar la caza ilegal de fauna silvestre y en su caso la

comercialización ilegal de la misma, en dichas estrategias no se contempla a las instituciones educativas, ni autoridades municipales, dado que el único responsable de ejecutar estas medidas es el promovente, tal cual se establece en dicho resolutivo.

Evaluación del programa de rescate y reubicación de flora silvestre:

El éxito de los programas de rescate y reubicación de especies silvestres es difícil de evaluar, porque normalmente está enfocado en los criterios post liberación y no en el proceso completo de recuperación, de rehabilitación, de liberación, de seguimiento y de monitoreo. La evaluación del programa implica la recolección de datos de forma periódica a corto, mediano y largo plazo, que permita conocer la efectividad del trabajo y de las metodologías implementadas, usando, para ello, indicadores previamente establecidos (Lozano, 2003; Armstrong & Seddon, 2008). En la Tabla 40, se presenta una propuesta de indicadores de evaluación de la fase de liberación, de seguimiento y de monitoreo de animales silvestres rehabilitados.

Tabla 431. Indicadores de evaluación de la fase de liberación, de seguimiento y de monitoreo de especies silvestres.

Componente	Indicador de éxito.
Ejemplares de fauna silvestre reubicados.	Número de animales sobrevivientes Número de animales en actividad reproductiva Número de nacimientos Número de animales enfermos. Número de animales recapturados. Número de animales muertos. Número de animales establecidos en una determinada área. Número de animales reintroducidos unidos a grupos naturales. Número de animales de los que se desconoce su fin. Número de animales desplazados a áreas diferentes al sitio de ahuyentamiento. Numero de conflictos de fauna reintroducida con los humanos. Número de animales usados como refuerzo poblacional.
Hábitat	Numero de estrategias implementadas para la conservación del hábitat utilizado para la reubicación. Numero de efectos generados por las poblaciones silvestres o individuos reintroducidos al hábitat,
Gestión del proyecto.	Total de fondos financieros para la ejecución del programa. Numero de reuniones para evaluación de la reubicación con personas e instituciones del área de influencia del proyecto de liberación. Numero de estrategias que permitan la continuidad de las acciones de protección, conservación y preservación de impactos al ambiental del área seleccionada para la reubicación.

Componente	Indicador de éxito.
	Número de intervenciones durante el proyecto. Numero de metas alcanzadas con el desarrollo e implementación de las acciones descritas en el proyecto de reubicación. Número de acciones correctivas implementadas.
Estrategias Educativas	Numero de materiales educativos. Numero de investigaciones científicas Numero de publicaciones. Total de alianzas durante el proceso de ejecución del programa. Numero de capacitaciones en centros educativos Numero de capacitaciones a la comunidad en general Total de voluntarios de la comunidad que vigilan que no se presente capturas y caza de los individuos reubicados.

Ante lo complicado y difícil que resulta evaluar los programa de liberación de flora silvestre según *(Lozano, 2003; Armstrong & Seddon, 2008),* situación de la cual no escapa nuestro programa de rescate y reubicación de flora silvestre, serán pocos los indicadores que se tomen en cuenta del modelo propuesto, entre ellos el; número de animales establecidos en una determinada área, es decir, los que serán ahuyentados al área propuesta a reubicación, como parte de los ejemplares reubicados.

10. Destrucción de hábitat de fauna silvestre.

Dada la cercanía de la superficie de cambio de uso de suelo con áreas donde actualmente se llevan a cabo actividades de explotación y trituración, donde el ruido y perturbación es permanente y en cuyas actividades se utilizan explosivos como parte del proceso de aprovechamiento de materiales pétreos, durante los recorridos de campo en los muestreos de flora y fauna silvestre no se encontraron indicios de que la superficie del proyecto se utilice como hábitat de fauna silvestre para aves, mamíferos y reptiles.

Asimismo dadas las condiciones del área a cambio de uso de suelo, donde no fue posible identificar la presencia de cañadas, oquedades, arroyos, ni cuerpos de agua perenes e intermitentes, se deduce que no existen la condiciones para albergar especies de mamíferos, aun y de porte pequeño, mucho menos especies de porte grande, aunado al grado de perturbación que existe optan por irse a lugares más lejanos para cumplir sus ciclos reproductivos donde existan mejores condiciones de seguridad y tranquilidad.

Si bien, fue posible identificar algunas especies dentro de la superficie de cambio de uso de suelo, esto fue gracias a la presencia de heces fecales, pelos y esqueletos, reforzados dichos criterios con entrevistas y testimonios de los lugareños, incluso por los mismos daños que algunas especies causan a los animales domésticos de las comunidades cercanas.

Tal como se manifestó líneas arriba, en el sistema ambiental existen bancos de materiales pétreos autorizados en donde se extrae roca caliza, en cuyo proceso de explotación, es necesario el empleo de explosivos bajo el cumplimiento de términos y condicionantes y la supervisión estricta de las autoridades competentes. Sin embargo, este no deja de ser un factor, sumado a otros de disturbio para la fauna silvestre, situación que se vio reflejada en los muestreos de este elemento biológico, al registrarse una muy baja presencia de especies tanto en el sistema ambiental y superficie del proyecto. Por lo que será de suma importancia aplicar estrictamente todas y cada una de las medidas de prevención y mitigación propuestas hacia la fauna silvestre, para garantizar no poner en riesgo los procesos de interacción de esta, con el resto de los recursos naturales y procurar un equilibrio e interrelación entre estos.

11. Fragmentación del ecosistema.

Tomando en cuenta que la zona se ha definido en los últimos 20 años como potencialmente para el aprovechamiento de piedra caliza, incluso para la fabricación de cal y los procesos propios de desarrollo urbano, entre ellos la expansión de las zonas urbanas y modernización de carreteras, estas actividades y condiciones antropogénicas indican que ya existen una fragmentación del ecosistema, en algunos casos sin la debida aplicación de medidas de prevención y mitigación de los impactos que estas han generado. Sin dejar de mencionar la cercanía del área de cambio de uso de suelo, con áreas colindantes donde ya se realiza la explotación y trituración de un banco de materiales.

Asimismo, la superficie que se solicita a cambio de uso de suelo en áreas forestales, está catalogada como vegetación de matorral crasicaule en proceso de degradación, lo que nos demuestra que dicha superficie total del proyecto en algún momento quedo desprovista de su vegetación original por actividades antropogénicas y en consecuencia esto genero su fragmentación.

Por el contrario, el cambio de uso de suelo en áreas forestales que solicita, se apegara a un marco jurídico normativo, cuyo objetivo es hacer un aprovechamiento de los recursos naturales a partir del principio de sustentabilidad, es decir, que todos aquellos recursos que se pudieran ver

afectados se sometan al cumplimiento de diversas medidas de prevención y mitigación con el objetivo de prevenir, mantener, en su caso evitar su destrucción.

12. Posibilidades de pérdida de fauna silvestre.

De acuerdo con el análisis de la composición faunística del sistema ambiental y la propia de la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, no existe ninguna posibilidad de pérdida de fauna silvestre, ya que las especies identificadas en la superficie del proyecto también fue posible su registro e identificación en el sistema ambiental, sumado a lo anterior se propone un programa de rescate y reubicación de fauna silvestre que incluye la totalidad de los individuos de las especies registradas e identificadas en la superficie propuesta a cambio de uso de suelo.

13. Introducción de especies exóticas.

Por la naturaleza del proyecto, este no contempla la introducción de especies exóticas, el manejo de especies faunísticas por medio de rescate y reubicación estará enfocado al registro e identificación en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales.

14. Pasos de fauna.

Dada su condición de movilidad de la fauna silvestre, existe la posibilidad de que la superficie propuesta cambio de uso de suelo en áreas forestales, sea utilizada como paso de algunas especies, es por ese motivo que se diseñó y propuso el programa de rescate y reubicación de la misma, con el objetivo de garantizar no causar ningún tipo daño accidental a la misma. El hecho de que el cambio de uso de suelo en áreas forestales se va ejecutar de forma paulatina esto nos va permitir que el impacto ambiental hacia la fauna silvestre no se deje sentir bruscamente y a la vez poder cumplir con los objetivos y metas planteadas en el dicho programa.

15. Cercado.

Para evitar establecer algún tipo de barrera incluso algún tipo de daño hacia algunas especies de fauna, no se contempla el cercado perimetral del área, ya que la ventaja de garantizar que esta no se vea disminuida es la forma en que se va ejecutar el cambio de uso de suelo, es decir, de forma gradual o paulatina conforme la demanda de los materiales pétreos.

16. Dispositivos anticolisión.

Para el caso del grupo de aves no se tiene contemplado ningún tipo de dispositivo de anticolisión ya que las especies registradas e identificadas no presentan con alta carga alar o baja relación de aspecto (alas cortas y anchas), es decir, son de alta maniobrabilidad y/o movilidad. De igual manera por el tipo de proyecto, sus actividades principales estarán supeditadas a ejecutarse a

nivel del terreno, es decir, este no demanda grandes estructuras aéreas que pudiera ocasionar la colisión de aves por accidente.

Dado que el programa de rescate y reubicación fauna silvestre contempla métodos de rescate, técnica de captura y ahuyentamiento y sus actividades están planeadas a ejecutarse semanalmente durante el periodo de ejecución del cambio de uso de suelo, esto nos permitirá tener vigilancia permanente en los frentes de trabajo, lo que permitirá auxiliar en dado caso a especies que pudiesen transitar por estos lugares.

Considerando que la gran mayoría de las especies de flora y fauna silvestre identificadas en la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales se encuentran bastamente distribuidas en sistema ambiental y los programas de rescate y reubicación propuestos, que incluyen sin excepción todas las especies identificadas, incluidas algunas que por su temporalidad no fueron encontradas en el sistema ambiental, queda demostrado que la biodiversidad se mantiene aún con la ejecución del cambio de uso de suelo en áreas forestales.

Tabla 432. Matriz cuantitativa de la aplicación de las medidas de prevención y mitigación a los posibles impactos ambientales generados por el proyecto.

FACTORES AMBIENTALES		IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS	ATRIBUTOS DEL IMPACTO																																	
					INTENSIDAD O MAGNITUD (IN)					EXTENSION (EX)					MOMENTO (MO)				PERSISTENCIA (PE)			REVESIBILIDAD (RV)			SINERGIA			ACUMU LACION (AC)		EFECTO (EF)		PERIO DICIDAD (PR)			RECUPERABILIDAD (MC)				IMPORTANCIA DEL IMPACTO/ACTIVIDAD
				SIGNO	BAJA (1)	MEDIA (2)	ALTA (4)	MUY ALTA (8)	TOTAL (12)	PUNTUAL (1)	PARCIAL (2)	EXTENSA (4)	TOTAL (8)	CRITICA (+4)	LARGO PLAZO (1)	MEDIO PLAZO (2)	INMEDIATO (4)	CRITIO (+4)	FUGAZ (1)	TEMPORAL (2)	PERMANENTE (4)	CORTO PLAZO (1)	NEDIO PLAZO (2)	IRREVERSIBLE (4)	SIN SINERGIA/AISLADO (1)	SINERGICO (2)	MUY SINERGICO (4)	SIMPLE (1)	ACUMULATIVO (4)	INDIRECTO/SECUNDARIO (1)	DIRECTO/PRIMARIO (4)	DISCONTINUO (1)	PERIODICO (2)	CONTINUO (4)	RECUPERABLE DE INMEDIATO (1)	MITIGABLE A MEDIO PLAZO (2)	MITIGABLE A LARGO PLAZO (4)	IRRECUPERABLE (4)	
Factores bióticos	Vegetación (Flora silvestre)	Protección del suelo.	Construcción de barreras de piedra en curvas de nivel.	-	0	0	-12	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-34
		Cobertura vegetal.	Programa de rescate y reubicación de flora silvestre.	-	0	0	-12	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-34
		Riqueza y especies NOM-059.	Subprograma de rescate y reubicación de especies de flora silvestre enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Hábitat de fauna silvestre	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.	-	-3	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-25
		Distribución	Programa de rescate y reubicación de flora silvestre.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Almacenamiento de carbono.	Programa de reforestación de especies nativas y de auxilio a la	-	-3	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-25

FACTORES AMBIENTALES	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS	ATRIBUTOS DEL IMPACTO																																
				INTENSIDAD O MAGNITUD (IN)					EXTENSION (EX)					MOMENTO (MO)				PERSISTENCIA (PE)			REVESIBILIDAD (RV)			SINERGIA			ACUMU LACION (AC)		EFECTO (EF)		PERIO DICIDAD (PR)			RECUPERABILIDAD (MC)				IMPORTANCIA DEL IMPACTO/ACTIVIDAD
			SIGNO	BAJA (1)	MEDIA (2)	ALTA (4)	MUY ALTA (8)	TOTAL (12)	PUNTUAL (1)	PARCIAL (2)	EXTENSA (4)	TOTAL (8)	CRITICA (+4)	LARGO PLAZO (1)	MEDIO PLAZO (2)	INMEDIATO (4)	CRITIO (+4)	FUGAZ (1)	TEMPORAL (2)	PERMANENTE (4)	CORTO PLAZO (1)	NEDIO PLAZO (2)	IRREVERSIBLE (4)	SIN SINERGIA/AISLADO (1)	SINERGICO (2)	MUY SINERGICO (4)	SIMPLE (1)	ACUMULATIVO (4)	INDIRECTO/SECUNDARIO (1)	DIRECTO/PRIMARIO (4)	DISCONTINUO (1)	PERIODICO (2)	CONTINUO (4)	RECUPERABLE DE INMEDIATO (1)	MITIGABLE A MEDIO PLAZO (2)	MITIGABLE A LARGO PLAZO (4)	IRRECUPERABLE (4)	
		restauración del sitio.																																			
	Fauna silvestre	Perturbación y ahuyentamiento	Programa de control de daños a la fauna silvestre.	-	0	0	-12	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-34
		Reproducción (ciclos)	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Destrucción de hábitat	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.	-	0	0	-12	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-34
		Riqueza y especies NOM-059	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Áreas de refugio	Control de la caza furtiva de fauna silvestre.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Pautas de comportamiento	Control de la caza furtiva de fauna silvestre.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
Factores [illegible]	Suelo	Sostén a la vegetación.	Programa de restauración del sitio con reforestación de especies nativas.	-	0	0	-12	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-34

FACTORES AMBIENTALES	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS	ATRIBUTOS DEL IMPACTO																																	
				INTENSIDAD O MAGNITUD (IN)					EXTENSION (EX)					MOMENTO (MO)				PERSISTENCIA (PE)			REVESIBILIDAD (RV)			SINERGIA			ACUMU LACION (AC)		EFECTO (EF)		PERIO DICIDAD (PR)			RECUPERABILIDAD (MC)				IMPORTANCIA DEL IMPACTO/ACTIVIDAD
			SIGNO	BAJA (1)	MEDIA (2)	ALTA (4)	MUY ALTA (8)	TOTAL (12)	PUNTUAL (1)	PARCIAL (2)	EXTENSA (4)	TOTAL (8)	CRITICA (+4)	LARGO PLAZO (1)	MEDIO PLAZO (2)	INMEDIATO (4)	CRITIO (+4)	FUGAZ (1)	TEMPORAL (2)	PERMANENTE (4)	CORTO PLAZO (1)	NEDIO PLAZO (2)	IRREVERSIBLE (4)	SIN SINERGIA/AISLADO (1)	SINERGICO (2)	MUY SINERGICO (4)	SIMPLE (1)	ACUMULATIVO (4)	INDIRECTO/SECUNDARIO (1)	DIRECTO/PRIMARIO (4)	DISCONTINUO (1)	PERIODICO (2)	CONTINUO (4)	RECUPERABLE DE INMEDIATO (1)	MITIGABLE A MEDIO PLAZO (2)	MITIGABLE A LARGO PLAZO (4)	IRRECUPERABLE (4)	
	Generación de erosión hídrica y eólica.	Construcción de barreras de piedra en curvas de nivel.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
	Modif de Caract., físicas y químicas.	Rescate del suelo en los primeros 20 centímetros de S-CUSAF.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
	Partículas a la atmosfera	Riegos periódicos con agua tratada.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Estudios perimetrales de partículas 2.5 y 10.	-	1	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-27
Agua	Infiltración (Cantidad)	Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras.	-	0	0	-12	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-34
	Recarga	Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras.	-	0	0	-12	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-34
	Contaminación superficial (Calidad)	Colocación de letrinas portátiles.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Colocación de contenedores para residuos sólidos urbanos.	-	1	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-27

FACTORES AMBIENTALES	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS	ATRIBUTOS DEL IMPACTO																																
				INTENSIDAD O MAGNITUD (IN)					EXTENSION (EX)					MOMENTO (MO)				PERSISTENCIA (PE)			REVESIBILIDAD (RV)			SINERGIA			ACUMU LACION (AC)		EFECTO (EF)		PERIO DICIDAD (PR)			RECUPERABILIDAD (MC)				IMPORTANCIA DEL IMPACTO/ACTIVIDAD
			SIGNO	BAJA (1)	MEDIA (2)	ALTA (4)	MUY ALTA (8)	TOTAL (12)	PUNTUAL (1)	PARCIAL (2)	EXTENSA (4)	TOTAL (8)	CRITICA (+4)	LARGO PLAZO (1)	MEDIO PLAZO (2)	INMEDIATO (4)	CRITIO (+4)	FUGAZ (1)	TEMPORAL (2)	PERMANENTE (4)	CORTO PLAZO (1)	NEDIO PLAZO (2)	IRREVERSIBLE (4)	SIN SINERGIA/AISLADO (1)	SINERGICO (2)	MUY SINERGICO (4)	SIMPLE (1)	ACUMULATIVO (4)	INDIRECTO/SECUNDARIO (1)	DIRECTO/PRIMARIO (4)	DISCONTINUO (1)	PERIODICO (2)	CONTINUO (4)	RECUPERABLE DE INMEDIATO (1)	MITIGABLE A MEDIO PLAZO (2)	MITIGABLE A LARGO PLAZO (4)	IRRECUPERABLE (4)	
	Contaminación subterránea (Calidad)	Medida de protección a cauces federales según Dictamen de la CONAGUA.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Aislamiento y delimitación de la zona federal de los arroyos El Barrosal y Bernal.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Delimitación de la franja de protección para proteger los Arroyos El Barrosal y Bernal.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Delimitación de las áreas propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre para proteger los arroyos El Barrosal y Bernal.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28

FACTORES AMBIENTALES	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS	ATRIBUTOS DEL IMPACTO																																
				INTENSIDAD O MAGNITUD (IN)					EXTENSION (EX)					MOMENTO (MO)				PERSISTENCIA (PE)			REVESIBILIDAD (RV)			SINERGIA			ACUMU LACION (AC)		EFECTO (EF)		PERIO DICIDAD (PR)			RECUPERABILIDAD (MC)				IMPORTANCIA DEL IMPACTO/ACTIVIDAD
			SIGNO	BAJA (1)	MEDIA (2)	ALTA (4)	MUY ALTA (8)	TOTAL (12)	PUNTUAL (1)	PARCIAL (2)	EXTENSA (4)	TOTAL (8)	CRITICA (+4)	LARGO PLAZO (1)	MEDIO PLAZO (2)	INMEDIATO (4)	CRITIO (+4)	FUGAZ (1)	TEMPORAL (2)	PERMANENTE (4)	CORTO PLAZO (1)	NEDIO PLAZO (2)	IRREVERSIBLE (4)	SIN SINERGIA/AISLADO (1)	SINERGICO (2)	MUY SINERGICO (4)	SIMPLE (1)	ACUMULATIVO (4)	INDIRECTO/SECUNDARIO (1)	DIRECTO/PRIMARIO (4)	DISCONTINUO (1)	PERIODICO (2)	CONTINUO (4)	RECUPERABLE DE INMEDIATO (1)	MITIGABLE A MEDIO PLAZO (2)	MITIGABLE A LARGO PLAZO (4)	IRRECUPERABLE (4)	
		Cumplimiento del Reglamento en materia de bancos de materiales pétreos, para evitar impactos ambientales por el efecto de los cortes en los frentes de explotación.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Elaboración de estudios perimetrales de partículas.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
		Obras de regulación y mitigación de escurrimientos para proteger los arroyos El Barrosal y Bernal.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
Relieve	Paisaje	Programa de restauración del sitio con reforestación de especies nativas.	-	0	0	-12	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-34
	Suelo	Construcción de barreras de	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28

FACTORES AMBIENTALES		IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS	ATRIBUTOS DEL IMPACTO																																	
					INTENSIDAD O MAGNITUD (IN)					EXTENSION (EX)					MOMENTO (MO)				PERSISTENCIA (PE)			REVESIBILIDAD (RV)			SINERGIA			ACUMU LACION (AC)		EFECTO (EF)		PERIO DICIDAD (PR)			RECUPERABILIDAD (MC)				IMPORTANCIA DEL IMPACTO/ACTIVIDAD
				SIGNO	BAJA (1)	MEDIA (2)	ALTA (4)	MUY ALTA (8)	TOTAL (12)	PUNTUAL (1)	PARCIAL (2)	EXTENSA (4)	TOTAL (8)	CRITICA (+4)	LARGO PLAZO (1)	MEDIO PLAZO (2)	INMEDIATO (4)	CRITIO (+4)	FUGAZ (1)	TEMPORAL (2)	PERMANENTE (4)	CORTO PLAZO (1)	NEDIO PLAZO (2)	IRREVERSIBLE (4)	SIN SINERGIA/AISLADO (1)	SINERGICO (2)	MUY SINERGICO (4)	SIMPLE (1)	ACUMULATIVO (4)	INDIRECTO/SECUNDARIO (1)	DIRECTO/PRIMARIO (4)	DISCONTINUO (1)	PERIODICO (2)	CONTINUO (4)	RECUPERABLE DE INMEDIATO (1)	MITIGABLE A MEDIO PLAZO (2)	MITIGABLE A LARGO PLAZO (4)	IRRECUPERABLE (4)	
			piedra en curvas de nivel.																																			
		Topografía	Programa de restauración del sitio con reforestación de especies nativas.	-	0	0	-12	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-34
	Ambiental. Atmosfera		Riegos periódicos con agua tratada.	-	0	-6	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	-2	0	-1	0	0	0	-4	0	-1	0	0	-4	0	-2	0	0	-2	0	0	-28
Factores socioeconómicos	Social	Calidad de vida	Sin Medidas	+	0	0	0	0	12	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
		Oportunidades	Sin Medidas	+	0	0	0	0	12	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
		Seguridad pública	Sin Medidas	+	0	0	0	0	12	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
	Economía	Empleos directos	Sin Medidas	+	0	0	0	0	12	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
		Empleos indirectos	Sin Medidas	+	0	0	0	0	12	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
		Economía familiar	Sin Medidas	+	0	0	0	0	12	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
		Economía local	Sin Medidas	+	0	0	0	0	12	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60
		Economía regional	Sin Medidas	+	0	0	0	0	12	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	8	60

En el **Escenario Sin Medidas**, el proyecto presentaba un perfil de alto riesgo con **10 impactos Severos y 4 Moderados**, concentrados en los componentes de Vegetación (flora silvestre), fauna silvestre, agua y relieve, lo que presumiblemente hacía inviable el proyecto. Tras la aplicación del Plan de Manejo Ambiental (**Escenario Con Medidas**), el 100% de los impactos **Severos** se redujeron a la categoría de **Moderados**, y los impactos **Moderados** se mantuvienro con menos carga negativa, concluyendo que los impactos ambientales del proyecto son tolerables y ambientalmente viables, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 433. Caracterización de impactos ambientales en distintos escenarios, sin y con la aplicación de prevención, mitigación, restauraciòn y compensación ambiental.

FACTORES AMBIENTALES		IMPACTO AMBIENTAL	Importancia Ambiental		Importancia Ambiental	
			Escenario Si Medidas		Escenario Con Medidas	
			Importancia	Clasificacion	Importancia	Clasificacion
Factores bióticos	Vegetación (Flora silvestre)	Protección del suelo.	-61	Severo	-34	Moderado
		Cobertura vegetal.	-61	Severo	-34	Moderado
		Riqueza y especies NOM-059.	-31	Moderado	-28	Moderado
		Hábitat de fauna silvestre	-28	Moderado	-25	Moderado
		Distribución	-31	Moderado	-28	Moderado
		Almacenamiento de carbono.	-28	Moderado	-25	Moderado
	Fauna silvestre	Perturbación y ahuyentamiento	-61	Severo	-34	Moderado
		Reproducción (ciclos)	-31	Moderado	-28	Moderado
		Destrucción de hábitat	-61	Severo	-34	Moderado
		Riqueza y especies NOM-059	-31	Moderado	-28	Moderado
		Áreas de refugio	-31	Moderado	-28	Moderado
		Pautas de comportamiento	-31	Moderado	-28	Moderado
Factores abióticos	Suelo	Sostén a la vegetación.	-61	Severo	-34	Moderado
		Generación de erosión hídrica y eólica.	-31	Moderado	-28	Moderado
		Modif de Caract., físicas y químicas.	-31	Moderado	-28	Moderado
		Partículas a la atmosfera	-31	Moderado	-28	Moderado
	Agua	Infiltración (Cantidad)	-61	Severo	-34	Moderado

		Recarga	-61	Severo	-34	Moderado
		Contaminación superficial (Calidad)	-31	Moderado	-28	Moderado
		Contaminación subterránea (Calidad)	-31	Moderado	-28	Moderado
	Relieve	Paisaje	-61	Severo	-34	Moderado
		Suelo	-61	Severo	-28	Moderado
		Topografía	-61	Severo	-34	Moderado
	Ambiental	Atmosfera	-31	Moderado	-28	Moderado
Factores socioeconómicos	**Social**	Calidad de vida	60	Severo	60	Severo
		Oportunidades	60	Severo	60	Severo
		Seguridad pública	60	Severo	60	Severo
	Economía	Empleos directos	60	Severo	60	Severo
		Empleos indirectos	60	Severo	60	Severo
		Economía familiar	60	Severo	60	Severo
		Economía local	60	Severo	60	Severo
		Economía regional	60	Severo	60	Severo

IV.6 Impactos residuales

Según el Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental. *Impacto ambiental residual es, el impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.* En este tenor los impacto ambientales generalmente pueden ser mitigados o reducidos con la aplicación de las medidas correctivas que se proponen. Sin embargo, existen impactos que por la naturaleza del proyecto carecen de medidas de mitigación que aminoren los efectos negativos en sitio del proyecto.

A partir de lo anterior y una vez aplicada la metodología desarrollada por Cox (1978) y modificada por Conesa 1993, desarrollada para la identificación y descripción de los impactos ambientales en la presente manifestación de impacto ambiental se concluye que los impactos residuales generados por el proyecto son los siguientes los cuales serán mitigados con la aplicación de las siguientes medidas:

Tabla 434. Matriz de impactos residuales y propuesta de medidas de mitigación.

Factores/Actividades		Impactos residuales potenciales	Medidas de mitigación propuestas
Factores abióticos	**Relieve**	Perdida irreversible del relieve y la topografía original.	1. Compensación económica al Fondo Forestal Mexicano por el CUSTF, que en la materia ya aconteció. 2. Fianza Ambiental o Garantía Financiera. 3. Ejecución del programa de restauración con el auxilio de reforestación con especies nativas. 4. Ejecución del Programa y Subprograma de rescate y reubicación de flora silvestre. 5. Ejecución de los Programas de rescate y reubicación, el de control de daños y de prevención de caza ilegal de flora silvestre. 6. Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras. 7. En general todas las contempladas en el Programa de Vigilancia Ambiental del presente estudio.
	Calidad del paisaje	Pérdida definitiva del paisaje	
	Suelo	Pérdida definitiva de la estructura del suelo	
	Agua	Modificación definitiva de los patrones de escurrimiento superficial	
Factores bióticos	**Vegetación**	Perdida de conectividad.	
	Fauna	Fragmentación permanente del hábitat	

Aún con la implementación de las medidas de mitigación es posible esperar impactos residuales, principalmente en cuatro elementos como son vegetación, suelo, agua, paisaje, en el aspecto socioeconómico dentro de los beneficios esperados están la generación de empleos, calidad de vida y mejoramiento económico familiar y local.

En el caso de la vegetación y el suelo son los elementos del medio ambiente que recibirán la mayor afectación, pues el suelo se modificará definitivamente sus características físico-químicas y en el perfil estratigráfico producto de los cortes y en general por la compactación. Sin embargo, específicamente en el suelo con las medidas de mitigación propuesta se prevé que el mismo una vez restituido como medida de rescate por medio del mantillo hacia el área propuesta de reubicación.

La eliminación de la vegetación aunque se propone el programa de rescate y reubicación de especies, el área del sitio permanecerá sin la cubierta vegetal.

Como se ha hecho hincapié, la fauna silvestre no sufrirá daño alguno, ya que existe una baja presencia de fauna silvestre la cual obedece a las condiciones actuales de la superficie de cambio de uso de suelo en áreas forestales, por su condición de ubicación con respecto a infraestructura como el camino de acceso que registra un intenso movimiento en actividades agropecuarias y algunas de las actividades antropogénicas que se practican tanto en el predio como la zona, tal

es el caso de actividades extractivas, cacería ilegal, ganadería extensiva y aprovechamiento de leña principalmente.

En el agua, sobre todo la superficial específicamente la filtración y escorrentía no sufrirá impactos residuales en su ciclo, también con las medidas de mitigación se prevendrán su posible contaminación.

Indudablemente es el aspecto socioeconómico en donde se presentarán todos los beneficios, como ya se dijo en la generación de empleos, calidad de vida y generación económica a nivel familiar y local.

IV.7 Pronósticos ambientales y en su caso, evaluación de alternativas

IV.7.1 Pronóstico del escenario

Escenario actual sin la ejecución del proyecto

Si consideramos el grado de degradación del suelo como el principal factor que determina el grado de conservación del medio biótico, basado en que los suelos totalmente degradados presentan de escasa a nula vegetación, mientras que por otro lado, en suelos donde la degradación es de baja a nula, se presenta una mayor cobertura y en consecuencia de biomasa.

En este sentido, si bien actualmente la superficie presenta una sola condición, es decir, vegetación de matorral crasicaule en proceso de degradación, donde es evidente que en dicha superficie se practican actividades antropogénicas como ganadería y aprovechamiento de autoconsumo, y donde se puede apreciar un alto grado de degradación del suelo y la vegetación, respecto al suelo se puede observar erosión de tipo laminar y en áreas con pequeñas depresiones se puede ver la existencia de cárcavas, en relación a la vegetación, esta se encuentra en proceso de degradación, sin embargo, en casi toda el área por el efecto de la erosión, se ha perdido la totalidad de la capa del suelo, principalmente las que presentan una pendiente significativa, quedando al descubierto el lecho rocoso, en consecuencia prematuramente se han pedido los servicios ambientales que estos dos elementos, suelo y vegetación, generan al medio ambiente.

Escenario con la ejecución del proyecto sin las medidas de mitigación.

De ejecutarse el cambio de uso de suelo en áreas forestales sin la debida aplicación de medidas de prevención y mitigación, el efecto que este traería sería poco significativo hacia ciertos

elementos como el suelo, la vegetación y fauna silvestre, toda vez que como se explicó líneas arribas, estos elementos ya presentan un grado de degradación significativo, que aunque existe un área de vegetación primaria, esta se encuentra en proceso de degradación, esta condición prácticamente se encuentra homogenizada en toda la superficie del proyecto, por lo anterior, el impacto mayor del proyecto, seria en la modificación del relieve por las actividades de explotación, es decir, por el hecho de los cortes que esto implica.

Aunque las condiciones del área del proyecto no son del todo las óptimas para este tipo de ecosistemas, de ejecutarse el proyecto sin la aplicación de las medidas de prevención y mitigación esto tendería a incrementar las condiciones de degradación, trayendo como consecuencia el incremento en los índices de erosión estimados y de la infiltración de agua de lluvia, la perdida de especies de flora y fauna silvestre con alguna restricción ecológica y el incremento en los niveles de suspensión de partículas sin dejar de mencionar que se pudieran contaminar las aguas superficiales y subterráneas.

Escenario con la ejecución del proyecto con las medidas de mitigación.

Así pues, habremos de exponer que el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, es un proceso destinado a mejorar al sistema de toma de decisiones públicas, orientado a resguardar que las opciones de proyectos, programas o políticas en consideración, sean ambiental y socialmente sustentables, dicho proceso se vincula con la identificación, la predicción y la evaluación de impactos relevantes, proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en que se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas. Logra concluirse pues, que el carácter preventivo del estudio de impacto ambiental es para obtener conocimiento de la realización de la obra o actividad pueda generar desequilibrio ecológico grave e irreparable, o daños a la salud pública o a los ecosistemas involucrados.

Es decir, de autorizarse el proyecto, el área se incursiona en un esquema normativo establecido por la legislación ambiental vigente y bajo una categoría de manejo sustentable de los recursos naturales del predio, condiciones que carecen la mayoría de los proyecto de esta naturaleza en el municipio y en la región del semidesierto.

Como ha quedado demostrado con la aplicación de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales, no se compromete la biodiversidad, no provocará la erosión de los suelos,

no disminuirá ni la cantidad ni la calidad del agua ni la capacidad de almacenamiento de carbono y el uso que se propone es más redituable a largo plazo que el uso actual del área del proyecto.

Sin duda se han pronosticado impactos ambientales negativos, que afectarán principalmente la flora y la fauna, el suelo, el paisaje y el relieve dentro de los factores del ambiente más perjudicados, sin embargo, con las medidas de prevención y mitigación, estos serán prevenidos y mitigados, para el caso de la vegetación con la aplicación del programa y subprograma de rescate y reubicación de especies y protección de la vegetación aledaña, se va garantizar mantener la biodiversidad del ecosistema afectado, principalmente aquellas especies bajo alguna restricción ecológica.

En relación a la fauna silvestre se espera que no haya afectaciones en la misma, ya que se está proponiendo el programa de rescate y reubicación que incluye la totalidad de todas las especies identificadas y registradas en la superficie del proyecto. En este sentido no se pondrá en riesgo especies bajo alguna restricción ecológica al no registrarse su presencia durante los muestreos.

Para garantizar evitar afectaciones al suelo se propone su rescate, almacenamiento y conservación con el fin de reutilizarlo en las acciones de restauración del sitio que sin duda su función será regenerar el área de nueva vegetación nativa del predio, por lo que se prevé que no se provocara la erosión del mismo, ya que sumado a lo anterior, se propone la construcción de barreras de piedra acomodada en curvas de nivel a fin de retener la cantidad de sedimentos estimados con la ejecución del cambio de uso de suelo.

Se espera que durante la vida útil del proyecto, únicamente se presenten impactos ambientales relacionados con la explotación del banco de materiales y su proceso de trituración, sin embargo, estos serán atendidos conforme la legislación ambiental aplicable, es decir, se dará cumplimiento con esta, tal como sea ordenada en la respectiva licencia de explotación emitida por la SEDESU y las disposiciones que ordene el municipio de Tolimán.

De los beneficios esperados durante el proceso de restauración del sitio, es que a través de la reincorporación del suelo fértil a la superficie explotada, se recuperen los servicios ambientales de sostén y se brinden los nutrientes suficientes a las especies reforestadas para que estas, una vez establecidas, nos proporcionen la cobertura vegetal que permitan la protección de suelo, la captación del agua de lluvia suficiente para que en suma se recuperen los índices de infiltración que se tenían originalmente, así mismo se vallan restableciendo las condiciones naturales que permitan recuperar el hábitat hacia la fauna silvestre y la absorción de contaminantes y en

consecuencia la recuperación de la capacidad de almacenamiento de carbono y en su caso, la regulación de fenómenos meteorológicos, es decir, ir recuperando los servicios ambientales que se pusieron en receso durante la vida útil del proyecto y que se brindaban antes del cambio de uso de suelo.

Si bien como ha quedado demostrado que la fauna silvestre dentro del proyecto es casi nula, en si la existente es igual de importante, es por ello que se garantizara su permanencia en el ecosistema con la aplicación del programa de rescate y reubicación y el programa de prevención de daños a la misma.

Para el paisaje incluyendo el relieve, una vez concluida la vida útil del proyecto, con la restitución del suelo fértil se prevé regresar el área a su escenario actual en cuanto a cobertura vegetal y suelo propiciando con ello el hábitat para la fauna silvestre y generando los mismos patrones hidrológicos actuales llámese filtración y escurrimiento.

Con la aplicación de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales hacia el elemento agua, se espera mantener los índices de infiltración que serán interrumpidos con el cambio de uso de suelo y se prevé que no haya afectaciones a la calidad del agua, más allá de la situación actual que presenta este recurso hidrológico, en este mismo sentido, tampoco habrá afectaciones a cauces, ríos o cuerpos de agua, ya que los arroyos más cercanos al área del proyecto, se encuentran delimitados y validados por la CONAGUA, mismos que serán aislados mediante la colocación de mojoneras donde, durante la vida útil del proyecto quedará prohibido verter todo tipo de sedimentos o residuos generados por el proyecto.

El medio socioeconómico será el más impactado positivamente, mejorando considerablemente la calidad de vida, mediante la generación de empleos y la derrama económica a nivel familiar y local, y más aún al ofertar productos derivados de esquema conforme lo marca la legislación ambiental vigente.

IV.7.2 Programa de vigilancia ambiental.

El programa de vigilancia se presenta como complemento de las actividades de prevención y mitigación de los impactos causados por el proyecto, pues ayuda a dar seguimiento al cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), a las acciones de monitoreo y seguimiento para hacer la supervisión del proyecto y a los factores impactados: la vegetación, la fauna, el suelo, el aire, el agua y el paisaje.

Objetivos

El presente programa de vigilancia ambiental incluido en la Manifestación de Impacto Ambiental persigue los siguientes objetivos.

1. Verificar el cumplimiento de las medidas de prevención y mitigación contempladas en el proyecto y las establecidas por la autoridad normativa correspondiente.
2. Realizar una vigilancia y supervisión continua de las actividades operativas por parte del promovente y autoridades competentes.

Tabla 435. Matriz de interacción de las medidas de prevención y mitigación de impactos.

FACTOR AMBIENTAL	ETAPA Y/O ACTIVIDAD DE CUSAF	IMPACTO AMBIENTAL GENERADO	MEDIDAS PROPUESTAS	NATURALEZA			
				Preventiva	Mitigación	Compensación	Reparación
Vegetación (Flora)	Desmonte y/o eliminación de la vegetación forestal en la S - CUSAF.	Eliminación de la protección y sostén que esta le brinda al suelo.	Construcción de barreras de piedra en curvas de nivel.		X		
		Disminución de la cobertura vegetal.	Programa de rescate y reubicación de flora silvestre.		X	X	
		Riqueza y especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Subprograma de rescate y reubicación de especies de flora silvestre enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	X	X	X	
		Déficit de infiltración de agua.	Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras		X		
		Afectación al hábitat de fauna silvestre.	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.	X			
			Detección de especies en la etapa de reproducción.	X			

FACTOR AMBIENTAL	ETAPA Y/O ACTIVIDAD DE CUSAF	IMPACTO AMBIENTAL GENERADO	MEDIDAS PROPUESTAS	NATURALEZA			
				Preventiva	Mitigación	Compensación	Reparación
		Disminución de la capacidad de captura de carbono.	Programa de reforestación de especies nativas y de auxilio a la restauración del sitio.			X	
Suelo	Despalme o remoción de la capa fértil.	Afectación a la función de sostén que se le brinda a la vegetación forestal.	Construcción de barreras de piedra en curvas de nivel.	X	X		
		Generación de erosión hídrica y eólica.					
			Programa de restauración del sitio con reforestación de especies nativas.				X
		Modificación de las características físicas y químicas del suelo.	Rescate del suelo en los primeros 20 centímetros de S-CUSAF.	X			
		Generación de partículas suspendidas a la atmosfera.	Riegos periódicos con agua tratada.		X		
			Estudios perimetrales de partículas 2.5 y 10.	X			
Agua	Desmonte y despalme de la S - CUSAF.	Déficit de infiltración de agua.	Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras.		X	X	
		Contaminación de escurrimientos superficiales y aguas subterráneas.	Evitar el derrame de sustancias por concepto de reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo.	X			
			Colocación de letrinas portátiles.	X			

FACTOR AMBIENTAL	ETAPA Y/O ACTIVIDAD DE CUSAF	IMPACTO AMBIENTAL GENERADO	MEDIDAS PROPUESTAS	NATURALEZA			
				Preventiva	Mitigación	Compensación	Reparación
			Colocación de contenedores para residuos sólidos urbanos.	X			
			Medida de protección a cauces federales según Dictamen de la CONAGUA. Aislamiento y delimitación de la zona federal de los arroyos El Barrosal y Bernal.	X			
		Incrementos de escurrimientos futuros	Delimitación de la franja de protección para proteger los arroyos El Barrosal y Bernal.	X			
			Delimitación de las áreas propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre para proteger los arroyos El Barrosal y Bernal.	X			
			Cumplimiento del Reglamento en materia de bancos de materiales pétreos, para evitar impactos ambientales por el efecto de los cortes en los frentes de explotación.	X			
			Elaboración de estudios perimetrales de partículas.	X	X		

FACTOR AMBIENTAL	ETAPA Y/O ACTIVIDAD DE CUSAF	IMPACTO AMBIENTAL GENERADO	MEDIDAS PROPUESTAS	NATURALEZA			
				Preventiva	Mitigación	Compensación	Reparación
			Obras de regulación y mitigación de escurrimientos para proteger los arroyos El Barrosal y Bernal.	X	X		
Fauna silvestre	Desmonte y despalme de la S - CUSAF.	Ahuyentamiento de fauna silvestre.	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.	X	X	X	
		Destrucción del hábitat para fauna silvestre.	Programa de control de daños a la fauna silvestre.	X	X	X	
			Control de la caza furtiva de fauna silvestre.	X	X	X	

Cabe señalar que con las medidas de prevención y mitigación se verán compensados los impactos ocasionados al agua, en los parámetros de filtración y escorrentía, así como al relieve una vez que se lleven a cabo dichas actividades.

La efectividad de la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación, se informará en los respectivos informes periódicos, establecidos en el resolutivo correspondiente que será entregado en forma y tiempo a las dependencias competentes en la materia.

Se llevará un control de la aplicación de las diferentes medidas de prevención mitigación y compensación en una bitácora que se dispondrá en el sitio del proyecto, la cual estará a cargo del promovente. En este sentido, el promovente será el único responsable de la aplicación de estas y las que ordene la autoridad de las medidas de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales. Por lo que las medidas se llevarán a cabo bajo la siguiente calendarización.

Tabla 436. Calendarización de aplicación y vigilancia de las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales.

FACTOR AMBIENTAL	MEDIDAS PROPUESTAS	PERIODO DE EJECUCIÓN (AÑOS)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	15	16
Vegetación (Flora)	Construcción de barreras de piedra en curvas de nivel.																
	Programa de rescate y reubicación de flora silvestre.																
	Subprograma de rescate y reubicación de especies de flora silvestre enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.																
	Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras																
	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.																
	Detección de especies en la etapa de reproducción.																
	Programa de reforestación de especies nativas y de auxilio a la restauración del sitio.																
Suelo	Construcción de barreras de piedra en curvas de nivel.																
	Programa de restauración del sitio con reforestación de especies nativas.																
	Rescate del suelo en los primeros 20 centímetros de S-CUSAF.																
	Riegos periódicos con agua tratada.																
	Estudios perimetrales de partículas 2.5 y 10.																
Agua	Construcción de tinas ciegas o zanjas trincheras.																
	Evitar el derrame de sustancias por concepto de reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo.																
	Colocación de letrinas portátiles.																
	Colocación de contenedores para residuos sólidos urbanos.																
	Medida de protección a cauces federales según Dictamen de la CONAGUA.																

	Aislamiento y delimitación de la zona federal de los arroyos El Barrosal y Bernal.																
	Delimitación de la franja de protección para proteger los Arroyos El Barrosal y Bernal.																
	Delimitación de las áreas propuestas a rescate y reubicación de flora silvestre para proteger los arroyos El Barrosal y Bernal.																
	Cumplimiento del Reglamento en materia de bancos de materiales pétreos, para evitar impactos ambientales por el efecto de los cortes en los frentes de explotación.																
	Elaboración de estudios perimetrales de partículas.																
	Obras de regulación y mitigación de escurrimientos para proteger los arroyos El Barrosal y Bernal.																
Fauna silvestre	Programa de rescate y reubicación de fauna silvestre.																
	Programa de control de daños a la fauna silvestre.																
	Control de la caza furtiva de fauna silvestre.																

Tabla 437. Calendarización de aplicación y vigilancia de las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales residuales

Factores /Actividades		**Impactos residuales potenciales**	**Medidas de mitigación propuestas**	**PERÍODO DE EJECUCIÓN ETAPAS**
				16 AÑOS
Abióticos	**Aire**	Generación de partículas por las actividades de explotación del banco de materiales y proceso de trituración.	1. Realizar riegos periódicos en los frentes de corte, caminos internos y de acceso al banco de materiales. Realizar un adecuado mantenimiento de vehículos y equipo. 2. Instalación de trampas de polvos en equipos de trituración. 3. Colocación de lonas en camiones de volteo para evitar la dispersión de polvos a su paso por caminos y localidades. 4. Realizar mediciones periódicas de los niveles de emisión de partículas suspendidas al aire.	

			5. Tramitar la Licencia Ambiental Única para regular dichas emisiones.	
		Cambios en la calidad de aire por fugas y/o gases.	1. Cumplir con la normatividad ambiental vigente en materia de verificación vehicular en equipos, maquinaria y vehículos empleados en todas las fases del proyecto. 2. Evitar realizar mantenimiento preventivo y correctivo dentro de la superficie del proyecto, es decir, banco de materiales y área de trituración. 3. Evitar suministrar aceites y combustibles al equipo, maquinaria y vehículos dentro de la superficie del proyecto.	
		Cambios de los niveles de ruido en el sitio que causan molestia a personas.	1. Tener especial cuidado en el diseño y localización de las instalaciones que lo generan. 2. Garantizar que vehículos y equipos reciban el adecuado mantenimiento. 3. Programar cuidadosamente las operaciones ruidosas, considerando las horas de descanso. 4. Definir horas laborales diarias y evitar actividades nocturnas.	
		Cambios en la visibilidad debido a emisiones de partículas y vapores.	1. Aplicar riegos constantes en áreas donde se identifique generaciones de partículas dentro del desarrollo.	
	Relieve	Incremento en la inestabilidad de pendientes.	1. Minimizar las áreas de nivelación del terreno. 2. Evitar el trazado por área de pendientes inestables en caso de identificarse. 3. Respetar las condiciones establecidas en el Reglamento en materia de bancos de explotación. 4. Respetar las condicionantes establecidas en la Licencia de explotación respectiva. 5. Acatar las recomendaciones del perito responsable del banco de materiales.	
	Calidad del	Cambios en el paisaje	1. No excederse en la superficie autorizada. 2. No introducir especies de flora silvestre exóticas. 3. Mantener una adecuada señalización en la zona, a fin de persuadir la imagen que se genera hacia los paseantes.	
	Suelo	Ocupación del suelo.	1. Respetar las condiciones establecidas por el municipio, las acciones del POREQ y los criterios y lineamientos del POEL.	
		Generación de procesos erosivos.	1. Evaluar la efectividad de las obras de conservación de suelos y en su caso hacer los ajustes necesarios.	
		Disminución de la capacidad de infiltración del suelo.	1. Garantizar la construcción de las tinas ciegas propuestas para compensar el déficit de infiltración.	
		Compactación del suelo.	1. Respetar las condiciones establecidas por el municipio, las acciones del POREQ y los criterios y lineamientos del POEL.	
	Agua	Déficit de infiltración	1. Garantizar la construcción de las tinas ciegas propuestas para compensar el déficit de infiltración y medir su efectividad periódicamente.	

		Disminución de la calidad de agua.	1. Minimizar el uso y descarga de productos químicos durante las etapas de operación y funcionamiento del desarrollo. 2. Evitar verter grasas, aceites y combustibles en áreas o sitios no autorizados por el comité de colonos.	
Bióticos	**Vegetación**	Pérdida de la cobertura vegetal.	1. Respetar el polígono autorizado de cambio de uso de suelo en áreas forestales. 2. Respetar lo establecido en el plan parcial del desarrollo urbano y el dictamen de uso de suelo otorgado al área del proyecto, la política y acciones del POEREQ y la política, los criterios y lineamientos del POEL.	
		Fragmentación del hábitat	1. Verificar el cumplimiento en la ejecución y seguimiento del programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre. 2. Realizar un monitoreo periódico de la supervivencia de las especies propuestas en dicho programa y en su caso realizar la reposición de planta hasta cumplir con el 80% de supervivencia establecido en la Ley.	
		Reducción de áreas forestales	1. Respetar la política en materia de zonificación forestal implementada por la Comisión Nacional Forestal a nivel nacional.	
		Disminución de la riqueza.	1. Verificar el cumplimiento en la ejecución y seguimiento del programa de rescate y reubicación de especies de flora silvestre. 2. Realizar un monitoreo periódico de la supervivencia de las especies propuestas en dicho programa y en su caso realizar la reposición de planta hasta cumplir con el 80% de supervivencia establecido en la Ley.	
	Fauna	Disminución de especies de fauna silvestre.	1. Colocación de anuncios en los márgenes el desarrollo habitacional para prohibir la captura, caza y comercialización de fauna silvestre. 2. Garantizar la ejecución de los programas de daños a la fauna silvestre y el de rescate y reubicación.	
		Caza ilegal, comercialización o captura de especies de fauna silvestre		
Socioeconómico	**Social**	Cambios y variaciones en la calidad de vida de la población.	1. Cumplir con la política impulsada por el municipio de Tolimán respetando los distintos ordenamientos de uso de suelo que le aplican a la superficie del proyecto.	
		Incremento de la demografía en la zona.		
		Aumento de oportunidades.		
	Economía	Mejoramiento de la económica familiar.	1. Anteponer la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en el presente estudio con el fin de alcanzar un manejo sustentable en esta y otras áreas que soportan actualmente una política principal de desarrollo urbano en los distintos instrumentos de ordenación de uso de suelo.	
		Mejoramiento de la económica local.		
		Aumento de empleos.		

Se aclara que uno es el periodo de cambio de uso de suelo, el cual está definido en estudio técnico justificativo y otra la vida útil del proyecto que está definida en la presente manifestación que comprende un periodo de 16 años, periodo suficiente para ejecutar, verificar, supervisar o corregir la propuesta de medidas de prevención y mitigación de impactos.

El único responsable ante las autoridades correspondientes de la aplicación de las medidas de prevención y mitigación será el promovente. Por consiguiente será el mismo promovente el responsable del seguimiento, en los periodos y la forma reporte, que se establezcan en la autorización de impacto ambiental, respecto con el presente Programa de Vigilancia Ambiental (PVA).

En este mismo tenor, se entregarán reportes semestrales durante la vida útil del proyecto sobre el cumplimiento de términos, condicionantes y la aplicación de medidas de prevención y mitigación del impactos ambientales incluidas en el programa de vigilancia ambiental, que como ya se dijo las evidencias de su cumplimiento serán recabadas en bitácoras, manifiestos, escritos, fotografías, videos y todo tipo de instrumentos que nos permitan evidenciar fehacientemente su cumplimiento.

Retroalimentación de resultados.

El promovente en coordinación con las autoridades en la materia irá evaluando los resultados obtenidos de la aplicación de cada una de las medidas de prevención y mitigación, esto en base a la información de campo que el mismo promovente vaya reportando en la periodicidad que la autoridad señale, al mismo tiempo que se harán visitas de inspección y verificación de cumplimiento de la autoridad designada para tal función.

Con base a estos resultados se podrá suspender, corregir, modificar o en su caso cambiar o anular aquellas medidas que así lo ameriten, proponiendo otras más eficaces para prevenir o mitigar el impacto ambiental detectado.

IV.8 Conclusiones

Con base al inventario ambiental realizado al área del proyecto, se concluye que el tipo de vegetación por afectar es ***matorral crasicaule*** en proceso de degradación por actividades antropogénicas, por lo que los impactos generados por el proyecto serán fácilmente acogidos por el medio natural de la zona y del sistema ambiental.

Como ha quedado de manifiesto ninguna de las especies identificadas de flora y fauna silvestre sufrirá afectaciones o su disminución por las actividades de cambio de uso de suelo toda vez que las mismas están ampliamente representadas y aquellas con alguna restricción ecológica serán rescatadas y reubicadas para ser conservados en un cien por ciento los ejemplares identificados de cada especie.

Respecto a la fauna silvestre se encuentra también en un alto grado de perturbación ya que el sitio del proyecto se encuentra siendo influenciado por la presencia de equipo y maquinaria en las colindancias del proyecto y el constante ruido generados por los demás bancos de materiales, esto ha propiciado que en el área del proyecto encontráramos casi nula presencia de especies de los diferentes grupos, por lo que los impactos generados hacia este elemento se reduce al ayuntamiento de la misma, por lo que este no será significativo.

Con base en los impactos identificados se puede concluir que los mismos están dirigidos principalmente hacia el medio natural como la vegetación y el suelo, sin embargo, en su mayoría pueden ser mitigados con las medidas que se proponen, dentro de los impactos residuales esta la generación de residuos sólidos urbano el cual será mitigado mediante recolección y disposición final por medio de servicios públicos municipales.

Considerando el escenario actual de no llevarse a cabo el proyecto, el sitio del proyecto continuaría el proceso de degradación por las actividades antropogénicas, repercutiendo principalmente en la disminución de cobertura vegetal y pérdida del suelo por agentes erosivos.

Se dejaría de generar los empleos proyectados, la percepción de la derrama económica y por ende la calidad de vida de los pobladores y propietarios no presentaría ningún cambio, sin embargo, se corre el riesgo de propiciar actividades fuera de la normatividad ambiental vigente o en su caso propiciar condiciones para un eventual paracaidismo como ha sucedido en otros predios de la región.

A pesar de que se experimentarán cambios importantes en el sitio del proyecto, se puede concluir que el uso de suelo solicitado es mucho más redituable a largo plazo que el uso actual, ya que al no realizarse ninguna actividad económica en el predio este no generará los beneficios de ningún tipo.

Si bien es cierto, que con la ejecución del proyecto, este traerá consigo impactos residuales principalmente la disminución de la cobertura forestal y la ocupación del suelo de uso forestal,

también lo es, que el uso de suelo solicitado se propuso en congruencia con los distintos instrumentos técnicos - jurídicos de ordenación de uso de suelo vigentes para el sitio del proyecto y se apegó y cumplió con lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, pero más aún, para la identificación de impactos ambientales se emplearon las mejores técnica y metodologías científicamente comprobadas y se propusieron las mejores medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales mismas que pueden ser enriquecidas y que además existe el compromiso firme del promovente de ejecutarlas en tiempo y forma para que se garanticen una eficiente y eficaz prevención y mitigación de los impactos ambientales atribuibles al proyecto.

Uno de los beneficios tangibles que el proyecto traerá consigo es la generación de empleos y la oportunidad de generar un patrocinio familiar ejes rectores de las políticas públicas del gobierno federal, mejorando así la calidad de vida y una derrama económica a nivel familiar y local.

De acuerdo con la cuantificación y calificación de los impactos ambientales en el **Escenario Sin Medidas**, en comparación con **Escenario Con Medidas**, el 100% de los impactos **Severos** se redujeron a la categoría de **Moderados**, y los impactos **Moderados** se mantuvienro con menos carga negativa, confirmado con ello el nivel de efectividad de las medidas propuestas, por lo que se concluye que el proyecto es ambientalmente viable y factible de llevarse a cabo.

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

V.1 Formatos de presentación

Documento impreso que contiene los cuatro capítulos contenidos en la Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental Sin Actividad Altamente Riesgosa:

I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental y descripción del proyecto.

II. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo.

III. Descripción de la región ecológica y señalamiento de la problemática ambiental detectada.

IV. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales y medidas de prevención, mitigación, compensación, y restauración.

Dos memorias USB que contienen la misma información presentada de forma impresa conforme, una de las cuales se señala con la leyenda "para consulta al público".

V.1.1 Planos definitivos

Los planos o cartografía que sirvió de base para el análisis del sistema ambiental y otros aspectos relevantes del proyecto fueron elaborados a través de SIG. Y AutoCAD, algunos de ellos se adjuntan en formato KMZ. Los elementos cartográficos utilizados son:

Cartas de INEGI	• Geología • Edafología • Hidrología • Uso de suelo y vegetación • Climatología • Fisiografía • Cartas topográficas
Capas CONABIO	• ANP • RTP • RHP

- AICAS

Imagen 1. Croquis de ubicación del proyecto
Imagen 2. Delimitación geográfica de los usos propuestos.
Imagen 3. Delimitación geográfica de las etapas del CUSAF.
Imagen 4. Delimitación geográfica del área de rescate y reubicación de flora silvestre.
Imagen 5. Delimitación geográfica de la franja de protección que será destinada para rescate y reubicación de flora silvestre.
Imagen 6. Vía de acceso al sitio del proyecto
Imagen 7. Delimitación geográfica del proyecto a CUSAF
Imagen 8. Ubicación del proyecto en el POEGT. UAB 44 Sierra y llanuras del norte de Guanajuato.
Imagen 9. Unidades de Gestión Ambiental. Política Principal POEREQ. 2009.
Imagen 10. Áreas Naturales Protegidas en el área de influencia del proyecto.
Imagen 11. Regiones Hidrológicas Prioritarias RHP's
Imagen 12. Mapa de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves
Imagen 13. Mapa de Regiones Terrestres Prioritarias RTP'S
Imagen 14. Delimitación del área de influencia del proyecto
Imagen 15. Delimitación de la microcuenca como Sistema Ambiental (SA)
Imagen 16. Tipos de climas en el SA
Imagen 17. Regímenes de lluvias en el SA.
Imagen 18. Ubicación de Estaciones meteorológicas.
Imagen 19. Isotermas medias anuales en el SA.
Imagen 20. Isoyetas medias anuales en el SA
Imagen 21. Días con granizo en el SA.
Imagen 22. Riesgo por granizo en el SA.
Imagen 23. Provincias fisiográficas del SA.
Imagen 24. Tipos de rocas en el SA.
Imagen 25. Rangos altitudinales presentes en el SA
Imagen 26. Pendientes presentes en el SA
Imagen 27. Mapa de pendientes de la S-CUSAF
Imagen 28. Fallas y fracturas presentes en el SA
Imagen 29. Regionalización sísmica de la República Mexicana.
Imagen 30. Riesgo sísmico.
Imagen 31. Tipos de suelos en el SA.
Imagen 32. Fases físicas de los suelos en el SA.

Imagen 33. Mapa de regiones con igual erosividad en la República Mexicana.
Imagen 34. Causas de degradación de los suelos en el SA.
Imagen 35. Tipo de degradación de los suelos en el SA
Imagen 36. Grado de erosión de los suelos en el SA.
Imagen 37. Clasificación hidrológica del SA.
Imagen 38. Mapa de hidrología superficial del SA.
Imagen 39. Hidrología superficial en la S-CUSAF
Imagen 40. Mapa de unidades geohidrológicas.
Imagen 41. Acuíferos en el SA
Imagen 42. Mapa de vegetación y uso actual del suelo del SA.
Imagen 43. Características de los sitios de muestreo en el SA.
Imagen 44. Mapa de muestreo en el SA sobre matorral crasicaule.
Imagen 45. Mapa de diseño de muestreo florístico.
Imagen 46. Mapa de distribución de puntos de conteo de aves.
Imagen 47. Mapa de transectos para mamíferos y reptiles.
Imagen 48. Diseño de muestreo para aves (puntos de conteo) S-CUSAF.
Imagen 49. Diseño de muestreo para mamíferos en la S-CUSAF.
Imagen 50. Ubicación geográfica de las barreras de piedra acomodada en curvas de nivel.
Imagen 51. Área seleccionada para la reforestación.
Imagen 52. Numero de yemas vegetativas.
Imagen 53. Tipos de sustrato de enraizamiento.
Imagen 54. Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento.
Imagen 55. Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento.
Imagen 56. Sistema de cepa común a utilizar.
Imagen 57. Diagrama y distribución tipo por hectárea de tinas ciegas o zanjas trincheras en "tres bolillo" en una hectárea.
Imagen 58. Ubicación geográfica del área donde se construirán las tinas ciegas o zanjas trincheras.
Imagen 59. Delimitación geográfica de la franja de protección entre el límite de la zona federal de los cauces.
Imagen 60. Delimitación geográfica de las áreas de rescate y reubicación de flora silvestre.
Imagen 61. Numero de yemas vegetativas.
Imagen 62. Tipos de sustrato de enraizamiento.
Imagen 63. Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento.

Imagen 64. Técnica de corte, colecta y transporte de estacas al vivero de enraizamiento.
Imagen 65. Área de acopio, reproducción y rescate de especies.
Imagen 66. Franja de protección que será destinada para rescate y reubicación de especies de flora silvestre.
Imagen 67. Especie de biznaga asiento de suegra o acitrón Echinocactus platyacanthus Link & Otto
Imagen 68. Rótulos alusivos a la protección de fauna silvestre en la superficie a CUSAF.
Imagen 69. Lazo montado en una vara o caña de pescar y lagartija lazada por el cuello (tomado de Vanzonlini y Nelson 1990.
Imagen 70. Algunos instrumentos y trampas para captura de anfibios y reptiles, ganchos herpetológicos, lazos y nasas (modificado de Conant 1958).
Imagen 71. Manipulación de una serpiente para inmovilizarla (tomado de Ferri 1992).
Imagen 72. Embolsado de una serpiente para transportarla (tomado de Knudsen 1072).
Imagen 73. Trampa terrestre de acero de desvió en combinación con trampas de fosos (bote) y de cilindro (modificado de Heyer et al 2001).
Imagen 74. Instalación de una barrera de desvió (foto: M. A. De la Torre-Loranca).
Imagen 75. Trampa de foso bajo la barrera de desvío y organismos capturados en la trampa (foto: M. A. De la Torre-Loranca).
Imagen 76. Posibles arreglos de cercas de desvío con trampas de foso y su ubicación alrededor de un cuerpo de agua (modificado por Vogt y Hine 1982).
Imagen 77. Ejemplo de codificación para el corte de falanges en anfibios y lagartijas (tomado de Donnelly et al 1994).
Imagen 78. Medidas biométricas de lagartijas y salamandras (a) longitud hocico-cloaca, (b) longitud de la cola (modificado de Casas-Andreu y McCoy 1979).
Imagen 79. Redes ornitológicas para captura de aves.
Imagen 80. Jaula para el traslado de aves
Imagen 81. Trampa de acero y resorte con jaula.
Imagen 82. Trampa – caja
Imagen 83. Tampa - corral para mamíferos.
Imagen 84. Redes – trampa para capturar mamíferos.
Imagen 85. Cebo para trampas para capturar mamíferos.
Imagen 86. Zona de ahuyentamiento y reubicación de fauna silvestre.

V.1.2 Fotografías



Vista de sur a norte de la superficie propuesta a cambio de uso de suelo en áreas forestales.



Parte centro de la superficie del proyecto, propuesta a cambio de uso de suelo.



Ubicación aproximada donde se va colocar la trituradora móvil para el proceso de trituración.



Vista panorámica del área del proyecto; loma del fondo por donde viene el trazo del camino, luego el área de colocación del equipo móvil de trituración y posteriormente área de banco de piedra.



Fondo a la izquierda se observa el camino antiguo de terracería que conduce hasta el área del proyecto y que se desprende de la Carretera Estatal El Colorado – Higuerillas.



Lecho rocoso a flor de suelo que será extraído para trituración, condiciones homogéneas en casi toda el área del proyecto.

V.1.3 Lista de flora en el sitio del proyecto

No.	Nombre común	Nombre científico	NOM-059-SEMARNAT-2010
1	Doradilla	*Selaginella lepidophylla*	No
2	Pasto Buffel	*Cenchrus ciliaris*	No
3	Cinco llagas	*Tagetes lunulata*	No
4	Canelilla	*Croton cilliatoglandulifer*	No
5	Zazálic	*Mentzelia hispida*	No
6	Hierba ceniza	*Parthenium incanum*	No
7	Pasto 2	*Briza sp*	No
8	Pasto 3	*Eragrostis sp.*	No
9	Cabello de angel	*Painteria revoluta*	No
10	Engordacabra	*Dalea bicolor*	No
11	Capulincillo	*Karwinskia molliis*	No
12	Limpiatunas	*Zaluzania augusta*	No
13	Ocotillo	*Fouquieria splendens*	No
14	Espino de Capulín	*Condalia mexicana*	No
15	Maguey áspero	*Agave asperrima*	No
16	Uña de gato	*Mimosa texana*	No
17	Huizache	*Vachellia farnesiana*	No
18	Uña de gato 2	*Mimosa depauperata*	No
19	Candelilla	*Euphorbia antisyphilitica*	No
20	Maguey pulquero	*Agave salmiana*	No
21	Sangre de Drago	*Jatropha dioica*	No
22	Granjeno	*Celtis pallida*	No
23	Palo dulce	*Eysenhardtia polystachya*	No
24	Cuatle	*Helietta parviflora*	No
25	Mezquite	*Neltuma laevigata*	No
26	Palo prieto	*Senna wislizeni*	No
27	Palo xixiote	*Bursera fagaroides*	No
28	Acebuche	*Forestiera phillyreoides*	No
29	Palma pita	*Yucca filifera*	No
30	Biznaga partida de cuernos	*Coryphantha radians*	No
31	Biznaga partida parada	*Coryphantha erecta*	No
32	Biznaga de chilitos	*Mammillaria formosa subsp. pseudocrucigera*	No
33	**Biznaga burra**	***Echinocactus platyacanthus***	**P**

34	Órgano cimarrón	*Stenocereus dumortierii*	No
35	Biznaga ganchuda	*Ferocactus latispinus*	No
36	Cardón	*Cylindopuntia imbricata*	No
37	Garambullo	*Myrtillocactus geometrizans*	No
38	Nopal cuijo	*Opuntia engelmaniii*	No
39	Alicoche falso	*Echinocereus pentalophus*	No
40	Nopal duraznillo	*Opuntia leucotricha*	No
41	Tasajillo macho	*Cylindropuntia kleinae*	No
42	Biznaga comprimida	*Mammillaria compressa*	No
43	Nopal camueso	*Opuntia robusta*	No

V.2 Glosario de términos

Área industrial, de equipamiento urbano o de servicios: Terreno urbano o aledaño a un área urbana, donde se asientan un conjunto de inmuebles, instalaciones, construcciones y mobiliario utilizado para prestar a la población los servicios urbanos y desarrollar las actividades económicas.

Área de maniobras: Área que se utiliza para el pre armado, montaje y vestidura de estructuras de soporte cuyas dimensiones están en función del tipo de estructura a utilizar.

Área rural: Zona con núcleos de población frecuentemente dispersos menores a 5,000 habitantes. Generalmente, en estas áreas predominan las actividades agropecuarias.

Área urbana: Zona caracterizada por presentar asentamientos humanos concentrados de más de 15,000 habitantes. En estas áreas se asientan la administración pública, el comercio organizado y la industria y presenta alguno de los siguientes servicios: drenaje, energía eléctrica y red de agua potable.

Beneficioso o perjudicial: Positivo o negativo.

Biodiversidad: Es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, 3 entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Cambio de uso de suelo: Modificación de la vocación natural o predominante de los áreas , llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación.

Componentes ambientales críticos: Serán definidos de acuerdo con los siguientes criterios: fragilidad, vulnerabilidad, importancia en la estructura y función del sistema, presencia de especies de flora, fauna y otros recursos naturales considerados en alguna categoría de protección, así como aquellos elementos de importancia desde el punto de vista cultural, religioso y social.

Componentes ambientales relevantes: Se determinarán sobre la base de la importancia que tienen en el equilibrio y mantenimiento del sistema, así como por las interacciones proyecto-ambiente previstas.

Daño ambiental: Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso.

Daño a los ecosistemas: Es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un desequilibrio ecológico.

Daño grave al ecosistema: Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas o sucesiones del ecosistema.

Desequilibrio ecológico grave: Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

Duración: El tiempo de duración del impacto; por ejemplo, permanente o temporal.

Especies de difícil regeneración: Las especies vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción.

Impacto ambiental: Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Impacto ambiental acumulativo: El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

Impacto ambiental residual: El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Impacto ambiental sinérgico: Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

Importancia: Indica qué tan significativo es el efecto del impacto en el ambiente. Para ello se considera lo siguiente:

a) La condición en que se encuentran el o los elementos o componentes ambientales que se verán afectados.
b) La relevancia de la o las funciones afectadas en el sistema ambiental.
c) La calidad ambiental del sitio, la incidencia del impacto en los procesos de deterioro.
d) La capacidad ambiental expresada como el potencial de asimilación del impacto y la de regeneración o autorregulación del sistema.
e) El grado de concordancia con los usos del suelo y/o de los recursos naturales actuales y proyectados.

Irreversible: Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecutara la acción que produce el impacto.

Magnitud: Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos.

Medidas de compensación: Conjunto de acciones que tienen como fin el compensar el deterioro ambiental ocasionado por los impactos ambientales asociados a un proyecto, ayudando así a restablecer las condiciones ambientales que existían antes de la realización de las actividades del proyecto.

Medidas de prevención: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.

Medidas de mitigación: Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.

Naturaleza del impacto: Se refiere al efecto benéfico o adverso de la acción sobre el ambiente.

Reversibilidad: Ocurre cuando la alteración causada por impactos generados por la realización de obras o actividades sobre el medio natural puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

Sistema ambiental (SA): Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto.

Urgencia de aplicación de medidas de mitigación: Rapidez e importancia de las medidas correctivas para mitigar el impacto, considerando como criterios si el impacto sobrepasa umbrales o la relevancia de la pérdida ambiental, principalmente cuando afecta las estructuras o funciones críticas.

Vegetación natural: Conjunto de elementos arbóreos, arbustivos y herbáceos presentes en el área por afectar por la obras de infraestructura eléctrica y sus asociadas.

V.3 Bibliografía

Sonia Gallina Tessaro y Carlos López González. 2011. INE. Manual de Técnicas para el Estudio de la Fauna.

Dr. MODESTO SEARA VÁZQUEZ. (RECTOR), M. en C. PERLA MÓNICA MARTÍNEZ CRUZ. (VICE-RECTORA ACADÉMICA), L.C.E ABEL CIPRIANO MARTÍNEZ. (VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO), Dr. ERNESTO DÍAZ LÓPEZ. (PROFESOR-INVESTIGADOR INGENIERÍA EN AGROINDUSTRIAS), Dr. JUAN MANUEL LOEZA CORTE. (PROFESOR-INVESTIGADOR INGENIERÍA EN AGROINDUSTRIAS), M. A. IRMA BRENA HERNÁNDEZ. (PROFESOR-INVESTIGADOR INGENIERÍA EN

AGROINDUSTRIAS), Dr. CESAR SÁNCHEZ HERNÁNDEZ. (PROFESOR-INVESTIGADOR INGENIERÍA EN AGROINDUSTRIAS), M. en C. JESÚS MANUEL CAMPOR PASTELÍN. (PROFESOR-INVESTIGADOR INGENIERÍA EN ALIMENTOS), M. en C. CANDIDO HUMBERTO BRAVO DELGADO. (PROFESOR-INVESTIGADOR INGENIERÍA EN ALIMENTOS), Dr. ISRAEL JESÚS ORLANDO GUERRERO. (PROFESOR-INVESTIGADOR LICENCIATURA EN INFORMÁTICA). Oaxaca, Oax., 2013. Manual Técnico para la Propagación Asexual de Burseraceae en La Cañada Oaxaqueña. México.

Wold Visión. Manual de Manejo de Cuencas.

Francisco Bautista Zúñiga, José Luis Palacios Prieto, Hugo Delfín González, Rosaura Páez Bistrain. Estela Carmona Jiménez y Ma. Del Carmen Delgado Carranza. UNAM-IG. 2011. Técnicas de Muestreo para Manejadores de Recursos Naturales. México, D. F.

Chávez C. Intercepción de Lluvia en la Zona Urbana de la Ciudad de Santiago de Querétaro y su Influencia en el Escurrimiento Superficial. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería. UAQ, 2007.

Domínguez M., E. Ventura R., R. Pineda L., Priorización de Cuencas en el Estado de Querétaro, México. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ingeniería. Querétaro, México.2003

Honorato R., Manual de Edafología, Editorial Alfa Omega, 4° Edición, México, D.F., 2000.

Israel Bernal Gonzales. 2015. CONACYT-SEMARNAT 107956. SIEA-UAEM 3539/13CHT. Tesis. Estimación de los almacenes de carbono en suelos forestales y uso agropecuario en la Localidad El Suchual de Santa Ana, Municipio de Tlatlaya, Estado de México.

José Israel Yerena Yamallel[1]*, Javier Jiménez Pérez[1], Eduardo Alanís Rodríguez[1], Oscar Alberto Aguirre Calderón[1], Marco Aurelio González Tagle[1], Eduardo Javier Treviño

Garza[1]. DINÁMICA DE LA CAPTURA DE CARBONO EN PASTIZALES ABANDONADOS DEL NORESTE DE MÉXICO. Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 17, núm. 1, 2014, pp. 113-121. Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, Yucatán, México. 2014.

Nieto-García Vania G.[1]; Huerta-Saavedra Valeria[1]; Martínez-Ramírez Alejandra[1]; Chávez-Vergara Bruno2 y Montaño Noé Manuel[1]. *Biomasa aérea y almacén de carbono en dos leguminosas y una cactácea del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca, México.*

Óscar Luis Briones Villarreal*. CIENCIA UANL / AÑO 23, No.99 enero-febrero 2020. EL ALMACEN DE CARBONO EN LOS DESIERTOS DE MEXICO.

Ordóñez Díaz, José Antonio Benjamín. Cómo entender el manejo forestal, la captura de carbono y el pago de servicios ambientales. Ciencias, Núm. 90, abril-junio, 2008, pp. 37-42 Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Programa Mexicano del Carbono. Oscar Briones**1** Yareni Perroni**2**, Alejandro E. Castellanos**3**, Israel Estrada-Contreras**2**, Angelina Martínez- Yrízar**4**, Yolanda Maya**5**, Noé M. Montaño**6**, Numa Pavón**7** y Enrico A. Yepez**8.**

[1]Instituto de Ecología, A.C., Carretera Antigua a Coatepec No. 351, El Haya, C.P. 91070, Xalapa, Veracruz, México.
[2]Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Universidad Veracruzana, Av. de las Culturas Veracruzanas 101, Col. Emiliano Zapata, C.P. 91090, Xalapa, Veracruz, México.
[3]Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, Blvd. Luis Donaldo Colosio y Reforma, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
[4]Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Blvd. Colosio y Sahuaripa, C.P. 83250, Hermosillo, Sonora, México.
[5]Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Playa Palo de Santa Rita Sur, C.P. 23096, La Paz, Baja California Sur, México.
[6]Departamento de Biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, C.P. 09340, Ciudad de México.
[7]Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, A.P. 69, C.P. 42000, Pachuca, Hidalgo, México.
[8]Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de febrero Sur 818 Centro, C.P. 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México. Base de Datos Sobre Almacenes y Flujos de Carbono en los Matorrales y Pastizales Xerófilos de México.

Monsalve S., Hidrología en la Ingeniería, Editorial Alfa Omega, 2°Edición, México, D.F., 1999.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.-Diario Oficial de la Federación, México, D.F., 2010.

Con fundamento en el Artículo 35 BIS 1 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Ultima Reforma DOF 09-01-2015), manifiesto bajo protesta de decir verdad que en la presente **Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular del Proyecto, Banco de Materiales Pétreos "Buenavista", ubicado en el municipio de Tolimán, Estado de Querétaro, Qro.,** fue elaborada con las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas.

ATENTAMENTE
EL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

_____

ING. JAIME GARCÍA CAMACHO.
Prestador de Servicios Técnicos Forestales
Libro Querétaro, Tipo UI, Volumen 4, Número 1

V.4 Otros anexos

V.4.1 Documentación legal del predio y del promovente.

V.4.2 Documentación legal del responsable de la elaboración de estudio de impacto ambiental.

V.4.3 Acuerdo del H. Ayuntamiento del municipio de Toliman, Querétaro que autoriza el uso de suelo de conservación a actividades extractivas en una superficie inicial de 20 hectáreas, con todas las formalidades de Ley.

V.4.4 Validación del estudio hidrológico por la Comisión Nacional del Agua.

V.4.5 Proyecto de delimitación y/o autorización de la delimitación de la zona federal de los arroyos El Barrosal y Bernal.

V.4.6. Oficio No. F.22.01.02/0815/2026 Bitácora 22/DS-0040/25 de fecha 28 de mayo de 2026 que autoriza el cambio de uso de suelo en terrenos forestales del proyecto BANCO DE MATERIALES PETREOS "BUENAVISTA" ubicado en el municipio de Tolimán, emitido por la Oficina de Representación en el Estado de Querétaro de la SEMARNAT.