

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
Modalidad Particular
Sector Minero

"Proyecto Banco Comanco: Explotación de Piedra caliza, en la cercanía de la Colonia Chiapaneca Siglo XXI, Mpio. de Benito Juárez, Quintana Roo."

RESUMEN EJECUTIVO

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ……7

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO……13

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DEL USO DE SUELO……30

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. INVENTARIO AMBIENTAL……66

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES……130

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES……149

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS……165

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA

RESUMEN

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

I.1 PROYECTO

I.1.1 Nombre del proyecto

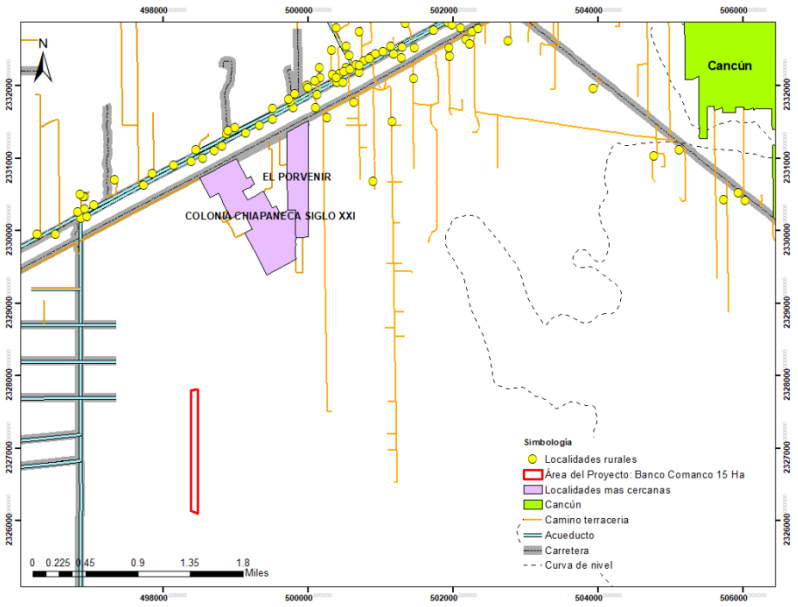
"Proyecto Banco Comanco: Explotación de Piedra caliza, en la cercanía de la Colonia La Chiapaneca Siglo XXI, Mpio. de Benito Juárez, Quintana Roo."

I.1.2 Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica a 25 kilómetros aproximadamente de la Ciudad de Cancún, a la salida de la carretera Cancún-Mérida, a 1.5 km aproximadamente de la Colonia Chiapaneca Siglo XXI, en el Ejido Alfredo V. Bonfil y sus Anexos, del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, y se encuentra en las siguientes coordenadas UTM.

POLÍGONO ÁREA DEL PROYECTO: BANCO COMANCO		
VERTICE	**X**	**Y**
A	498471.49	2327812.74
B	498470.06	2326096.41
C	498382.79	2326136.47
D	498380.88	2327799.38
SUPERFICIE TOTAL= 15.0 HECTÁREAS		

RESUMEN



I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto

Se contempla siete años y dos meses de trabajo para este proyecto, considerando una buena planeación y un adecuado programa de mantenimiento preventivo y correctivo durante su operación. Para la realización del presente proyecto, se consideran e incluye las etapas de preparación del sitio, operación, y abandono del sitio.

ETAPAS DEL PROYECTO	TIEMPO ESTIMADO
Preparación del sitio	2 MESES
Operación	6 AÑOS
Abandono del sitio	1 AÑO

RESUMEN

1.2 PROMOVENTE

I.2.1 Nombre o razón social

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

I.3 RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

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

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

II.1.1 Naturaleza del proyecto

El proyecto consiste en la explotación de bancos de materiales de piedra caliza y los cuales se ubican en el punto que se denominará Banco Comanco, en la cercanía de la Colonia Chiapaneca Siglo XXI, del Mpio. de Benito Juárez, Quintana Roo. La operación del Proyecto se realizará por etapas, como se describe en el Diagrama de Gantt (Cuadro 3).

II.1.2 Selección del Sitio

La selección del sitio se fundamenta principalmente en la existencia de un área previamente intervenida por actividades extractivas, cuya condición actual representa una superficie antropogénicamente transformada, la elección de este sitio permite concentrar actividades de extracción en un área que ya presenta alteraciones en sus condiciones originales de suelo, relieve, cobertura vegetal. Por lo que la selección este sitio abre una ventana de oportunidades socioeconómicas y ambientales, esta última y muy importantes representa la verdadera sustentabilidad al aprovechamiento de un recurso, el proyecto pretende obtener un beneficio económico, pero también esta consiente que representa un reto de oportunidad para mitigar y compensar los impactos preexistentes y reducir la generación de nuevos impactos, como apertura de caminos por ya contar con ellos, desmonte, remoción de suelo, modificación de relieve y fragmentación de la cobertura.

RESUMEN

II.1.4 Inversión requerida

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

prevención y mitigación en materia de impacto ambiental que se realizarán en las diferentes etapas del proyecto.

La recuperación económica está considerada en un tiempo aproximado de 2 años.

II.1.5 Dimensiones del proyecto

La superficie total en donde se pretenden ejecutar las actividades de extracción del material es de 15.0 Ha en las coordenadas señaladas en el Cuadro 1. El proyecto no tiene contemplado la construcción de obras permanentes. Toda maquinaria y áreas necesarias para la operatividad del Proyecto serán provisionales.

II.1.6 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias

De acuerdo con la *Carta de Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional) del INEGI 2021*, la vegetación corresponde a Vegetación Secundaria arbustiva de Selva Mediana Subperennifolia y vegetación de Selva Mediana Subperennifolia (VSa/SMQ), y de acuerdo a el POEL (Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez), esta área corresponde a la UGA-06, la cual consta de 4 polígonos (6-A,6-B, 6-C y 6-D).

El Polígono de la UGA 6-C, en el cual converge el área de Proyecto; Banco Comanco de 15 Ha, presenta Vegetación Secundaria Arbórea 2.4 Ha %, y 84% de vegetación Selva Mediana Subperennifolia. La política ambiental de la UGA 06-C está asignada a “Protección”, el área está asignada para proteger las zonas de extracción de agua para consumo humano.

Con relación a los cuerpos de agua en el área del proyecto no se presenta ningún cuerpo de agua y el más cercano presente se encuentra aproximadamente a 14 km. Por otro lado el POEL y la UGA-06-C, tampoco registra cuerpos de agua en el área del proyecto y las instalaciones de bombeo de los acueductos subterráneos se encuentran a 4.5 km.

RESUMEN

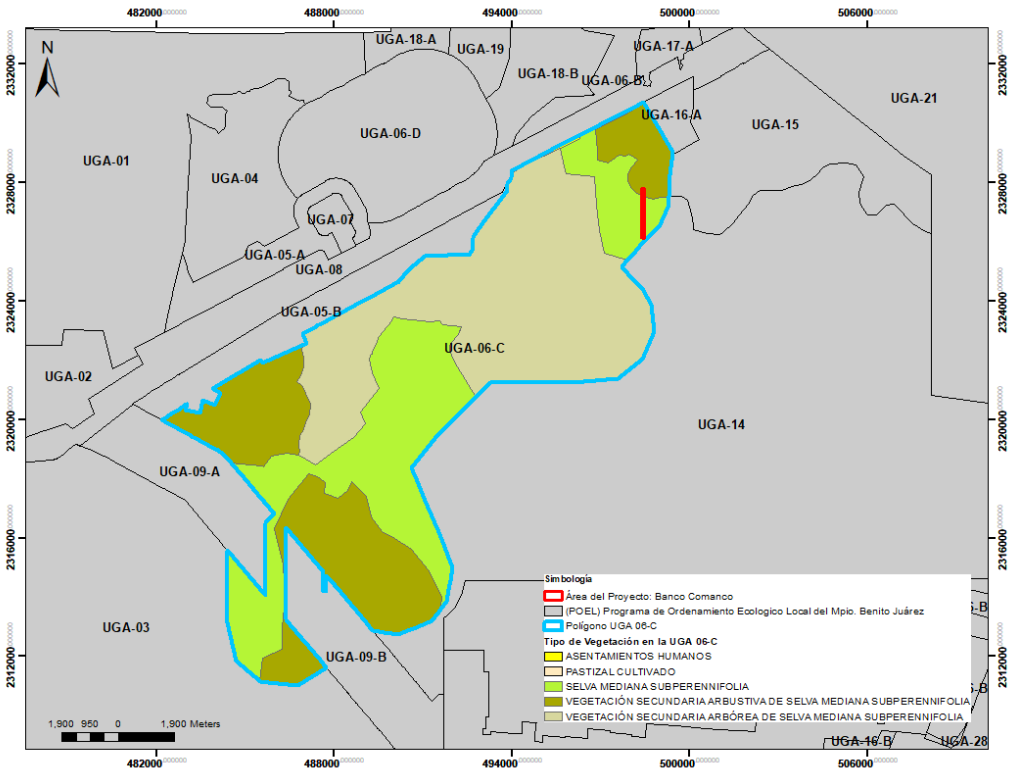


Figura 5. Uso del Suelo y Vegetación INEGI 2021

RESUMEN

II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

El proyecto se ubica a 25 kilómetros aproximadamente de la Ciudad de Cancún, cabecera municipal y la ciudad más importante en el estado de Quintana Roo por su importancia como destino turístico internacional, la ciudad de Cancún es la ciudad más poblada del estado, con 888 797 habitantes según el censo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía en 2020, y cuenta con calles y avenidas pavimentadas, servicios básicos de electricidad, agua potable, servicio telefónico y saneamiento. A la salida de la carretera Cancún-Mérida, a 1.5 km aproximadamente se encuentra otro asentamiento rural importante por su cercanía al proyecto, la Colonia Chiapaneca Siglo XXI, localidad rural de 281 habitantes según el censo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía en 2020, cuenta con vialidad y acceso vehicular, es una colonia no municipalizada por lo que no todos los servicios están cubiertos.

II.2 Características particulares del proyecto

II.2.1 Programa General de Trabajo

El proyecto tiene la finalidad de la explotación de bancos de materiales pétreos, específicamente piedra caliza los cuales se ubican en el punto que denominaremos Banco Comanco.

La explotación se realizará en tres etapas, considerando primero la preparación del sitio que contempla actividades como rescate y reubicación de flora y fauna, desmote y despalme inicial y gradual, la rehabilitación de los caminos ya existentes además de la nivelación y trazo del banco, en una segunda etapa y la más relevante para los fines del proyecto está la operación que contempla la explotación del material, el almacenamiento temporal y un constante mantenimiento de los caminos.

Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8
PREPARACION DEL SITIO								
Rescate y reubicación de flora y fauna								
Desmonte y despalme del área gradual								
Rehabilitación de los caminos ya existentes								
Trazo y nivelación del terreno								
OPERACIÓN (EXPLOTACION DEL MINERAL)								
Explotación								
Transporte del mineral								
Mantenimiento de los caminos								
ABANDONO DEL SITIO								
Rehabilitación del sitio.								
Reparación de los caminos ya existentes.								
Programa de Manejo Ambiental								
Abandono del sitio								

Cuadro 3. Etapas del Proyecto (Diagrama de Gantt).

II.2.2 Preparación del sitio

Descripción de las actividades:

Como actividad inicial se realizara el rescate y reubicación de especies con valor ecológico. Posterior se inicia con el trazo topográfico, retiro de la cubierta vegetal gradual por medios mecánicos exclusivamente, y el despalme o retiro de los primeros 10 cm de suelo, se comenzara por áreas con vegetación secundaria y gradualmente se avanzara con el paso de los años tratando de ir haciendo trabajos de conservación y restauración a la par del avance del proyecto. El material orgánico resultante del despalme y la fragmentación de los árboles derribados, servirán en forma posterior para la etapa de reforestación, por lo que serán colocados en un lugar adecuado donde se evite su arrastre y pueda ser utilizado para este fin.

II.2.3 Construcción de obras mineras

En el presente proyecto, no contempla la construcción de obras mineras.

RESUMEN

II.2.4 Construcción de obras asociadas o provisionales

El proyecto contará con las siguientes obras provisionales:

El área de maniobras está contemplada dentro del polígono que contempla el proyecto con una superficie de 15 Ha.

Campamento semifijo, para albergar a quien proporcione los servicios de velador.

Instalación de sanitarios portátiles que se rentara a una empresa que proporcione el servicio. Se instalarán en lugares estratégicos, con el fin de evitar fecalismo al aire libre.

Planta de Tratamiento de Aguas.- No aplica. El proyecto no contempla la necesidad de esta obra.

Abastecimiento de energía eléctrica.- La maquinaria y equipo de trabajo para el presente proyecto, no pretende utilizar este tipo de energía.

Abastecimiento de Combustible.- La gasolina y diésel, se obtendrá de gasolineras establecidas en la Ciudad de Cancún..

II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento

Operación (Explotación) y Mantenimiento: La piedra caliza se extraerá utilizando maquinaria para desprender la piedra que se extraerá y se depositarán temporalmente en el mismo sitio, para consecutivamente pasarlo por la trituradora y obtener grava y arena. La superficie total que se considera para el proyecto corresponde a 15 Ha, se contara con programa de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaría, el mantenimiento o arreglo de maquinaria no se llevaran a cabo en el área del proyecto, se evitara el derrame de hidrocarburos en suelo y los residuos impregnados con aceite y/o grasa producto del mantenimiento de los mismos serán manejados como residuos peligrosos conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005, también se llevara a cabo el mantenimiento periódico de los caminos de acceso.

El volumen calculado para la superficie que se contempla y en relación a la inversión requerida se recuperara en un periodo de dos años de explotación.

Los caminos de acceso serán regados en forma frecuente para evitar el levantamiento excesivo de polvo y contaran con señalamientos restrictivos de velocidad y paso de vehículos no autorizados. Transporte del mineral: esta actividad se realizara por medio de camiones, desde el sitio de extracción, cubierto con lonas y se evitara el sobre cargo de los camiones.

RESUMEN

II.2.6 Etapa de abandono de sitio (post-operación)

Se incluye el Programa de Manejo Ambiental correspondiente. Que tendrán el objetivo de disminuir el fenómeno de erosión; estabilizar físicamente las obras; redistribución de suelos y reforestación y eliminar o limitar el acceso de personas a áreas con riesgos potenciales.

II.2.7 Utilización de explosivos

El proyecto no contempla la utilización de explosivos.

II.2.8 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

Residuos no peligrosos

El producto del despalme se guardara para las actividades de reforestación, también se evitará su colocación en zonas donde puedan derramarse y/o perderse. Con respecto a los residuos producidos por las actividades del personal que labora en la explotación y que consistirán en papel, cartón, plástico, residuos orgánicos conocidos comúnmente como basura serán depositados en tambos plásticos o metálicos de 200 litros y serán trasladados al sitio de disposición final del ayuntamiento.

Residuos peligrosos

En caso de generar trapos y/o estopas impregnadas con diésel producto del mantenimiento trasvase a retroexcavadora, se colocaran temporalmente en tambores de 200 litros identificados, para su manejo como residuo peligroso y posterior traslado al sitio que la autoridad disponga.

Material particulado (polvo)

RESUMEN

Humos, gases y polvos: se tomaran las medidas necesarias. Los caminos existentes serán regados con agua periódicamente, el material cargado en camiones puede rociarse con agua al momento de su carga para minimizar la generación de polvo hacia la atmósfera.

Emisiones a la atmósfera: ruido

Se producirán emisiones de ruido a partir del uso de equipo como maquinaria y vehículos durante las actividades de derribo de vegetación, cortes y trituración, la siguiente tabla cita el nivel sonoro de los mismos.

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

En el sitio se colocaran contenedores de 200 litros para la disposición temporal de residuos sólidos no peligrosos, El agua residual generada, será dispuesta en forma temporal en contenedores plásticos con tapa de rosca, para su disposición fuera del sitio de extracción. Cada contenedor contara con identificación visible para evitar la mezcla de residuos.

II.2.10 Otras fuentes de daños

a).- Contaminación por vibraciones, radiactividad, térmica o luminosa Identificar la fuente generadora de vibraciones, radiactividad, contaminación térmica o luminosa, en caso de que existan, así como el cálculo estimado de la emisión y su duración, en las unidades correspondientes.

No existirán fuentes de contaminación térmica ni radioactiva.

b).- Posibles accidentes

1.- Derrame de hidrocarburos: pueden presentarse durante las maniobras de

Respuesta a derrames

Derrames menores de hidrocarburos (diésel y/o aceite):

2.- Derrumbes en zanjas de extracción: Respuesta a derrumbes

Deslizamiento del terreno ocasionado por la inestabilidad de las obras ó acciones de extracción

3.- Incendio: Ocasionado por un corto circuito o sobrecarga que afecte el sistema eléctrico de motores.

Respuesta a incendios

RESUMEN

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

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, es Ley Suprema del sistema jurídico mexicano y fue redactada en 1917, teniendo desde entonces una serie de reformas y adiciones.

La Constitución el origen de los derechos y obligaciones los ciudadanos y sus autoridades, por lo que es indispensable su vinculación con el proyecto, ya que de ésta emanan los criterios reglamentarios que constituyen la base de la legislación en materia ambiental y de planeación, que se mencionan en sus diferentes niveles, y de los artículos que de la misma aplican al proyecto como fundamento principal.

RESUMEN

Artículo 4. *[…] Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.*

Leyes y sus reglamentos (federales, estatales y municipales)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en su artículo 28

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (LGEEPA).

ARTÍCULO 1.

ARTÍCULO 3.

ARTÍCULO 5.

ARTÍCULO 15

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA).

ARTÍCULO 1.

ARTÍCULO 2.

ARTÍCULO 3.-

ARTÍCULO 5.-
ARTÍCULO 8
ARTÍCULO 14.-

Ley Minera
ARTÍCULO 1.
ARTÍCULO 39

Ley General de Vida Silvestre
ARTÍCULO 1..
ARTÍCULO 2.
ARTÍCULO 3.
ARTÍCULO 4.
ARTÍCULO 5.
ARTÍCULO 19
ARTÍCULO 29.
ARTÍCULO 30. ARTÍCULO 31.

RESUMEN

Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (RLGVS).
ARTÍCULO 1
ARTÍCULO 2
ARTÍCULO 37.

Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2025-2030
Plan Estatal de Desarrollo 2023-2027
Plan Municipal de Desarrollo (PMD) para el Municipio de Benito Juárez 2024-2027
Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)
Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) del Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo

Normas Oficiales Mexicanas aplicables y vinculadas con el Proyecto Banco Comanco

NOM-059-SEMARNAT-2010

NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-045-SEMARNAT-2006

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

NOM-001-SEMARNAT- 2021

NOM-035-SEMARNAT-1993

NOM-052-SEMARNAT-2005:

En materia de residuos peligrosos:

NOM-080-ECOL-1994 y NOM-081-SEMARNAT-1994

III.1 Decretos y Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas.

RESUMEN

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. INVENTARIO AMBIENTAL

IV.1 Delimitación del área de estudio

La delimitación del sistema ambiental se basara en el POEL del municipio de Benito Juárez, tomando como base la Unidad de Gestión Ambiental UGA 06, quien a su vez se divide en cuatro polígonos denominados y diferenciado por una letra (UGA 06-A, UGA 06-B, UGA 06-C, y UGA 06-D).

UGA 06 – Protección de Pozos
Elemento: UGA 06
Nombre: Protección de Pozos
Política ambiental: Protección
Superficie: 20,144.54 ha
Delimitación: Cuatro polígonos alrededor de pozos de extracción de agua
Recurso prioritario: Acuífero
Objetivo central: Proteger la calidad del agua y las condiciones que permiten la recarga del acuífero
Vegetación importante: Selva mediana subperennifolia y vegetación secundaria
La delimitación corresponde a franjas de aproximadamente 2 km alrededor de pozos de extracción para consumo humano, propuestas por CAPA-CONAGUA SEMA QROO.

RESUMEN

Para el proyecto tomaremos como sistema ambiental uno de esos cuatro polígonos, que será la UGA 06-C, y con los siguientes criterios asignados a esta UGA en específico: tiene una superficie de 12577.99 Ha, lo que representa un 62.4% de la superficie total que conforman los cuatro polígonos de la UGA 06 con una superficie de 20,144.54 Ha en total.

UGA 06-C Protección de Pozos
Elemento: UGA 06-C
Política ambiental: Protección
Superficie: 12,577.99 ha

Recurso prioritario: Acuífero
Objetivo central: Proteger la calidad del agua y las condiciones que permiten la recarga del acuífero
Vegetación presente: Selva mediana subperennifolia y vegetación secundaria de Selva mediana subperennifolia

Superficies	
Área del proyecto	15 Ha
Área del Sistema Ambiental: UGA 06-C	12,577.99 Ha
Área total de la UGA 06	20,144.54 Ha

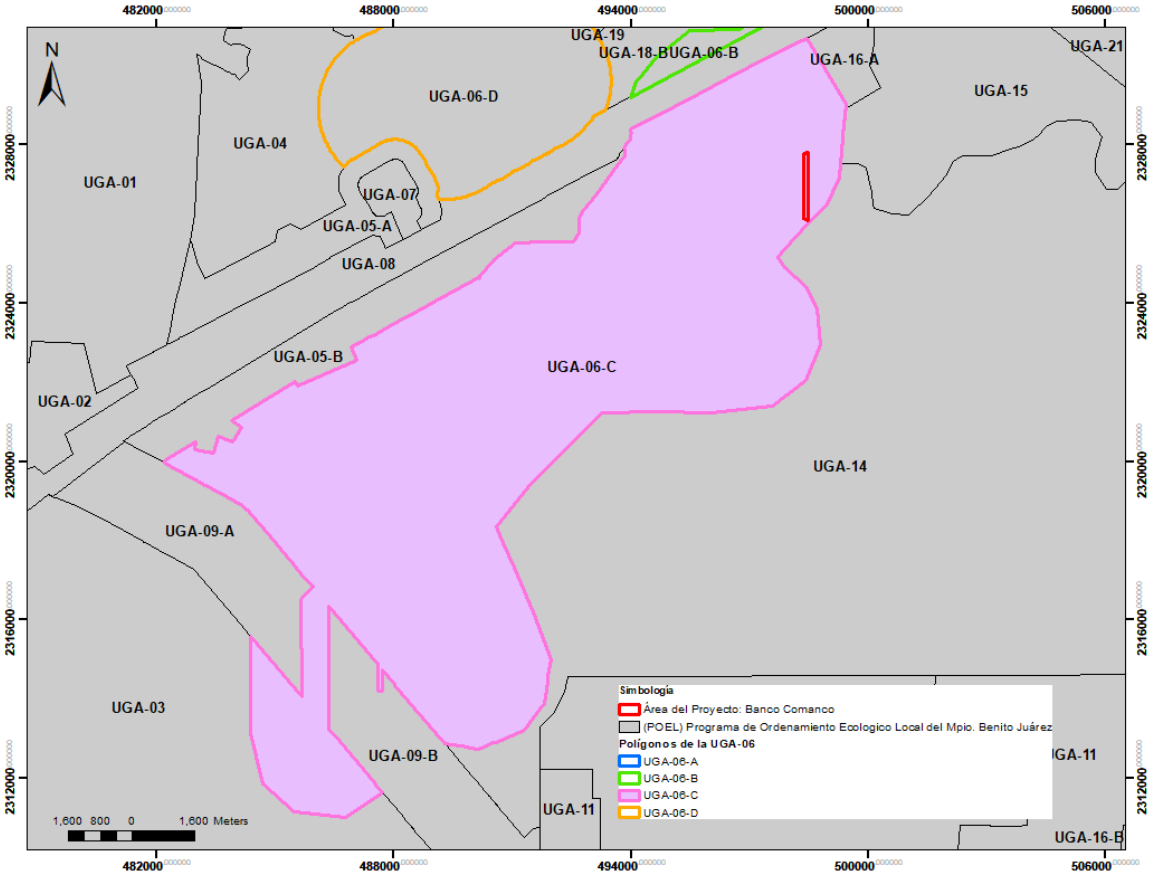


Figura 13. Ubicación del proyecto en el Sistema Ambiental

IV.2.1 Aspectos Abióticos

a) Clima

- Tipo: Cálido subhúmedo con lluvias en verano, según clasificación Köppen-García. Predominan los subtipos Aw_1 (x') (humedad intermedia) y Aw_0 (x') (más seco, donde se ubica el proyecto). El sufijo (x') indica mayor precipitación invernal respecto al régimen típico.
- Temperatura: Media anual >22 °C; mes más frío >18 °C; escasa oscilación térmica anual.
- Precipitación: ~1,300 mm/año; concentrada de mayo a octubre (~64.9 %); enero–marzo ~15.2 %. Mínima en abril (~41 mm), máxima en octubre (~272 mm). Existe canícula (disminución de lluvias en julio–agosto).

- Vientos y fenómenos extremos: Predominan alisios; influyen ciclones (junio–noviembre) y frentes "nortes". Los vientos son relevantes por la dispersión de partículas durante la explotación.

RESUMEN

b) Geología y Geomorfología

- Geología: Pertenece a la Plataforma de Yucatán, dominada por calizas del Terciario Superior, Plioceno y depósitos cuaternarios. Alta susceptibilidad a la disolución química, generando relieve kárstico (fracturas, cavidades, conductos). El macizo no es homogéneo; presenta discontinuidades y zonas de colapso.
- Geomorfología: Llanura carbonatada de baja altitud (<20 m s.n.m.), de relieve plano a ligeramente ondulado, sin ríos superficiales permanentes. Destaca el desarrollo kárstico: dolinas, cenotes, depresiones, cavidades. Procesos dominantes: disolución, colapsos, infiltración rápida, intemperismo químico. La estabilidad del terreno debe evaluarse por riesgo de hundimientos.

c) Suelos

- Distribución municipal: Leptosol 83.12 % (dominante), Solonchak 6.92 %, Gleysol 0.80 %, Arenosol 0.43 %.

- UGA 06-C: Predominan Leptosoles: suelos jóvenes, someros, pedregosos, poco desarrollados, sobre roca caliza. Limitan profundidad de raíces y retención de agua, pero favorecen infiltración. Al retirar la cubierta edáfica, se pierde un recurso de formación lenta.
- Relación con el sistema kárstico: Suelo delgado + roca fracturada → conexión directa entre superficie y acuífero → vulnerabilidad alta. La UGA 06 está destinada a protección de pozos de agua potable.

d) Geohidrología — Hidrología Superficial y Subterránea

- Superficial: Región Hidrológica 32 Yucatán Norte. Ausencia de ríos permanentes por alta infiltración y permeabilidad kárstica. Existen encharcamientos temporales tras lluvias intensas.

- Subterránea: Acuífero libre, kárstico, costero. Flujo rápido por fracturas y conductos; nivel freático somero (cerca de la costa <5 m). Equilibrio delicado agua dulce–agua salina: sobreexplotación o excavación excesiva puede causar intrusión salina.

RESUMEN

- Vulnerabilidad: Calificada como extremadamente alta por CONAGUA. Derrames de combustibles o sustancias contaminantes pueden alcanzar el acuífero rápidamente. Es obligatorio limitar profundidad de excavación y aplicar medidas de prevención, contención e impermeabilización.

IV.2.2 Aspectos Bióticos

a) Vegetación Terrestre

Se identifican cuatro unidades en la UGA 06-C:

1. Pastizal cultivado: Áreas transformadas para uso pecuario; estructura simple, dominada por gramíneas introducidas.
2. Selva Mediana Subperennifolia (SMSP): Comunidad compleja, árboles de 25–30 m, ~25–50 % pierde follaje estacionalmente; clima cálido húmedo, 1,000–1,600 mm/año. Es la vegetación potencial de mayor valor ecológico.

3. Vegetación Secundaria Arbustiva: Etapa de recuperación tras perturbación; dominan arbustos; estructura menos compleja.
4. Vegetación Secundaria Arbórea: Etapa sucesional más avanzada; recuperación del estrato arbóreo, puede evolucionar hacia selva si se mantiene.

Cobertura en el área del proyecto (Banco Comanco, 15.2 ha)

- Selva Mediana Subperennifolia: 12.6 ha → 84 % del polígono
- Vegetación Secundaria Arbustiva: 2.4 ha → 16 % del polígono

El paisaje es heterogéneo, con remanentes de vegetación original, etapas de sucesión y áreas transformadas. Se requiere verificación de campo para confirmar condiciones reales.

Conclusión General

La UGA 06-C es un territorio kárstico, somero, muy permeable y vulnerable, con escaso relieve, sin drenaje superficial permanente y dependiente del acuífero subterráneo. La mayor parte del área del proyecto conserva Selva Mediana Subperennifolia, ecosistema valioso. La extracción de materiales pétreos enfrenta restricciones ambientales estrictas: protección del acuífero, prevención de derrames, control de profundidad de excavación, estabilidad del terreno y mitigación de impactos sobre la vegetación. Todo aprovechamiento debe ajustarse a la función de protección de pozos que define a la UGA 06.

RESUMEN

A continuación se enlistas la especie vegetativa identificada, las potenciales en el área y circundante al proyecto:

División Tracheophyta (Plantas Vasculares)

I. Clase Polypodiopsida (Helechos)

- **Familia Dennstaedtiaceae**
  - *Pteridium caudatum* (L.) Maxon. — Helecho de campo
- **Familia Polypodiaceae**
  - *Microgramma nitida* (J.Sm.) A.R.Sm. — Epífita (Helecho)
  - *Pleopeltis polypodioides* (L.) Andrews & Windham

II. Clase Magnoliopsida (Angiospermas)

1. Orden Alismatales

- **Familia Araceae**
  - *Philodendron radiatum* Schott — Epífita / Trepadora (Pechuga de pavo)
  - *Syngonium podophyllum* Schott — Trepadora / Liana (Teléfono)

2. Orden Arecales

- **Familia Arecaceae (Palmae)**
  - *Sabal yapa* Wright ex Becc. — Palma (Xa'an, Guano)

3. Orden Dioscoreales

- **Familia Dioscoreaceae**
  - *Dioscorea polygonoides* Humb. & Bonpl. ex Willd. — Trepadora (Barbasco)

4. Orden Liliales

- **Familia Smilacaceae**
  - *Smilax spinosa* Mill. — Trepadora (Zarzaparilla)

RESUMEN

5. Orden Asparagales

- **Familia Orchidaceae**
  - *Cattleya rubescens* Lindl. — Epífita (Orquídea lipa)
  - *Myrmecophila tibicinis* (Batem.) Rolfe — Epífita (Orquídea de hormigas)
- **Familia Bromeliaceae**
  - *Aechmea bracteata* (Sw.) Griseb. — Epífita (Bromelia silvestre)
  - *Tillandsia dasyliriifolia* E.Morren — Epífita (Bromelia)

6. Orden Magnoliales

- **Familia Annonaceae**
  - *Annona reticulata* L. — Árbol (Anona, Ts'almuy)

7. Orden Laurales

- **Familia Lauraceae**
  - *Licaria capitata* (Chamisso & Schlechtendal) Kostermans — Árbol (Misanteca)

- *Nectandra salicifolia* (Kunth) Nees — Árbol (Laurel de selva, Laurelillo)

8. Orden Piperales

- **Familia Piperaceae**
  - *Piper amalgo* L. — Arbusto (Cordoncillo)

9. Orden Ranunculales

- **Familia Menispermaceae**
  - *Cissampelos pareira* L. — Enredadera (Bejuco azul, Ts'uuts'uk)

10. Orden Caryophyllales

- **Familia Amaranthaceae**
  - *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell. — Hierba / Subarbusto (Bledo, Xtes)
- **Familia Nyctaginaceae**
  - *Boerhavia erecta* L. — Hierba (Moco de pavo, X-xaak-il)
- **Familia Polygonaceae**
  - *Gymnopodium floribundum* Rolfe — Arbusto grande / Árbol pequeño (Ts'iits'il che')

RESUMEN

11. Orden Fabales

- **Familia Fabaceae (Leguminosae)**
  - *Bauhinia divaricata* L. — Arbusto / Árbol pequeño (Pata de vaca, Ts'ulp'uk)
  - *Desmodium incanum* DC. — Subarbusto / Hierba (Pegapega, K'iin-taj)
  - *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. — Árbol (Pich, Guanacaste)
  - *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. — Árbol (Sakyab, Cacahuananche)
  - *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit — Arbusto / Árbol pequeño (Guaje, Uaxim)
  - *Lonchocarpus xuul* Lundell — Árbol (Xuul)
  - *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. — Árbol (Tzalam)
  - *Mimosa baha*mensis Benth. — Arbusto armado (Sak katsim)

- *Mucuna pruriens* (L.) DC. — Trepadora (Picapica)
- *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. — Árbol (Ja'abin, Jabín)
- *Senna racemosa* (Mill.) H.S.Irwin & Barneby — Arbusto (K'an-habin)
- *Swartzia cubensis* (Britton & P.Wilson) Standl. — Árbol (K'atalox)
- *Vachellia collinsii* (Saff.) Seigler & Ebinger — Arbusto armado (Subín, Cornezuelo)

12. Orden Rosales

- **Familia Moraceae**
  - *Ficus cotini*folia Kunth — Árbol (Amate, Copó)
  - *Ficus maxima* Mill. — Árbol (Amate grande)
  - *Maclura tinctoria* (L.) D.Don ex Steud. — Árbol (Mora de clavo, Chak Oox)
- **Familia Urticaceae**
  - *Cecropia obtusifolia* Bertol. — Árbol pionero (Guarumo, X-ooch)
  - *Urera baccifera* (L.) Gaudich. ex Wedd. — Arbusto (Ortiga de caballo, Lal)

RESUMEN

13. Orden Malpighiales

- **Familia Euphorbiaceae**
  - *Acalypha hispida* Burm.f. — Arbusto (Cola de gato)
  - *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M.Johnst. — Arbusto (Chaya de monte, Ts'aah)
  - *Croton chichenensis Lundell* — Arbusto (X-k'u-che')
  - *Croton reflexifolius* Kunth — Arbusto (Perescutz)
  - *Gymnanthes lucida* Sw. — Árbol (Yax-nik, Palo de tinte)
- **Familia Malpighiaceae**
  - *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth — Árbol pequeño (Chi, Nance)
  - *Malpighia glabra* L. — Arbusto (Chililllo, Acerola)
- **Familia Passifloraceae**
  - *Passiflora foetida* L. — Trepadora herbácea (Pasionaria, Túu-tuuk)
- **Familia Salicaceae**
  - *Casearia corymbosa* Kunth — Árbol pequeño (Iximche')

14. Orden Sapindales

- **Familia Anacardiaceae**
  - *Metopium brownei* (Jacq.) Urb. — Árbol (Chechén negro)
  - *Spondias mombin* L. — Árbol (Ciruela de monte, Jobo)
- **Familia Burseraceae**
  - *Bursera simaruba* (L.) Sarg. — Árbol (Chakah, Palo mulato)
- **Familia Meliaceae**
  - *Trichilia havanensis* Jacq. — Árbol (Limoncillo, X-och)
- **Familia Rutaceae**
  - *Casimiroa tetrameria* Millsp. — Árbol (Zapote blanco, Yuy)

15. Orden Malvales

- **Familia Malvaceae**
  - *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. — Árbol (Ya'axche', Ceiba)
  - *Corchorus siliquosus* L. — Arbusto pequeño (Té de monte)
  - *Guazuma ulmifolia* Lam. — Árbol (Pixoy, Guácima)
  - Helicteres guazumifolia Kunth — Arbusto (Tornillo, Majahua)
  - *Luehea speciosa* Willd. — Árbol (Pataste, Pata de botijón)

RESUMEN

16. Orden Myrtales

- **Familia Myrtaceae**
  - *Psidium sartorianum* (O.Berg) Nied. — Árbol (Pichiché, Guayabillo)

17. Orden Ericales

- **Familia Ebenaceae**
  - *Diospyros yucatanensis* Standl. — Árbol (Zapote negro de monte, Silil) **[SM]**
- **Familia Sapotaceae**
  - *Manilkara zapota* (L.) P.Royen — Árbol (Ya', Chicozapote)

18. Orden Gentianales

- **Familia Apocynaceae**
  - *Echites umbellatus* Jacq. — Enredadera (K'am-ak)
  - *Forsteronia acouci* (Aup.) A.DC. — Liana
  - *Plumeria rubra* L. — Árbol pequeño (Flor de mayo, Nicte'ha')

- *Thevetia gaumeri* Hemsl. — Árbol pequeño (Akits)

- **Familia Rubiaceae**
  - Guettarda combsii Urb. — Árbol (K'ibche')
  - *Hamelia patens* Jacq. — Arbusto (K'an-lol, Coralillo)
  - *Morinda yucatanensis* Greenm. — Arbusto escandente / Trepadora (X-hoyoc, Piñuela)
  - *Psychotria costavenenia* Griseb. — Arbusto

19. Orden Solanales

- **Familia Convolvulaceae**
  - *Ipomoea triloba* L. — Enredadera (Campanilla, Trompillo)
  - *Merremia umbellata* (L.) Hallier f. — Trepadora Campanilla amarilla)
- **Familia Solanaceae**
  - *Solanum erianthum* D.Don — Arbusto (Prendedor, Uk'uch)
  - *Solanum torvum* Sw. — Arbusto armado (Berenjena silvestre, Tomatillo)

RESUMEN

20. Orden Boraginales

- **Familia Cordiaceae**
  - *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken — Árbol (Bojón, Hormiguero)
  - *Cordia dodecandra* DC. — Árbol (K'opté, Siricote)
- **Familia Ehretiaceae**
  - *Tournefortia volubilis* L. — Arbusto trepador (X-ta' ulum)

21. Orden Lamiales

- **Familia Bignoniaceae**
  - *Cydista aequinoctialis* (L.) Miers — Liana / Trepadora (Bejuco de ajo)
  - *Roseodendron Donnell-smithii* (Rose) Miranda — Árbol (Primavera, Makulis amarillo)
  - *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. — Árbol (Makulis rosa)
  - *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth — Arbusto (Tronadora, X-kanlol)
- **Familia Verbenaceae**
  - *Lantana camara* L. — Arbusto (Orégano k'aax, Ik-il-ha)
  - *Vitex gaumeri* Greenm. — Árbol (Ya'axnik)

22. Orden Asterales

- **Familia Asteraceae (Compositae)**
    - *Bidens pilosa* L. — Hierba / Subarbusto (Amor seco, K'an-puk')
    - *Melanthera n*ivea (L.) Small — Arbusto / Hierba alta (Margarita de monte, K'an-mul)
    - *Pluchea carolinensis* (Jacq.) G.Don — Arbusto (Santa María)



Leucaena leucocephala



Cecropia obtusifolia

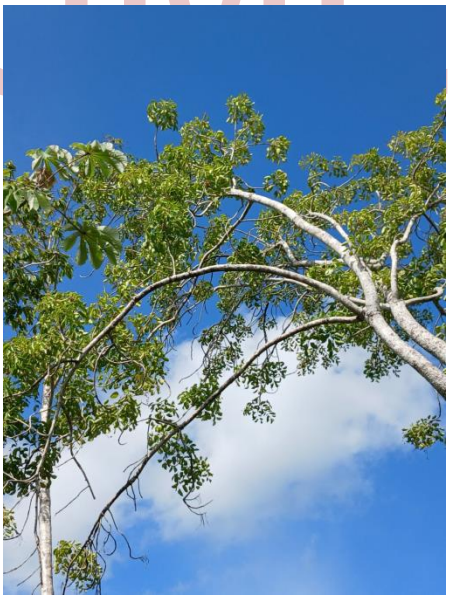


Sabal yapa

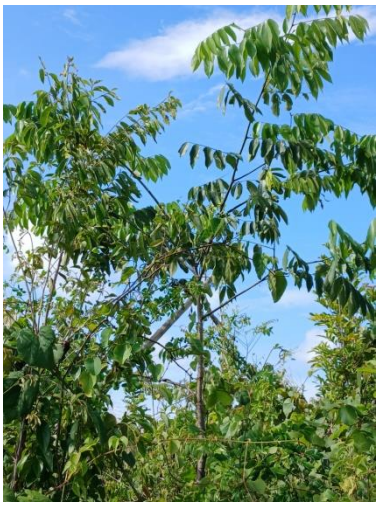
RESUMEN



Casearia corymbosa



Vitex gaumeri



Piscidia piscipula



Cnidoscolus aconitifolius



Pteridium caudatum

UMEN



Camino





Áreas con vegetación secundaria





b) Fauna

Se efectuó una búsqueda de bibliográfica, con el fin de recopilar información relativa a la fauna que ha sido reportada para sitios cercanos a la zona del proyecto.

Metodología para vertebrados terrestres; la metodología general, fue hacer un estudio de los cuatro grupos de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), así como las técnicas que se utilizan para el estudio de los mismos.

ANFIBIOS

Orden Anura (Ranas y Sapos)

1. Familia Bufonidae (Sapos verdaderos)

- *Rhinella marina* — Sapo gigante / Sapo común
- *Incilius valliceps* — Sapo costero / Sapo de la costa

2. Familia Hylidae (Ranas arborícolas)

- *Dryophytes microcephalus* (sinónimo *Hyla microcephala*) — Ranita arborícola amarilla
- *Smilisca baudinii* — Rana de árbol de Baudin / Rana de árbol común

3. Familia Leptodactylidae (Ranas de espuma)

- *Leptodactylus fragile* (antes *L. labialis*) — Rana de labios blancos / Rana silbadora

RESUMEN

REPTILES

Orden Squamata (Escamosos)

I. Suborden Sauria (Lagartijas y Lagartos)

1. Familia Dactyloidae

- *Anolis sagrei* — Abaniquillo pardo / Anolis café

2. Familia Iguanidae

- *Ctenosaura similis* — Iguana negra de cola espinosa
    - NOM-059: Amenazada (A).

3. Familia Corytophanidae

- *Basiliscus vittatus* — Basilisco café / Tochito

4. Familia Scincidae

- *Marisora unicolor* — Eslabón / Scinco café

5. Familia Teiidae

- *Holcosus gaigeae*— Lagartija metálica / Cuija de selva

6. Familia Phyllodactylidae

- *Thecadactylus rapicauda* — Gecko de cola de nabo / Cuija de selva

II. Suborden Serpentes (Serpientes)

7. Familia Colubridae (Culebras no venenosas)

- *Oxybelis aeneus* — Bejuquilla parda / Culebra bejuquilla
- *Spilotes pullatus* — Tigra / Culebra arroyera

8. Familia Elapidae (Serpientes venenosas)

- *Micrurus diastema* — Coralillo variable / Coralillo verdadero
    - NOM-059: Sujeta a Protección Especial (Pr).

9. Familia Viperidae (Víboras venenosas)

- *Bothrops asper* — Nauyaca real / Cuatro narices

RESUMEN



Ctenosaura similis

AVES

1. Orden Galliformes

Familia Cracidae

- *Ortalis vetula* — Chachalaca olivo / Chachalaca norteña

2. Orden Columbiformes

Familia Columbidae

- *Columbina talpacoti* — Tórtola rojiza / Tortolita pechigris

2. Orden Accipitriformes

Familia Accipitridae

- *Rupornis magnirostris — Gavilán pollero*

3. Orden Cuculiformes

Familia Cuculidae

- *Crotophaga sulcirostris* — Garrapatero pijuí / Chicoyl

4. Orden Piciformes

RESUMEN

Familia Picidae

- *Melanerpes pygmaeus* — Carpintero yucateco

5. Orden Coraciiformes

Familia Momotidae

- *Eumomota superciliosa* — Pájaro toh / Momoto ceja azul

7. Orden Passeriformes

Familia Tyrannidae

- *Tyrannus melancholicus* — Tirano tropical / Luis benteveo

Familia Corvidae

- *Cyanocorax yucatanicus* — Chara yucateca / Chara de Yucatán

Familia Fringillidae

- *Euphonia affinis* — Eufonia gargantinegra / Chinchimbacal



Rupornis magnirostris

RESUMEN

MAMIFEROS

I. Orden Didelphimorphia

- *Didelphis virginiana* — Tlacuache común

II. **Orden Rodentia**

- *Dasyprocta punctata* — Sereque / Guaqueque
- *Cuniculus paca* — Tepezcuintle

III. Orden Carnivora

- *Nasua narica* — Tejón
- *Procyon lotor* — Mapache

Especies de fauna protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010

De acuerdo a lo anterior el listado de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT- 2010, en la zona del Proyecto se menciona en el siguiente cuadro

- *Micrurus diastema* — Coralillo variable / Coralillo verdadero
    - NOM-059: Sujeta a Protección Especial (Pr).
- *Ctenosaura similis* — Iguana negra de cola espinosa
    - NOM-059: Amenazada (A).

IV.2.3 Paisaje

Caracterización del paisaje y unidades de paisaje

1. Contexto Regional y Delimitación Fisiográfica

El área de estudio se circunscribe al polígono de la Unidad de Gestión Ambiental 06-C (UGA 06-C: Protección de Pozos), dentro de la provincia fisiográfica de la Península de Yucatán, caracterizada por una plataforma topo-cárstica de relieve suave a moderadamente ondulado. El componente geomorfológico dominante está constituido por un sistema de lomeríos bajos y ondulaciones cársticas de roca caliza, alternados con depresiones estructurales continentales (sartenejas y oquedades) que canalizan la infiltración directa hacia el acuífero somero.

2. Componentes Cobertores y Ecosistémicos del Paisaje

Desde la perspectiva del análisis visual y de cobertura vegetal, la estructura del paisaje en la UGA 06-C presenta un patrón heterogéneo y discontinuo articulado principalmente por dos unidades fitofisionómicas distintivas:

* Unidad de Selva Mediana Subperennifolia [SM]: Constituye la matriz dominante y el componente de mayor valor de calidad visual e intactitud ecológica. Se caracteriza por una fisionomía arbórea densa de estratos definidos (dosel superior de 15 a 22 metros de altura). Esta unidad otorga al paisaje una textura rugosa, tonos verdes oscuros a opacos persistentes y una elevada capacidad de absorción visual.

* Unidad de Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subperennifolia (Acahual) [VSA]: Corresponde a estadios de sucesión ecológica derivados de eventos de perturbación antrópica previa o dinámica natural de claros. Se manifiesta como una cobertura arbustivo-arbórea baja y densa (3 a 6 metros), con alta dominancia de especies heliófilas y rastreras. Representa una matriz de transición con texturas finas a intermedias y tonalidades verdes amarillentas que contrastan con los parches de selva conservada.

3. Elementos Físico-Perceptuales y Estructura Visual

El paisaje se define por los siguientes atributos ambientales y perceptuales:

RESUMEN

* Geomorfología y Topografía: Los lomeríos bajos y las exposiciones rocosas de caliza alteran la línea del horizonte a microescala, generando cambios suaves en los planos de visión y creando microcuencas de relieve local.

* Elemento Hídrico e Infiltración: La presencia de oquedades cársticas y depresiones topográficas (donde se acumula humedad temporal durante el periodo de precipitaciones) actúa como punto focal ecológico y funcional, determinando la distribución de la flora nativa y la dinámica de la fauna silvestre

* Color y Textura: La paleta cromática del paisaje varía de tonos verdes profundos en la selva madura a matices amarillentos y claros en las zonas de acahual, contrastando marcadamente con los tonos grises y blanquecinos del afloramiento calcáreo y los cielos abiertos sobre las áreas de brecha o claros.

* Fragilidad Visual: Se determina como Moderada a Alta. Si bien la densidad foliar de la selva mediana proporciona una alta capacidad de ocultamiento para estructuras a nivel de suelo, la topografía de lomeríos bajos expone el dosel a puntos de observación distantes, haciendo que cualquier pérdida de cobertura vegetal modifique de manera directa la continuidad del corredor biológico y el valor escénico de la zona de protección hidrológica.

RESUMEN







IV.2.4 Medio socioeconómico

1. Contexto Demográfico y Dinámica Poblacional

El área de influencia del proyecto se localiza en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo, una de las demarcaciones de mayor crecimiento demográfico y urbano del país en las últimas décadas. La dinámica poblacional está fuertemente impulsada por la migración atraída por la oferta laboral del sector terciario (servicios turísticos, hotelería y comercio) e inmobiliario. Este acelerado crecimiento ha generado una constante presión sobre la periferia urbana y la demanda de suelo urbanizable, infraestructura básica y recursos naturales, en particular sobre las áreas de recarga acuífera y conservación periféricas como la UGA 06-C.

2. Estructura Económica y Empleo

RESUMEN

La estructura económica local presenta una clara concentración en el sector servicios (turismo y servicios conexos) y la industria de la construcción:

* Sector Terciario (Turismo y Comercio): Representa el motor económico fundamental del municipio, concentrando la mayor parte de la Población Económicamente Activa (PEA).

* Sector Secundario (Construcción e Infraestructura): Mantiene una alta demanda de mano de obra local y regional, directamente ligada al desarrollo de infraestructura de transporte, edificaciones inmobiliarias y obras públicas de escala regional y es ahí donde se inserta la importancia de esta actividad para el proyecto.

* Sector Primario: Prácticamente marginal en términos de aportación al Producto Interno Bruto (PIB) municipal, limitándose a actividades de autoconsumo o aprovechamiento forestal/apícola secundario e informal en las periferias de la zona urbana.

3. Infraestructura, Servicios Básicos y Servicios Ambientales

El área donde se ubica la UGA 06-C (Protección de Pozos) no alberga asentamientos humanos consolidados ni núcleos de población permanentes dentro de sus límites. Sin embargo, su relevancia socioeconómica para el municipio es estratégica debido a su función hidrogeológica:

* Suministro de Agua Potable y Seguridad Hídrica: La UGA está destinada prioritariamente a la captación, recarga y protección del acuífero que abastece de agua potable a la ciudad de Cancún y sus zonas turísticas. La preservación de su cobertura vegetal (Selva Mediana Subperennifolia y Vegetación Secundaria) asegura la calidad de la infiltración y la recarga de los pozos de extracción de la red municipal.

* Vías de Comunicación y Conectividad: La accesibilidad a la zona está dada por brechas de terracería y caminos secundarios utilizados para el mantenimiento de infraestructura hídrica, líneas de transmisión eléctrica y accesos a predios rústicos adyacentes.

RESUMEN

4. Diagnóstico de Percepción y Uso del Suelo

Actualmente, el uso del suelo circundante combina el aprovechamiento rústico con expectativas de regularización o desarrollo urbano ordenado. Debido a la designación del POEL de Benito Juárez para esta UGA, existe un marco normativo claro que condiciona el desarrollo socioeconómico a actividades compatibles con la protección hídrica y ambiental.

Los impactos socioeconómicos previstos para las fases de preparación y construcción del proyecto se caracterizan por:

* Efectos Positivos Directos: Generación de empleo temporal especializado y no especializado durante las fases de obra, así como la contratación de proveeduría de insumos y servicios locales.

* Efectos Positivos Indirectos: Derrama económica a nivel local por dinamización del sector servicios y comercio menor en las zonas colindantes.

* Medidas de Mitigación Social: El proyecto contempla el respeto riguroso a la infraestructura pública hídrica existente, garantizando que no se generen

afectaciones en los flujos de recarga de los pozos ni interrupciones en las vías de acceso locales.

IV.2.5 Diagnóstico ambiental

El diagnóstico ambiental constituye la integración de los componentes físicos, biológicos y antrópicos previamente caracterizados, con el propósito de determinar el estado actual del sistema ambiental, identificar los procesos que condicionan su funcionamiento, reconocer los factores de presión existentes y establecer su capacidad de respuesta ante las actividades asociadas al proyecto. Para el presente estudio, el análisis se realiza considerando las características de la UGA 06-C del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Benito Juárez, así como las condiciones observadas en el área del proyecto y su entorno.

Condición general del sistema ambiental

RESUMEN

La UGA 06-C se localiza dentro de un territorio de origen predominantemente carbonatado, perteneciente fisiográficamente a la Provincia Península de Yucatán y a la Subprovincia Carso Yucateco. Esta condición geológica constituye uno de los principales factores que controlan el funcionamiento ambiental de la zona, debido a que el desarrollo de rocas calizas altamente permeables, sometidas durante largos periodos a procesos de disolución, ha originado un relieve kárstico caracterizado por una topografía predominantemente plana a suavemente ondulada, escaso desarrollo de drenaje superficial y predominio de los procesos de infiltración y circulación subterránea del agua.

La baja pendiente del terreno, aunada a la naturaleza fracturada y soluble del sustrato calizo, favorece que una proporción importante del agua proveniente de la precipitación se infiltre rápidamente hacia el subsuelo. En consecuencia, los escurrimientos superficiales permanentes son escasos y la dinámica hidrológica regional se encuentra estrechamente vinculada con el acuífero de la Península de Yucatán.

Esta característica representa simultáneamente una función ambiental relevante y un elemento de vulnerabilidad. La elevada permeabilidad del medio kárstico

favorece la recarga del acuífero, pero la escasa capacidad de filtración y retención de contaminantes en el suelo y el subsuelo incrementa la posibilidad de que sustancias derramadas en superficie alcancen con relativa rapidez el sistema de aguas subterráneas.

Tal condición adquiere especial relevancia debido a que la UGA 06 forma parte de la unidad denominada “Protección de Pozos”, cuya orientación ambiental se relaciona directamente con la conservación de las áreas asociadas a la captación y abastecimiento de agua y, por consiguiente, con la protección de la calidad del recurso hídrico subterráneo.

Geología, geomorfología y suelo

Desde el punto de vista geológico, el sistema ambiental se encuentra asociado a la plataforma carbonatada de la Península de Yucatán, constituida principalmente por secuencias de rocas sedimentarias calcáreas. La presencia dominante de calizas determina tanto las características geomorfológicas como edáficas e hidrológicas del territorio.

RESUMEN

La disolución diferencial de los carbonatos favorece el desarrollo de formas propias del relieve kárstico, tales como depresiones, dolinas, cavidades, conductos de disolución y superficies irregulares de roca. No obstante, la presencia de estas estructuras debe comprobarse específicamente dentro del predio mediante observación o estudios de campo, por lo que su existencia dentro del área puntual del proyecto no debe inferirse exclusivamente a partir de las características regionales.

Los suelos regionales presentan, en términos generales, reducido espesor, desarrollo limitado, abundante pedregosidad y una estrecha relación con el sustrato calcáreo. Los Leptosoles constituyen uno de los grupos edáficos dominantes en el municipio de Benito Juárez. Estas características determinan una capacidad relativamente limitada para almacenar agua y nutrientes y condicionan el establecimiento y recuperación de la vegetación.

En sectores previamente sometidos a aprovechamiento de materiales pétreos, la remoción o reducción del horizonte edáfico adquiere especial importancia, ya que

disminuye aún más la capacidad de retención y amortiguamiento del suelo y puede dejar expuesto directamente el sustrato calcáreo. Por ello, la conservación del suelo remanente y su aprovechamiento posterior durante las actividades de rehabilitación representan elementos relevantes para la recuperación ambiental del sitio.

Condición climática y procesos asociados

El área se encuentra bajo la influencia de un clima cálido subhúmedo, correspondiente regionalmente a variantes del grupo Aw, con temperaturas elevadas durante la mayor parte del año y una marcada estacionalidad de las precipitaciones. Las lluvias se concentran principalmente durante la temporada cálida del año, mientras que durante los meses relativamente secos se presenta una disminución de la disponibilidad superficial de humedad.

Las condiciones climáticas intervienen directamente en la dinámica del sistema. Durante los periodos de mayor precipitación se incrementan los procesos de infiltración y recarga del acuífero, mientras que durante la época seca pueden aumentar la pérdida de humedad superficial, la generación de partículas y polvo en superficies desprovistas de vegetación y el estrés hídrico de la vegetación secundaria.

RESUMEN

Asimismo, la ubicación de Quintana Roo en la región del Caribe mexicano determina una exposición periódica a tormentas tropicales y huracanes. Estos eventos pueden producir precipitaciones intensas, caída de árboles, apertura temporal del dosel y acumulación de material vegetal, constituyendo un factor natural de perturbación que participa en la dinámica sucesional de las comunidades vegetales regionales.

Hidrología superficial y subterránea

El componente hídrico constituye uno de los elementos de mayor sensibilidad ambiental dentro de la UGA 06-C. El área pertenece a la Región Hidrológica RH-32 Yucatán Norte y a la cuenca correspondiente a Quintana Roo. Debido a la naturaleza kárstica del terreno, la hidrología superficial se encuentra escasamente

desarrollada y no presenta el patrón convencional de redes fluviales permanentes observado en regiones constituidas por materiales menos permeables.

El agua infiltrada alimenta un sistema acuífero libre, costero y de naturaleza kárstica, caracterizado por una elevada permeabilidad y circulación preferencial a través de fracturas, conductos y zonas de disolución. Esta configuración determina una alta vulnerabilidad del agua subterránea frente a posibles fuentes de contaminación.

Desde una perspectiva funcional, por tanto, el subsuelo no debe considerarse únicamente como el soporte físico sobre el cual se desarrolla el proyecto, sino como parte integral del sistema de recarga y circulación del agua subterránea.

Para las actividades de extracción de materiales pétreos, esta condición constituye uno de los principales factores ambientales a considerar. La reducción del espesor de roca existente entre la superficie y el nivel freático puede disminuir la capacidad natural de protección del acuífero. Consecuentemente, resulta fundamental evitar la profundización de las excavaciones hasta niveles que puedan provocar la exposición del agua subterránea, así como prevenir derrames de combustibles, aceites, lubricantes u otras sustancias capaces de infiltrarse.

RESUMEN

Vegetación y estado de conservación

La cobertura vegetal de la UGA 06-C se encuentra estrechamente relacionada con la selva mediana subperennifolia, comunidad característica de esta porción de la Península de Yucatán. Sin embargo, una parte considerable de la vegetación actualmente presente corresponde a diferentes etapas de sucesión secundaria derivadas de dicha comunidad.

Las coberturas previamente analizadas muestran el predominio de vegetación secundaria arbórea y arbustiva asociada a selva mediana subperennifolia, circunstancia que evidencia procesos históricos de perturbación y posterior recuperación vegetal. Por ello, el paisaje no debe interpretarse como una comunidad homogénea, sino como un mosaico integrado por áreas con distintos

grados de desarrollo sucesional, vegetación arbustiva, individuos arbóreos jóvenes, árboles remanentes y sectores previamente modificados.

Esta condición coincide con las observaciones realizadas mediante el registro fotográfico del sitio. Las imágenes muestran una cobertura heterogénea, con abundante vegetación arbustiva y juvenil, lianas y trepadoras, individuos arbóreos dispersos, palmas y presencia de vegetación secundaria establecida sobre terrenos pedregosos y áreas con evidencia de perturbación.

Entre los elementos vegetales observados durante los recorridos de campo se reconocen ejemplares atribuibles al género *Sabal,* probablemente relacionados con *Sabal yapa*, así como *Leucaena leucocephala* y diferentes elementos de Fabaceae.

La presencia simultánea de individuos arbóreos, arbustos, palmas, trepadoras y vegetación de regeneración demuestra que, aun cuando el sistema presenta evidencias de perturbación, mantiene procesos ecológicos activos de sucesión y recuperación vegetal.

RESUMEN

Componente faunístico

La estructura de la vegetación secundaria existente proporciona condiciones para el desplazamiento, alimentación, refugio y reproducción de diferentes grupos de fauna silvestre característicos de la región. La heterogeneidad estructural de la vegetación puede generar microhábitats aprovechables por aves, reptiles, pequeños mamíferos, anfibios e invertebrados.

Sin embargo, la modificación histórica de la cobertura vegetal, la presencia de caminos, áreas abiertas y actividades humanas en el entorno constituyen factores que pueden favorecer especies tolerantes a la perturbación y disminuir la disponibilidad de hábitat para aquellas con mayores requerimientos ecológicos.

Por esta razón, la evaluación del componente faunístico debe distinguir entre la fauna potencialmente distribuida en la selva mediana subperennifolia de Benito Juárez y las especies efectivamente registradas durante los recorridos de campo.

Los listados regionales constituyen una referencia de distribución potencial y no deben interpretarse automáticamente como registros dentro del predio.

Fragmentación, perturbación y sucesión ecológica

El estado actual del sistema ambiental (UGA 06-C) refleja la interacción entre procesos naturales y modificaciones de origen antrópico. La existencia de áreas previamente intervenidas, caminos, superficies con vegetación secundaria y sitios con diferente grado de recuperación indica que el paisaje ha experimentado modificaciones anteriores. Particularmente relevante para el proyecto es la existencia de un banco de materiales previamente explotado. Desde el punto de vista del diagnóstico ambiental, esta condición diferencia al sitio de un área completamente conservada y sin antecedentes de aprovechamiento.

RESUMEN

Las superficies previamente explotadas presentan una capacidad ecológica diferente a la de las áreas circundantes con mayor cobertura vegetal. La pérdida o reducción del suelo, exposición del sustrato calcáreo y modificación de la estructura original de la vegetación constituyen impactos residuales de las actividades históricas. Paralelamente, el establecimiento espontáneo de vegetación secundaria evidencia procesos de regeneración natural posteriores al abandono.

Por consiguiente, el sistema puede interpretarse como un mosaico ambiental en distintas etapas de perturbación y recuperación, en el cual coexisten superficies previamente modificadas con áreas de vegetación secundaria arbustiva y arbórea y elementos remanentes de mayor desarrollo estructural.

Integridad funcional y fragilidad ambiental

El grado de perturbación existente no implica ausencia de funciones ambientales. Aun las áreas cubiertas por vegetación secundaria participan en procesos de protección del suelo, captación e infiltración de agua, producción de materia orgánica, regulación microclimática y provisión de refugio y recursos para la fauna.

La principal fragilidad del sistema se relaciona con su naturaleza kárstica y la vulnerabilidad del acuífero. A diferencia de otros sistemas donde los contaminantes pueden ser parcialmente retenidos por horizontes profundos de suelo, la combinación de suelos someros, roca calcárea fracturada y elevada infiltración reduce la capacidad natural de amortiguamiento.

Un segundo elemento de sensibilidad corresponde a la cobertura vegetal en proceso de recuperación. La vegetación secundaria representa diferentes etapas sucesionales de la selva mediana subperennifolia y, por tanto, su eliminación puede interrumpir procesos de regeneración, disminuir la conectividad local y simplificar la estructura del hábitat. El sistema presenta, por consiguiente, una sensibilidad ambiental diferenciada: las superficies previamente explotadas poseen un grado de transformación mayor y menor integridad estructural, mientras que los sectores con vegetación secundaria arbórea, vegetación en recuperación avanzada y elementos remanentes presentan mayor valor para el mantenimiento de la cobertura, conectividad y recuperación ecológica.

RESUMEN

Tendencia ambiental del sistema

En ausencia de nuevas perturbaciones intensivas, es razonable esperar que las superficies cubiertas actualmente por vegetación secundaria continúen procesos sucesionales naturales, incrementando gradualmente su cobertura, biomasa y complejidad estructural. No obstante, dicha recuperación puede verse limitada por la recurrencia de desmontes, apertura de caminos, incendios, extracción de materiales, expansión de asentamientos u otras actividades que mantengan el sistema en etapas tempranas de sucesión.

En el área previamente explotada, la recuperación natural puede ser más lenta debido a la pérdida de suelo y a la exposición del sustrato rocoso. Estas condiciones limitan el establecimiento de algunas especies y favorecen inicialmente organismos capaces de colonizar ambientes abiertos y perturbados.

Síntesis del diagnóstico ambiental

De manera integral, la UGA 06-C constituye un sistema ambiental asentado sobre una plataforma calcárea kárstica de elevada permeabilidad, relieve predominantemente plano, suelos generalmente someros y pedregosos, escaso drenaje superficial y fuerte dependencia funcional del sistema hidrológico subterráneo. Estas características determinan que la protección del acuífero constituya el componente de mayor relevancia y sensibilidad ambiental.

El componente biológico se caracteriza por la presencia de Vegetación Asociada a Selva Mediana Subperennifolia, predominantemente representada en el entorno por diferentes condiciones de vegetación secundaria arbórea y arbustiva. La estructura observada evidencia perturbaciones históricas, pero también procesos activos de regeneración natural, por lo que las superficies actualmente cubiertas por vegetación mantienen funciones ecológicas relevantes.

El área del proyecto presenta además un antecedente directo de aprovechamiento de materiales pétreos. Esta condición ha generado modificaciones previas del suelo, sustrato y cobertura vegetal y explica la presencia de sectores con diferente grado de recuperación. En consecuencia, el diagnóstico no corresponde al de un ecosistema completamente prístino ni al de un espacio carente de valor ambiental, sino al de un sistema previamente perturbado, heterogéneo y en diferentes etapas de recuperación, inserto dentro de un entorno kárstico de elevada sensibilidad hidrogeológica.

En este contexto, los componentes críticos para la evaluación del proyecto corresponden a: la conservación de la calidad del agua subterránea; el mantenimiento de una separación suficiente entre la profundidad máxima de explotación y el nivel freático; la prevención de derrames y manejo adecuado de combustibles, lubricantes y residuos; la conservación del suelo disponible; la delimitación estricta de las superficies autorizadas; la prevención de afectaciones adicionales sobre vegetación circundante; la protección de fauna durante las actividades; y la rehabilitación progresiva de las superficies que concluyan su aprovechamiento.

RESUMEN

En síntesis, el diagnóstico identifica como componente ambiental crítico al sistema hidrogeológico kárstico y al acuífero, como componente biológico de atención a la vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia y la fauna asociada, y como principal factor de presión existente a la transformación histórica derivada del aprovechamiento de materiales, caminos y otras intervenciones antrópicas. La gestión ambiental del proyecto deberá orientarse, por tanto, a evitar que la reactivación del aprovechamiento incremente la vulnerabilidad actualmente existente y a favorecer, desde las etapas de operación hasta el abandono del sitio, la recuperación funcional de las superficies intervenidas.

RESUMEN

El objetivo principal de este apartado es determinar y valorar las modificaciones o impactos que las distintas etapas del proyecto (preparación, operación, mantenimiento y abandono) causarán sobre el sistema físico, biológico y socioeconómico en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA 06-C).

1. Antecedentes del Sitio y Enfoque de Evaluación

- Intervención Histórica: El proyecto se sitúa en un banco de materiales pétreos previamente explotado. Presenta superficies con suelo/vegetación alterada, exposición del sustrato calcáreo y áreas en proceso de regeneración natural y vegetación secundaria.
- Criterio de Evaluación: La evaluación no solo contempla la condición inicial del sitio (el daño histórico existente), sino que evalúa tanto los impactos adicionales sobre áreas ya modificadas como las afectaciones sobre componentes ambientales que aún conservan su funcionalidad (suelo remanente, vegetación secundaria, fauna y el acuífero kárstico).

RESUMEN

2. Acciones Generadoras de Impacto y Factores Ambientales

Las actividades evaluadas se cruzan con los factores susceptibles de afectación (geología, suelo, aire, ruido, agua, vegetación, fauna, paisaje y aspectos socioeconómicos).

- Principales actividades generadoras: Habilitación de accesos, retiro selectivo de vegetación, despalme, extracción de roca, trituración/procesamiento, acopio, transporte, manejo de combustibles y residuos, y la posterior rehabilitación y abandono.

3. Evaluación por Componente Ambiental (Indicadores de Impacto)

A. Geología y Geomorfología

- Modificación del sustrato y relieve: Impacto negativo, directo, localizado y permanente. Consiste en la remoción irreversible de roca caliza y alteración de la microtopografía. La gravedad se limita considerando que es un sitio previamente intervenido, con una profundidad y volumen autorizados.

B. Suelo

- Pérdida/Modificación del suelo: En un entorno calcáreo el suelo superficial es sumamente delgado pero crucial para la recuperación vegetal. Se debe

recuperar y conservar separadamente el material edáfico para actividades de restauración.

- Compactación: Provocada por el tránsito de maquinaria; se busca mitigar delimitando rutas específicas.

C. Calidad del Aire, Ruido y Vibraciones

- Polvo y Gases de Combustión: Impactos negativos, directos, temporales y mitigables. Incrementan en época de sequía; se controlarán mediante riego/humectación de caminos, lona sobre cargas y mantenimiento de vehículos.
- Ruido/Vibraciones: Impacto temporal, periódico y reversible que genera perturbación o desplazamiento momentáneo de fauna.

D. Hidrología (Superficial y Subterránea) — *Aspecto Crítico*

- Hidrología Superficial: Alteración menor de los patrones de infiltración.
- Hidrología Subterránea (Acuífero Kárstico): Es uno de los componentes de mayor vulnerabilidad y relevancia ambiental debido a la alta permeabilidad de la roca caliza.
    - *Riesgos:* Contaminación por derrames de combustibles, lubricantes o residuos.
        - *Pérdida de capa protectora:* La extracción de roca disminuye la distancia hasta el nivel freático. Se debe mantener estrictamente un margen/distancia de seguridad para no exponer el agua subterránea directamente.

E. Vegetación y Fauna

- Vegetación: Pérdida localizada de vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia (en procesos de recuperación). Aunque sea secundaria, aporta biomasa y microhábitats. Se exige evitar desmontes innecesarios.
- Fauna Silvestre: Desplazamiento temporal por ruido/presencia humana. Riesgo de atropellamiento; se estipulan actividades de dispersión, rescate y reubicación antes de intervenir áreas, quedando estrictamente prohibida la cacería o captura por parte de los trabajadores.

RESUMEN

F. Paisaje y Aspectos Socioeconómicos

- Paisaje: Impacto visual por la maquinaria y alteración de rocas, mitigable progresivamente mediante restauración.
- Socioeconómico (Positivo): Generación de empleos directos e indirectos, demanda de servicios y oferta de insumos pétreos para infraestructura.

4. Impactos Acumulativos, Sinérgicos y Residuales

- Acumulativos/Sinérgicos: El proyecto se inserta en una zona (UGA 06-C) sometida a presiones de fragmentación. Múltiples actividades sobre el suelo kárstico pueden sinergizar y comprometer la calidad del acuífero a nivel regional si no se controla adecuadamente el riesgo.
- Residuales: Son aquellos que persistirán de manera inevitable tras la aplicación de medidas mitigatorias. Los principales son la remoción definitiva de roca y la modificación permanente del relieve topográfico.

5. Metodología y Criterios de Evaluación

RESUMEN

Para calificar objetivamente cada impacto, el documento establece criterios basados en: *Carácter (positivo/negativo), Relación causa-efecto, Intensidad, Extensión, Momento de aparición, Persistencia, Reversibilidad, Recuperabilidad, Periodicidad, Acumulación, Sinergia e Importancia Ambiental (compatible, moderada, severa o crítica)*.

Se enfatiza evaluar el escenario sin medidas de mitigación comparado con el escenario residual (con mitigación aplicable).

Conclusión y Estrategia Ambiental del Proyecto

La estrategia del proyecto se basa en:

1. No rebasar el polígono ni la profundidad autorizada.
2. Priorizar la protección absoluta del acuífero kárstico y del suelo remanente.
3. Prevenir pérdidas adicionales de vegetación y promover rescates/ahuyentamientos de fauna.
4. Ejecutar un programa de rehabilitación y restauración progresiva del sitio durante y al término de las operaciones.

V.1.3.2 Metodologías de evaluación justificación de la metodología seleccionada

Metodología para la identificación y evaluación de los impactos ambientales

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales derivados del proyecto se seleccionó como herramienta metodológica la Matriz de Leopold modificada, adaptada a las características particulares del proyecto y a las condiciones ambientales identificadas en el área de estudio.

Este método permite establecer de manera sistemática las relaciones causa–efecto entre las distintas actividades que integran el proyecto y los componentes del medio físico, biológico y socioeconómico susceptibles de ser modificados.

La metodología consiste en disponer en uno de los ejes de la matriz las principales acciones generadoras de impacto, tales como preparación del sitio, despalme, extracción del material pétreo, trituración y cribado, acopio, carga, operación de maquinaria, transporte y rehabilitación; mientras que en el otro eje se incorporan los factores ambientales receptores, entre ellos geología y geomorfología, suelo, calidad del aire, ambiente sonoro, hidrología superficial y subterránea, vegetación, fauna, paisaje y componentes socioeconómicos.

RESUMEN

Una vez identificadas las interacciones entre las actividades y los factores ambientales, cada impacto se valora mediante dos parámetros: magnitud e importancia. La magnitud representa la intensidad y sentido de la modificación ocasionada sobre el componente ambiental y se expresa en una escala de −10 a +10, correspondiendo los valores negativos a efectos adversos y los positivos a efectos benéficos.

La importancia se expresa en una escala de 1 a 10 y representa la relevancia ambiental de la interacción, considerando las características y sensibilidad del componente receptor, así como la extensión, persistencia, reversibilidad y capacidad de recuperación del medio.

La utilización de una Matriz de Leopold modificada se considera apropiada para el presente proyecto debido a que permite visualizar simultáneamente un número considerable de interacciones ambientales, identificar los componentes que presentan mayor sensibilidad y jerarquizar los impactos que requieren medidas

específicas de prevención, mitigación, compensación o rehabilitación. Asimismo, facilita diferenciar los impactos directos derivados de la extracción del material pétreo de aquellos asociados con actividades auxiliares y operativas.

Su adaptación resulta particularmente pertinente debido a que el proyecto corresponde a la reactivación de un banco de materiales previamente aprovechado, por lo que la evaluación debe considerar la condición ambiental

APLICACIÓN:

Para la Matriz de Leopold modificada se utilizará una escala de Magnitud (M) de −10 a +10 e Importancia (I) de 1 a 10. El signo de la magnitud indica el carácter del efecto: los valores negativos corresponden a impactos adversos y los positivos a impactos benéficos. Cada interacción se expresa como M/I. El valor 0 indica que no se identifica una interacción ambiental relevante.

RESUMEN

→**Matriz de Leopold modificada propuesta:**

MATRIZ DE LEOPOLD MODIFICADA – BANCO COMANCO EN LA UGA 06-C											
Factor ambiental	Preparación del área	Retiro de vegetación	Despalme	Extracción caliza	Trituración/cribado	Acopio	Carga	Transporte interno	Maquinaria	Residuos	Rehabilitación
Geología	0	0	−2/3	−8/8	0	0	0	0	0	0	+2/5
Geomorfología/relieve	−2/3	0	−3/4	−7/8	0	−2/2	0	−2/2	−1/2	0	+5/7
Suelo	−3/4	−2/3	−6/7	−5/7	−3/4	−3/3	−2/3	−4/5	−3/4	−3/5	+6/8
Calidad del aire	−2/3	−2/2	−3/4	−5/6	−7/7	−4/4	−5/5	−5/6	−4/5	−1/2	+2/3
Ruido	−2/3	−2/3	−3/4	−5/6	−7/7	−2/3	−4/5	−4/5	−5/6	0	−2/3
Hidrología superficial/infiltración	−2/4	−2/4	−4/6	−4/7	−2/4	−2/3	−1/3	−3/5	−2/4	−3/6	+4/7
Agua subterránea	−1/5	−1/4	−3/7	−6/10	−3/7	−2/6	−2/6	−2/6	−4/9	−5/9	+3/8
Vegetación	−3/5	−7/8	−6/7	−4/6	−2/4	−2/3	−1/3	−3/5	−2/4	−1/3	+7/8
Fauna	−3/5	−5/7	−4/6	−4/6	−6/7	−2/3	−3/4	−5/6	−5/6	−2/4	+6/8
Paisaje	−3/4	−5/6	−5/6	−7/7	−5/5	−4/4	−2/3	−3/4	−4/4	−2/3	+7/8
Empleo/economía local	+2/3	+2/3	+2/3	+6/7	+5/6	+3/4	+4/5	+4/5	+4/5	+1/2	+3/4
Seguridad y salud ocupacional	−2/4	−2/4	−3/5	−4/6	−6/8	−3/4	−4/6	−4/6	−4/6	−2/4	−2/4
Clave: Magnitud (M) = −10 a +10; Importancia (I) = 1 a 10. Formato: M/I. 0 = sin interacción relevante.											

RESUMEN

Justificación de las principales valoraciones

Existen cuatro interacciones que requieren una explicación particular debido a su relevancia dentro del sistema ambiental.

Extracción de material pétreo–geología (−8/8). Constituye uno de los impactos intrínsecamente más importantes del proyecto debido a que implica la remoción física del material calizo. Se trata de una modificación directa y permanente,

puesto que el recurso geológico extraído no puede recuperarse mediante procesos naturales dentro de una escala temporal relevante para el proyecto. No obstante, su extensión puede mantenerse espacialmente delimitada y debe considerarse además que el proyecto corresponde a una superficie con parcial impacto, un banco previamente explotado y otra área de selva mediana perennifolia.

Extracción–agua subterránea (−6/10). En esta interacción se asigna una magnitud potencial negativa de −6 y una importancia de 10. La diferencia entre ambos valores es intencional: aunque la extracción no necesariamente producirá una afectación directa al agua subterránea, la importancia del componente receptor es muy elevada debido a las características kársticas del sistema, la permeabilidad del sustrato y la vulnerabilidad del acuífero. La reducción del espesor de roca existente entre la superficie de explotación y el nivel freático constituye, por tanto, una variable crítica que deberá ser controlada durante toda la operación.

RESUMEN

Trituración y cribado–calidad del aire y ruido (−7/7). Al realizarse la trituración dentro del predio, esta actividad constituye una de las principales fuentes potenciales de partículas suspendidas, polvo y ruido. A diferencia de la modificación del sustrato geológico, estos efectos son fundamentalmente operativos, temporales y susceptibles de mitigación mediante medidas tales como humectación de caminos y materiales, sistemas de control de polvo, regulación de velocidades, mantenimiento adecuado del equipo y establecimiento de horarios de trabajo.

Mantenimiento de maquinaria fuera del área del proyecto. Debido a que las actividades ordinarias de mantenimiento se efectuarán fuera del área del proyecto, no se incorpora el mantenimiento como una acción generadora de impacto dentro de la matriz. Esta condición reduce la generación dentro del predio de aceites usados, filtros, grasas y otros residuos asociados al mantenimiento mecánico. Sin embargo, se conserva la evaluación del riesgo de derrames accidentales durante

la operación, debido a que la maquinaria continuará utilizando combustibles, aceites y lubricantes mientras permanezca en funcionamiento.

Diferencia entre impacto y riesgo ambiental

Para la interpretación de la matriz resulta importante diferenciar conceptualmente un impacto ambiental cierto de un impacto potencial asociado a una contingencia o riesgo ambiental.

Por ejemplo, la extracción del material pétreo produce necesariamente una modificación del sustrato geológico. Por consiguiente, este efecto constituye un impacto directo, cierto y permanente.

En contraste, la contaminación del acuífero derivada de un derrame de combustible o lubricante no constituye un efecto que necesariamente vaya a producirse durante la operación. Corresponde a un impacto potencial asociado a una contingencia, cuya relevancia ambiental puede ser elevada debido a la vulnerabilidad del medio receptor, pero cuya probabilidad de ocurrencia puede reducirse sustancialmente mediante medidas preventivas, procedimientos operativos y protocolos de atención a derrames.

RESUMEN

Esta diferenciación permite evitar una sobrevaloración o subvaloración de los impactos y proporciona una interpretación más adecuada de las condiciones reales del proyecto.

Interpretación general de la matriz

Los resultados obtenidos mediante la Matriz de Leopold modificada permiten reconocer tres grupos principales de impactos ambientales.

El primero corresponde a los impactos permanentes, asociados fundamentalmente con la extracción del material calizo y la consecuente modificación del sustrato geológico y de la microtopografía. Debido a la naturaleza misma de la actividad extractiva, estos efectos no pueden ser completamente revertidos, aunque su extensión puede controlarse mediante la delimitación estricta de la superficie autorizada.

El segundo grupo corresponde a los impactos operativos y temporales, entre los cuales destacan la generación de partículas, incremento de los niveles sonoros, circulación de vehículos, tránsito de maquinaria y perturbación temporal de fauna. Dentro de este grupo adquiere especial relevancia la operación del equipo de trituración y cribado. Estos impactos presentan una mayor capacidad de prevención y mitigación mediante la aplicación de medidas de manejo ambiental.

El tercer grupo comprende los impactos potenciales asociados a la vulnerabilidad del sistema hidrogeológico, principalmente aquellos relacionados con la posible contaminación del agua subterránea y con la reducción del espesor de material existente sobre el nivel freático. Aunque varios de estos efectos son prevenibles, el agua subterránea constituye uno de los componentes de mayor sensibilidad ambiental debido a las características kársticas de la UGA 06-C.

RESUMEN

La matriz identifica asimismo impactos positivos derivados de las actividades de rehabilitación del sitio, particularmente sobre el suelo, vegetación, fauna y paisaje. A éstos se suman los efectos socioeconómicos positivos asociados con la generación de empleo, contratación de servicios y actividad económica relacionada con la operación del proyecto.

Los valores asignados en la matriz constituyen una propuesta técnica de valoración y jerarquización de impactos y no deben interpretarse como resultados matemáticos independientes de las condiciones ambientales del sitio. Su interpretación deberá realizarse conjuntamente con el diagnóstico ambiental y con los criterios empleados para establecer la magnitud e importancia de cada interacción.

VI. DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL

VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental

Con base en la identificación, caracterización y evaluación de los impactos ambientales realizada en el Capítulo V, en el presente capítulo se establecen las medidas de prevención, mitigación, control, corrección y restauración que deberán implementarse durante las diferentes etapas del proyecto, con la finalidad de evitar, reducir o controlar los efectos adversos sobre los componentes físicos y biológicos del sistema ambiental.

Las medidas propuestas consideran las características particulares del sitio identificadas durante el diagnóstico ambiental, entre las que destacan la naturaleza kárstica del sustrato, la elevada permeabilidad de los materiales calcáreos, la importancia funcional del agua subterránea, la presencia de suelos generalmente someros, la existencia de vegetación secundaria derivada de selva mediana subperennifolia y la presencia de fauna asociada a estas comunidades.

RESUMEN

Asimismo, se considera como elemento fundamental que el proyecto corresponde explotación de materiales pétreos en un área parcialmente aprovechado. Por consiguiente, las estrategias de manejo ambiental se orientarán prioritariamente a concentrar las actividades dentro de las superficies previamente modificadas, evitar la generación de nuevos frentes de afectación, conservar las áreas que no resulten indispensables para la operación y favorecer progresivamente la rehabilitación de los sectores donde concluya el aprovechamiento.

El proyecto no contempla la utilización de explosivos. El procesamiento mediante trituración se realizará dentro del predio, mientras que las actividades ordinarias de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria se efectuarán fuera del área del proyecto. Estas características fueron consideradas para establecer las medidas correspondientes.

Las acciones propuestas se organizan mediante programas ambientales específicos, cuya ejecución permitirá establecer mecanismos de seguimiento, indicadores de cumplimiento y acciones correctivas cuando se detecten desviaciones respecto de las condiciones previstas.

Objetivos de las medidas ambientales

El objetivo general será prevenir, minimizar y controlar los impactos ambientales adversos derivados de la reactivación, operación y abandono del banco de materiales pétreos, manteniendo las actividades dentro de los límites autorizados y protegiendo especialmente los componentes ambientales identificados como sensibles.

De manera particular, las medidas estarán dirigidas a:

a) Evitar afectaciones fuera del polígono autorizado

b) Prevenir la contaminación del suelo, subsuelo y agua subterránea

c) Conservar la mayor cantidad posible de suelo superficial y utilizarlo posteriormente en la rehabilitación

d) Minimizar la eliminación de vegetación secundaria

e) Prevenir la afectación directa de flora y fauna silvestres

f) Controlar las emisiones de partículas derivadas de extracción, trituración, carga y transporte

g) Reducir los niveles de ruido generados por maquinaria y equipo

h) prevenir el manejo inadecuado de residuos

i) reducir el riesgo de contingencias ambientales

j) rehabilitar progresivamente las superficies donde concluya el aprovechamiento

k) establecer un sistema permanente de vigilancia y seguimiento ambiental

Clasificación de las medidas

Las medidas propuestas se clasifican de acuerdo con su finalidad.

RESUMEN

Medidas preventivas. Son aquellas destinadas a evitar que el impacto ambiental ocurra. Se aplicarán prioritariamente antes y durante la ejecución de las actividades.

Medidas de mitigación. Tienen como finalidad disminuir la intensidad, extensión o duración de aquellos impactos que no pueden evitarse completamente debido a la naturaleza del proyecto.

Medidas correctivas. Se aplicarán cuando se detecte una desviación, afectación no prevista o incumplimiento de las medidas establecidas, con objeto de controlar la fuente y corregir, en la medida técnica

Medidas correctivas. Se aplicarán cuando se detecte una desviación, afectación no prevista o incumplimiento de las medidas establecidas, con objeto de controlar la fuente y corregir, en la medida técnicamente posible, sus efectos.

RESUMEN

Medidas de restauración o rehabilitación. Estarán dirigidas a favorecer la recuperación física y biológica de las superficies intervenidas una vez que dejen de ser necesarias para la operación.

Medidas de compensación. Únicamente serán consideradas cuando permanezcan impactos residuales que no puedan prevenirse, mitigarse o restaurarse adecuadamente y cuando técnicamente o jurídicamente resulte procedente su aplicación.

La jerarquía de manejo será, por tanto, evitar, minimizar, corregir/restaurar, compensar, privilegiándose en todo momento la prevención.

Medidas por componente ambiental

Delimitación y control de la superficie de aprovechamiento

Antes del inicio de las actividades se realizará la delimitación física del polígono autorizado y de las superficies destinadas a extracción, trituración, acopio, circulación y demás actividades auxiliares.

Se utilizarán señalamientos, estacas u otros elementos visibles que permitan reconocer claramente los límites operativos.

La maquinaria y vehículos deberán mantenerse dentro de las áreas y caminos establecidos. Quedará prohibida la apertura espontánea de nuevos caminos, patios de maniobra, zonas de estacionamiento o áreas de almacenamiento fuera de las superficies autorizadas.

La medida adquiere particular importancia debido a que el proyecto pretende aprovechar un sitio previamente intervenido. La concentración espacial de las actividades permitirá evitar la expansión innecesaria de la huella de perturbación sobre superficies circundantes.

RESUMEN

Geología y geomorfología

La extracción de roca caliza constituye uno de los impactos permanentes inherentes al proyecto y no puede ser eliminado mediante medidas convencionales de mitigación. En consecuencia, las acciones deberán dirigirse principalmente a controlar su extensión e intensidad.

La explotación deberá realizarse exclusivamente dentro de los límites autorizados y respetando las cotas y profundidades establecidas en el proyecto.

Se evitarán excavaciones innecesarias fuera de los frentes programados y se mantendrá control topográfico periódico sobre el avance de la explotación.

La profundidad máxima de extracción deberá conservar permanentemente una separación suficiente respecto del nivel freático determinada con base en las condiciones hidrogeológicas del sitio y en las disposiciones establecidas por las autoridades competentes.

Cuando un frente concluya definitivamente su aprovechamiento, deberá incorporarse progresivamente al programa de rehabilitación, evitando mantener innecesariamente grandes superficies desnudas.

Suelo

Antes de intervenir superficies que conserven suelo vegetal, éste deberá retirarse selectivamente y conservarse separadamente del material pétreo.

El suelo recuperado será almacenado temporalmente en sitios delimitados y protegido, en la medida técnicamente posible, contra erosión, compactación y contaminación.

No deberá mezclarse con residuos, hidrocarburos, material pétreo de rechazo ni sustancias ajenas a su composición.

El suelo conservado será reutilizado durante la rehabilitación de superficies para favorecer el establecimiento de vegetación y aportar materia orgánica, semillas y microorganismos presentes naturalmente.

La circulación de maquinaria deberá concentrarse en caminos y áreas de maniobra previamente definidos para reducir la compactación innecesaria.

Cuando se detecte contaminación accidental del suelo por hidrocarburos, el material afectado deberá contenerse, retirarse y manejarse conforme a sus características y a la legislación aplicable.

RESUMEN

Protección del agua subterránea

Debido a las características kársticas del terreno, la protección del agua subterránea constituirá una de las principales prioridades del manejo ambiental.

Se evitará alcanzar o exponer el nivel freático durante las actividades de extracción.

La profundidad de explotación deberá verificarse periódicamente y compararse con la información disponible sobre la profundidad del agua subterránea.

No se permitirá la disposición de residuos, aceites, combustibles, aguas residuales u otras sustancias potencialmente contaminantes sobre el terreno, excavaciones o fracturas del sustrato calcáreo.

Las actividades ordinarias de mantenimiento mecánico, cambios de aceite, lubricación mayor y reparaciones deberán efectuarse fuera del área del proyecto, conforme a lo establecido en la descripción de la operación.

En caso de falla mecánica que imposibilite retirar inmediatamente un equipo, deberán colocarse medios de contención bajo el punto afectado y evitar cualquier infiltración al suelo.

La presencia de manchas de hidrocarburos deberá ser atendida inmediatamente mediante materiales absorbentes y retiro del material contaminado.

Quedará estrictamente prohibido utilizar excavaciones, depresiones naturales, cavidades o fracturas del terreno como sitios de disposición de residuos.

Calidad del aire y control de partículas

La generación de partículas constituye uno de los principales impactos operativos debido a las actividades de extracción, trituración, cribado, acopio, carga y circulación de vehículos.

Los caminos internos y superficies susceptibles de generar polvo deberán humectarse cuando las condiciones meteorológicas y operativas lo requieran, utilizando únicamente el volumen de agua necesario y evitando encharcamientos.

Se establecerán velocidades máximas de circulación dentro del predio.

Los materiales transportados fuera del banco deberán cubrirse cuando sus características puedan ocasionar dispersión durante el traslado.

La altura de caída del material durante carga, descarga y formación de acopios deberá reducirse en la medida técnicamente posible.

La trituradora y los equipos de procesamiento deberán mantenerse en condiciones adecuadas de funcionamiento. Cuando resulte técnicamente viable se utilizarán sistemas de aspersión o supresión de polvo en puntos críticos de generación.

No se permitirá la quema de residuos, vegetación ni ningún otro material dentro del predio.

Ruido

La maquinaria y equipo deberán mantenerse en condiciones adecuadas de funcionamiento para evitar emisiones sonoras anormales.

Las operaciones de trituración y demás actividades generadoras de ruido se realizarán dentro de los horarios autorizados o establecidos para el proyecto.

RESUMEN

Se evitará mantener maquinaria encendida cuando no se encuentre realizando actividades.

Cuando resulte necesario, deberán realizarse mediciones de ruido en puntos representativos para verificar las condiciones de operación y adoptar medidas correctivas en caso de detectarse niveles incompatibles con las disposiciones aplicables.

Flora y vegetación

La eliminación de vegetación deberá restringirse exclusivamente a las superficies indispensables para la ejecución del proyecto.

Antes de cualquier intervención se realizará un recorrido de inspección para reconocer individuos susceptibles de rescate y verificar la presencia de especies incluidas, en su caso, en instrumentos legales de protección.

Los individuos que técnicamente puedan rescatarse serán extraídos mediante procedimientos adecuados y mantenidos temporalmente hasta su utilización en actividades de rehabilitación o reubicación.

RESUMEN

Se dará especial atención a palmas, individuos juveniles de especies arbóreas nativas y demás ejemplares cuya supervivencia mediante rescate resulte técnicamente viable.

Quedará prohibido utilizar áreas de vegetación circundante como estacionamiento, zona de acopio o circulación de maquinaria.

La vegetación retirada que no corresponda a ejemplares rescatables podrá triturarse, cuando resulte adecuado, para obtener material vegetal susceptible de utilizarse posteriormente como cobertura orgánica en áreas de rehabilitación. No deberá quemarse.

La identificación taxonómica de ejemplares relevantes deberá confirmarse antes de tomar decisiones de manejo cuando exista incertidumbre sobre su identidad.

Fauna silvestre

Antes de intervenir superficies con vegetación se realizarán recorridos para detectar fauna, refugios, madrigueras, nidos u otros sitios de importancia.

El retiro de vegetación deberá efectuarse preferentemente de manera gradual, favoreciendo el desplazamiento natural de organismos hacia áreas contiguas.

Cuando se localicen ejemplares que por sus características o movilidad no puedan desplazarse por sí mismos, deberán aplicarse procedimientos de rescate y reubicación por personal capacitado y conforme a las autorizaciones que resulten aplicables.

Quedará estrictamente prohibida la captura, cacería, colecta, alimentación, comercialización o sacrificio deliberado de fauna silvestre.

Los vehículos deberán circular a velocidad controlada dentro del proyecto para disminuir el riesgo de atropellamiento.

En caso de localizar nidos activos, madrigueras o sitios reproductivos, se establecerá una zona precautoria y se determinarán las medidas particulares antes de continuar los trabajos.

Los registros de fauna obtenidos durante la operación deberán incorporarse al programa de vigilancia ambiental.

RESUMEN

Residuos

Los residuos sólidos urbanos deberán depositarse en recipientes identificados y con tapa, distribuidos estratégicamente dentro de las áreas operativas.

Se promoverá la separación de residuos susceptibles de reciclaje.

Los residuos de manejo especial derivados de la operación deberán almacenarse temporalmente en sitios adecuados y entregarse a los sistemas o prestadores autorizados que correspondan.

Debido a que el mantenimiento de maquinaria se efectuará fuera del proyecto, no se prevé la generación rutinaria dentro del predio de aceites usados, filtros y residuos asociados a dichas actividades. Sin embargo, cualquier residuo contaminado con hidrocarburos generado como consecuencia de una contingencia deberá manejarse conforme a sus características y disposiciones aplicables.

Quedará prohibido enterrar, abandonar, quemar o depositar residuos en las excavaciones del banco.

Paisaje

La afectación visual deberá limitarse mediante la concentración de instalaciones, maquinaria y acopios dentro de las superficies operativas.

Se evitará la dispersión innecesaria de residuos, materiales y equipos.

Las superficies que dejen de utilizarse definitivamente deberán incorporarse progresivamente al programa de rehabilitación, reduciendo con ello la permanencia de áreas desnudas y favoreciendo su integración gradual con el entorno.

PROGRAMAS AMBIENTALES

Para garantizar la ejecución ordenada de las medidas anteriormente señaladas se propone establecer un ***Programa Integral de Manejo y Vigilancia Ambiental***, constituido por los siguientes subprogramas:

RESUMEN

1. Programa de Vigilancia Ambiental

Constituirá el instrumento integrador de todas las medidas ambientales.

Su objetivo será verificar el cumplimiento de las medidas establecidas en la MIA, de los términos y condicionantes que, en su caso, establezca la autoridad y de las disposiciones ambientales aplicables.

Deberá establecer responsables, periodicidad de inspecciones, indicadores verificables y mecanismos de registro.

Se integrará una bitácora ambiental en la que se documenten inspecciones, incidentes, rescates de flora y fauna, manejo de residuos, actividades de rehabilitación, medidas correctivas y evidencia fotográfica.

Cuando se identifique un incumplimiento, deberá registrarse la causa, medida correctiva adoptada, responsable y fecha de atención.

2. Programa de Protección del Suelo y Agua Subterránea

Este programa tendrá como objetivo prevenir la contaminación del sistema edáfico y del acuífero kárstico.

Comprenderá inspecciones periódicas de maquinaria para detectar fugas; control de sustancias potencialmente contaminantes; prohibición de mantenimiento ordinario dentro del predio; disponibilidad de materiales absorbentes; procedimientos de atención a derrames; control de profundidad de explotación y vigilancia de las condiciones del terreno.

- **Como indicadores podrán emplearse:**

► número de derrames registrados;
► volumen estimado derramado y recuperado;
► superficie de suelo afectada;
► cantidad de material contaminado retirado;
► inspecciones realizadas a maquinaria;
► profundidad alcanzada por los frentes de explotación; y
► evidencia de presencia o ausencia de exposición del agua subterránea.

RESUMEN

3. Programa de Control de Emisiones de Polvo y Ruido

Tendrá como finalidad reducir las afectaciones generadas principalmente durante extracción, trituración, cribado, carga y transporte.

Incluirá humectación de caminos cuando sea necesaria, control de velocidad, cobertura de cargas, reducción de alturas de descarga, mantenimiento operativo del equipo y control de los horarios de actividades generadoras de ruido.

Se realizarán inspecciones visuales periódicas de emisiones de polvo, especialmente durante la temporada seca y en las inmediaciones de la trituradora y caminos internos.

Cuando se detecten emisiones excesivas deberán incrementarse inmediatamente las medidas de control.

4. Programa de Manejo Integral de Residuos

El programa establecerá los procedimientos para separación, almacenamiento temporal, recolección, transporte y disposición de los diferentes residuos generados.

Se identificarán los puntos de generación y se mantendrán registros de las salidas de residuos cuando corresponda.

Los residuos potencialmente contaminados con hidrocarburos derivados de contingencias serán segregados del resto de los residuos hasta determinar el manejo que legalmente corresponda.

6. Programa de Rescate y Protección de Flora

Previo a la intervención de superficies con vegetación se realizarán recorridos para identificar ejemplares susceptibles de rescate.

El programa deberá establecer criterios de selección, métodos de extracción, manejo temporal, reubicación y seguimiento de supervivencia.

Se llevará un registro que incluya, cuando sea posible, especie, número de ejemplares, coordenadas o sector de procedencia, sitio de reubicación y evidencia fotográfica.

Los ejemplares rescatados podrán utilizarse prioritariamente en la rehabilitación de áreas intervenidas, siempre que sus requerimientos ecológicos sean compatibles con las condiciones del sitio receptor.

RESUMEN

7. Programa de Rescate, Ahuyentamiento y Protección de Fauna Silvestre

El programa deberá implementarse antes y durante las actividades que impliquen intervención de vegetación.

Se realizarán recorridos previos para favorecer el desplazamiento natural de fauna y detectar organismos que requieran manejo específico.

Los rescates deberán documentarse mediante registros que incluyan identificación taxonómica hasta el nivel técnicamente posible, número de individuos, condición del organismo, sitio de captura y sitio de liberación.

Se dará atención particular a especies de baja movilidad y a aquellas que, en su caso, se encuentren incluidas en categorías de riesgo.

8. Programa de Prevención y Atención de Contingencias Ambientales

Este programa establecerá procedimientos de respuesta ante derrames de combustibles o lubricantes, incendios, accidentes de maquinaria y eventos meteorológicos extraordinarios.

El sitio deberá contar con materiales absorbentes, recipientes adecuados para recuperar material contaminado, herramientas básicas y extintores apropiados a los riesgos existentes.

Ante un derrame se deberá:

detener la fuente cuando pueda hacerse de manera segura, impedir la dispersión del contaminante, contener y absorber el material, retirar el suelo o material afectado cuando corresponda, almacenarlo temporalmente de manera segura, determinar su manejo conforme a las disposiciones aplicables y registrar el incidente y las acciones correctivas realizadas.

Debido a la naturaleza kárstica del sitio, la respuesta ante derrames deberá ser inmediata.

RESUMEN

9. Programa de Rehabilitación y Restauración Progresiva

La rehabilitación no deberá reservarse exclusivamente para el término de la vida útil del proyecto como se indica en Cuadro 3. Etapas del Proyecto (Diagrama de Gantt).

Las superficies que concluyan definitivamente su aprovechamiento deberán incorporarse progresivamente al proceso de recuperación cuando las condiciones técnicas y de seguridad lo permitan.

Se utilizará prioritariamente el suelo superficial previamente recuperado y material vegetal apropiado.

La rehabilitación deberá favorecer el establecimiento de especies nativas compatibles con la vegetación regional y con las condiciones edáficas resultantes.

Se evitará introducir especies exóticas invasoras.

El programa establecerá metas de superficie rehabilitada, supervivencia de individuos plantados, cobertura vegetal y mantenimiento.

Cuando se detecte mortalidad significativa de ejemplares utilizados en revegetación deberán efectuarse reposiciones y determinarse las causas.

10. Programa de Capacitación y Educación Ambiental

Todo trabajador deberá recibir una inducción ambiental antes de iniciar actividades.

La capacitación incluirá, como mínimo, límites del área autorizada; prohibición de caza y colecta de flora y fauna; manejo de residuos; prevención y atención de derrames; protección del agua subterránea; prevención de incendios; límites de velocidad; procedimiento para reportar fauna y contingencias y obligaciones ambientales aplicables a sus actividades.

Se mantendrán registros de las capacitaciones impartidas y del personal participante.

11. Medidas correctivas

Cuando el Programa de Vigilancia Ambiental detecte una desviación, deberá implementarse una medida correctiva proporcional al problema identificado.

RESUMEN

Si se detecta circulación de maquinaria fuera de los caminos establecidos, se suspenderá el tránsito por el área y se delimitará nuevamente la ruta autorizada.

Si se detecta generación excesiva de polvo, se incrementará la humectación, se reducirá la velocidad o se ajustará la operación que esté generando la emisión.

Si se detecta una fuga de maquinaria, el equipo deberá retirarse de operación hasta que la falla sea corregida.

Si ocurre un derrame, deberá aplicarse inmediatamente el procedimiento de contingencia.

Si se detecta afectación no autorizada de vegetación, se suspenderán los trabajos en el sector involucrado, se determinará la superficie afectada y se establecerán las acciones de restauración correspondientes.

Si se detecta fauna dentro de un frente de trabajo, deberán suspenderse temporalmente las actividades necesarias para permitir su desplazamiento o realizar el rescate correspondiente.

Si se observa una reducción no prevista de la distancia respecto del nivel freático o presencia de agua en el frente de explotación, las actividades deberán suspenderse en ese sector hasta evaluar técnicamente la situación.

12. Seguimiento e indicadores de cumplimiento

La efectividad de las medidas ambientales será evaluada mediante indicadores verificables.

Entre los principales indicadores se considerarán

- Superficie intervenida respecto de la superficie autorizada
- Superficie rehabilitada
- Volumen o superficie de suelo recuperado
- Número de incidentes ambientales
- Número y características de derrames
- Generación y disposición de residuos
- Frecuencia de humectación de caminos
- Registros de emisiones visibles de polvo
- Número de ejemplares de flora rescatados y porcentaje de supervivencia
- Número de ejemplares de fauna rescatados o reubicados
- Registros de atropellamiento de fauna
- Profundidad de los frentes de extracción
- Inspecciones ambientales realizadas
- Medidas correctivas aplicadas
- Número de trabajadores capacitados

Los resultados deberán conservarse en la bitácora ambiental y acompañarse, cuando corresponda, de registros fotográficos, comprobantes de disposición de residuos, formatos de inspección y demás evidencias documentales.

RESUMEN

VI.2 Impactos residuales.

Aun después de aplicar las medidas propuestas permanecerán impactos que no pueden ser completamente eliminados debido a la naturaleza extractiva del proyecto.

El principal impacto residual será la remoción permanente del material geológico y la modificación consecuente de la microtopografía del banco.

La rehabilitación podrá mejorar las condiciones del suelo, cobertura vegetal, paisaje y disponibilidad de hábitat, pero no permitirá restituir el volumen original de roca extraído.

En contraste, los impactos relacionados con polvo, ruido, circulación de maquinaria y perturbación temporal de fauna disminuirán sustancialmente o desaparecerán una vez concluida la operación.

La pérdida de vegetación podrá ser parcialmente recuperada mediante rehabilitación y sucesión natural, aunque el tiempo necesario para alcanzar condiciones estructurales semejantes a comunidades de mayor desarrollo puede superar la vida útil del proyecto.

RESUMEN

CAPÍTULO VII

PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

RESUMEN

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El objetivo de este capítulo es prever cómo evolucionará el sistema ambiental (UGA 06-c) bajo diferentes condiciones, tomando en cuenta que el sitio es un sistema kárstico (de alta permeabilidad y vulnerabilidad acuífera) con alteraciones históricas por extracción previa, pero con áreas en proceso de regeneración natural.

Para este análisis, el documento plantea tres escenarios principales:

1. Escenario 1: Sin proyecto (Alternativa Cero)

Evolución: Las áreas sin vegetación continuarían expuestas a procesos naturales lentos, mientras que las áreas con vegetación secundaria seguirían su sucesión ecológica (crecimiento de biomasa y refugio para fauna).

Impacto: Se evitarían nuevos impactos de polvo, ruido y extracción. Sin embargo, no implica una restauración integral, ya que las alteraciones históricas (depresiones, roca expuesta, falta de suelo) permanecerían intactas.

RESUMEN

2. Escenario 2: Con proyecto SIN medidas de mitigación

Evolución: Representa la condición de mayor presión y daño ambiental.

Impactos: Habría una pérdida incontrolada de suelo y vegetación, fragmentación del hábitat, mortandad de fauna y emisión excesiva de polvo y ruido.

Riesgo Crítico: El mayor peligro sería la contaminación del agua subterránea por derrames de combustibles y la excavación excesiva, lo cual es gravísimo dada la alta permeabilidad del suelo kárstico.

3. Escenario 3: Con proyecto Y aplicación de medidas (El escenario propuesto)

Geología y Relieve: La extracción de roca y el cambio topográfico son inevitables (impacto residual permanente), pero se limitarán estrictamente a la zona autorizada.

Suelo: Se recuperará y conservará el suelo superficial previo a la extracción para usarlo en la futura rehabilitación.

Agua Subterránea (Prioridad): Se protegerá el acuífero prohibiendo el mantenimiento de maquinaria en el sitio, controlando derrames y respetando una distancia de seguridad estricta entre el fondo de la excavación y el nivel freático.

Aire y Ruido: Impactos temporales que se mitigarán humedeciendo caminos, controlando velocidades y estableciendo horarios para la maquinaria.

Flora y Fauna: Se evitará talar fuera de lo indispensable, se rescatarán especies cuando proceda y se realizarán recorridos para ahuyentar a la fauna y evitar atropellamientos.

Paisaje: Se aplicará una rehabilitación progresiva para integrar visualmente el sitio al entorno antes del cierre definitivo.

Evaluación de Alternativas de Diseño y Operación

El proyecto justificó sus decisiones técnicas comparando distintas alternativas:

RESUMEN

Reactivación vs. Nuevo Banco: Se eligió reactivar este sitio (ya perturbado históricamente) para evitar destruir un área virgen y crear una nueva "huella" ecológica.

Uso de Explosivos: Descartado. La extracción será exclusivamente mecánica para evitar ondas de presión, proyección de rocas y picos extremos de ruido.

Mantenimiento de Maquinaria: Se realizará fuera del predio para eliminar el riesgo de derramar aceites o grasas en el suelo kárstico.

Trituración: Se realizará dentro del predio para evitar los impactos masivos de transporte de material sin procesar, asumiendo el compromiso de aplicar controles estrictos de polvo y ruido in situ.

Pronóstico a Corto, Mediano y Largo Plazo

Corto plazo: Predominarán los impactos temporales (ruido, polvo, presencia de maquinaria y remoción local de vegetación), los cuales serán controlados con las medidas preventivas.

Mediano plazo: La huella de extracción crecerá, pero simultáneamente comenzará la rehabilitación progresiva de los frentes de trabajo ya agotados, evitando tener grandes superficies desnudas al mismo tiempo.

Largo plazo (Cierre): Desaparecerán por completo el ruido, polvo y tráfico. El relieve modificado quedará como un impacto permanente, pero el objetivo será lograr la estabilización del terreno y la recuperación de una cobertura vegetal compatible con el entorno.

Conclusión Integral

El documento concluye que, si bien la extracción genera impactos irreversibles en el sustrato rocoso, los efectos más agresivos (ruido, polvo, desplazamiento de fauna) son temporales y reversibles. El éxito del proyecto depende enteramente de la aplicación rigurosa de las medidas ambientales, con un enfoque absoluto en la prevención de la contaminación del acuífero kárstico, que es el componente más vulnerable del sistema.

RESUMEN

VII.2 Programa de Vigilancia Ambiental

1. Programa de Vigilancia Ambiental

Constituirá el instrumento integrador de todas las medidas ambientales.

Su objetivo será verificar el cumplimiento de las medidas establecidas en la MIA, de los términos y condicionantes que, en su caso, establezca la autoridad y de las disposiciones ambientales aplicables.

Deberá establecer responsables, periodicidad de inspecciones, indicadores verificables y mecanismos de registro.

Se integrará una bitácora ambiental en la que se documenten inspecciones, incidentes, rescates de flora y fauna, manejo de residuos, actividades de rehabilitación, medidas correctivas y evidencia fotográfica.

Cuando se identifique un incumplimiento, deberá registrarse la causa, medida correctiva adoptada, responsable y fecha de atención.

VII.3 Conclusión del pronóstico ambiental

El sistema ambiental donde se pretende desarrollar el proyecto presenta evidencias de perturbación histórica asociadas con el aprovechamiento previo de materiales pétreos y otras modificaciones antrópicas, coexistiendo con superficies donde actualmente se desarrollan procesos de regeneración natural.

En ausencia del proyecto, es previsible que parte de la vegetación secundaria continúe su desarrollo sucesional, aunque las alteraciones permanentes derivadas de la extracción histórica permanecerían y las superficies con pérdida importante de suelo podrían presentar una recuperación lenta.

La ejecución del proyecto sin medidas ambientales incrementaría las presiones sobre los componentes físicos y biológicos y elevaría particularmente el riesgo sobre el sistema hidrogeológico.

En contraste, la ejecución del proyecto acompañada de las medidas establecidas en el Capítulo VI permite concentrar la intervención, prevenir afectaciones innecesarias, reducir los impactos operativos y establecer mecanismos de rehabilitación progresiva y vigilancia ambiental.

RESUMEN

Los principales impactos residuales estarán relacionados con la extracción irreversible del recurso geológico y la modificación de la microtopografía. Los impactos sobre aire, ruido y perturbación temporal de fauna disminuirán al concluir las actividades, mientras que la recuperación de suelo, vegetación, paisaje y hábitat dependerá de la efectividad de las acciones de rehabilitación.

La protección del agua subterránea constituye el elemento de mayor atención preventiva durante la operación, debido a las características kársticas y permeables del sistema.

La alternativa planteada concentra el aprovechamiento en un sitio previamente intervenido, no contempla explosivos, mantiene fuera del área del proyecto las actividades ordinarias de mantenimiento de maquinaria e incorpora medidas específicas para controlar los efectos de la trituración realizada dentro del predio.

En términos prospectivos, el manejo ambiental deberá orientarse a que las modificaciones inevitables permanezcan confinadas a las superficies autorizadas,

mientras que los impactos susceptibles de prevención y mitigación sean reducidos mediante la aplicación permanente de los programas ambientales y del Programa de Vigilancia Ambiental.

Finalmente, la evolución ambiental del sitio deberá verificarse mediante los indicadores establecidos en el programa de seguimiento. El pronóstico aquí planteado constituye una hipótesis técnica sobre la respuesta futura del sistema y, por lo tanto, deberá contrastarse durante la operación mediante monitoreo, registro de resultados y aplicación de medidas correctivas cuando la respuesta observada difiera de la prevista.

RESUMEN

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIÓNES ANTERIORES

VIII.1 Formatos de presentación

VIII.1.1 Planos definitivos

Se anexan archivos digitales

VIII.1.2 Fotografías

Se anexa archivos digitales

VIII.1.3 Videos

No se anexa ningún video

RESUMEN