

# SEMARNAT

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES

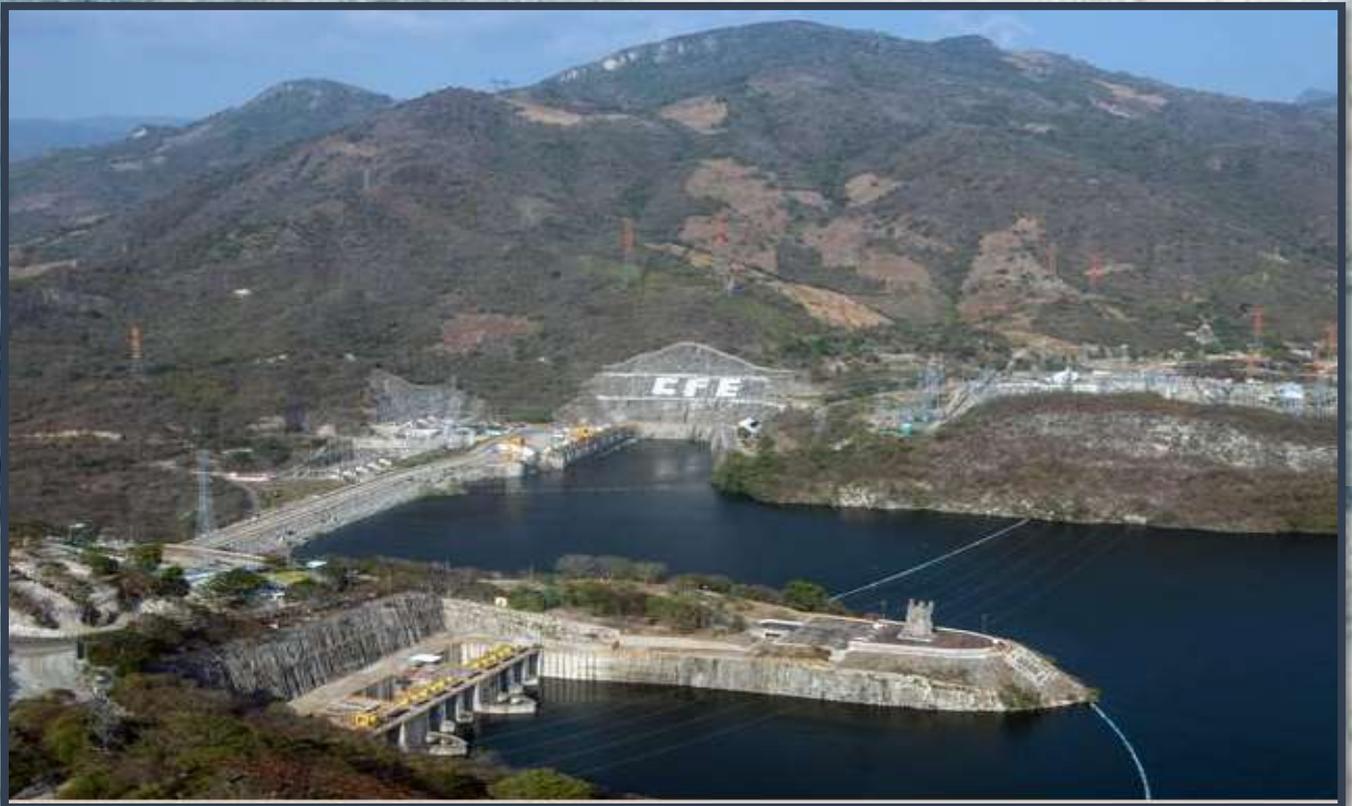


## AL PÚBLICO EN GENERAL

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECCIÓN GENERAL DE  
IMPACTO Y RIESGO  
AMBIENTAL

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO PARA LA  
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELECTRICA DE LA  
PRESA SAN ANTONIO, EN LOS MUNICIPIOS DE  
XOCHITLÁN DE VICENTE SUÁREZ, ZAPOTITLÁN  
DE MÉNDEZ, ATLEQUIZAYAN, ZOQUIAPAN Y  
NAUZONTLA EN EL ESTADO DE PUEBLA, MEX.**



**RESUMEN DE MANIFESTACION DE  
IMPACTO AMBIENTAL**

## Datos generales del proyecto.

### Nombre del proyecto

PROYECTO HIDROELÉCTRICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA PRESA SAN ANTONIO, EN LOS MUNICIPIOS DE XOCHITLÁN DE VICENTE SUÁREZ, ZAPOTITLÁN DE MÉNDEZ, ATLEQUIZAYAN, ZOQUIAPAN Y NAUZONTLA EN EL ESTADO DE PUEBLA, MEX.

### Datos del sector y tipo de proyecto.

Por su naturaleza, el sector al que pertenece el proyecto es el eléctrico, el subsector electricidad; ya que se trata de un proyecto de generación de energía eléctrica. Si bien el proyecto contempla el desarrollo de infraestructura de generación eléctrica, también se contempla la construcción de obras de transmisión y de vías generales de comunicación. Pero este tipo de obras de otros sectores están asociados al desarrollo del objetivo principal.

### Tipo de proyecto.

Se trata de la construcción y operación de una central de producción de energía eléctrica por medios hidráulicos, o hidroeléctrica. El concepto básico del proyecto es mediante el aprovechamiento de la disponibilidad de agua corriente, que se canaliza hasta el momento en que se mueve una serie de turbinas que generan la corriente eléctrica. El agua utilizada se traslada entonces al mismo cauce del que se ha tomado, sin que esta sufra cambios físicos o químicos negativos, o sufra riesgo de contaminación. La energía eléctrica generada se transforma desde las turbinas hasta un sitio concentrador o subestación, desde el que se convierte el voltaje adecuado para ser transmitido por líneas eléctricas propias hasta un punto de interconexión o entrega a la red pública existente en la región.

Debido a los elementos que componen el proyecto, y considerando exclusivamente las implicaciones del proceso de construcción y operación del mismo, se considera que este deberá conformarse a los lineamientos preceptuados en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Sin embargo la aplicabilidad de sus artículos 145 y 146 no se contempla, ya que en ese mismo contexto, este proyecto no se considera como una actividad de alto riesgo.

El proyecto se compone de tres tipos de obras permanentes principales: Obras hidráulicas, obras electromecánicas, y obras de acceso. En las obras hidráulicas se consideran las siguientes (en el sentido funcional del proyecto): Obra de toma

Zempoala, Obra de toma Ateno, Tubería de presión Zempoala, Tubería de presión Ateno, Interconexión hidráulica, Tanque de carga, canal de alivio, Tubería de recuperación, Canal de desfogue. Las obras electromecánicas incluyen las siguientes: Casa de maquinas I, Casa de maquinas II, Línea de transmisión de servicio I, Línea de transmisión de servicio II, Subestación eléctrica, Línea de transmisión de entrega, Cuadro de maniobras de interconexión. Finalmente las obras de acceso están compuestas por: Camino de acceso principal, Camino de acceso Ateno, Loza de Paso Ateno, Camino de acceso posterior.

### Ubicación del proyecto.

El Proyecto Hidroeléctrico San Antonio (PHSA) se localiza dentro de las delimitaciones territoriales de los municipios de Xochitlán de Vicente Suárez, Zapotitlán de Méndez, Atlequizayan, Zoquiapan y Nauzontla, en la sierra norte del estado de Puebla. La razón por la que el proyecto se encuentra ubicado en varias demarcaciones municipales atiende a que la naturaleza de aprovechamiento hídrico del mismo, y sus obras y estructuras, se localizan principalmente en las orillas del Río Zempoala, mismo río que es utilizado como toponimia de los límites político-administrativos de los municipios citados. Como bien se menciona, el proyecto aprovecha las aguas del Río Zempoala, y también del Río Ateno, tributario de la corriente principal utilizada.

Las localidades cercanas a los sitios de las obras de infraestructura planteadas por el pmovente son: Xochitlán y Tzontecomata, en Xochitlán de Vicente Suárez; y Tuxtla, en Zapotitlán de Méndez. El centroide del proyecto (calculado al delinear el polígono menos convexo de los puntos distales del proyecto, PMC-PHC24) se ubica en las coordenadas: 644,658.38 N; 2,210,424.34 O (19° 59' 6.2049" N, 97° 37' 2.4089" O) del Datum ITRF92, en el municipio de Xochitlán de Vicente Suárez; y las obras se extienden un promedio de 4 Km hacia el norte, suroeste y noreste en los municipios de Atlequizayan, Nauzontla, Zapotitlán de Méndez y Zoquiapan, respectivamente, en el estado de Puebla.

El proyecto hidroeléctrico aprovecha las aguas de los Ríos Ateno y Zempoala como cauce principal. Este se encuentra en la región hidrológica número 27 Tuxpan-Nautla; en la cuenca hidrológica del Río Tecolutla, subcuenca del Río Tecuatepec (RH27Be).

### Entidad federativa.

El "Proyecto Hidroeléctrico San Antonio" se localiza en la sierra norte del estado de Puebla.

## Municipios.

Xochitlán de Vicente Suárez, Zapotitlán de Méndez, Atlequizayan, Zoquiapan y Nauzontla .

## Localidades.

Las localidades más cercanas al sitio del proyecto son: Xochitlán y Tzontecomata, en Xochitlán de Vicente Suárez; y Tuxtla, en Zapotitlán de Méndez.

## Coordenadas geográficas

La ubicación geográfica del proyecto se presentó en la figura anterior, por lo que en la siguiente tabla se enlistan las coordenadas de los puntos vértices de las obras lineales, y las coordenadas de los puntos centrales de la obra derivadora y casa de máquinas.

Tabla 1. Coordenadas UTM de la ubicación de los puntos de origen y/o centrales de las obras lineales o poligonales respectivamente, según sea el caso.

OBRA	MUNICIPIO	Coordenadas UTM	
		X	Y
<b>Obras Hidráulicas</b>			
Obra de Toma Zempoala	Zapotitlán de Méndez, Atlequizayan	641,792.4	2,211,352.6
Obra de Toma Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez	641,906.7	2,210,577.0
Tubería de Presión Zempoala	Zapotitlán de Méndez.	641,831.9	2,211,384.5
Tubería de Presión Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez.	641,931.9	2,210,619.9
Interconexión Hidráulica	Atlequizayan.	644,158.3	2,211,002.5
Tanque de Carga	Atlequizayan.	644,187.7	2,211,038.4
Aliviadero	Atlequizayan.	644,202.3	2,211,031.7
Tubería de Recuperación	Atlequizayan, Zoquiapan.	644,206.6	2,211,062.5
Canal de Desfogue	Zoquiapan.	644,695.7	2,213,567.2
<b>Obras Electromecánicas</b>			
Casa de Máquinas I	Atlequizayan.	644,119.3	2,210,992.0
Casa de Máquinas II	Zoquiapan.	644,670.6	2,213,549.9
Línea de Transmisión de Servicio I	Atlequizayan.	644,656.7	2,213,503.3
Línea de Transmisión de Servicio II	Atlequizayan, Zoquiapan.	644,081.2	2,210,984.4
Subestación Eléctrica	Atlequizayan.	643,840.0	2,210,844.1
Línea de Transmisión de Entrega	Xochitlán de Vicente Suárez, Nauzontla.	643,860.4	2,210,818.0
Cuadro de Maniobras de Interconexión	Nauzontla.	647,885.7	2,206,292.2
<b>Obras de Acceso</b>			
Camino de Acceso Principal	Zapotitlán de Méndez, Atlequizayan.	640,750.8	2,212,018.8
Camino de Acceso Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez.	641,830.8	2,211,388.1
Loza de Paso Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez.	642,606.9	2,210,842.3
Camino de Acceso Posterior	Atlequizayan, Zoquiapan.	644,117.8	2,211,018.0

## Dimensiones del proyecto.

El dimensionamiento del proyecto contempla una superficie de 16.805 Has. directamente afectada por las obras. Esta superficie no incluye el derecho de vía propuesto para la línea de transmisión, pues en esa superficie no se realizará construcción alguna, y en consecuencia afectación u ocupación. Para el caso de todas las tuberías, estas se construirán dentro de la superficie del derecho de vía de los caminos de acceso, optimizando así la superficie de afectación al utilizarla en dos obras distintas.

Sin embargo, para fines informativos se presenta un desglose de la superficie a utilizar por cada obra, y posteriormente un desglose de la superficie físicamente ocupada por el proyecto, considerando la optimización del derecho de vía de los caminos de acceso. A continuación se presenta el desglose de la superficie requerida por cada obra de manera individual.

Tabla 2. Obras y superficies del proyecto según su ubicación presentadas de manera individual

OBRA	MUNICIPIO	Superficie individual		Longitud m
		Ha	m2	
<b>Obras Hidráulicas</b>		<b>2.309</b>	<b>23,085.33</b>	
Obra de Toma Zempoala	Zapotitlán de Méndez, Atlequizayan	0.0543	542.96	
Obra de Toma Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez	0.0366	366.40	
Tubería de Presión Zempoala	Zapotitlán de Méndez.	0.8616	8,616.00	2,872.00
Tubería de Presión Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez.	0.2338	2,338.23	779.41
Interconexión Hidráulica	Atlequizayan.	0.0331	330.93	
Tanque de Carga	Atlequizayan.	0.1565	1,565.30	
Aliviadero	Atlequizayan.	0.0398	398.22	132.74
Tubería de Recuperación	Atlequizayan, Zoquiapan.	0.7932	7,932.00	2,644.00
Canal de Desfogue	Zoquiapan.	0.0995	995.29	162.30
<b>Obras Electromecánicas</b>		<b>3.810</b>	<b>38,095.54</b>	
Casa de Maquinas I	Atlequizayan.	0.5215	5,214.80	
Casa de Máquinas II	Zoquiapan.	0.9249	9,249.00	
Línea de Transmisión de Servicio I	Atlequizayan.	-	-	384.56*
Línea de Transmisión de Servicio II	Atlequizayan, Zoquiapan.	0.6039	6,038.64	2,936.62
Subestación Eléctrica	Atlequizayan.	0.2760	2,759.90	
Línea de Transmisión de Entrega	Xochitlán de Vicente Suárez, Nauzontla.	1.3419	13,419.20	6,620.52
Cuadro de Maniobras de Interconexión	Nauzontla.	0.1414	1,414.00	
<b>Obras de Acceso</b>		<b>12.576</b>	<b>125,756.89</b>	
Camino de Acceso Principal	Zapotitlán de Méndez, Atlequizayan.	7.7296	77,296.00	6,030.00
Camino de Acceso Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez.	0.7649	7,649.30	778.78
Loza de Paso Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez.	0.0342	341.59	68.32
Camino de Acceso Posterior	Atlequizayan, Zoquiapan.	4.0470	40,470.00	2,880.00
<b>Total de superficie individual de las obras que integran el proyecto</b>		<b>18.694</b>	<b>186,937.76</b>	

Como se ha mencionado, el derecho de vía de los caminos de acceso se utiliza también para construir las tuberías requeridas dentro de él. Las tuberías tienen un ancho de 3 metros, por lo que el derecho de vía y superficie de rodamiento de

los caminos no se ven obstruidas por las obras hidráulicas. La optimización de la superficie y la reducción del esfuerzo constructivo de éste aspecto del proyecto, permite evitar la necesidad de eliminar la vegetación natural en un trazado distinto. En la tabla anterior se presentaron las obras que componen el proyecto, de una manera individualizada. En la tabla siguiente se presentan las superficies de afectación para cada una de las obras, ya de manera conjunta en el caso de las tuberías y caminos de acceso.

Tabla 3. Obras y superficies del proyecto con optimización del derecho de vía de los caminos de acceso.

OBRA	MUNICIPIO	Superficie individual		Longitud m
		Ha	m2	
<b>Obras Hidráulicas</b>		<b>0.420</b>	<b>4,199.100</b>	
Obra de Toma Zempoala	Zapotitlán de Méndez, Atlequizayan	0.0543	542.96	
Obra de Toma Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez	0.0366	366.40	
Tubería de Presión Zempoala	Zapotitlán de Méndez.	-	-	2,872.00
Tubería de Presión Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez.	-	-	779.41
Interconexión Hidráulica	Atlequizayan.	0.0331	330.93	
Tanque de Carga	Atlequizayan.	0.1565	1,565.30	
Aliviadero	Atlequizayan.	0.0398	398.22	132.74
Tubería de Recuperación	Atlequizayan, Zoquiapan.	-	-	2,644.00
Canal de Desfogue	Zoquiapan.	0.0995	995.29	162.30
<b>Obras Electromecánicas</b>		<b>3.810</b>	<b>38,095.54</b>	
Casa de Maquinas I	Atlequizayan.	0.5215	5,214.80	
Casa de Máquinas II	Zoquiapan.	0.9249	9,249.00	
Línea de Transmisión de Servicio I	Atlequizayan.	-	-	384.56
Línea de Transmisión de Servicio II	Atlequizayan, Zoquiapan.	0.6039	6,038.64	2,936.62
Subestación Eléctrica	Atlequizayan.	0.2760	2,759.90	
Línea de Transmisión de Entrega	Xochitlán de Vicente Suárez, Nauzontla.	1.3419	13,419.20	6,620.52
Cuadro de Maniobras de Interconexión	Nauzontla.	0.1414	1,414.00	
<b>Obras de Acceso</b>		<b>12.576</b>	<b>125,756.89</b>	
Camino de Acceso Principal	Zapotitlán de Méndez, Atlequizayan.	7.7296	77,296.00	6,030.00
Camino de Acceso Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez.	0.7649	7,649.30	778.78
Loza de Paso Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez.	0.0342	341.59	68.32
Camino de Acceso Posterior	Atlequizayan, Zoquiapan.	4.0470	40,470.00	2,880.00
<b>Total de superficie optimizada de las obras que integran el proyecto</b>		<b>16.805</b>	<b>168,051.53</b>	

### Duración del proyecto.

Se prevé que el proyecto tenga una vida útil de 52 años, considerados a partir del inicio de su construcción. El período de duración del proyecto se distribuye conceptualmente en: Planeación postconcesión 2 años, construcción 6 años, operación y mantenimiento 60 años, abandono 2 años.

## Datos generales del promovente.

Nombre o razón social.

GENERACION ELECTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V

Registro federal de contribuyentes del promovente.

GES121082223

Nombre y cargo del representante legal.

Dra. Nilda del Socorro Díaz Morales

Dirección del promovente.

Sierra Tezonco No. 15. Parque Residencial Coacalco, Coacalco, Estado de México, C.P. 55720, Tel. 01 (55) 58 65 49 01 Cel. [REDACTED]

E-mail: [REDACTED]

### 1.7.4 Dirección para recibir u oír notificaciones.

Sierra Tezonco No. 15. Parque Residencial Coacalco, Coacalco, Estado de México, C.P. 55720, Tel. 01 (55) 58 65 49 01 Cel. [REDACTED]

E-mail: [REDACTED]

### 1.7.5 Nombre del consultor que elaboró el estudio.

ING. NORMA RAQUEL SANCHEZ ORTIZ

## Descripción de las obras o actividades.

### Información general del proyecto.

El proyecto consiste en la construcción de un sistema hidroeléctrico, para la generación de energía eléctrica sustentable y proveniente de fuentes renovables y limpias. El producto de la generación está orientado al autoconsumo. El sistema propuesto forma parte de un programa sistemático de autoabastecimiento implementado por GENERACION ELECTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V

El proyecto consiste en la construcción de dos obras de toma sobre el cauce de los ríos Zempoala y Ateno respectivamente, tres tuberías de conducción, un tanque de carga y dos casas de máquinas dotadas de dos turbinas Pelton cada una, con un desfogue final en la casa de máquinas II que devolverá el agua al Río Zempoala. Igualmente se considera la construcción de una sub estación y tres líneas de transmisión, dos de servicio del proyecto y una de entrega al punto de interconexión con la red eléctrica pública de CFE; también se considera la construcción de caminos de acceso a cada obra.

El sistema de generación consta de un doble salto aprovechando los caudales medios anuales de ambos ríos. El salto inicial al que se denomina A.1 consta de dos obras de toma ubicadas a manera de estructuras de desvío (con una altura sobre el cauce no mayor a 7.00 m). Estas obras están ubicadas aguas arriba de la confluencia de ambos ríos. Posterior a cada obra de toma se conducirá el caudal aprovechable hasta un canal de llamada con una longitud estimada en 25 m cada uno, estos canales cuentan con un Desarenador para evitar en lo posible presencia de partículas en la conducción.

Posteriormente se ubica una estructura de interconexión a la tubería forzada de cada aprovechamiento la interconexión a la tubería de conducción. La tubería Zempoala tiene una conducción de aproximadamente 2,872 m, con una caída neta del orden de 90 m, mientras que la tubería Ateno tiene una longitud de 779.41 m y una caída neta de 75 m.

Ambas tuberías forzadas conducen el caudal hasta la primera central hidroeléctrica denominada Casa de Máquinas I, donde se localizarán las unidades de generación; la central se ubica aguas debajo de la confluencia de los dos aprovechamientos.

Enseguida de la Casa de Máquinas I se encuentra un canal de conducción de una longitud aproximada de 50 m que permitirá conducir el caudal hasta un tanque de carga, el cual permitirá regular un cierto volumen, el volumen excedente se devolverá al Río Zempoala a través de un canal de alivio. El tanque cuenta con una estructura que permite conectarse a una nueva tubería forzada con una longitud del orden de 2,644 m, que conducirá el caudal hasta la Casa

de Máquinas II. La caída neta entre el tanque de carga y la central Casa de Máquinas II es del orden de 100 m.

A la salida de la Casa de Máquinas II se encuentra un canal de desfogue que permitirá el regreso del agua al aprovechamiento alfa, el Río Zempoala.

Ambas Casas de Máquinas estarán interconectadas a una misma subestación denominada Subestación Eléctrica Maestra, a través de una línea de transmisión de servicio cada una. A su vez, la Subestación Eléctrica Maestra estará interconectada a un circuito de la Red de Distribución Nacional, operada por la Comisión Federal de Electricidad por medio de un cuadro de maniobras. Esta Línea de transmisión, o línea de transmisión de entrega, se proyecta en una longitud de 6.620 km.

Asimismo, se ha desarrollado una propuesta de trazo de caminos de acceso, a las diferentes componentes del proyecto para garantizar su construcción; y la construcción de una loza de libranza del cauce del Río Ateno.

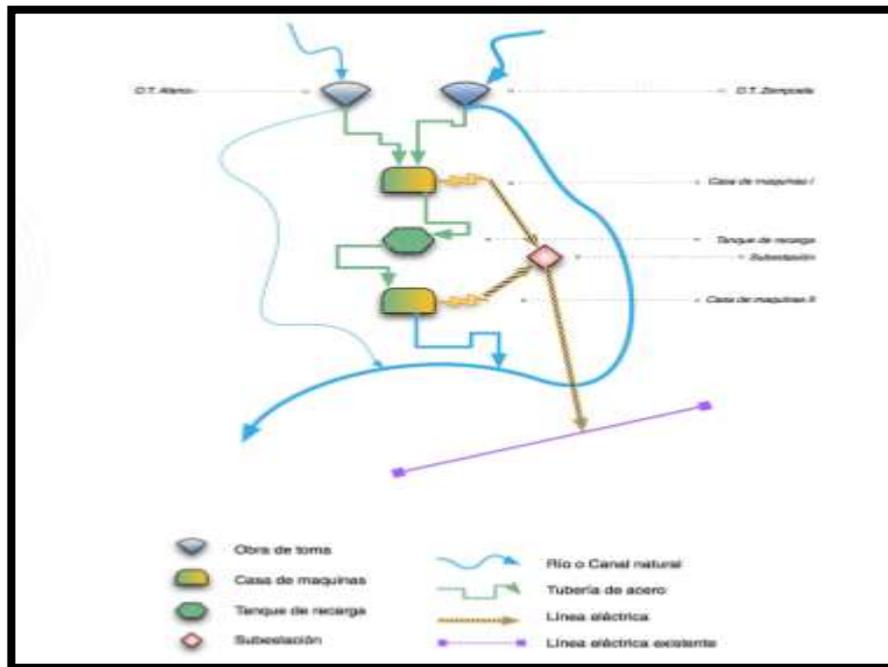


Diagrama del arreglo general del proceso de generación eléctrica en el Proyecto Hidroeléctrico San Antonio.

Para el proyecto se aprovechan los ríos Zempoala y Ateno, de la subcuenta Tecuantepec, de la cuenca del Río Tecolutla, en la región hidrológica Tuxpan – Nautla. El gasto calculado del caudal disponibles del Río Zempoala es de 19.61 m<sup>3</sup>/s, mientras que para el caso del Río Ateno es de 3.97 m<sup>3</sup>/s. Dado lo anterior, las obras de toma serán estructuras “a filo de agua” que aprovecharán aproximadamente un 80% del caudal disponible. La única finalidad de las estructuras es la derivación del caudal mínimo necesario para la generación de energía eléctrica en ambas casas de Máquinas. A diferencia de otras estructuras,

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

las obras de toma a filo de agua no almacenan agua en volúmenes superiores al propio gasto natural del cauce.

Conducen el caudal derivado hasta la Casa de Máquinas I. La tubería Ateno, con una longitud proyectada de 779.41 m y se une con la tubería Zempoala en el kilómetro 1+220, de los 2.872 Km de longitud. Las tuberías se soportan por estructuras metálicas ancladas al suelo en un promedio de 1.2 m de profundidad, y con soportes amortiguadores, coloquialmente conocidos como atraques, cuya función es la de reducir la energía dinámica del fluido que corre en el interior de la tubería.

El desarrollo del proyecto se localiza en una microcuenca delimitada para el análisis ambiental del mismo, cuyo nombre adquiere el mismo del cauce principal. La microcuenca Zempoala pertenece a la subcuenca del Río Tecantepec, la que pertenece a la cuenca del río Tecolutla. Se ubica en la porción nororiental del estado de Puebla, comprendiendo una gran porción de los municipios de Xochitlán de Vicente Suárez, Atlequizayan, Zapotitlán de Méndez y Zoquiapan.

El ámbito natural del proyecto presenta un gradiente altitudinal diverso, teniendo altitudes que van desde los 80 msnm en posición oriental y de salida de la microcuenca delimitada, hasta los 3,100 msnm en la parte suroeste de la microcuenca. Este rango altitudinal permite apreciar en un mismo sitio varios ecosistemas representativos de la vertiente del golfo de la República Mexicana: Selva alta perennifolia y selva mediana subperennifolia, Bosque mesófilo de montaña, Bosque de Pino-Encino, Bosque de Pino, vegetación de galería. Sin embargo, el proyecto pretende desarrollarse en las superficies óptimas de ingeniería, en las que se aprecia la dominancia de vegetación típica de la selva mediana subperennifolia.

Las tuberías se dividen en tuberías de toma y en tubería secundaria o de recuperación. Las dos tuberías iniciales parten desde las obras de toma en el Río Zempoala y en el Río Ateno, una tubería para cada toma. Conducen el caudal derivado hasta la Casa de Máquinas I. La tubería Ateno, con una longitud proyectada de 779.41 m y se une con la tubería Zempoala en el kilómetro 1+220, de los 2.872 Km de longitud. Las tuberías se soportan por estructuras metálicas ancladas al suelo en un promedio de 1.2 m de profundidad, y con soportes amortiguadores, coloquialmente conocidos como atraques, cuya función es la de reducir la energía dinámica del fluido que corre en el interior de la tubería.

El desarrollo del proyecto se localiza en una microcuenca delimitada para el análisis ambiental del mismo, cuyo nombre adquiere el mismo del cauce principal. La microcuenca Zempoala pertenece a la subcuenca del Río Tecantepec, la que pertenece a la cuenca del río Tecolutla. Se ubica en la porción nororiental del estado de Puebla, comprendiendo una gran porción de los municipios de Xochitlán de Vicente Suárez, Atlequizayan, Zapotitlán de Méndez y Zoquiapan.

El ámbito natural del proyecto presenta un gradiente altitudinal diverso, teniendo altitudes que van desde los 80 msnm en posición oriental y de salida de la microcuenca delimitada, hasta los 3,100 msnm en la parte suroeste de la microcuenca. Este rango altitudinal permite apreciar en un mismo sitio varios ecosistemas representativos de la vertiente del golfo de la República Mexicana: Selva alta perennifolia y selva mediana subperennifolia, Bosque mesófilo de montaña, Bosque de Pino-Encino, Bosque de Pino, vegetación de galería. Sin embargo, el proyecto pretende desarrollarse en las superficies óptimas de ingeniería, en las que se aprecia la dominancia de vegetación típica de la selva mediana subperennifolia.

### Naturaleza del proyecto.

El proyecto descrito pertenece al sector eléctrico, a pesar que para su construcción se requieren de obras de apoyo como caminos de acceso y bancos de material. Por otro lado, el proyecto está orientado hacia el autoabastecimiento energético de los socios de GENERACION ELECTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V en el marco de lo preceptuado en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.

La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y su reglamento fueron estudiados para determinar la factibilidad de la construcción del proyecto en la modalidad de autoabastecimiento. Para ello, se gestiona al mismo tiempo esta iniciativa ante la Unidad de Promoción de Inversiones de la Secretaría de Energía. Según lo documentado en la legislación del sector energético, se establece que la generación, distribución y venta de energía eléctrica es exclusiva del estado mexicano, a excepción de los proyectos de autoabastecimiento.

De manera similar, la construcción de las obras derivadoras se realizará en la zona federal de los cauces de los ríos por aprovechar. Por lo que para la obtención de las autorizaciones correspondientes se requiere la opinión técnica de la SEMARNAT mediante la autorización de la MIA Regional del proyecto.

Las actividades relacionadas con el proyecto y su proceso de construcción y operación, implican la remoción de cobertura vegetal natural y agrícola, y la modificación de los sitios de obras permanentes. Por tanto y en concordancia con los Líneamientos jurídicos aplicables en el país, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), son las leyes que de manera general regulan la construcción del proyecto. Existen además de manera supletoria otros instrumentos legales que regulan la actividad de operación. Por lo anterior, se considera en un primer acercamiento legal, que el presente proyecto está regulado por el artículo 5 del reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental, en particular lo que se refiere a las fracciones A) Hidráulico: Presas de almacenamiento, derivadoras y de control de avenidas... K) Industria eléctrica: Construcción de plantas nucleoelectricas, hidroelectricas,

carboeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas o termoeléctricas, convencionales... O) Cambios de uso del suelo en áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.

Por tal motivo el proyecto descrito en el presente estudio de impacto ambiental, requiere la presentación de la manifestación de impacto ambiental en la modalidad Regional de acuerdo al artículo 11 del mismo REIA; para lo cual el presente documento funge como la Manifestación de Impacto Ambiental; en concordancia con las especificaciones mínimas necesarias publicadas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), según la guía para la elaboración de la manifestación del impacto ambiental modalidad regional, el anexo del sector eléctrico.

### Justificación.

El proyecto tiene como objetivo la generación de energía eléctrica mediante la construcción de un sistema hidroeléctrico, aprovechando el caudal derivado de los ríos Zempoala y Ateno. El caudal total derivado será un promedio de 19.50 m<sup>3</sup>/s para producir al menos 22.6 MW en la Casa de Máquinas I; y de ese caudal derivado se aprovechará un mínimo de 16.3 m<sup>3</sup>/s, conducido por la tubería de recuperación, para generar un mínimo de 15 MW en la Casa de Máquinas II.

El programa de autoabastecimiento energético Planteado por GENERACION ELECTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V se traduce en un mejor margen de operación y utilidad en los procesos empleados por la empresa y sus socios. Si se considera que con la implementación del programa de autogeneración se podrá ahorrar al menos 23% de los costos fijos de los procesos operativos de la empresa, entonces podría ampliarse la planta laboral en las subsidiarias y filiales de la misma.

### Inversión requerida.

Se ha considerado que el costo estimado de construcción directa, sin equipamiento, del "Proyecto Hidroeléctrico San Antonio" representará al menos 285 millones de pesos en tres años, lo que representa una demanda económica de 7.91 millones de pesos mensuales. Al tipo de cambio con el dólar, se requiere una inversión mínima del orden de \$20,411,817.36 de dólares (veinte millones cuatrocientos once mil ochocientos diez y siete dólares 36/100). Así mismo se consideran al menos 6.38 millones de pesos anuales para la operación y mantenimiento del mismo.

Dada la condición del proyecto, el financiamiento de su construcción será de índole privada, siendo que los fondos provienen de GENERACION ELECTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V o sus subsidiarias, filiales o asociados.

## Características particulares del proyecto.

El “Proyecto Hidroeléctrico San Antonio” está siendo desarrollado conjuntamente con la planificación de logística e ingeniería de la empresa GENERACION ELÉCTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V.

La ingeniería desarrollada por CIPRO, describe la construcción del proyecto hidroeléctrico en los siguientes componentes:

- Obras hidráulicas
- Obra de Toma Zempoala
- Obra de Toma Ateno
- Tubería de Presión Zempoala
- Tubería de Presión Ateno
- Interconexión Hidráulica
- Tanque de Carga
- Tubería de Recuperación
- Desfogue
- Obras Electromecánicas
- Casa de Máquinas I
- Casa de Máquinas II
- Línea de Transmisión de Servicio I
- Línea de Transmisión de Servicio II
- Subestación Eléctrica
- Línea de Transmisión de Entrega
- Cuadro de Maniobras de Interconexión
- Obras de Acceso
- Camino de Acceso Principal
- Camino de Acceso Ateno
- Loza de Paso Ateno
- Camino de Acceso Posterior

## Obras Hidráulicas. Obras de Toma.

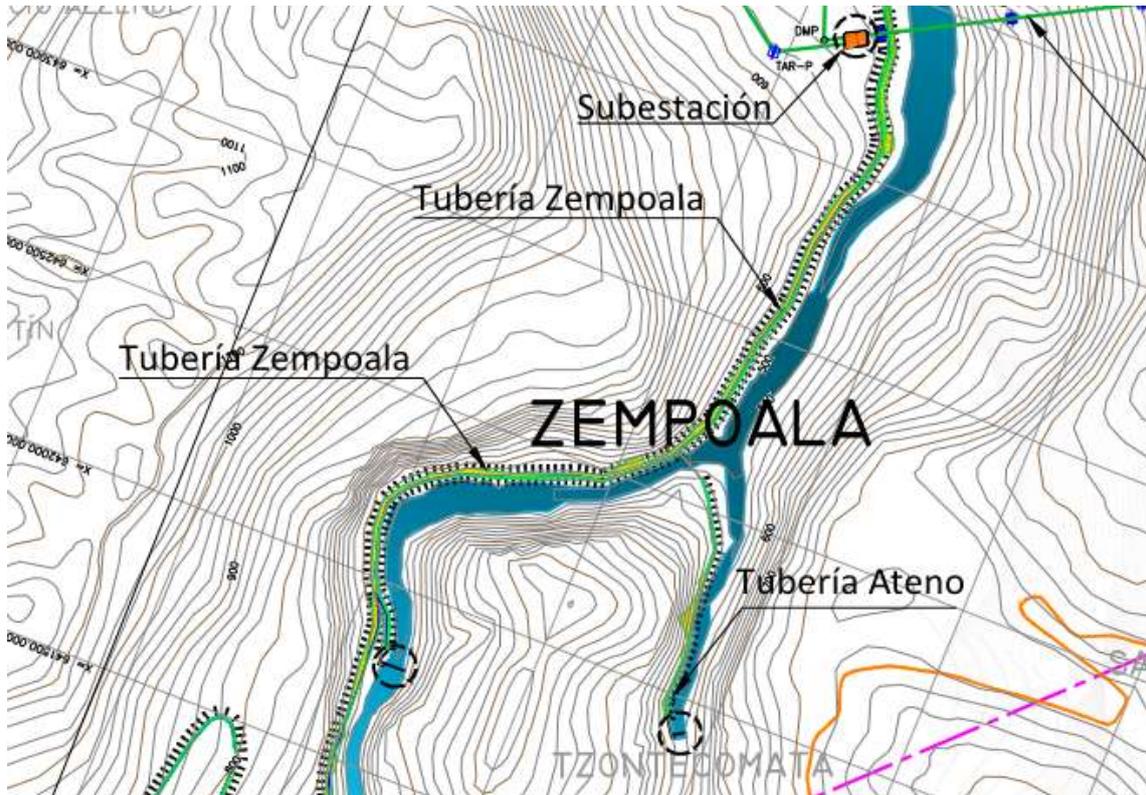
Se trata de estructuras de toma sobre los cauces de los Ríos Zempoala y Ateno. Las estructuras forman una suerte de Azud, sin la necesidad de referirse por sus elementos componentes a la similitud de una Presa. La altura de la obra de toma no es mayor a 7 m desde el nivel de desplante o el lecho del río derivado, obteniéndose una altura de 1.8 m sobre el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME). La altura del vertedor de cada una de las obras es equivalente a la altura alcanzada por el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME) de cada uno de los cauces, por lo que no existen zonas de inundación y en consecuencia zonas de afectación forestal.



Diagrama de planta de las obras de toma propuestas y su relación respecto a los Ríos Zempoala y Ateno

Tubería de presión.- Las tuberías forzadas se construirán a partir de secciones de tubo de acero de 60" de diámetro. Se originan en cada una de las obras de toma hasta la Casa de Máquinas I, y posteriormente mediante una interconexión posterior a la casa de Máquinas I al tanque de carga desde donde parte un segundo tramo de tubería de presión conocido como tubería de recuperación, hasta la casa de Máquinas II.

Tanque de carga, es una estructura construida en concreto armado en sitio, con una superficie de 1,565.30 m<sup>2</sup> y un volumen de 4,695 m<sup>3</sup> de almacenamiento. Su función es la regulación del caudal que ingresa a la tubería de recuperación.



Ubicación de las tuberías Zempoala y Ateno respecto a los Ríos Zempoala y Ateno, las obras de toma y la subestación eléctrica.



Ubicación del Tanque de carga con relación al Río Zempoala, la subestación y la casa de Máquinas I

### Obras Electromecánicas.

Las obras electromecánicas son aquellas relacionadas con el proceso de transformación del potencial hidráulico en energía eléctrica. Estas obras son: Casa de Máquinas I, Casa de Máquinas II, Línea de transmisión de servicio I,

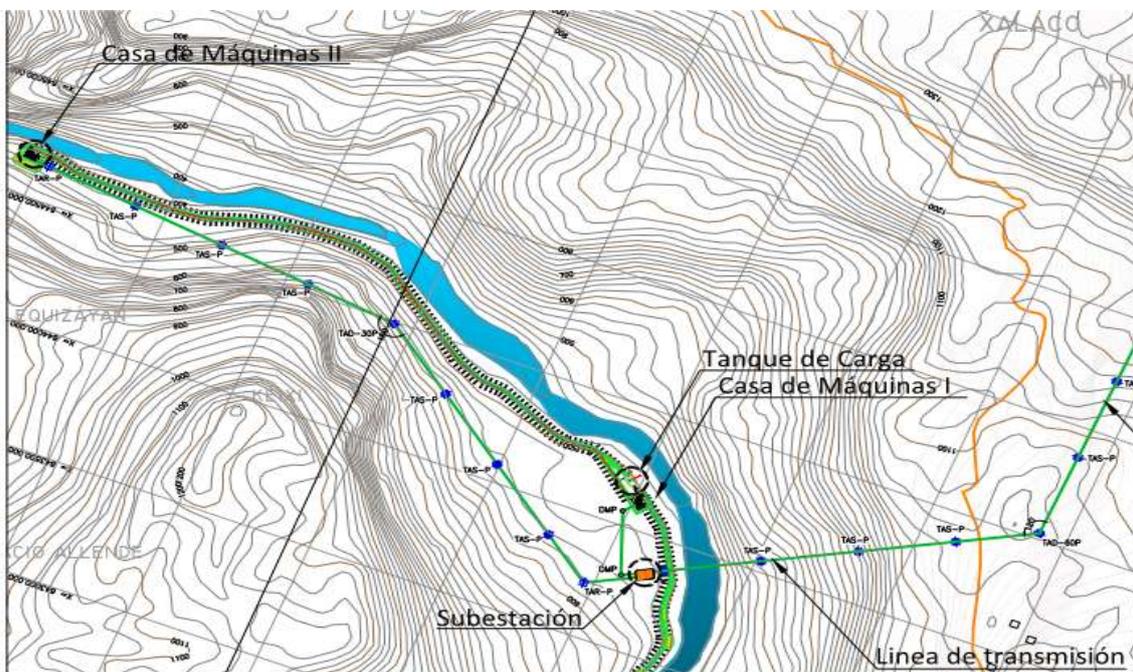
En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

Línea de transmisión de Servicio II, Subestación Eléctrica Maestra, Línea de Transmisión de Entrega y finalmente un Cuadro de Maniobras de Interconexión. Casa de Máquinas I.

La casa de Máquinas I está emplazada en la coordenada central UTM 644,119.3E; 2,210,992N. Tiene una superficie de 5,214.8 m<sup>2</sup> y alojará al menos 4 unidades de 5 MW cada una, y 2 unidades de 1.3 MW, siendo estas turbinas tipo Pelton. Ahí se alojarán los transformadores eléctricos que controlarán la carga eléctrica que alimentará a la línea eléctrica de servicio I.

Casa de Máquinas II.

Esta estructura está ubicada en la coordenada central UTM 644.670.6E, 2,213,549.9N. Tiene una superficie de 9,249 m<sup>2</sup>, incluyendo cortes de nivelación del terreno. Esta casa de Máquinas tendrá en un diseño original, dos unidades tipo Pelton de 7.5 MW. Igualmente, esta casa de Máquinas alojará sus respectivos transformadores eléctricos, que alimentarán la línea de transmisión de servicio II.



Ubicación de las casas de Máquinas respecto al Río Zempoala, la subestación y el tanque de carga, así como de la línea de transmisión de entrega

Línea de transmisión de servicio I.

Esta línea de transmisión estará construida a lo largo de 384.56 m. Parte de la Casa de Máquinas I hasta la Subestación Eléctrica. Las estructuras de soporte de este elemento son postes tronco-cónicos, por lo que solo es necesario excavar el sitio de colocación para ser posicionados correctamente. Estos postes son similares a los utilizados en las líneas de transmisión urbanas. Este diseño

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

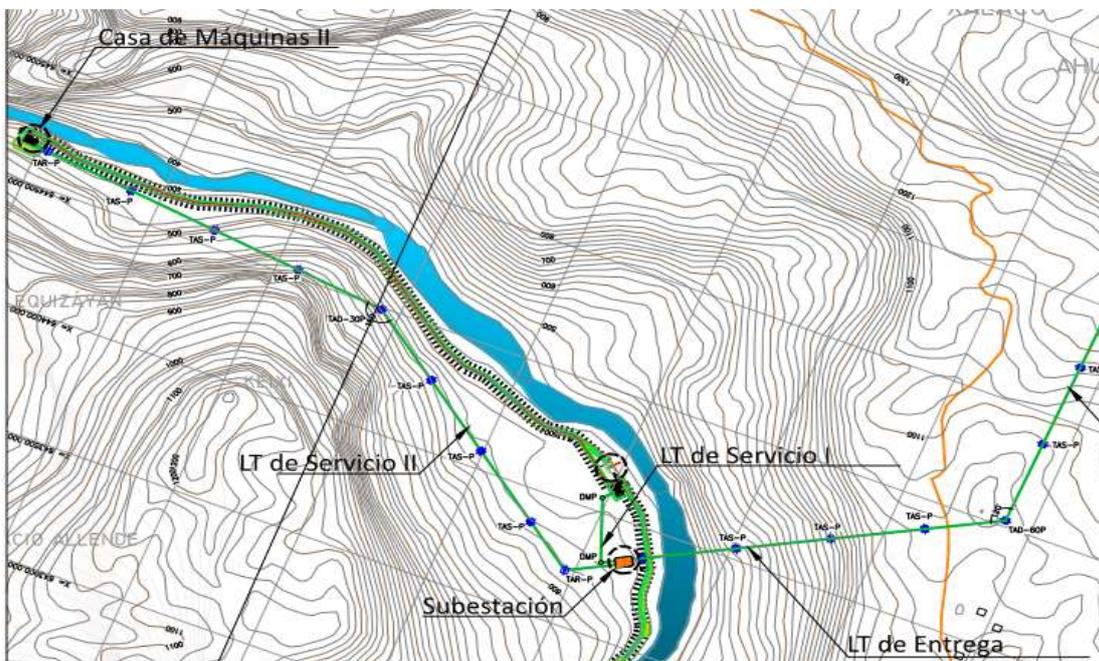
evita la afectación innecesaria de la superficie vegetal del sitio.

Línea de transmisión de servicio II.

A diferencia de la línea de servicio I, esta línea tiene una longitud de 2,936.62 m y se construirá empleando 9 estructuras metálicas auto soportadas, y con un derecho de vía de 12.5 m a cada lado del eje central del trazo de la línea de servicio II.

Subestación eléctrica.

Se emplaza en la coordenada central UTM 643,840E, 2,210,844.1N, en una superficie ocupada de 2,759 m<sup>2</sup>. Esta obra será un elemento importante para la operación del proyecto ya que es a través de esta obra que la energía generada por ambas casas de Máquinas se concentra y regula para ser entregada a través de la línea de transmisión de entrega e incorporar la energía a la red pública que administra CFE.



Líneas de transmisión de servicio I y II, respecto al Río Zempoala, Casa de Máquinas II, Subestación y Línea de transmisión de entrega.

Línea de transmisión de entrega.

Esta línea de transmisión es la obra que interconectará el proyecto con la red pública de CFE. Esta parte desde la subestación eléctrica en las coordenadas UTM 643,860.4E; 2,210,818N y tiene una longitud de 6,620.52 con un rumbo general sureste hasta encontrarse con la Línea de Transmisión Zacapoaxtla – Cuetzalan que es propiedad de CFE. En este punto de encuentro la línea de entrega y la línea de CFE se interconectan mediante un cuadro de maniobras que permite trasladar la energía generada e incorporarla a la red pública y realizar su uso posteriormente mediante el porteo de la energía entregada hasta

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

el sitio de consumo. La línea de entrega está compuesta por 20 torres formadas por estructuras autoportadas con los siguientes parámetros técnicos:

- Voltaje de operación 115kV
- Número de circuitos 1(uno)
- Longitud 9.588 Km
- Tipo de estructuras Torres de acero autoportadas
- Tipo y calibre del conductor ACSR 795 Kcm
- Tipo y calibre del hilo de guarda AAS 7#8
- Tipo de aislamiento Porcelana

Cuadro de maniobras de interconexión.

En esta obra se colocarán los elementos reguladores y de transformación del voltaje y potencia eléctrica, para que la energía entregada sea homologada a las características de la línea de CFE. El cuadro de maniobras tiene una coordenada central UTM en 647,885.7e; 2,206,292.2N y ocupa una superficie de 1,414 m<sup>2</sup>.



Ubicación de la línea de transmisión de entrega y el cuadro de maniobras de interconexión respecto a otras obras del proyecto y el cauce del río Zempoala

### Obras de acceso.

Las obras de acceso del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio se componen por vías de comunicación que se apegan a la normativa de servicios técnicos para proyectos geométricos de caminos tipo D, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Todos los caminos de acceso serán a nivel de terracerías compactadas. Se considera la apertura y construcción de tres caminos: Camino de acceso principal, camino de acceso Ateno, y camino de acceso posterior. El camino de acceso Ateno requerirá la construcción de una loza de paso que libere sin obstrucciones el Río Ateno.

El camino de acceso principal tiene una longitud de 6,030 Km y una superficie de ocupación de 77,296 m<sup>2</sup>; incluyendo la superficie de rodamiento y las superficies de corte. Cabe señalar que este camino de acceso principal también se utiliza como sitio de anclaje para la tubería Zempoala. De esta manera se vuelve innecesaria la afectación de otras superficies para el mismo fin. El eje central del camino de acceso principal inicia en la coordenada UTM 640,750.8E; 2,212,018.8N.

#### Camino de acceso Ateno.

El camino Ateno inicia en el km 1+260 del camino de acceso principal. Se dirige en un rumbo general suroeste hacia la obra de toma Ateno. Tiene una longitud de 778.78, y la coordenada UTM final sobre el eje central del trazo es 641,830.8E; 2,211,388.1N. LA superficie ocupada de este camino, incluyendo superficie de rodamiento y cortes de taludes es de 7,649.3 m<sup>2</sup>. De manera similar que con el resto de los caminos, parte de su superficie se empleará para anclar las tuberías, en este caso se trata de la tubería Ateno.

#### Loza de paso Ateno.

Para la construcción de la obra de toma Ateno, se requiere el acceso desde la margen derecha del Río Zempoala hacia el sitio de la obra, para ello es necesario que se construya una loza de paso sobre el Río Ateno, con la finalidad de construir el camino y la tubería sobre la margen derecha del mismo río. Esta loza de paso consiste en propiamente una loza de concreto armado y dos soportes extremos a cada orilla del río Ateno. Esta estructura será permanente y no obstruirá el paso libre de las aguas del río. Esta obra se ubica a aproximadamente 50 m del camino de acceso principal. Las coordenadas UTM centrales de la loza de paso son: 642,606.9E; 2,210,842.3N

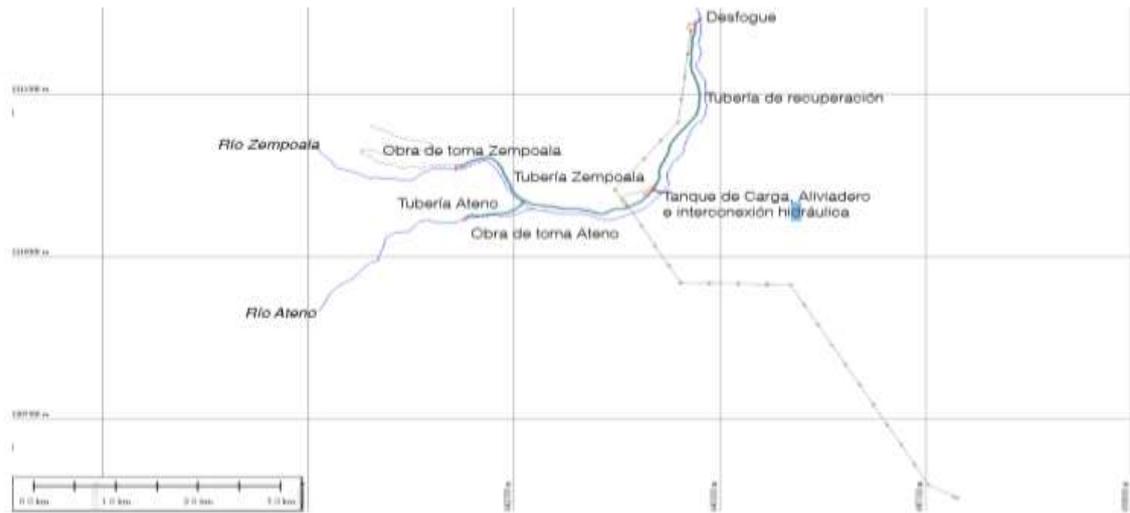
#### Camino de acceso Posterior.

Este camino sirve para trasladarse desde la casa de máquinas I hasta la casa de Máquinas II. El camino parte desde la casa de Máquinas I y tiene una longitud de 2,880 m desde las coordenadas UTM del eje central 644,117.8E; 2,211,018N. Incluyendo cortes y superficie de rodamiento, la superficie requerida para esta obra es de 40,470 m<sup>2</sup>. Igualmente que con los otros dos caminos, el camino de acceso posterior también se utiliza para emplazar la tubería de recuperación que toma el agua del tanque de carga y la traslada a la segunda casa de Máquinas.

#### Presentación esquemáticas de las obras y sus coordenadas geográficas.

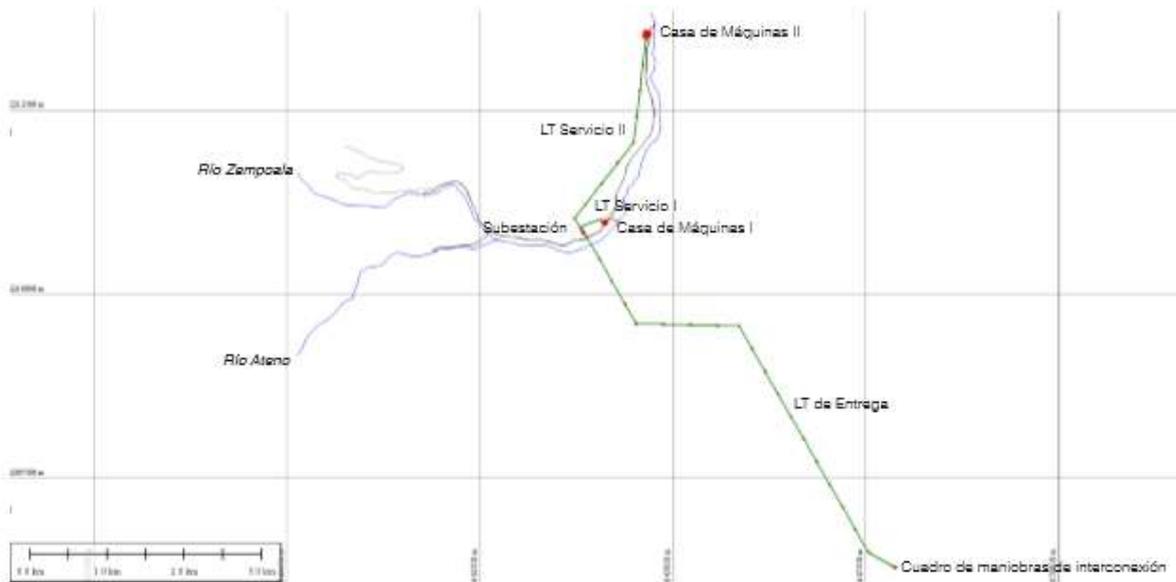
Se presentan a continuación las ubicaciones relativas de las obras del proyecto en un dibujo isométrico sin escala, y las coordenadas de los cuadros de construcción y puntos de inflexión de las obras en su totalidad. Todas las coordenadas presentadas son geográficas en proyección UTM empleando el DATUM oficial en México ITRF92, que es equivalente al WGS84 de uso común.

Arreglo general de las obras hidráulicas.



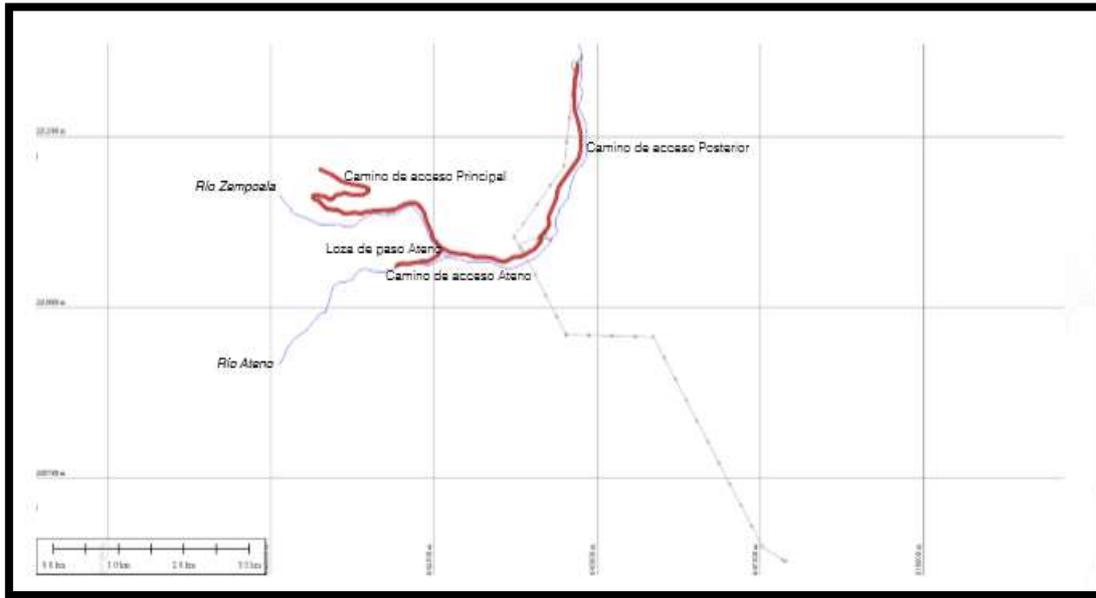
Isométrico sin escala del arreglo general de las obras hidráulicas que componen el Proyecto Hidroeléctrico San Antonio

Arreglo general de las obras electromecánicas.



Isométrico sin escala del arreglo general de las obras electromecánicas que componen el Proyecto Hidroeléctrico San Antonio

## Coordenadas de las obras de acceso



Isométrico sin escala del arreglo general de las obras de acceso que componen el Proyecto Hidroeléctrico San Antonio.

## Superficies requeridas para cambio de uso del suelo.

El Proyecto Hidroeléctrico San Antonio requiere la apertura de superficies con Cobertura vegetal, para ello se está elaborando el Estudio Técnico Justificativo correspondiente. Para este caso particular, esta sección informa sobre las superficies por obra y tipo de vegetación que requieren el cambio de uso del suelo por remoción de vegetación natural.

La superficie total que se requiere para el cambio de uso del suelo es de 16.805 Ha, de vegetación típica de selva mediana subperennifolia y acahual.

Superficie requerida por cambio de uso del suelo según obra y ubicación municipal.

OBRA	MUNICIPIO	Superficie individual		Longitud m
		Ha	m <sup>2</sup>	
<b>Obras Hidráulicas</b>		<b>0.420</b>	<b>4,199.100</b>	
Obra de Toma Zempoala	Zapotitlán de Méndez, Atlequizayan	0.0543	542.96	
Obra de Toma Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez	0.0366	366.40	
Tubería de Presión Zempoala	Zapotitlán de Méndez	-	-	2,872.00
Tubería de Presión Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez	-	-	779.41
Interconexión Hidráulica	Atlequizayan	0.0331	330.93	
Tanque de Carga	Atlequizayan	0.1565	1,565.30	
Aliviadero	Atlequizayan	0.0398	398.22	132.74
Tubería de Recuperación	Atlequizayan, Zoquiapan	-	-	2,544.00
Canal de Desfogue	Zoquiapan	0.0995	995.29	162.30
<b>Obras Electromecánicas</b>		<b>3.810</b>	<b>38,095.54</b>	
Casa de Máquinas I	Atlequizayan	0.5215	5,214.80	
Casa de Máquinas II	Zoquiapan	0.9249	9,249.00	
Línea de Transmisión de Servicio I	Atlequizayan	-	-	384.56
Línea de Transmisión de Servicio II	Atlequizayan, Zoquiapan	0.6039	6,038.64	2,936.62
Subestación Eléctrica	Atlequizayan	0.2760	2,759.90	
Línea de Transmisión de Entrega	Xochitlán de Vicente Suárez, Nauzontla	1.3419	13,419.20	6,620.52
Cuadro de Maniobras de Interconexión	Nauzontla	0.1414	1,414.00	
<b>Obras de Acceso</b>		<b>12.576</b>	<b>125,756.89</b>	
Camino de Acceso Principal	Zapotitlán de Méndez, Atlequizayan	7.7296	77,296.00	6,030.00
Camino de Acceso Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez	0.7649	7,649.30	778.78
Loza de Paso Ateno	Xochitlán de Vicente Suárez	0.0342	341.59	68.32
Camino de Acceso Posterior	Atlequizayan, Zoquiapan	4.0470	40,470.00	2,880.00
<b>Total de superficie requerida para el cambio de uso del suelo</b>		<b>18.805</b>	<b>168,051.53</b>	

### Bancos de materiales y tiro.

Se considera el uso de bancos de material y de tiro, sin embargo no se ha determinado la ubicación correspondiente, pues se prevé que el volumen compensado de la construcción de los caminos de acceso permita el aprovechamiento del material de corte para el mismo revestimiento que se requiere en la superficie de rodamiento.

De lo anterior se entiende que no existirán fases definidas para el proyecto, pues éste se construirá de inicio hasta su puesta en marcha sin interrupciones. Tampoco se contempla el uso de superficies adicionales a las contempladas para la instalación de infraestructura. Para fines de análisis ambiental del mismo proyecto, se contemplan etapas de desarrollo para el mismo, las cuales están vinculadas cronológicamente con el cumplimiento del objetivo general. En primer lugar se considera una etapa prospectiva, que culmina con la elaboración del presente documento, pues en este convergen los análisis de ingeniería, afectaciones, factibilidades, ambientales y sociales. Consecuentemente se realizan las gestiones necesarias para la obtención de las autorizaciones correspondientes, que permitan iniciar la etapa de construcción y la subsecuente

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

operación del proyecto. Por tanto se consideran las siguientes etapas de control ambiental del proyecto:

- Preparación del sitio y construcción del proyecto
- Abandono del sitio constructivo
- Operación y mantenimiento del proyecto
- Abandono del proyecto

### Programa general de trabajo.

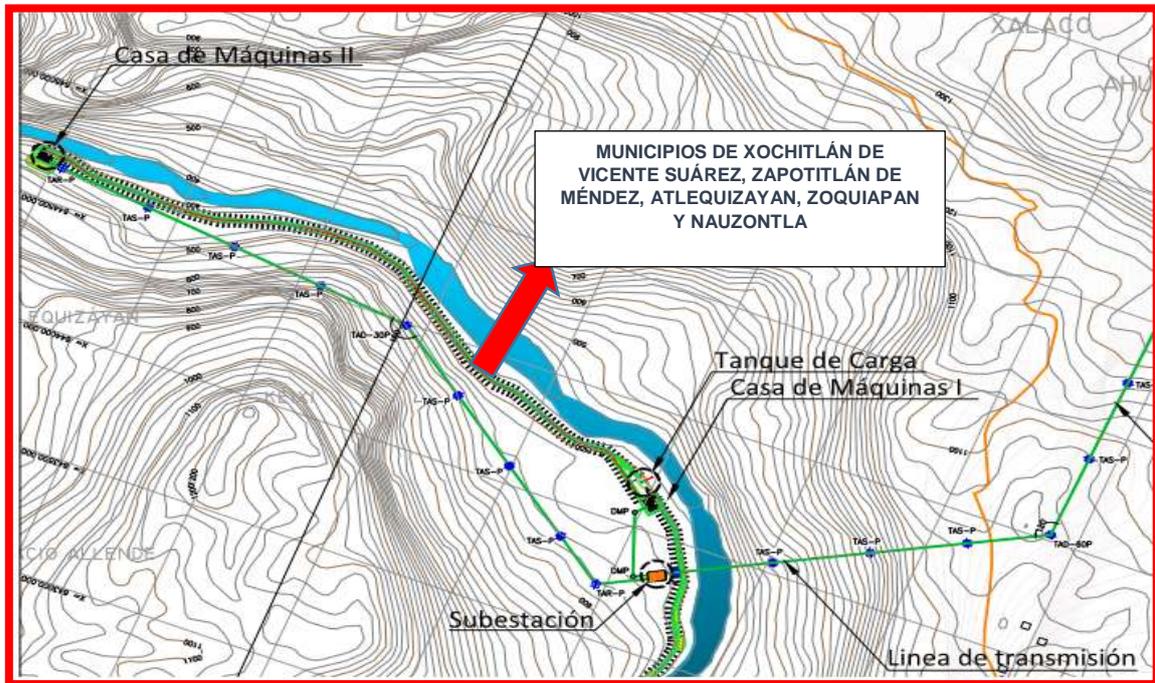
En concordancia con los procedimientos administrativos, y los planes constructivos del proyecto hidroeléctrico, se han programado las actividades de manera cronológica, permitiendo así evaluar y determinar las acciones con prioridad en su ejecución. Se presenta entonces el calendario general de actividades del proyecto. La etapa de operación y mantenimiento inicia en 2017, y se prolonga hasta el período de vida útil del proyecto.

AÑO	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Etapas y Actividades						
Etapa de Planificación						
Estudios de campo						
Proyecto ejecutivo						
Gestión y financiamiento						
Construcción						
Trazo y nivelación						
Desmote y despalme						
Obras hidráulicas						
Obras electromecánicas						
Obras de acceso						
Operación y mantenimiento (60 AÑOS a partir del 2021)						
Abandono y rehabilitación de sitios de obra						

## Representación gráfica regional



## Representación gráfica local



En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

UBICACIÓN MUNICIPIOS DE XOCHITLÁN DE VICENTE SUÁREZ, ZAPOTITLÁN DE MÉNDEZ, ATLEQUIZAYAN, ZOQUIAPAN Y NAUZONTLA EN EL ESTADO DE PUEBLA.

## Justificación de la selección del sitio.

### Estudios de campo

#### Topografía

Para el Proyecto Hidroeléctrico San Antonio se analizaron diversas alternativas. Para realizar una verificación de campo se realizó una primera visita en septiembre de 2011, y posteriormente se realizaron los estudios de campo necesarios a lo largo del mismo año y hasta junio de 2012, permitiendo obtener información suficiente para determinar la factibilidad del proyecto y desarrollar la ingeniería que se presenta.

#### Estudios de geología

Los estudios de geología realizados fueron revisados por GENERACION ELÉCTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V encontrando la información geológica y geotécnica de buena calidad. Los trabajos realizados y los resultados obtenidos están comprendidos en los informes correspondientes.

#### Aforo de gasto hidrológico

De manera similar, se realizaron estudios del gasto hidrológico de todas las escorrentías existentes, y de los cauces principales para determinar las condiciones del gasto normal, máximo y mínimo de cada afluente y la cuenca en su totalidad.

#### Gestión de afectaciones

Se realizó la gestión de afectaciones prediales del proyecto bajo la coordinación de GENERACION ELÉCTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V. El resultado fue el registro total de los predios y propietarios de los terrenos afectados, así como la aceptación y anuencia de promesa de compra-venta, renta o comodato, según la conveniencia del propietario.

#### Estudio de percepción remota

GENERACION ELÉCTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V desarrolló el sistema de información geográfico que permitió determinar los mejores sitios para el proyecto, con el menor costo ambiental. Se utilizaron imágenes satelitales del sistema Landsat y QuickBird. Así mismo se realizó, según el protocolo establecido, la comprobación en campo.

#### Estudio de ecología

Se realizó, bajo la coordinación de GENERACION ELÉCTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V un estudio de las condiciones ecológicas del sistema ambiental delimitado para tal fin. Se consideraron componentes de flora y fauna, de los que se calculó la diversidad, riqueza y distribución de las especies registradas;

obteniéndose así indicadores ecológicos que permiten medir los efectos adversos o positivos del proyecto, y fueron integrados en un programa preliminar de manejo.

#### Estudio técnico justificativo para cambio de uso de suelo

Con base a lo dispuesto en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, es necesario presentar el Estudio Técnico Justificativo por motivo de cambio de uso de suelo en terrenos forestales requerido para el presente estudio y ejecución del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio. Sobre el particular se está realizando actualmente un inventario forestal sobre los sitios de afectación directa. Sin embargo se presentan los datos del modelo de volumetría forestal calculado para tal fin, según el muestreo de sitios fijos que permiten interpolar la volumetría a otros sitios. El nivel de confianza obtenido es de 95%.

#### Preparación del sitio y construcción.

En esta sección se describen las actividades del proceso de preparación y construcción del proyecto y su relación con el sistema ambiental del sitio del proyecto; como una primera aproximación para la evaluación de los impactos ambientales evaluados. La descripción de las actividades sigue un orden cronológico y de ejecución práctica, así mismo se describen las acciones de manera general, pero con suficiente detalle, para aquellas obras de características y naturaleza similar.

#### Desmante y despalme.

La práctica de desmante se realizará en coordinación con una brigada de topografía que identifique el trazo de las obras, principalmente de los caminos de acceso y la línea de transmisión.

Una vez obtenido el trazo correspondiente se procederá con la práctica de desmante en tramos consecutivos de 200 m, y manteniendo la misma práctica dentro de los límites establecidos de apertura de las obras. Los tramos consecutivos se realizarán según se requiera el avance de la obra, reduciendo el riesgo de erosión. La ejecución del desmante en tramos de 200 m permite realizar actividades de manejo y rescate de flora y fauna.

#### Tuberías de presión.

La construcción de las tuberías consistirá en el desarrollo del trazo del eje de las mismas. Se realizará la excavación en cepas para el armado de plantillas de acero de refuerzo y el posterior vertido de concreto, según las especificaciones requeridas. Esta base, o zapata contendrá los anclajes de los soportes de las tuberías. Las dimensiones de las bases, incluyendo la excavación tendrán un promedio de 2.5 m de profundidad, 2 m de ancho y 2.5 m de largo. Las bases de la tubería y sus soportes estarán colocados según las especificaciones de

distanciamiento requerido. Los tubos serán suministrados en secciones de 4 m de largo, por tierra, desde las instalaciones del proveedor. La colocación de la tubería en el sitio se realizará en tramos de operación partiendo desde la parte más alta del tramo, hacia la parte con menor nivel. Para el caso de las secciones en que la tubería desciende de manera vertical, se colocará un sistema de cables que permita manipular y colgar los tubos hasta su posición final. La unión de costura entre los tubos, se realizará mediante el soldado de arco eléctrico desde su interior, y cerrando en el exterior del mismo. Al mismo tiempo, la tubería se soldará a las bases, y se les colocará un cinturón de seguridad ajustado alrededor del tubo hacia la base. El suministro de los materiales se realizará desde el almacén temporal que se ubicará a cada 1000 m de distancia.

### Casas de máquinas y subestación.

Partiendo con el trazo y nivelación, el desmonte y el despalme; la construcción de las casas de máquinas se realizará con la conformación de una plataforma y excavaciones de cimentación en las plantas perimetrales de las estructuras, y de contención para la colocación de las turbinas. Las casas de máquinas estarán construidas con mampostería en sus paredes exteriores e interiores. El techado se realizará con estructura metálica auto soportante. La modulación interna de las casas de máquinas incluye un cuarto de control, un cuarto administrativo y un almacén de herramientas y suministros. Una vez acondicionado el sitio en sus elementos estructurales, se realizará la construcción del canal de desfogue hacia el Río Zempoala, para retornar el caudal derivado al mismo río, aguas abajo de las tomas, desde la Casa de Máquinas II. Al mismo tiempo se realizará el montaje de las turbinas y generadoras, se realizarán las conexiones eléctricas de los equipos mecánicos y eléctricos auxiliares. Se realizarán las pruebas necesarias de conexión y funcionamiento.

En el caso de la subestación, la plataforma estará nivelada en sentido opuesto a la casa de máquinas. En dicha plataforma se realizará el armado estructural de los dados de soporte de los elementos mecánicos y eléctricos que componen esta obra. Se realizarán las interconexiones con la casa de máquinas, la colocación de la tierra física de los equipos y el aislamiento de los elementos metálicos que componen ambas estructuras.

### Líneas de transmisión.

La construcción de la Línea de Transmisión de Servicio II y la Línea de Transmisión de Entrega, requiere también el trazo y nivelación, desmonte y despalme, así como el armado de los dados y zapatas dentro de las excavaciones requeridas para el anclaje de las torres autosoportadas. Durante el fraguado del concreto, se habilitará un sistema de tierras, siguiendo la norma técnica de especificaciones de CFE. El suministro del material para el armado de las torres se realizará desde las instalaciones del proveedor. Las torres serán armadas en sitio, culminando con la colocación de los accesorios aislantes y equipo de control y para rayos. Se procederá a la colocación de un cable de

guarda y al tendido y tensado del cable conductor. Es posible que en algunos tramos de la línea de transmisión se requiera la colocación del cableado con helicóptero, debido a las zonas más abruptas del terreno. Para fines de costos ambientales, el desmonte se realizará solamente en las zonas que, por su nivel, requieran el aclareo del derecho de vía.

### Actividades complementarias.

Para el desarrollo de la actividad de construcción del proyecto, se requiere la instalación de seis almacenes temporales de suministros, y un almacén general. También se habilitarán seis almacenes de residuos, y un almacén general. Adicionalmente se construirá un laboratorio de materiales, y un laboratorio de control ambiental. Se construirá un vivero y una oficina de gestión social.

### Personal e insumos

La construcción del proyecto contempla la contratación directa de personal calificado. De acuerdo con experiencias anteriores, tanto de la empresa como del consultor, se estima que 292 personas estarán involucradas directamente con el desarrollo del proyecto, cantidad que se distribuye de la siguiente manera:

Cantidad de personal requerido para el proceso de construcción del proyecto

Administración	Supervisión	Obra civil	Obra electromecánica	Línea de transmisión	Control Ambiental
1 Director del proyecto	8 supervisores	10 jefes de obra	1 jefe de obra	1 jefe de obra	1 coordinador de ejecución
1 Gerente del proyecto	16 sobrestantes	20 sobrestantes	1 sobrestante	4 sobrestantes	2 jefes de sitio
Publirelacionista	6 topógrafos	40 cabos		12 cabos	3 laboratoristas
1 Contador		60 peones	12 peones	25 peones	15 técnicos forestales
4 secretarías		20 auxiliares	6 auxiliares	5 auxiliares	1 almacenista
1 Servicio		8 almacenistas	1 almacenista		
2 Choferes					
3 Paramédicos					

Cantidad de insumos generales requeridos para la construcción del proyecto

Recurso o insumo	Peso, cantidad o volumen	Etapas de uso	Modo de empleo
Madera	1700 polines, 980 tablones, 5,000 estacas	Construcción	Como soporte para almacenes temporales, recubrimientos, cimbras y marcaje
Materiales pétreos	127,000 m <sup>3</sup>	Construcción	Revestimiento, concretos
Agua (sin consumo humano)	150 m <sup>3</sup> /mes	Construcción	Mezclas de concreto, servicio, riegos
Grasas y aceites	5 toneladas/año	Construcción	Servicio de mantenimiento
Combustibles	80,000 litros/año	Construcción	Vehículos automotores, maquinaria
Soldadura	800 kilogramos	Construcción	Juntas de tubería y tomes
Acero	28000 toneladas	Construcción	Acero de refuerzo, tubería, tomes

## Operación y mantenimiento.

Durante la operación del proyecto hidroeléctrico se realizarán actividades de monitoreo y control. Si bien la operación del proyecto implica la generación de energía, no se describe como una actividad del mismo, ya que tiene la calidad de ser objetivo general del proyecto. Para lograr este objetivo, y una vez construido el proyecto, la puesta en marcha implicará la realización de pruebas de resistencia y electromecánicas.

Dentro de las actividades de monitoreo y control se contempla la medición rutinaria del caudal derivado, el aprovechado, el turbinado y el caudal desfogado. Así mismo se realizarán mediciones de control de calidad, partículas y condiciones físico-químicas del agua empleada en el sistema.

La operación implicará actividades de simulacros de contingencias, de fallos en el sistema y de emergencias médicas. De manera similar, se realizará la revisión de integridad física de las estructuras de las tuberías, la línea de transmisión, y las presas. En estas se llevará a cabo el monitoreo de niveles de anoxia, y el desazolve de los embalses, las cámaras de captación, y desarenadores.

Para las actividades de mantenimiento, la inspección rutinaria descrita arriba será el primer paso. Se realizarán acciones de reemplazo de piezas mecánicas, aislantes en la subestación y la línea de transmisión, turbinas y sistemas de control, repellados y pintura en presas y estructuras de conducción, reemplazo de señalización y sustitución de insumos de servicio.

Conjuntamente con la construcción, y prolongándose durante la operación del proyecto; se realizarán actividades de índole ambiental, tales como: Reforestación, Rehabilitación de cauces, Restauración, Propagación, Educación ambiental, y Monitoreo de indicadores.

## Desmantelamiento y abandono de las instalaciones.

Una vez concluida la obra de construcción, se realizará primero la limpieza exhaustiva de los sitios ocupados, y el desmantelamiento de las obras auxiliares, iniciando con los almacenes temporales. Posteriormente se realizará la limpieza de los almacenes de residuos y el traslado de los remanentes. Se realizará a partir de aquí la rehabilitación de las superficies ocupadas, eliminando cualquier residuo derramado, y rastro de concreto. La rehabilitación se realizará mediante el tendido y bandeado de material edáfico recuperado durante la apertura de los caminos de acceso. Se realizará la plantación de especies en la misma composición y distribución espacial que se registra en sitios adyacentes.

Los materiales empleados en las instalaciones auxiliares se transportarán hacia el almacén general y se rehabilitarán para su reciclaje.

El proyecto en sí terminará su vida útil en un lapso de 60 años, aunque podría

incrementarse al implementar un programa de rehabilitación de la cuenca. Sin embargo, una vez concluida su vida útil, las estructuras serán abandonadas in situ, no sin antes demoler parte de las cortinas para recuperar el flujo continuo del caudal. La tubería será desmantelada y los caminos de acceso serán reforestados. La casa de máquinas se dejará in situ como parte de un sistema de monitoreo de la microcuenca. La línea de transmisión debería ser retirada del lugar, en conjunto con sus componentes, y el derecho de vía reforestado.

## Residuos.

Los residuos sólidos y líquidos peligrosos generados en las etapas de preparación del sitio, construcción y mantenimiento, deberán ser entregados mediante manifiesto generador de residuos peligrosos a empresas autorizadas por la SEMARNAT para recolectar residuos peligrosos, y así dar cumplimiento a la NOM-052-SEMARNAT-2005.

Para el ámbito de residuos, serán divididos en dos grandes categorías, aquellos no peligrosos y los residuos peligrosos. Estos últimos tendrán un sistema de gestión como lo establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Los residuos no peligrosos serán canalizados al sistema municipal, no sin antes haber sido clasificados y reciclados.

El primer tipo de residuo que se va a generar, será el suelo y residuos vegetales producto del desmonte y despalle. Una parte del material vegetal desmontado se podrá obsequiar a los habitantes locales para su utilización en forma de leña y madera (en el caso de los árboles o matorrales leñosos). Otro tipo de residuo serán los productos de los cortes, que se utilizarán para la construcción de terraplén.

Para el caso de los residuos generados por los trabajadores en el área (papel, cartón, residuos orgánicos, latas, vidrio), y considerando el factor de generación de basura de 0.450 kg/persona/día, los desechos domésticos que se generarán sumarán aproximadamente 45 000 kg en el lapso de los 60 meses que durará la construcción del proyecto. Además se colocarán baños portátiles, cuyo mantenimiento y disposición de los residuos sólidos que generen, serán realizados por la empresa que se contrate para tal fin.

En cuanto a los residuos sólidos industrializados y residuos peligrosos, cabe mencionar que se prevé la generación de basura industrializada como bolsas de papel, empaques de cartón, vidrio y plásticos, entre otros; considerados como residuos sólidos industrializados, así como latas vacías o con algún contenido de pinturas, solventes, aceite o lubricantes, aceites usados y estopa impregnada de grasas; éstos últimos considerados como residuos peligrosos de acuerdo al Reglamento de la LGPGIR en Materia de Residuos Peligrosos, Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, y las normas oficiales relativas.

Los residuos industrializados que se generarán en los patios de maquinaria y talleres, se dispondrán temporalmente en un almacén dentro de los patios de maquinaria -en contenedores particulares de acuerdo al tipo de residuos-. En este lugar se estabilizarán aquellos residuos que lo requieran, una vez hecho esto, los residuos peligrosos de acuerdo a la LGPGIR, serán dispuestos para su manejo por una empresa autorizada para tal fin.

#### Emisiones a la atmósfera.

Durante la construcción, se evitará la generación de partículas suspendidas mediante el humedecimiento de los caminos que se utilizarán para el paso de la maquinaria. También existirán emisiones a la atmósfera por parte de los automotores, pero estas van a ser mínimas, ya que el equipo empleado para la construcción deberá estar debidamente afinado y en condiciones óptimas, evitándose así, los derrames de aceites y combustibles.

### VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES.

El sistema legal mexicano contempla diversos ordenamientos jurídicos para el desarrollo de actividades generales y particulares de distintos ámbitos. Siendo en primer instancia la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, promulgada en 1917, y modificada en subsecuentes ocasiones; es entonces de esta regulación de donde parte el análisis del marco legal aplicable a la ejecución del proyecto.

Siendo el proyecto el medio por el cual se realizará el aprovechamiento de recursos públicos, la constitución política mencionada ampara que el recurso aprovechable es propiedad de la nación, de acuerdo con el artículo 27, párrafo primero. De igual manera la generación de energía eléctrica se encuentra regulada por el mismo artículo constitucional, en su párrafo sexto; que a la letra dice:

ARTICULO 27. LA PROPIEDAD DE LAS TIERRAS Y AGUAS COMPRENDIDAS DENTRO DE LOS LÍMITES DEL TERRITORIO NACIONAL, CORRESPONDE ORIGINARIAMENTE A LA NACION, LA CUAL HA TENIDO Y TIENE EL DERECHO DE TRANSMITIR EL DOMINIO DE ELLAS A LOS PARTICULARES, CONSTITUYENDO LA PROPIEDAD PRIVADA... CORRESPONDE A LA NACION EL DOMINIO DIRECTO DE TODOS LOS RECURSOS NATURALES... SON PROPIEDAD DE LA NACION LAS AGUAS DE LOS MARES TERRITORIALES EN LA EXTENSION Y TERMINOS QUE FIJE EL DERECHO INTERNACIONAL; LAS AGUAS MARINAS INTERIORES; LAS DE LAS LAGUNAS Y ESTEROS QUE SE COMUNIQUEN PERMANENTEMENTE O INTERMITENTEMENTE CON EL MAR; LAS DE LOS LAGOS INTERIORES DE FORMACION NATURAL QUE ESTEN LIGADOS DIRECTAMENTE A

CORRIENTES CONSTANTES; LAS DE LOS RIOS Y SUS AFLUENTES DIRECTOS O INDIRECTOS, DESDE EL PUNTO DEL CAUCE EN QUE SE INICIEN LAS PRIMERAS AGUAS PERMANENTES, INTERMITENTES O TORRENCIALES, HASTA SU DESEMBOCADURA EN EL MAR, LAGOS, LAGUNAS O ESTEROS DE PROPIEDAD NACIONAL; LAS DE LAS CORRIENTES CONSTANTES O INTERMITENTES Y SUS AFLUENTES DIRECTOS O INDIRECTOS, CUANDO EL CAUCE DE AQUELLAS EN TODA SU EXTENSION O EN PARTE DE ELLAS, SIRVA DE LIMITE AL TERRITORIO NACIONAL O A DOS ENTIDADES FEDERATIVAS, O CUANDO PASE DE UNA ENTIDAD FEDERATIVA A OTRA O CRUCE LA LINEA DIVISORIA DE LA REPUBLICA; LAS DE LOS LAGOS, LAGUNAS O ESTEROS CUYOS VASOS, ZONAS O RIBERAS, ESTEN CRUZADOS POR LINEAS DIVISORIAS DE DOS O MAS ENTIDADES O ENTRE LA REPUBLICA Y UN PAIS VECINO; O CUANDO EL LIMITE DE LAS RIBERAS SIRVA DE LINDERO ENTRE DOS ENTIDADES FEDERATIVAS O A LA REPUBLICA CON UN PAIS VECINO; LAS DE LOS MANANTIALES QUE BROTEN EN LAS PLAYAS, ZONAS MARITIMAS,

CAUCES, VASOS O RIBERAS DE LOS LAGOS, LAGUNAS O ESTEROS DE PROPIEDAD NACIONAL, Y LAS QUE SE EXTRAIGAN DE LAS MINAS; Y LOS CAUCES, LECHOS O RIBERAS DE LOS LAGOS Y CORRIENTES INTERIORES EN LA EXTENSION QUE FIJE LA LEY... CORRESPONDE EXCLUSIVAMENTE A LA NACION GENERAR, CONDUCIR, TRANSFORMAR, DISTRIBUIR Y ABASTECER ENERGIA ELECTRICA QUE TENGA POR OBJETO LA PRESTACION DE SERVICIO PUBLICO. EN ESTA MATERIA NO SE OTORGARAN CONCESIONES A LOS PARTICULARES Y LA NACION APROVECHARA LOS BIENES Y RECURSOS NATURALES QUE SE REQUIERAN PARA DICHS FINES... EN LOS CASOS A QUE SE REFIEREN LOS DOS PARRAFOS ANTERIORES, EL DOMINIO DE LA NACION ES INALIENABLE E IMPRESCRIPTIBLE Y LA EXPLOTACION, EL USO O EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DE QUE SE TRATA, POR LOS PARTICULARES O POR SOCIEDADES CONSTITUIDAS CONFORME A LAS LEYES MEXICANAS, NO PODRA REALIZARSE SINO MEDIANTE CONCESIONES OTORGADAS POR EL EJECUTIVO FEDERAL, DE ACUERDO CON LAS REGLAS Y CONDICIONES QUE ESTABLEZCAN LAS LEYES. LA CAPACIDAD PARA ADQUIRIR EL DOMINIO DE LAS TIERRAS Y AGUAS DE LA NACION, SE REGIRA POR LAS SIGUIENTES PRESCRIPCIONES:

I. SOLO LOS MEXICANOS POR NACIMIENTO O POR NATURALIZACION Y LAS SOCIEDADES MEXICANAS TIENEN DERECHO PARA ADQUIRIR EL DOMINIO DE LAS TIERRAS, AGUAS Y SUS ACCESIONES O PARA OBTENER CONCESIONES DE EXPLOTACION DE MINAS O AGUAS.

De manera similar y respecto a la naturaleza de sustentabilidad del proyecto, los artículos 4, 27, 73, 25 y 115 de la misma Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos son relativos, manera correspondiente, a: el concepto de

conservación y protección de la salud humana como elemento complementado por la gestión hacia la conservación de los recursos naturales y el control de su territorio; de igual manera se comprueba la inalienabilidad de la conservación de los recursos naturales y su papel como un bien de dominio público susceptible de ser concesionado; además en el artículo 73 se contempla el concepto de prevención y control de la contaminación ambiental; por otro lado también en el artículo 25 se hace referencia al cuidado del medio ambiente por parte de todos los sectores que conforman el estado mexicano, haciendo énfasis en el sector social. Para el caso del artículo 115 se involucra, dentro del marco federalista de la nación; a los ayuntamientos, como primer orden de gobierno, en la proveeduría de servicios orientados a la preservación de la limpieza del ámbito político que administran.

Vinculando este contexto dentro del federalismo que impera en el país, los ayuntamientos de los municipios en los que se encuentra el proyecto, no han elaborado algún plan de ordenamiento. De igual manera, el gobierno del estado de Puebla tampoco ha desarrollado, con vínculos federales, planes o

instrumentos de ordenamiento, o de conservación en el territorio delimitado para el SAR.

#### Relación de programas o políticas públicas vinculantes con las actividades del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio.

#### Plan Nacional de Desarrollo

El Plan Nacional de Desarrollo vigente (2007-2012), permite ampliar, modernizar la cobertura de infraestructura carretera y mejorar su conectividad, las condiciones físicas a través de la construcción de obras que permitan mejorar los accesos a regiones, ciudades, puertos y fronteras, tanto a nivel nacional como regional a fin de trasladarse de manera ágil y oportuna en todo el país.

El objetivo primordial del Plan Nacional de Desarrollo en materia de energía, es dotar al 100% a la población con energía eléctrica, de modo que al final de la presente administración, México se ubique entre los treinta países líderes en infraestructura de acuerdo a la evaluación del Foro Económico Mundial. Sin embargo, no basta con incrementar los montos de inversión. Es necesario también establecer mecanismos para garantizar el mejor uso posible de los recursos y que los proyectos se desarrollen en tiempo y forma. Éste esquema implica revisar todas las etapas de desarrollo de los proyectos de infraestructura, desde las de planeación y evaluación hasta los de presupuesto, contratación y ejecución, con el fin de lograr que los proyectos que se desarrollen sean los de mayor rentabilidad social, económica y ambiental.

## Estrategia Nacional de Energía 2012-2026 (ENE).

Establecida en el Congreso de la Unión el 25 de Febrero del 2011, considerada para la Gestión del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio, bajo los ejes rectores que constituyen el Núcleo de la ENE, la visión que se tiene para el 2026 en la medida que la política energética del país considera tres elementos fundamentales:

Relación de programas o políticas públicas vinculantes con las actividades del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio.

- Seguridad Energética
- Eficiencia Económica y Productiva
- Sustentabilidad Ambiental.

Los objetivos que se Plantean en la ENE con relación al proyecto San Antonio:

- Diversificar las Fuentes de Energía, dando Prioridad al incremento en la participación de tecnologías no fósiles. [Se vincula con el proyecto en cuanto al ser un proyecto de carácter hidroeléctrico haciendo uso de los recursos naturales y desalentando el uso de hidrocarburos contribuyendo al ambiente al no emitir gases efecto invernadero y siendo este tipo de proyecto una opción factible como se indica.]
- Reducir el Impacto Ambiental del Sector Energético. [Se vincula con el proyecto al no hacer el uso de combustibles fósiles debido a que es un proyecto de generación de energía limpia.]
- Ejecutar oportunamente las Inversiones necesarias en capacidad de procesamiento para reducir el costo de suministro de energéticos.

## Análisis de los instrumentos normativos.

### Leyes federales

Para este proyecto hidroeléctrico se realiza el análisis de los instrumentos normativos de índole ambiental, incluyendo leyes, normas entre otros instrumentos que se relacionan con las actividades de los procesos de gestión, construcción, operación y afectaciones dentro del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio. Por ello se realiza una aproximación, de manera minuciosa de las actividades del proyecto dentro del marco normativo de las leyes que nos rigen como son:

- Ley de Aguas Nacionales (LAN), (Reformada D.O.F. 08-06-2012).
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), (Reformada D.O.F. 04-06-2012).

- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS),(Reformada D.O.F.04-06-2012)
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), (Reformada DOF 30-05-2012)
- Ley del servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), (Reformada D.O.F. 09-04-2012)
- Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), (Reformada D.O.F. 12-01-2012).

## Reglamentos

### **Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto ambiental. (Última Reforma DOF 26-04-2012).**

[Se vincula con el proyecto en cuanto a la presentación de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, la prevención de la contaminación ambiental y la implementación de medidas ambientales.]

Artículo 5. Quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

A) Hidráulico.

K) Industria Eléctrica.

O) Cambios de Uso del Suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.

Artículo 11.

Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:

I. Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas;

[La manifestación de impacto ambiental se presenta en la modalidad regional, conforme al Artículo 11 del reglamento debido a que se trata de un proyecto de generación de energía eléctrica que requiere la construcción de un sistema hidroeléctrico y que altera la cuenca hidrológica debido al almacenamiento y aprovechamiento del recurso].

Artículo 14. Cuando la realización de una obra o actividad que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental involucre, además, el cambio de uso del suelo de áreas forestales y en selvas y zonas áridas, los

promoventes podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos proyectos.

[La realización de este proyecto se sujetara a una evaluación de impacto ambiental debido a la construcción de un sistema hidroeléctrico que requerirá de un cambio de uso de suelo.]

### **Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (Última reforma 24-05-2011).**

[Hace referencia con el proyecto en el uso o aprovechamiento racional de aguas nacionales y en la preservación de su calidad y cantidad, en las etapas de preparación y construcción del sitio, operación y mantenimiento.]

## TÍTULO SEGUNDO

### ADMINISTRACIÓN DEL AGUA

#### CAPÍTULO IV. Organización y Participación de los Usuarios.

Artículo 18.- Los usuarios podrán explotar, usar o aprovechar el agua, directamente o a través de la forma de organización que mejor les convenga, para lo cual se podrán constituir en alguna de las personas morales reconocidas en la legislación vigente.

Artículo 19.- “La Comisión” promoverá y apoyará la organización de los usuarios del agua para que coadyuven y participen en la explotación, uso o aprovechamiento racional de las aguas nacionales y en la preservación de su cantidad y calidad, en los términos de la “Ley” y este “Reglamento”. Para efectos del párrafo anterior, “La Comisión” podrá acreditar aquellas organizaciones de usuarios del agua que se hubieran constituido al amparo de otras leyes.

Artículo 21.- “La Comisión” promoverá y apoyará la organización de los usuarios, concesionarios o asignatarios del agua en una determinada cuenca, región o entidad federativa y establecerá los mecanismos para acreditar su participación en la programación hidráulica y la administración del agua, a través de los Consejos de Cuenca y de los demás mecanismos que al efecto se establezcan conforme a la “Ley” y al presente “Reglamento”.

## TÍTULO SEXTO

### Usos del Agua

#### CAPITULO III. Uso en Generación de Energía Eléctrica.

Artículo 119.- En las solicitudes de concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales para la producción de fuerza motriz o energía eléctrica, el solicitante deberá presentar a “La Comisión” el proyecto constructivo que trate de desarrollar, la aplicación que se le dará, el sitio de devolución del agua y las acciones a realizar en materia de control y preservación de la calidad del agua y en materia de impacto ambiental, prevención y control de avenidas, y la no afectación de los flujos de las corrientes.

## TÍTULO SÉPTIMO

### Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas

#### CAPÍTULO ÚNICO

Artículo 134.- Las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas, bajo su responsabilidad y en los términos de ley, a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas.

#### **Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (D.O.F 2002-2005).**

[Se vincula con el proyecto en cuanto a la necesidad de realizar el cambio de uso de terreno forestal, puesto que en el área de interés se encuentran: Bosque de Galería, Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque caducifolio, Bosque de pino, bosque de pino encino, y Selva tropical, por lo que se requiere el cambio de uso de suelo en terreno forestal].

En el Título Cuarto, Capítulo Segundo.- Del Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales, menciona:

Artículo 120. Para solicitar la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, el interesado deberá solicitarlo mediante

Análisis de los instrumentos normativos.

El formato que expida la Secretaría, el cual contendrá lo siguiente:

- I. Nombre, denominación o razón social y domicilio del solicitante;
- II. Lugar y fecha;
- III. Datos y ubicación del predio o conjunto de predios, y
- IV. Superficie forestal solicitada para el cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar.

Junto con la solicitud deberá presentarse el estudio técnico justificativo, así como copia simple de la identificación oficial del solicitante y original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo.

Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea en la que conste el acuerdo de cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, así como copia simple para su cotejo.

Artículo 121. Los estudios técnicos justificativos a que hace referencia el artículo 117 de la Ley, deberán contener la información siguiente:

- I. Usos que se pretendan dar al terreno;
- II. Ubicación y superficie del predio o conjunto de predios, así como la delimitación de la porción en que se pretenda realizar el cambio de uso del suelo en los terrenos forestales, a través de planos geo referenciados;
- III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la cuenca hidrológico-forestal en donde se ubique el predio;
- IV. Descripción de las condiciones del predio que incluya los fines a que esté destinado, clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;
- V. Estimación del volumen por especie de las materias primas forestales derivadas del cambio de uso del suelo;
- VI. Plazo y forma de ejecución del cambio de uso del suelo;
- VII. Vegetación que deba respetarse o establecerse para proteger las tierras frágiles;
- VIII. Medidas de prevención y mitigación de impactos sobre los recursos forestales, la flora y fauna silvestres, aplicables durante las distintas etapas de desarrollo del cambio de uso del suelo;
- IX. Servicios ambientales que pudieran ponerse en riesgo por el cambio de uso del suelo propuesto;
- X. Justificación técnica, económica y social que motive la autorización excepcional del cambio de uso del suelo;

### **Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (DOF 30-11-2006).**

[Se vincula con el proyecto en cuanto a la identificación, y manejo integral de los residuos peligrosos en las etapas de preparación y construcción del sitio, operación y mantenimiento.]

#### **CAPÍTULO I Identificación de Residuos Peligrosos.**

Artículo 39.- Cuando exista una mezcla de residuos listados como peligrosos o caracterizados como tales por su toxicidad, con otros residuos, aquella será peligrosa. Cuando dentro de un proceso se lleve a cabo una mezcla de residuos con otros caracterizados como peligrosos, por su corrosividad, reactividad, explosividad o inflamabilidad, y ésta conserve dichas características, será considerada residuo peligroso y sujeto a condiciones particulares de manejo.

Artículo 40.- La mezcla de suelos con residuos peligrosos listados será

considerada como residuo peligroso, y se manejará como tal cuando se transfiera.

### Sección III

Reutilización, reciclaje y co-procesamiento.

Artículo 87.- Los envases que hayan estado en contacto con materiales o residuos peligrosos podrán ser reutilizados para contener el mismo tipo de materiales o residuos peligrosos u otros compatibles con los envasados originalmente, siempre y cuando dichos envases no permitan la liberación de los materiales o residuos peligrosos contenidos en ellos. CAPÍTULO II Programas de Remediación. Sección I. Disposiciones generales.

Artículo 132.- Los programas de remediación se formularán cuando se contamine un sitio derivado de una emergencia o cuando exista un pasivo ambiental.

### **Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. (DOF 30-11-2006).**

[Vinculado con el proyecto de acuerdo al programa de manejo de fauna en las etapas de preparación del sitio y construcción.]

### TÍTULO TERCERO

Disposiciones Comunes para la Conservación y el Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre.

### CAPÍTULO QUINTO

Liberación de Ejemplares al Hábitat Natural.

Artículo 89. En caso de colecta o captura ilícita flagrante, la Secretaría podrá liberar inmediatamente a los ejemplares de que se trate, previa evaluación positiva de la viabilidad de la liberación, mediante el levantamiento del acta respectiva en la que se deberán asentar explícitamente los elementos valorados.

Artículo 90. Queda prohibida la liberación de ejemplares de especies domésticas o exóticas.

# Sistema Ambiental Regional

Descripción del sistema ambiental regional, y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región.

Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional donde pretende establecerse el proyecto.

Para el Proyecto Hidroeléctrico San Antonio, el Sistema Ambiental Regional (SAR) estuvo definido por los aspectos relevantes que integran ecológicamente la zona en la que se enclava el proyecto.

Los criterios utilizados para tal fin fueron los siguientes:

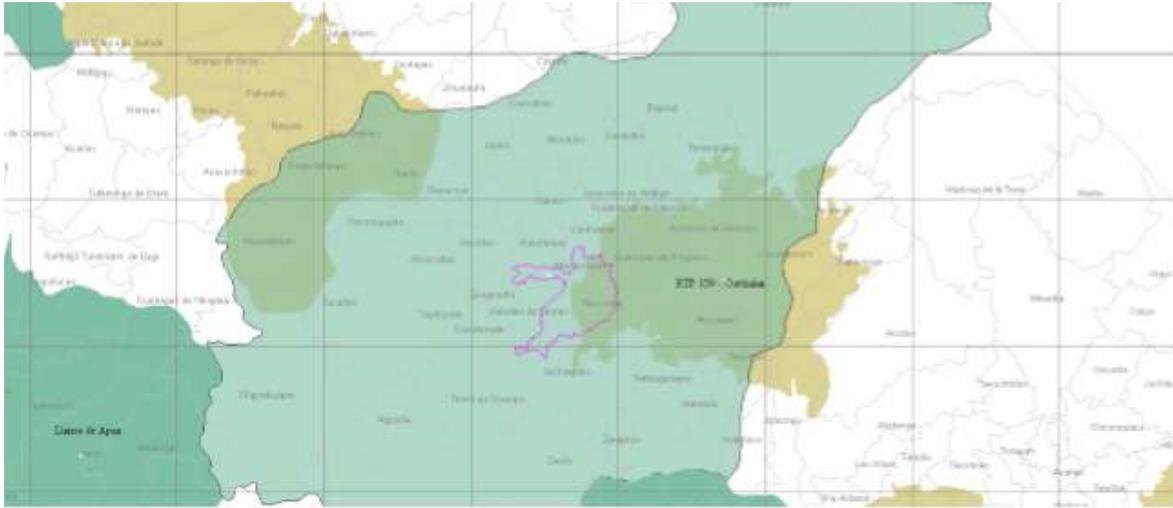
- Tipo de vegetación
- Cuenca hidrológica a partir del punto de salida o tributación del río Zempoala en el Río Tecuantepec con uno de igual o mayor magnitud de acumulación.
- Límites administrativos de los territorios municipales.
- Límites geográficos de la región terrestre prioritaria.
- Límites geográficos de la región hidrológica prioritaria.

Polígono mínimo convexo de los vértices distales de cada una de las obras del proyecto, para determinar la amplitud geográfica del mismo.

Se aplicó una función booleana para determinar los límites del territorio en que se superponen los polígonos calculados para cada uno de los atributos determinados. El resultado de la integración de los criterios explicados se consideró como el Sistema Ambiental del Proyecto.

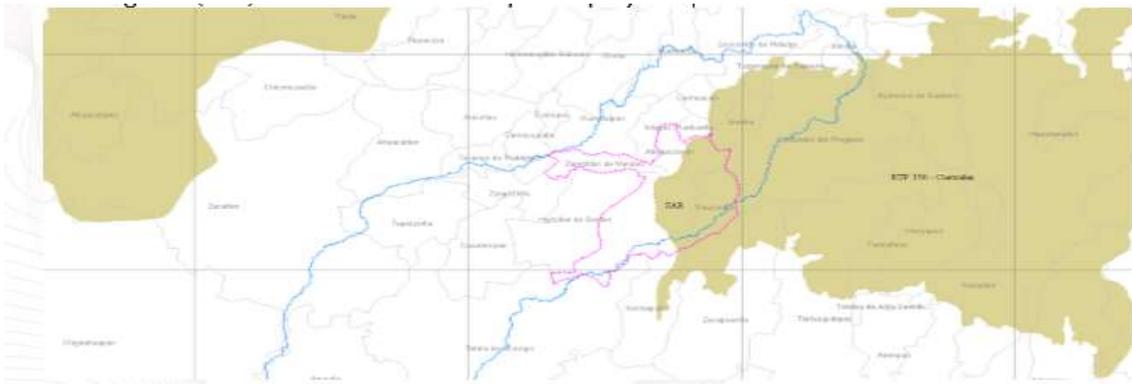
En primer lugar se identificó la poligonal de la Región Terrestre Prioritaria 105 – Cuetzalan cuya superficie es de 1,248 Km<sup>2</sup>. De igual manera se identificó el polígono de la Región Hidrológica Prioritaria número 76 Río tecolutla, cuya extensión es de 7,950.05 Km<sup>2</sup>. Posteriormente se obtuvo la poligonal de la subregión 3.2 Mesófilos de San Bartolo Tutotepec a Cuetzalan delimitada para las regiones geográficas con presencia de bosque mesófilo de montaña, delimitadas por la CONABIO para el diagnóstico sobre amenazas y oportunidades en el bosque mesófilo de montaña (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). De estas tres regiones se extrajeron las áreas correspondientes a las superposiciones de cada polígono dentro de la subcuenca hidrológica del Río Tecuantepec en la región hidrológica número 76, cuya superficie es de 1,055.9 Km<sup>2</sup>; que es la subcuenca hidrológica en donde se enclava el proyecto hidroeléctrico San Antonio.

## Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional donde pretende establecerse el proyecto



Sobreposición de las regiones terrestres prioritarias y las regiones hidrológicas prioritarias, y ubicación del polígono mínimo convexo del proyecto hidroeléctrico San Antonio.

Al resultado de la operación de intersección se le extrajo el polígono correspondiente a la unión de los límites administrativos de los municipios donde se emplazan las obras, resultando los siguientes: Xochitlán de Vicente Suárez, Zapotitlán de Méndez, Atlequizayan, Zoquiapan y Nauzontla. Para delimitación del SAR no se consideraron los polígonos delimitantes de las áreas naturales protegidas (ANP's) y las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA's), siendo estas la de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, y AICA Cuetzalan, respectivamente; ya que ninguna de las obras se encuentra dentro de las superficies comentadas. En un paso subsecuente se delinea la microcuenca en la que se encuentra el proyecto hidroeléctrico, partiendo del punto de salida del río Zempoala hasta el parte aguas. El resultado de la unión de las características y atributos ecológicos, hidrológicos, topográficos, administrativos y de cobertura vegetal permitieron delimitar un Sistema Ambiental Regional (SAR) funcionalmente válido para el proyecto.



Delimitación final del Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto, resultando el polígono de 15,664.32 Has que contiene todos los atributos geográficamente descritos.

### **Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional donde pretende establecerse el proyecto**

De las superficies delimitadas se considera que la mayor corresponde al sistema Ambiental Regional, y dentro de ella se ubican la zona de influencia del proyecto y la superficie de afectación ocupada por el proyecto. Dentro de estas delimitaciones espaciales se establece la presunción de efectos positivos y negativos causados por el desarrollo del proyecto, así como los alcances espaciales de ellos. De tal manera que la definición del SAR corresponde no solamente a la región como se establece en la guía correspondiente y en la conceptualización de región, sino que parte inicialmente de la inclusión de los elementos bióticos presentes en la delimitación de las superficies ocupadas por el proyecto, y posteriormente de la representación extensa de los mismo elementos bióticos que se afectan.

En consecuencia se considera que la cualidad del SAR para éste estudio es que la superficie delimitada debe contener en su totalidad los elementos componentes del proyecto; y que éste por su ubicación -proceso constructivo u operativo-, pueda causar algún impacto positivo o negativo sobre el entorno ambiental, transmitiéndose a través del componente hidrológico del sistema estudiado. Partiendo entonces de esta cualidad, se ubicaron espacialmente los puntos de derivación y se delineó el cauce en dirección de su flujo, hasta que éste aportara su caudal a otro de mayor magnitud, y sucesivamente hasta localizar el punto en que las aguas de los tres puntos derivados se hubieran encontrado. Desde ese punto de confluencia se continuó delineando el cauce hasta que el mismo aportara sus aguas a otro cauce de igual o mayor magnitud; ese punto localizado se consideró como el punto de salida del sistema hidrológico utilizado por el proyecto. A partir del punto de salida del sistema, se delineó la cuenca hidrológica, y se corroboró que ésta cumpliera con las condiciones de funcionalidad para el análisis ambiental, al incluir las variables que se midieron para el presente estudio.

Dentro de la misma cuenca hidrológica se delimitaron las microcuencas correspondientes al punto de toma, las cuales se consideraron como áreas de

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

influencia directa del proyecto, por lo que dentro de la superficie delimitada se ubicarán sitios de control para el monitoreo de los cambios que puedan sufrir las variables ambientales.

Para la delimitación del SAR no se incluyó ningún programa de manejo o de ordenamiento territorial, ya que no existen estos instrumentos de planeación en la región del proyecto. Pero sí se incluyeron las poligonales de la Región Terrestre Prioritaria 105 - Cuetzalan, y de la Región Hidrológica Prioritaria del Río Tecolutla; como se describió anteriormente. Por tanto, la superficie del SAR se definió integrando criterios de políticas públicas en medio ambiente, delimitaciones administrativas, criterios hidrológicos y de cobertura de tipos de vegetación representativos en la zona geográfica del proyecto. Dentro del SAR se identificaron tres tipos de zonas de trabajo:

- Zona de proyecto.- Se refiere a la superficie ocupada por el proyecto, en la que los efectos adversos o benéficos del mismo se perciben de manera directa.
- Área de influencia.- Se considera a la superficie donde los efectos directos del proyecto pueden diluirse con la distancia espacial de las obras, y que en caso de ser negativos, puedan contenerse para no afectar otras zonas. El área de influencia se calculó mediante la integración de superficies resultantes a aquella zona en la que cada una de las obras incide y afecta sus alrededores en términos del propio proceso de construcción y operación; es decir por ejemplo el tránsito de vehículos ahuyenta a la fauna de la zona por más de 100 m a partir del punto de tránsito, pero la fauna regresa al sitio cuando la perturbación ha cesado. A estas superficies se les denominó de amortiguamiento, y se adicionó una superficie de 100 m alrededor de las mismas para obtener.

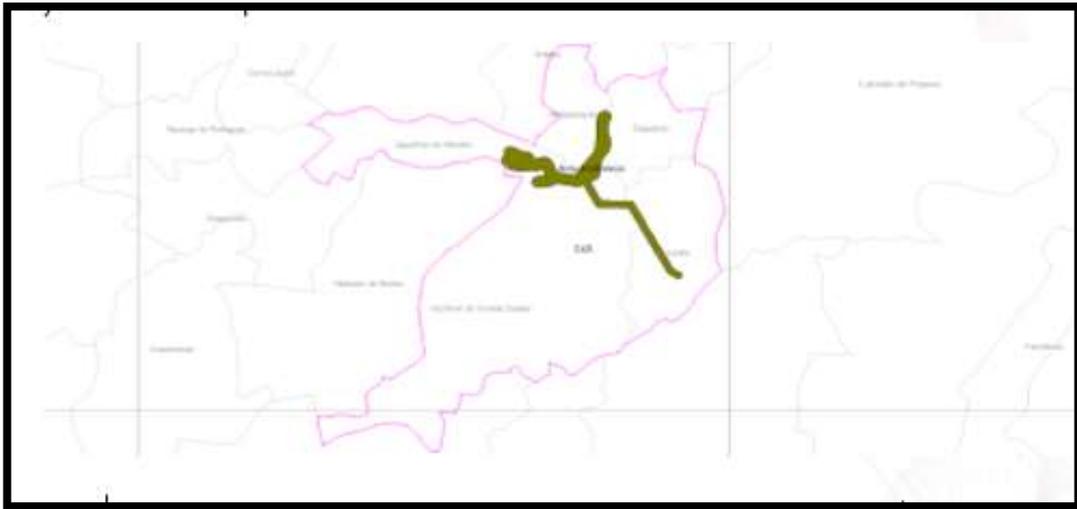
### **Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional donde pretende establecerse el proyecto**

El área de influencia, que resulta en una superficie de 680.22 Ha.

- Área de caracterización.- Corresponde al área empleada para describir los elementos ambientales del entorno del proyecto y su área de influencia. Se considera que los sitios de caracterización son al mismo tiempo sitios de control para evaluar los cambios sufridos en el SAR.

Para el SAR, la superficie delimitada asciende a 15,664.32 Has, que será la superficie dentro de la cual se realizarán las prácticas de monitoreo, manejo y ejecución del proyecto.

En lo que se refiere a la superficie del área de influencia del proyecto, se calculó que 680.22 Has podrían estar influenciadas por el proyecto. Esto representa el 4.34% de la superficie del SAR. Respecto a la superficie directamente afectada (16.805 Ha), esta representa el 0.107% de la superficie del SAR, y el 2.47% de la superficie de área de influencia.



Sistema ambiental regional delimitado para el proyecto, y superficies delimitadas como áreas de influencia, respecto a las demarcaciones municipales.

### Caracterización y análisis del sistema ambiental regional.

El Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado para el Proyecto Hidroeléctrico San Antonio, presenta una calidad ambiental baja, con tendencia al deterioro causado por actividades antropogénicas; tales como el cultivo de cereales en la parte alta de la cuenca, y de ganadería o producción de caña de azúcar en la parte baja de la misma cuenca. Cuando se ha realizado el análisis integral de factores bióticos y abióticos, se obtiene como resultado que el proceso más evidente de deterioro es la pérdida de vegetación natural, siendo la apertura de tierras agrícolas la causa de ello. Sin embargo, uno de los factores de alta importancia para el SAR y el proyecto muestra elementos de altísima calidad y disponibilidad. La disponibilidad de agua de buena calidad permite entonces compensar el deterioro ambiental causado por la pérdida de vegetación.

### Medio Abiótico.

#### Tasa de deforestación.

Para la obtención de la tasa de deforestación fue necesario caracterizar el uso del suelo presente en el SAR, así como las coberturas vegetales existentes, clasificándolas en tipos de vegetación, que permitieran identificar de manera objetiva los elementos presentes en el SAR. Para ello se obtuvieron imágenes satelitales de los sistemas LandSat 1 MSS, LandSat 4 TM, LandSat 7 +ETM, cuyas fechas corresponden a las siguientes: marzo 7 de 1977, octubre 23 de 1978; abril 3 de 1985, noviembre 1 de 1986; marzo 8 de 1990, octubre 26 de 1990; mayo 1 de 2000, noviembre 18 de 2000; abril 26 de 2006, diciembre 18 de 2006; Ikonos marzo 8 de 2010, Ikonos noviembre 17 de 2010. A partir de las

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

escenas obtenidas se clasificaron las superficies y coberturas por clase de firma espectral, para obtenerse las siguientes: Bosque mesófilo de montaña, Selva media subperennifolia, Bosque Caducifolio, Vegetación de Galería (vegetación riparia), Vegetación secundaria o perturbada, Agricultura y/o suelo desnudo. Para todos los casos se realizaron los análisis de veracidad de campo de una primera clasificación no supervisada, para posteriormente reclasificar las superficies de acuerdo a los datos obtenidos en campo y las nuevas clases de cobertura. En secciones posteriores del presente capítulo se ahondará sobre la caracterización de los hábitats identificados.

Para el caso del bosque mesófilo de montaña (BM), la composición florística fue el principal atributo por el cual se decidió clasificarlo de tal manera. Se siguió la descripción de Rzedowsky respecto al tipo de vegetación y se comprobó que, de acuerdo a otros estudios realizados en Lolotla (Hidalgo), Atexcaco (Puebla), y El Cielo (Tamaulipas), la composición florística de ésta clase de vegetación tuviera similitudes en las formas de vida y los géneros que componen la comunidad.

Respecto a la clase de Selva Subperennifolia (SM), se siguió la misma metodología empleada para el bosque mesófilo, sin embargo, de acuerdo a las coberturas reportadas en el Inventario Forestal Nacional (IFN), la porción de selva identificada en el SAR corresponde a la Selva Alta Perennifolia, resultando en una discordancia respecto a la vegetación registrada en los sitios de muestreo. Esta discordancia podría deberse a alguno de los siguientes factores, no discutidos en el presente documento: un recambio de especies, la deforestación y eliminación de las especies representativas al tipo de vegetación, o un error de clasificación del IFN. Se encontraron especies representativas de la Selva Alta Perennifolia, pero en tan baja abundancia como para clasificar así el tipo de vegetación, las especies más abundantes identificadas en los sitios de muestreo de coberturas son compartidas entre las selvas altas perennifolias, y las selvas medianas subperennifolias. Ante esta evidencia se consideró que la superficie del SAR corresponde, en condiciones topográficas, de precipitación, climáticas, edafológicas y de presencia de especies, a la selva alta perennifolia, pero no se presenta correspondencia en cuanto a la abundancia de las especies vegetales. Por tal motivo, se determinó que para los efectos prácticos del análisis, las características entre las selvas altas perennifolias y las medianas subperennifolias, fueran clasificadas en un único tipo de vegetación: selva subperennifolia, empleándose como un término indistintamente empleado para referirse a alguno de los tipos de vegetación tropical presente en el SAR.

Respecto al bosque de pino (PE), éste se clasificó por su dominancia, aún cuando en la porción más alta y seca del SAR se presentan comunidades muy pequeñas de un bosque mixto de coníferas y encinos. La superficie ocupada por ésta comunidad es poco representativa para el análisis desarrollado para el SAR. De manera similar con la SM, se determinó que el tipo de vegetación presente en el SAR, donde las coníferas resultan dominantes, es el de un bosque de pino (PE).

Para el caso de las superficies sujetas a prácticas agrícolas, éstas se incluyeron en una sola clase de cobertura, donde la ausencia de vegetación natural fue el primer criterio de clasificación. De tal manera que los suelos agrícolas, al no poseer vegetación natural, como el caso de las zonas urbanas, caminos, brechas y zonas de superficies líticas, son clasificados como Agricultura/Suelo desnudo (AG). Esto se hace sin detrimento de las prácticas agrícolas o ganaderas presentes en el SAR. Aún cuando se conoce y se determinó que en el SAR la producción de maíz, trigo, avena y haba se realiza en las zonas altas de la cuenca, y en las superficies tropicales se desarrolla intensa y extensamente la siembra de maíz, frijol, caña de azúcar y sorgo, no es objetivo del presente análisis determinar los tipos de cultivos, productividad y rendimiento.

Para determinar las tasa de cambio en las clases de cobertura, se obtuvo el índice normalizado de vegetación (IVN) de las cinco épocas de escenas remotas (1970, 1980, 1990, 2000, y 2010). La fracción de vegetación se obtuvo a través del modelo del pixel dimidiado. Antes de estimar la fracción de vegetación en cada escena de cada época, se eliminaron los errores de la adquisición de las longitudes de onda presentes en cada sensor, y se recalibró cada escena compuesta al factor de corrección obtenido.

La fórmula para calcular el índice normalizado de vegetación es una expresión de la fracción entre la sustracción de las bandas infrarrojas y rojas de cada escena y la suma de las bandas infrarrojas y rojas de cada escena. Para convertir el índice de vegetación obtenido en cada época al índice de coberturas, se empleó la transformación integral de la derivada de los valores máximos y mínimos del IVN, al cual se le sustrajo la presencia de caminos, ríos, zonas urbanas y fases líticas del suelo. Se calibró cada cobertura de cada época con un modelo digital del terreno, con el resultante de la correlación entre la desviación de la longitud de onda de cada escena inicial para cada momento de captura, y el factor topográfico como variable independiente.

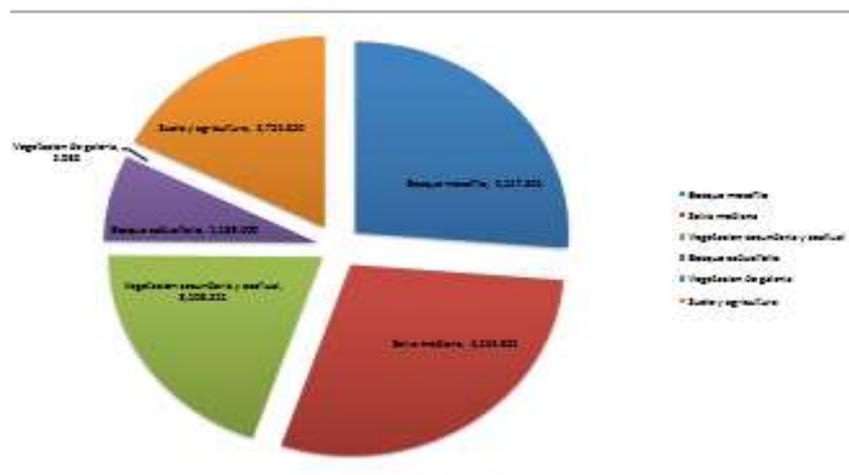
Una vez obtenidas las coberturas para cada época, se calculó la tasa de cambio de las mismas, excepto para 1970, debido a las longitudes de onda y resolución espacial de la imagen obtenida. La tasa de cambio es el resultado del cálculo bi-cúbico de las firmas espectrales de cada clase de cobertura, calculado pixel por pixel en la imagen. La resolución espacial fue de 30 m por pixel, obteniéndose un grado de confianza de 95%. El valor bi-cúbico calcula la frecuencia en la que cada pixel pertenece o deja de pertenecer a una clase en particular, y la relación con 8 de sus vecinos con cualidades similares a la propia, de tal manera que se calcula en una potencia de 9 la presencia o ausencia de una clase en particular, en un sitio específico, a lo largo del tiempo.

Del cálculo bi-cúbico de las clases, se calcula la probabilidad de Markov para cada pixel y sus 8 vecinos, en la que la expresión probabilística corresponde al valor registrado por el pixel a lo largo del tiempo, en relación con grupos de 8 paquetes de 9 pixeles que han cambiado de una clase a otra. De esta manera

se obtiene un factor de probabilidad entre cada clase de cobertura, en la que el valor del factor representa la tendencia de cambio hacia otra clase distinta, donde los valores cercanos a 1 representan un cambio inminente, y los cercanos a 0 representan un cambio poco probable. Cabe señalar que para la obtención de las probabilidades markovianas, el modelo toma en cuenta la presencia y cercanía de los caminos, zonas urbanas, ríos y áreas determinadas como sitios de conservación o con otro tipo de restricciones de manejo.

La interpretación lingüística de las probabilidades de Markov revela las tendencias de permanencia o cambio de cada cobertura. Las probabilidades diagonales pueden interpretarse como el factor de resiliencia del hábitat, siendo la agricultura la cobertura con mayor permanencia, y el bosque mesófilo el hábitat más resiliente, siendo el bosque de pino el más susceptible a cambiar. La dirección del cambio también resulta relevante pues al mismo tiempo que el bosque de pino es el menos resiliente, es también el hábitat que más alta probabilidad tiene de ser eliminado para apertura de superficies agrícolas. Al mismo tiempo se puede entender que el hábitat menos eficiente en recuperar su homeostasis es la selva subperennifolia. Ecológicamente se puede entender entonces que la conversión de vegetación natural hacia tierras agrícolas es de mayor relevancia en el bosque de pino y la selva subperennifolia, en tanto que el hábitat en mayor riesgo es la selva subperennifolia, y el bosque mesófilo tiende a mantenerse, más que a desaparecer. Espacialmente se percibe que las zonas altas del SAR son en las que la frontera agrícola avanza a un ritmo más acelerado, pero no aún así no es significativamente diferente al proceso de pérdida de superficies de selva subperennifolia.

El resultado del análisis descrito anteriormente muestra que las prácticas agrícolas y zonas sin vegetación (AG) representan el 52% de la superficie del SAR, en tanto el resto está distribuido entre los tres tipos de vegetación caracterizados.



Superficies de vegetación caracterizadas en el SAR del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio.

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

## Superficie forestal afectada por el proyecto.

La superficie forestal afectada por el “Proyecto Hidroeléctrico San Antonio” es igual a 16.805 Has, y es esta superficie sobre la que se deberá solicitar la autorización correspondiente para el cambio de uso del suelo. A continuación se muestra el cuadro de superficies con vegetación natural que resultan afectadas por la construcción de cada una de las obras. Para tal análisis el suelo agrícola se considera como una superficie preferentemente forestal, por lo que se incluye en la superficie final de afectación para efectos de la solicitud por el Cambio de Uso del Suelo Forestal. El desglose de las superficies afectadas se muestra en la tabla siguiente.

Superficies con cobertura vegetal por la construcción de cada una de las obras que componen el Proyecto Hidroeléctrico San Antonio.

Nombre de obras	Superficie ocupada por la obra (m2)	Bosque mesófilo de montaña	Selva mediana subperennifolia	Vegetación secundaria	Bosque caducifolio	Vegetación de galería	Agricultura y suelo desnudo	Totales
Obra de toma Zamposle	542.00		201.817	201.143				542.000
Obra de toma Ateno	305.40		229.926	130.502				305.400
Interconexión hidráulica	330.03	07.814		233.110				330.030
Tanque de carga	1,505.30	805.385		500.015				1,505.300
Aliviadero	308.22			308.220				308.220
Canal de desfogó	995.20			300.492			695.708	995.200
Cesa de máquinas I	5,214.90	014.092		4,500.108				5,214.800
Cesa de máquinas II	9,249.00	000.000	900.000	4859.201			2,579.800	9,249.000
Subestación eléctrica	2,759.00	8.088		2,751.012				2,759.000
Cuadro de maniobras	1,414.00						1,414.000	1,414.000
Cerriño de acceso principal	77,208.00	7708.448	31,882.152	37,015.400				77,208.000
Cerriño de acceso atenó	7,049.30	33.495	4,307.020	3248.178				7,049.300
Loza de peso Ateno	341.50			34.150			307.431	341.500
Cerriño de acceso portuario	40,470.00	11477.907	1,279.002	27,713.001				40,470.000
Torne 1 de línea de servicio	070.00		277.002	302.008				070.000
Torne 2 de línea de servicio	070.00	302.008		302.004				070.000
Torne 3 de línea de servicio	070.00			070.000				070.000
Torne 4 de línea de servicio	070.00			070.000				070.000
Torne 5 de línea de servicio	070.00	54.004		015.000				070.000
Torne 6 de línea de servicio	070.00			070.000				070.000
Torne 7 de línea de servicio	070.00	011.002		50.008				070.000
Torne 8 de línea de servicio	070.00	582.055		118.708				070.000
Torne 9 de línea de servicio	070.00	070.000						070.000
Torne 1 de línea de transmisión de entrega	070.00			070.000				070.000
Torne 2 de línea de transmisión de entrega	070.00		070.000					070.000
Torne 3 de línea de transmisión de entrega	070.00		501.003	108.007				070.000
Torne 4 de línea de transmisión de entrega	070.00	130.222				540.738		070.000
Torne 5 de línea de transmisión de entrega	070.00		477.720	103.240				070.000
Torne 6 de línea de transmisión de entrega	070.00	454.007				210.003		070.000
Torne 7 de línea de transmisión de entrega	070.00	070.000						070.000
Torne 8 de línea de transmisión de entrega	070.00					070.000		070.000
Torne 9 de línea de transmisión de entrega	070.00	0.251	01.000	000.517	0.100			070.000
Torne 10 de línea de transmisión de entrega	070.00	070.000						070.000
Torne 11 de línea de transmisión de entrega	070.00					070.000		070.000
Torne 12 de línea de transmisión de entrega	070.00	014.003		50.277				070.000
Torne 13 de línea de transmisión de entrega	070.00	380.230				200.721		070.000
Torne 14 de línea de transmisión de entrega	070.00					070.000		070.000
Torne 15 de línea de transmisión de entrega	070.00					070.000		070.000
Torne 16 de línea de transmisión de entrega	070.00	119.018				552.042		070.000
Torne 17 de línea de transmisión de entrega	070.00	04.142				590.816		070.000
Torne 18 de línea de transmisión de entrega	070.00				070.000			070.000
Torne 19 de línea de transmisión de entrega	070.00	0.210				070.750		070.000
Torne 20 de línea de transmisión de entrega	070.00					070.000		070.000
<b>TOTALES</b>	<b>168,061.63</b>	<b>27,172.40</b>	<b>48,910.22</b>	<b>88,068.08</b>	<b>071.07</b>	<b>-</b>	<b>11,198.78</b>	<b>168,061.63</b>

## Región terrestre prioritaria 105-cuetzalan

### A. Ubicación geográfica

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

UBICACIÓN MUNICIPIOS DE XOCHITLÁN DE VICENTE SUÁREZ, ZAPOTITLÁN DE MÉNDEZ, ATLEQUIZAYAN, ZOQUIAPAN Y NAUZONTLA EN EL ESTADO DE PUEBLA.

Coordenadas extremas:

Latitud N: 19° 46' 23" a 20° 11' 55"

Longitud W: 97° 09' 17" a 97° 38' 36"

Entidades: Puebla, Veracruz.

Municipios: Acateno, Altotonga, Atempan, Atlequizayan, Atzalan, Ayotoxco de Guerrero, Caxhuacán, Chignautla, Cuetzalan del Progreso, Hueyapan, Hueytamalco, Huitzilán de Serdán, Jalacingo, Jonotla, Nauzontla, Tenampulco, Tetela de Ocampo, Teteles de Ávila Castillo, Teziutlán, Tlapacoyan, Tlatlauquitepec, Tuzamapan de Galeana, Xiutetelco, Xochiapulco, Xochitlán de Vicente Suárez, Yaonáhuac, Zacapoaxtla, Zoquiapan.

Localidades de referencia: Teziutlán, Pue.; Tlapacoyan, Ver.; Altotonga, Ver.; Zacapoaxtla, Pue.; Cuetzalan, Pue., (Arriaga et al, 2000).

## B. Superficie

Superficie: 1,284 km<sup>2</sup>

Valor para la conservación: 3 (mayor a 1,000 km<sup>2</sup>).

## C. Características generales

Esta región se definió como prioritaria para la conservación por la existencia de bosques mesófilos de montaña presentes en las cañadas y la selva alta perennifolia en las partes bajas. Sin embargo, dados los requerimientos ambientales de ambos tipos de vegetación hay un nivel de fragmentación muy grande y la coexistencia con bosques de encino y de éste en asociación con pino, así como grandes extensiones perturbadas. El único manchón significativo de selva alta se ubica entre las cotas de 200 y 400 msnm y el bosque mesófilo se presenta en las laderas entre los 1,200 y 1,800 msnm (Arriaga et al, 2000).

## D. Aspectos climáticos (y porcentaje de superficie)

Tipos de clima.

Tabla de tipos de clima presentes en el SAR

TIPOS DE CLIMA	
(A)Cf	Semicálido, templado húmedo, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C, con precipitación anual mayor de 500 y precipitación del mes más seco mayor de 60 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.
C(f)	Templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, húmedo, precipitación anual mayor de 200 mm y precipitación en el mes más seco mayor de 40 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.
A(f)	Cálido húmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, con precipitación anual mayor de 500 mm y precipitación del mes más seco mayor de 60 mm; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual.
C(w2)x'	Templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, subhúmedo, precipitación anual de 200 a 1,800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.

Fuente: (Arriaga et al, 2000).

### Metodología de delimitación de la rtp-105

En virtud de que el único manchón significativo de selva alta se ubica entre las cotas de 200 y 400 msnm y que el bosque mesófilo se presenta en las laderas entre los 1,200 y 1,800 msnm, el criterio de delimitación del lindero de la RTP fue de carácter mixto, considerando los interfluvios presentes entre las cuencas de los ríos Zempoala y Alseseca (entre los cuales destacan las cuencas de los ríos Apulco y María de la Torre) y los límites altitudinales considerados fueron los de las cotas 200 y 1,800 msnm (Arriaga et al, 2000).

### Regiones hidrológicas prioritarias

En el ciclo hidrológico, una proporción importante de la precipitación pluvial regresa a la atmósfera en forma de evapotranspiración, mientras que el resto escurre por los ríos y arroyos delimitados por las cuencas hidrográficas, o bien se infiltra en los acuíferos.

De acuerdo con los trabajos realizados por la CONAGUA, el INEGI y el INE, se han identificado 1,471 cuencas hidrográficas en el país, las cuales, para fines de publicación de la disponibilidad de aguas superficiales, se han agrupado y/o subdividido en cuencas hidrológicas. Al 31 de diciembre del 2009 se tenían publicadas las disponibilidades de 722 cuencas hidrológicas, conforme a la norma NOM-011-CONAGUA-2000, en tanto que para el 31 de diciembre de 2010 se habían añadido otras 9 cuencas (CONAGUA, 2011).

Las cuencas del país se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas que se muestran en el diagrama, y a su vez se agrupan en las 13 regiones

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

hidrológico-administrativas (RHA) que se mencionan.

En lo que se refiere a las aguas subterráneas, el país está dividido en 653 acuíferos, conforme a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 5 de diciembre de 2001, y cuyos límites se presentan en el mapa siguiente, de acuerdo con las coordenadas de las poligonales simplificadas del DOF del 13 de agosto del 2007, 3 de enero del 2008 y 28 de agosto del 2009 . (CONAGUA, 2011).



Regiones hidrológicas de México. La Conagua cuenta con 4,008 estaciones en operación para medir las variables climatológicas e hidrométricas. Las estaciones climatológicas miden la temperatura, precipitación pluvial, evaporación, velocidad y dirección del viento. Las estaciones hidrométricas miden el caudal de agua de los ríos, así como la extracción por obra de toma de las presas. Las estaciones hidroclimatológicas miden algunos parámetros climatológicos e hidrométricos (CONAGUA, 2011).

Una región hidrológica es la agrupación de varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial muy similares. Las más densamente pobladas con la 27, llamada también región TuxpanNautla, y la región número 12, conocida como Lerma-Santiago. Uno de cada cuatro habitantes en localidades con más de 100 mil habitantes vive en estas regiones hidrológicas (CONAGUA, 2011).

Tabla de las regiones hidrológicas en el estado de Puebla.

REGIONES Y CUENCAS HIDROLÓGICAS EN EL ESTADO DE PUEBLA				
Región		Cuenca		% de la superficie estatal
Clave	Nombre	Clave	Nombre	
Puebla				
RH18	Balsas			59.14
		A	Río Atoyac	57.23
		B	Río Balsas-Mezcala	0.04
		E	Río Tlapaneco	0.84
		F	Río Grande de Amacuzac	1.03
RH26	Pánuco			0.25
		D	Río Moctezuma	0.25
RH27	Tuxpan-Nautla			24.56
		A	Río Nautla y Otros	0.8
		B	Río Tecolutla	17.46
		C	Río Cazones	3.7
		D	Río Tuxpan	2.6
RH28	Papaloapan			16.05
		A	Río Papaloapan	14.85
		B	Río Jamapa y otros	1.2

Fuente: CONAGUA (2011).

### La Región Hidrológica (RH-27) Tuxpan-Nautla.

Se extiende en la Planicie costera del Golfo Norte, y parte de la vertiente este de la Sierra Madre Oriental; ocupa casi toda la parte norte del estado de Puebla (24.56% de la superficie de la entidad). Dentro del estado, el límite sur de la región está constituido por el parteaguas que forman las estribaciones más meridionales de la sierra Norte y que se extiende al noroeste de los poblados de Libre y Cuyoaco, así como al sur de Zaragoza y Teziutlán, sobre la vertiente de la caldera de los Humeros. Desde esta zona, la región se extiende hasta los estados de Veracruz e Hidalgo. En la entidad está representada por las cuencas (A) Río Nautla; (B) Río Tecolutla; (C) Río Cazones y (D) Río Tuxpan (INEGI, 2011).

Esta zona es la más lluviosa del estado; se registran precipitaciones de entre 1500 a 3000mm al año; en el área de Cuetzalan se tienen medias anuales de más de 4000 mm, pero se ha llegado a registrar hasta 6 m. La temperatura media anual, oscila desde 14C en las partes más altas de la sierra, hasta 24C en los dominios de la planicie costera (INEGI, 2011).



Ubicación de la macroregión Tuxpan-Nautla, dentro de los límites territoriales del estado de Puebla.

El coeficiente de escurrimiento alcanza en general, valores altos, dadas las abruptas pendientes y la creciente deforestación; fluctúa del 10 a más del 30% para la mayor parte de la región. Estas condiciones propician un escurrimiento anual en esta área de aproximadamente 6,697mm<sup>3</sup>, que es casi el 60% del escurrimiento virgen de toda la entidad. De este volumen, 4,333mm<sup>3</sup> anuales fluyen al estado de Veracruz, aunque se reciben aportaciones de Tlaxcala e Hidalgo, por 423 mm<sup>3</sup> (INEGI, 2011).

Esta macroregión presenta una gran diversidad en el criterio orográfico. Se encuentra surcada por dos curvas de nivel que corren de manera paralela entre sí, en dirección noroeste-suroeste, que indican altitudes de 2000 y 1000 msnm. Esto muestra la existencia de territorios ubicados a más de 3000 metros en los límites con Tlaxcala, pero también de zonas que se ubican a menos de 100 msnm en el noreste de la entidad, en los límites con Veracruz. Además, la distancia entre las curvas de nivel plantea que esta franja consiste en un terreno abrupto que, en una distancia muy reducida, disminuye 1000 metros. Otra característica importante consiste en que la curva de nivel de 2000 msnm presenta una prolongación hacia el sur en forma de cañón que divide el territorio en dos, que corresponde al cause formado por el río Apulco, perteneciente a la cuenca del río Tecolutla, el cual nace en los límites de Tlaxcala y Puebla (Gutiérrez, Cuervo y Ortiz, 2003).

Al considerar estos elementos, es posible clasificar la macroregión en tres regiones naturales: el territorio ubicado a altitudes mayores a 1000 metros respecto al nivel de mar, y que se encuentra al oeste del río Apulco se denomina Región Ajajalpa-Zempoala; la porción ubicada a más de 1000 metros de altitud, situada al oriente del río Apulco, denominada Región Apulco; y la parte que se encuentra ubicada a menos de 1000 metros de altitud, que puede denominarse Región Huasteca (Gutiérrez, Cuervo y Ortiz, 2003).

Tabla de Regiones naturales y de planeación del estado de Puebla.

REGIONES NATURALES Y DE PLANEACIÓN DEL ESTADO DE PUEBLA		
Macroregiones	Regiones naturales	Regiones de planeación
Tuxpan-Nautla	Huasteca	Xicotepec
		Totonaca
		Cueyzalan
	Ríos Ajajalpa-Zempol	Huachinango
	Río Apulco	Teziutlán
Balsas	Sierra de Quimixtlán	Sierra de Quimixtlán
	Volcanes de Anáhuac	Llanos de San Juan
		Llanos de San Andrés
		Valles de Tepeaca-Tecamachalco
		Valle de Puebla
	Sierras y Valles del Sur	Valles de Atlixco-Izucar
	Sierras y Valles de Acatlán-Tepexi	
Papaloapan	Mezcalapa	Mixteca
	Valle de Tehuacán	Valle de Tehuacán
	Sierra Negra	Sierra de Ajalpan

Tomado de Gutiérrez, Cuervo y Ortiz (2003).

Sin embargo, al considerar una integración municipal de las regiones, se incluye, además, una región conformada por los municipios de Amixtlán, Coatepec, Hueytlalpan, Ixtepec, Olintla, Tlapacoya, Zapotitlán de Méndez, Camocuautla, Hermenegildo Galeana, Huitzilán de Serdán, Jonotla, San Felipe Tepatlán, Tuzamapan de Galeana, Zongozotla, Caxhuacán, Huehuetla, Atlequizayán, Jopala, Tepango de Rodríguez, Xochitlán de Vicente Suárez y Zoquiapan (Gutiérrez, Cuervo y Ortiz, 2003).



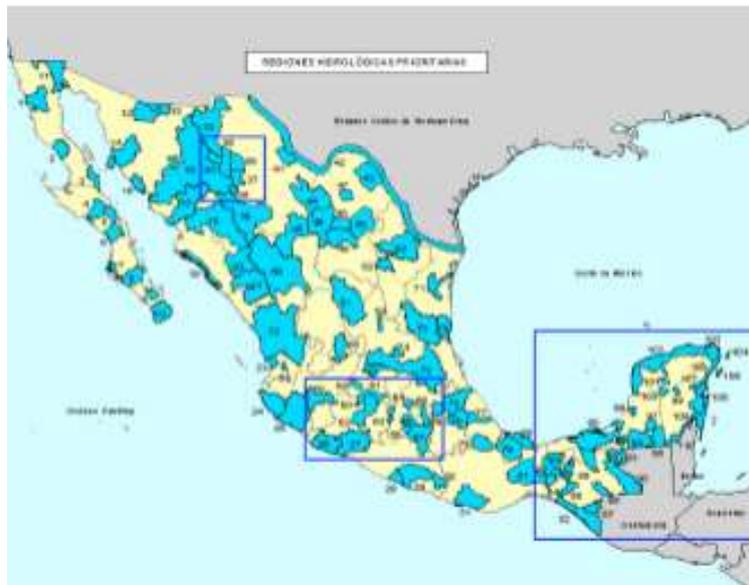
Mapa de las regiones Naturales de Puebla.



Mapa de las regiones de planeación del estado de Puebla.

### Región Hidrológica Prioritaria 76.

Río Tecolutla. La Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO), dentro de su Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias de México, considera alrededor de 110 RHP's, de las cuales, la comprendida en este estudio es la número 76, que corresponde al Río Tecolutla.



Mapa de las Regiones Hidrológicas Prioritarias de México.

La RHP-76, se localiza en los estados de Veracruz y Puebla.

Latitud 20°28'48" – 19°27'36" N, Longitud 98°14'24" – 96°57'10" W.

Recursos hídricos principales: Lénticos: presa Necaxa, estuario, laguna costera, marismas.

Lóticos: ríos Tecolutla, Necaxa, Laxaxalpa, Apulco y Tejocotal, arroyos.

Geología/Edafología: Rodeada por las sierras de Huahuchinango al este y Zacapoaxtla al sur, suelos pobres, poco profundos con pendientes pronunciadas tipo Regosol, Luvisol, Feozem, Vertisol y Cambisol (Arriaga, Aguilar y Alcocer, 2000).

Características varias: clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano y todo el año en la parte alta de la cuenca; cálido húmedo y subhúmedo con abundantes lluvias en verano y todo el año en la cuenca baja. Temperatura media anual de 14-26°C. Precipitación total anual de 1200 hasta más de 4000mm; evaporación de 1064-1420mm.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino-encino, de pino, de encino, bosque mesófilo de montaña en la cuenca alta; selva mediana subperennifolia, sabana, manglar, vegetación halófila y palmar en la cuenca baja. Alta diversidad de hábitats terrestres y acuáticos, con diferentes grados de degradación a lo largo de la cuenca. Flora característica: *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Coccoloba barbadensis*, *Croton punctatus*, *Diphyssa robinoides*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Ipomoea imperati*, *Palafoxia lindenii*, *Panicum repens*, *Sesuvium portulacastrum*, *Sporobolus virginicum*. Fauna característica: de peces *Astyanax fasciatus*, *Cathorops aguadulce*, *Gambusia rachowi*, *Gobiomorus dormitor*, *Ictiobus bubalus*; de aves *Ajaia ajaja*, *Eudocimus albus*, *Casmerodius albus*, *Mycteria americana*, *Egretta thula*. Endemismos del pez *Heterandria sp.*; de crustáceos *Procambarus (Ortmannicus) gonopodocristatus*, *Procambarus (Ortmannicus) villalobosi*, *Procambarus (Paracambarus) ortmanii*, *Procambarus (Paracambarus) paradoxus*, *Procambarus (Villalobosus) cuetzalanae*, *Procambarus (Villalobosus) erichsoni*, *Procambarus (Villalobosus) hortonhobbsi*, *Procambarus (Villalobosus) xochitlanae* y *Procambarus (Villalobosus) zihuatlensis*; del ave *Campylorhynchus gularis*. Especies amenazadas: de peces *Gambusia affinis*, *Ictalurus australis*; de aves *Accipiter striatus*, *Aulacorhynchus prasinus*, *Ciccaba virgata*, *Cyanolyca cucullata* (Arriaga, Aguilar y Alcocer, 2000).

Aspectos económicos: pesquerías de ostión, peces y crustáceos *Macrobrachium acanthurus* y *M. Carcinus*; actividad turística; agricultura de temporal y cultivo de vainilla, café, pimienta y cítricos. Presencias de recursos estratégicos como petróleo. Abastecimiento de agua para riego y uso urbano.

Problemática:

Modificación del entorno: deforestación, modificación de la vegetación excepto en cañadas, ganadería extensiva, pérdida de suelos por deslave, desecación de ríos y mantos freáticos. Monocultivo de maíz y manejo inadecuado del suelo.

Contaminación: por agroquímicos que afectan el cultivo de vainilla. Coliformes en las cuencas baja y media.

Uso de recursos: existen recursos gaseros, abastecimiento de agua y riego.

Conservación: preocupa la tala inmoderada en la cuenca alta y se requiere de un control de coliformes en la cuenca media y baja. Se considera uno de los ríos mejor conservados de Veracruz. Faltan conocimientos generales de la zona (Arriaga, Aguilar y Alcocer, 2000).

### Medio biótico.

Tipos de vegetación presentes en el sistema ambiental regional.

Selva mediana subperennifolia o bosque tropical subperennifolio. Este tipo de vegetación se presenta tanto en las zonas más húmedas del clima A, al igual que la selva alta perennifolia, como en zonas con precipitaciones del orden de 1100 a 1300 mm anuales, con época de sequía bien marcada que puede durar de tres a cuatro –o incluso cinco- meses. Las temperaturas de las zonas donde se desarrolla esta selva son muy semejantes a las de la selva alta perennifolia, aunque llegan a presentar oscilaciones de 6 a 8 oC entre el mes más frío y el más cálido, en especial hacia el norte de su distribución en México. No se presentan heladas en el área de distribución de esta selva y ningún mes tiene una temperatura promedio inferior a 18oC (Pennington y Sarukhán, 2005).

Los suelos de estas selvas derivan principalmente de materiales calizos de diversas características, o bien de materiales metamórficos muy antiguos o, con menos frecuencia, de origen ígneo. En la mayoría de los casos los suelos son muy someros en terrenos con topografía cárstica, de colores oscuros, con abundantes contenidos de materia orgánica y valores de pH cercanos a la neutralidad; es común encontrar roca aflorante, especialmente ceniza. El drenaje de estos suelos es por lo general rápido debido a la fuerte pendiente de los terrenos donde se encuentran o a la naturaleza porosa de las rocas y el material calizo. Es probable que esta característica sea la que hace que la vegetación, a pesar de encontrarse en un clima de selva alta perennifolia, reduzca de manera notable, en 25 a 50% de sus especies, el follaje en la época de sequía (Pennington y Sarukhán, 2005).

La altura de esta selva puede en ocasiones igualar a la de la selva alta perennifolia, pero es frecuente que los árboles no sean tan altos, muchas veces debido a la naturaleza rocosa y a la gran inclinación de los terrenos donde se encuentran, lo que impide el desarrollo de gigantes que necesitan una amplia área de sujeción en el suelo para que no los derriben los vientos. En consecuencia, los diámetros de los troncos de los árboles de esta selva pueden

ser en promedio similares a los de la selva, pero no llegan a sobrepasar los 25 m. También en los árboles de esta selva son frecuentes las raíces tabulares o contrafuertes (Pennington y Sarukhán, 2005).

La forma de la copa de los árboles del estrato superior tiende a ser más angulosa que redondeada debido a la inclinación del terreno.

Las selvas altas o medianas subperennifolias tienen también una buena cantidad de especies útiles para la industria forestal, entre ellas la más importante es nuevamente *Swietenia macrophylla*; otras especies que han recibido atención industrial y se han usado o se usan en la actualidad son: *Manilkara zapota*, *Bursera simaruba*, *Pimenta dioica*, *Dendropanax arboreus*, *Zuelania guidonia*, *Astronium graveolens*, *Simira salvadorensis*, *Vatairea lundellii*, *yroxylon balsamum*, *Platymiscium yucatanum*, *Pouteria reticulata*, *Pseudobombax ellipticum*, *Maclura tinctoria* y *Bucida buceras* (Pennington y Sarukhán, 2005).

En consecuencia, parte de esta selva ha sido perturbada con fines de aprovechamiento forestal, sobre todo en el área de la península de Yucatán. El área localizada al norte de la planicie costera del Golfo ha sido desprovista de esta selva en primer término para fines agrícolas, y definitivamente confines ganaderos. En esta área se han establecido praderas artificiales o inducidas; hoy día es y difícil encontrar siquiera un manchón relativamente conservado de este tipo de vegetación en el norte de la planicie costera. Como resultado de la perturbación de la selva en esta zona, se han desarrollado extensos palmares de *Sabal mexicana* y asociaciones de *Piscidia piscipula* que, por la antigüedad y la severidad de la perturbación, parecen elementos primarios de la vegetación del área (Pennington y Sarukhán, 2005).

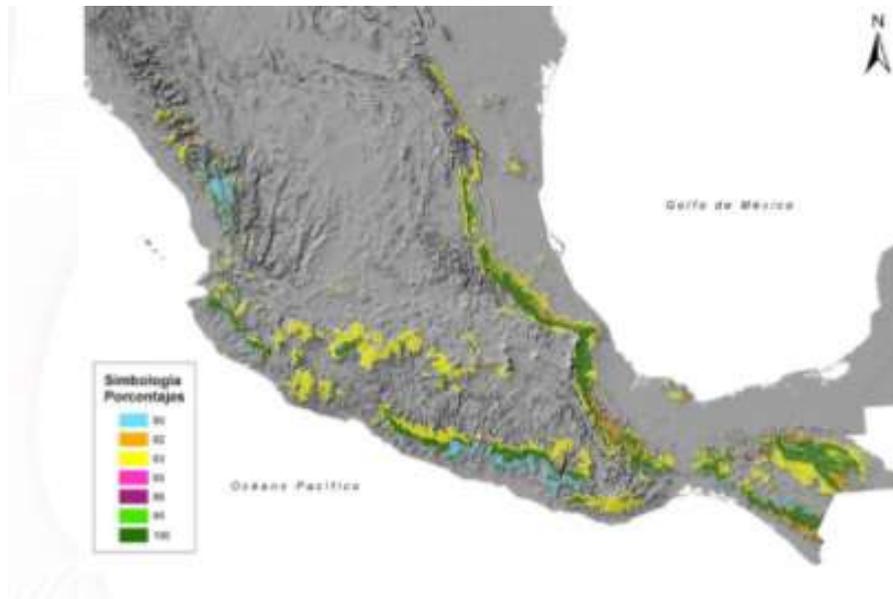
Las únicas zonas en donde la selva se ha conservado bien son los cerros cársticos el norte de Oaxaca, algunos del norte de Veracruz y Puebla, sureste de Hidalgo y San Luis Potosí y Chiapas. Lo abrupto de la topografía hace a estos bastante inaccesibles para la agricultura o la ganadería; no obstante, en algunas zonas la presión demográfica ya los ha perturbado (Pennington y Sarukhán, 2005). Bosque caducifolio De acuerdo a las observaciones de Pennington y Sarukhán (2005), en México el bosque caducifolio constituye el límite altitudinal superior de la vegetación de las zonas cálido-húmedas, lo que en consecuencia lo conviene en el límite térmico.

En la última actualización (2007) de la página oficial del Instituto Nacional de Ecología, Challenger describe conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México, y menciona que “en el pasado geológico los bosques mesófilos cubrieron extensas áreas de México, pero su actual distribución es muy restringida: sólo abarca alrededor de 1% del territorio nacional (Rzedowski 1978). Estos orígenes antiguos y un posterior aislamiento en virtuales islas ecológicas hacen que estos bosques contengan tanto especies paleoendémicas como especies endémicas de evolución más reciente y una flora que, comparativamente, los dota de una biodiversidad total mayor que la de

todos los demás tipos de vegetación en relación con el espacio total que ocupan (Challenger 1998). Por otro lado, estos bosques tienen una estructura y una composición de especies muy característica, resultado de un neotropical en el pasado geológico, de modo que en el dosel la mayoría de los árboles son especies caducifolias típicas de climas templados, mientras que en el sotobosque pueden predominar especies perennifolias de origen tropical. De hecho, varios bosques mesófilos permiten que muchas especies típicas del trópico húmedo prosperen en latitudes y altitudes muy superiores a las que serían posibles en ausencia de ellos (Challenger op. cit. ). Es probable que los bosques mesófilos de México sean los más septentrionales del mundo, ya que el clima de estas latitudes, propenso a las bajas temperaturas invernales, es lo que fomenta la predominancia de árboles de afinidad templada (Challenger 1998). Si bien pueden ocurrir heladas ocasionales en las zonas de bosque mesófilo, en general el clima es templado y, sobre todo, muy húmedo, debido a que estos bosques se desarrollan de preferencia en las laderas de barlovento de las montañas, a la altitud de la formación de las nubes, por lo que durante la mayor parte del año se encuentran bañados en lluvia y en las gotas que se condensan de las nubes y neblinas. Es por ello que uno de los servicios ambientales más importantes de estos ecosistemas es la captación de agua, y su importancia nacional en este sentido ya se empieza a reconocer (CIDE 2003)". Y en relación a la pérdida de la biodiversidad de este ecosistema, menciona que "en México, como en todo el mundo, el bosque mesófilo es el ambiente preferido para cultivar el café, sobre todo el de buena calidad llamado "café de altura" (la especie más sembrada, *Coffea arabica*, es originario del bosque mesófilo de montaña de Etiopía). Sembrado de manera tradicional, bajo la sombra de los árboles del dosel, el cultivo del café puede permitir la relativa

conservación del bosque y de su biodiversidad. Sin embargo, el actual fomento a la siembra de café al sol directo conlleva a la desaparición del bosque". Según Cartujano et al (2002), la estructura y composición típica del bosque mesófilo de montaña corresponde principalmente a la presencia de especies arbóreas de tallas altas tales como: (*Quercus* spp), *Liquidambar* spp, *Magnolia* spp, *Cornus* spp, *Clethra* spp, *Dendropanax* spp, *Alnus acuminata*, *Pinus* spp, *Fagus mexicana*, *Oreomunnea mexicana*, *Mutudaea trinervis*, *Nectandra* spp, *Persea* spp y *Ulmus mexicana* que forman un dosel generalmente uniforme. Tienen troncos rectos y por lo general miden entre 15 y 35 m de altura. Un segundo estrato de árboles, por lo general con afinidad tropical y una altura de 12 a 18 m conformado por especies como *Hedyosmum mexicanum*, *Oreopanax* spp, *Styrax* spp, *Perrottetia ovata*, *Clethra* spp, *Tilia* spp, *Alnus* spp, *Crataegus pubescens*, *Podocarpus reichei*, *Magnolia schiedeana*, *Persea* spp, *Inga* spp, *Ternstroemia* spp, así como individuos juveniles de especies del dosel y helechos arborescentes como *Cyathea* spp, *Sphaeropteris* spp y *Alsophila salvinii*. Debajo del estrato arbóreo generalmente se presenta uno arbustivo, el cual en el bosque mesófilo primario suele ser reducido o ausente. Este estrato puede alcanzar alturas de 8 a 12 m y estar compuesto por especies como *Berberis* spp, *Eugenia* spp, *Piper* spp, *Turpinia* spp, *Senecio* spp, *Meliosma* spp,

*Osmanthus americana*, *Solanum* spp, *Fuchsia* sp, *Heliconia* spp, *Cestrum fasciculatum*, *Rapanea* spp y muchos arbustos y árboles pequeños de las familias Melastomataceae y Malvaceae, junto con juveniles de árboles de los estratos superiores. Finalmente en algunas ocasiones es factible encontrar un estrato herbáceo (cuando la densidad del dosel permite el paso de la luz) conformado por especies como *Begonia* spp, *Chamaedorea* spp, *Phytolaca rugosa*, *Hyptis* spp, *Salvia* spp, *Euphorbia* spp, *Oxalis* spp, *Peperomia* spp, *Piper* spp, *Ranunculus petiolaris* y *Achimenes* spp (Cartujano et al., 2002)



Distribución original y estado de conservación (porcentaje de cobertura recuadro izquierdo) del Bosque Mesófilo de montaña en México (Rzedowsky, 1996).

#### Vegetación de galería (vegetación riparia).

El bosque de galería ocupa franjas angostas a lo largo de las corrientes fluviales. Se distingue de los bosques templados localizados en áreas aledañas por ser relativamente más altos, de mayor densidad, contener en proporción una mayor cantidad de biomasa, ser estructuralmente más complejos y poseer un mayor número de especies siempre verdes. Esta vegetación, por desarrollarse a lo largo de los ríos y en las riberas de lagos de agua dulce, están considerados como parte de una vegetación de tipo ripario (Latin ripa = banco) o ribereña. Esta posee características propias que la hacen particular, como son la capacidad de soportar inundaciones temporales e invadir rápidamente áreas expuestas o bancos de grava (Treviño, et al., 2001).

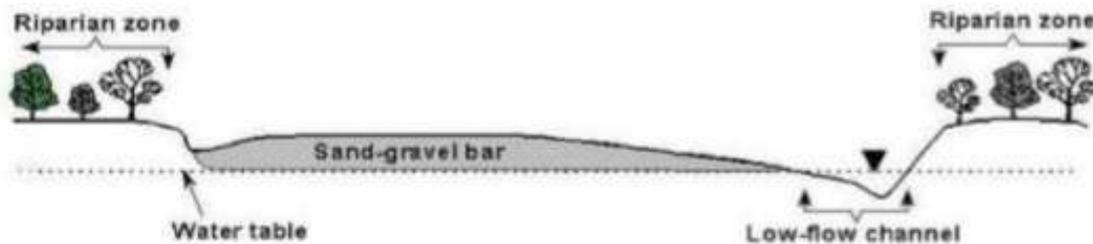
Los servicios ecológicos que prestan estas comunidades son considerados de gran importancia, pues una comunidad conservada sirve de filtro entre el río y los ambientes adyacentes, impide el flujo al torrente del río de agroquímicos y productos orgánicos utilizados como insumos agrícolas y desechos agropecuarios, además de amortiguar algunos de los procesos de sedimentación de los lechos de los ríos. Estos servicios ecológicos mantienen la calidad del agua y proveen protección contra las inundaciones y la erosión. Estos

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

ecosistemas proveen el hábitat a invertebrados que son fuente importante de alimento para la fauna acuática y terrestre y representan en zonas áridas la única fuente de agua (Treviño, et al., 2001).

Desde el punto de vista fisonómico y estructural los bosques de galería se presentan como un conjunto muy heterogéneo; por un lado, la altura de la comunidad varía en un intervalo que va de los 4 a los 40 m, con árboles de follaje perenne, deciduo o parcialmente deciduo que en pocas ocasiones forman masas puras de una sola especie, existiendo por lo general una alternancia de especies que pueden cambiar en corta distancia o bien presentarse en combinaciones de asociaciones vegetales que pueden encajar en diferentes tipos de vegetación. Pueden incluir numerosas epifitas y trepadoras o carecer de ellas. En relación con su cobertura, aunque en ocasiones forman una gran espesura, a menudo están constituidos por árboles espaciados e irregularmente distribuidos. La vegetación de galería constituye una comunidad muy variada estructural y fisonómicamente, cuyo espacio está representado por una línea que se extiende por ambos márgenes de todo río y que se diferencia en composición florística y estructura a la de las áreas contiguas como se muestra en la siguiente figura.

representado por una línea que se extiende por ambos márgenes de todo río y que se diferencia en composición florística y estructura a la de las áreas contiguas como se muestra en la siguiente figura.



### Características del nicho ribereño.

Las corrientes de agua en los bosques son de diversas dimensiones y varían desde manantiales hasta sustanciales ríos que se desplazan hacia las partes bajas de las colinas y convergen con una u otra corriente mayor y una cuenca más grande; a lo largo de este gradiente cambian las características ecológicas de un ecosistema ribereño dentro de un continuum gradual. La velocidad a la que fluye el agua está dada en función de la pendiente, y por esa razón existe una relación entre la pendiente y la corriente (Treviño, et al., 2001).

Los hábitats de agua dulce son de dos tipos: lénticos, que comprende las aguas en calma (lagos, charcas) y lóticos, que comprenden las aguas corrientes (manantiales, arroyos, ríos). Ambos tienen características que influyen sobre la vida acuática que contienen, pero también sobre la vida que se desarrolla en sus márgenes o riberas. La corriente de un arroyo determina las características

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

físicas del escurrimiento y del mismo modo, la velocidad de un arroyo es controlada por el gradiente, amplitud, aspereza del fondo y forma (recta o serpentante).

El régimen de las aguas corrientes está ligado con las precipitaciones y los cambios estacionales. Por ello, el cuadal de los escurrimientos varía a lo largo del año y presenta alternancias entre las crecidas de la temporada lluviosa y el estiaje.

La vegetación inmediatamente adyacente a los arroyos o a lo largo de los bordes de los lagos y charcos, se caracteriza por especies vegetales y formas de vida que difieren de aquéllas de los bosques circundantes. El marcado contraste entre la vegetación riparia y la de las tierras altas, produce una diversidad estructural y las características del borde realzan su utilidad para la fauna silvestre (Treviño, et al., 2001).

La naturaleza lineal de los bosques riparios y su densa vegetación hacen de ellos una obvia selección como corredores para conectar bosques aislados y evitar el efecto de islas. Algunos animales, con frecuencia usan los corredores riparios para cruzar y retomar a los lados de las montañas entre sus territorios de invierno y verano.

Las zonas de transición entre el medio terrestre y los ecosistemas acuáticos poseen un poder tampón, es decir, tienen la capacidad de absorber y almacenar elementos. Si la zona situada en la vecindad se encuentra bajo cultivo, existe una línea de separación neta con la orilla. Si se trata de un pastizal no cultivado que conserva la vegetación espontánea, la transición es progresiva (Treviño, et al., 2001).

Debido a su forma larga y estrecha, las áreas riparias de un arroyo contribuyen con poca superficie al hábitat total disponible; sin embargo, son altamente productivas y de un alto valor para la fauna silvestre, pues se halla bien protegida en este hábitat.

Las áreas riparias no solo son importantes para los animales terrestres, sino que ellas también controlan el hábitat lótico asociado con los anfibios y los peces. Los doseles proporcionan sombra, los sistemas radiculares estabilizan los bancos y el detritus vegetal, junto con los insectos, proporcionan nutrientes a los organismos de los arroyos. Las áreas riparias crean un efecto de oasis en las tierras secas y, debido a su microclima más frío y al agua libre, son los principales lugares de descanso para muchas aves migratorias norte-sur. En adición, los altos árboles a lo largo de un arroyo o curso de agua crean, en ocasiones, una condición de boquilla que usan una corriente ascendente que introduce el aire por debajo de la vegetación y sobre el agua.

Muchas especies de plantas tienen fuertes asociaciones con las zonas riparias. Algunas requieren la presencia de manantiales y crecen a lo largo de los márgenes de éstos. Sin embargo, globalmente, el microclima húmedo de la zona

riparia y la humedad del suelo, originados tanto por el afloramiento de agua como por el agua del terreno cercana a la superficie, son más importantes para el desarrollo de las plantas que el manantial por sí mismo (Treviño, et al., 2001).

De acuerdo a un estudio realizado (Lot, 1991) en México se reconocen 112 especies de 19 familias de monocotiledóneas y 13 de dicotiledóneas de las más de 32 familias a un plano mundial. Se reportan algunos organismos de flora acuática representados en 17 familias en 28 géneros con 40 especies de angiospermas estrictamente acuáticas. Se tiene una escasa representación de familias como Leguminosae, Compositae, Gramínea y Cyperaceae, así como elementos de la vegetación y flora de ambientes acuáticos, de forma típica faltando por registrar algunas especies.

Para 1993, Lot et al, en un análisis sobre el conocimiento de las plantas acuáticas vasculares, reconoce la falta de información sobre los sistemas acuáticos más diversos en especies del país. La mayor parte de los taxa acuáticos son de amplia distribución geográfica o cosmopolitas. De acuerdo con los datos de estos autores, en México están presentes un total de 258 géneros y 747 especies de

plantas acuáticas; estas cifras incluyen a los manglares, monocotiledóneas, dicotiledóneas, helechos y gimnospermas, pero excluyen a las angiospermas marinas. Rzedowski (1992) por su parte, estima un total de 1,000 especies de fanerógamas en este tipo de vegetación, de las cuales un 15% serían endémicas al país.

#### Estructura y composición de la vegetación Fisonomía y florística

El análisis de la estructura y composición de la vegetación se refiere a la caracterización fisionómica de la misma, y considera aspectos fisionómicos y florísticos. Los aspectos fisionómicos se refieren a las características funcionales tales como el hábito perennifolio o deciduo de la vegetación, y estructurales (formas de vida de las especies que la conforman). Para el último caso, se empleó la clasificación general (árbol, arbusto, hierba (erectas, bejucos o enredaderas, trepadoras, rastreras) y epífitas), de tal manera que se pueda tener una visión clara acerca de la estratificación tanto vertical como horizontal de la masa vegetal.

Los aspectos florísticos, por su parte, incluyeron la toma de valores cuantitativos acerca de la abundancia, cobertura, frecuencia y el área basal de las especies.

#### Muestreo de la vegetación Material

El material y equipo que se empleó para realizar los muestreos incluyó: libreta de campo, estacas, etiquetas, geoposicionador (GPS), machetes, bolsas de plástico, brújula, cuerdas, cinta métrica, papel periódico, tijera de podar, garrocha expandible con cuchilla, prensa de madera, guantes de carnaza y cámara fotográfica.

#### Número de cuadrantes

El método de muestreo que se empleó fue de tipo regular o sistemático, mediante la técnica de cuadrantes. El número de cuadrantes se estimó considerando la superficie total del área a muestrear, y en función de los diferentes tipos de vegetación que la conformaban.

Se consideró el área total de la superficie ocupada por los diferentes tipos de vegetación presentes en el área de estudio, por ejemplo Bosque Mesófilo de Montaña, Selva mediana subperennifolia, Bosque caducifolio, Bosque mesófilo de montaña, vegetación riparia, vegetación secundaria, etc.

#### Ubicación de cuadrantes y transectos

Previo al trabajo de campo, se discriminaron las áreas desprovistas de vegetación, y se seleccionaron como sitios de muestreo aquellas zonas representativas de los diferentes tipos de vegetación y/o con cambios significativos en la estructura de las comunidades vegetales y en el uso del suelo. La superficie requerida para cada sitio de muestreo fue de 900m<sup>2</sup> (30 m por lado). Todos los sitios se georeferenciaron y se proyectaron en un mapa.



Ubicación de los sitios de muestreo dentro del SAR, y respecto a la zona de influencia del proyecto. Se observan los límites municipales y los cacuces naturales en la zona de estudio.

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

UBICACIÓN MUNICIPIOS DE XOCHITLÁN DE VICENTE SUÁREZ, ZAPOTITLÁN DE MÉNDEZ, ATLEQUIZAYAN, ZOQUIAPAN Y NAUZONTLA EN EL ESTADO DE PUEBLA.

Una vez tomadas las coordenadas del sitio a muestrear, se delimitó el cuadrante y se trazaron dentro de él los transectos y parcelas correspondientes para la obtención de los datos. Primero se marcó con una bandera el punto central del cuadrante y se orientó el sitio de muestreo hacia el norte. Posteriormente se realizó un trazo central de 30 metros (15m hacia el norte y 15 al sur) sujetando los extremos. Sobre las marcas de 12m en cada extremo se trazaron dos transectos de 30m (15 y 15m) de longitud de Este a Oeste del cuadrante.

Sobre el transecto trazado al sur, y tomando como punto de intersección la línea central, se marcaron con banderas dos nuevos puntos en ambas direcciones a 10 m de distancia (a 5 m antes de cada extremo del lazo), y se trazaron -con dirección al norte- series de 8 parcelas de 3x3m (72m<sup>2</sup>), las cuales se delimitaron de igual manera con banderas.

Se realizó una colecta de todas las plantas pertenecientes a las familias Melastomataceae y Rubiaceae. Las muestras se depositaron en una bolsa de plástico (una por familia botánica) y a su vez se depositaron en otra bolsa debidamente etiquetada con los datos del cuadrante medido (número de cuadrante, coordenadas y fecha).



Trazo del cuadrante para evaluación ecológica del sitio, usando cuerdas previamente medias y marcadas.

Posterior al muestreo de las parcelas, se trazó un tercer transecto del extremo derecho del transecto norte, al extremo izquierdo del transecto sur (pasando por el centro), resultando un transecto en forma de "Z". El largo total del transecto (Z) fue de 98.5m de largo x 3m de ancho (295m<sup>2</sup>). Dentro del transecto se identificaron, midieron y se les tomaron muestras botánicas a todas las especies

de árboles y arbustos que presentaban un DAP mayor a 2.5 cm (7.8 cm de perímetro).



Punto de intersección entre trazos dentro del cuadrante.

### Evaluación ecológica del sitio

Para la evaluación ecológica de cada sitio de muestreo, se usó un formato (ficha de evaluación) que comprende la toma de datos sobre características generales del sitio (ubicación, coordenadas, altitud, clima), topografía, edafología, y algunas que tienen que ver con la estructura, dominancia, y estado sucesional de las comunidades vegetales.



Llenado de las fichas de evaluación ecológica

Al final de cada ficha de evaluación, se incluyó un espacio para registrar todas las especies leñosas presentes en el sitio, y observaciones generales que ayudarían posteriormente a la realización de la descripción de los mismos.

## Descripción de los sitios de muestreo.

Los muestreos de vegetación y de fauna se realizaron entre los meses de Septiembre 2011 a Junio de 2012. Para todos los casos, se usó el mismo esfuerzo de muestreo para conocer tanto aspectos relacionados con la estructura y composición de la vegetación, como de los grados de sucesionalidad y conservación de los mismos. Se muestreó un total de 12 cuadrantes y 4 transectos lineales.

Por otra parte, y con la finalidad de evaluar la estructura y composición de la vegetación de galería (vegetación riparia), se realizaron transectos en ambos lados del río Ateno, partiendo del borde (orilla) y hacia el interior de la masa vegetada como se muestra en la figura siguiente:

Ejemplificación de transecto lineal de tipo perpendicular en ambos lados del cause, para evaluar la estructura y composición de la vegetación de galería y vegetación contigua en el área de estudio.

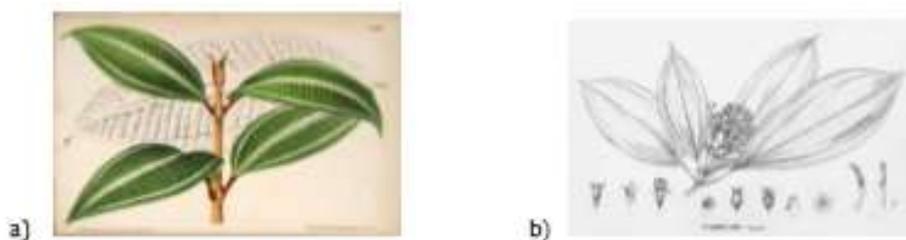
Los sitios donde se realizaron los transectos se eligieron mediante un recorrido por toda la orilla del cause, considerando que éstos fueran representativos en términos del uso del suelo (forestal, agricultura, ganadería, etc.), y de las características topográficas de la zona, que de cierta manera facilitara el acceso y la toma de datos.

Una vez ubicado el punto de inicio del transecto se trazó una línea recta de 100 metros de largo río arriba, y se contabilizaron aquellas especies que se encontraban dentro de un margen de 8 metros de ancho (4m a cada lado del transecto). Se obtuvieron datos dasométricos (DAP y altura), y se registró la longitud a la que se encontraba cada individuo tomando como referencia el punto de origen. En los casos donde la longitud no alcanzaba los 100 metros, solo se registraron los organismos que se encontraban hasta el tope de la montaña.

## Colecta y listado de flora.

Colecta en parcelas Se consideraron para el análisis de la vegetación a las familias Melastomataceae y Rubiaceae como posibles indicadoras del estado de conservación del sitio. Con los datos obtenidos se analizaron los índices de diversidad alfa, beta y gamma, que permitieron identificar las diferencias o similitudes entre fragmentos de vegetación y proporcionaron una visión más amplia acerca de sus niveles de cambio y posibles amenazas en relación al proceso de fragmentación. La colecta dentro de las series de parcelas comprendió la búsqueda de especies de cada una de las dos familias en cada una de las 24 parcelas de 3 x 3m. La colecta de cada familia en cada sitio la realizó el mismo colector, para disminuir el margen de error en lo que al reconocimiento del grupo taxonómico se refiere. Para cada caso, el número de especies diferentes representó la riqueza, mientras que la abundancia estuvo dada por el número de organismos de cada especie reportada. Algunas de las

particularidades que presentan estos grupos de organismos, además de presentar una amplia distribución espacial dentro de los principales ecosistemas tropicales y templados del país, y que facilitarán su identificación in situ durante los muestreos son las siguientes: La familia Melastomataceae Son una familia conformada por alrededor de 185 a 190 géneros y aproximadamente 5000 especies. Se trata de una familia de relativamente escasa importancia económica; algunas se cultivan con fines ornamentales, otras presentan frutos comestibles, pero no muy apetitosos, y los troncos de las especies más robustas con maderables. Está compuesta por plantas herbáceas perennes, arbustos o árboles pequeños, a veces epífitas o trepadoras, con hojas opuestas, simples, enteras, decusadas, sin estípulas, usualmente con 3 a 7 nervaduras longitudinales que emergen de la base de la lámina, bien a partir de la nervadura central; tallo generalmente cuadrangular y a menudo con tricomas; flores dispuestas en panículas o cimas axilares, solitarias, con pétalos libres, blancos, rosados o morados típicamente obovados; fruto en forma de cápsula, o bien una baya. Uno de los géneros más abundantes es Miconia, que es el más grande de la familia Melastomataceae, y uno de los mayores grupos dentro de las angiospermas con alrededor de 1000 especies, con una distribución que abarca desde el norte de Argentina hasta el centro-norte de México. Entre los géneros más conocidos, además del Miconia, se encuentran Melastoma que le da el nombre a la familia, y Clidemia

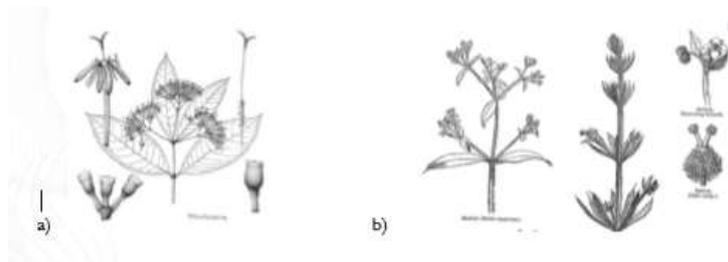


. a) Fisonomía de la hoja de la melastomátáceas; b) Detalle del meristemo apical de una especie de la familia melastomataceae.

La familia Rubiaceae Es la cuarta familia botánica más grande entre las fanerógamas. Está integrada por aproximadamente 630 géneros y unas 10200 especies distribuidas en ambientes tropicales y templados. En México está representada por alrededor de 85 géneros y 500 especies.

Se trata de árboles, arbustos, plantas erectas postradas o trepadoras, a veces epífitas, herbáceas o leñosas con tallos armados o desprovistos de espinas. La característica taxonómica de la parte vegetativa es la presencia de estípulas interpeciolares (entre los pecíolos) o intrapeciolares (entre el pecíolo y el tallo); rara vez foliáceas. Hojas usualmente opuestas o verticiladas, rara vez alternas, normalmente decusadas, simples, enteras o rara vez subonduladas en el margen, o a veces pinnadas, generalmente pinnatinervias, a veces triplinervias o subpalmatinervias. Flores generalmente blancas, actinomorfas o rara vez ligeramente zigomorfas, agrupadas en panículas terminales o axilares, cimas,

espigas, cabezuelas o solitarias, diminutas o grandes y vistosas. Cáliz con el tubo unido al ovario ínfero formando el hipantio (fusión del gineceo con el androceo (estambres)) o rara vez libre del ovario. El limbo del cáliz usualmente dentado o labiado (los dientes o segmentos usualmente 4 o 5, a veces ausentes, y rara vez hasta 7 u 8). El tubo del cáliz a veces espatáceo. Corola gamopétala (4-5 pétalos), actinomorfa o rara vez subzigomorfa, infundibuliforme, campanulada o rotácea. Comúnmente la garganta de la corola con collar de tricomas largos internamente. Estambres (4-6), rara vez 3 o 7-11, alternos con los lóbulos corolinos, insertos en el tubo de la corola o en la garganta, a veces insertos en la base y casi libres. Ovario usualmente ínfero, rara vez súpero. Fruto drupáceo, baya o cápsula dehiscente, rara vez indehiscente. Semillas frecuentemente aladas de testa suave.



(a y b) Estructuras florales típicas de las rubiáceas

#### Listado de flora

A cada especie encontrada se le marcó con una etiqueta. El número correspondiente a cada especie fue consecutivo y en función del orden en que fueron encontradas, de tal manera que si se conocía el nombre técnico de la especie se registraba en el listado, y se anexará información extra como el nombre común, uso forestal, importancia etnobotánica, etc. Si no se conocía el nombre de la especie, se le asignaba un nombre de campo o el número correspondiente acompañado de información que facilitara posteriormente su identificación (por ejemplo tipo, tamaño, filotaxia y forma de las hojas, tipo y color de las flores y frutos, altura, presencia de espinas, etc.).

Posterior a la toma de datos en cada sitio de muestreo, se prensó el material colectado con papel periódico y cartón en una prensa botánica, y se armaron paquetes numerados de acuerdo al sitio.

Listado florístico de los sitios muestreados

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN/LOCAL
Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>sp</i>	mimosa
Betulaceae	<i>Alnus</i>	<i>acuminata</i>	lite
Asteraceae	<i>Amyris</i>	<i>sp</i>	naranjillo
Anacardiaceae	<i>Anacardium</i>	<i>excelsum</i>	S/N
Malvaceae	<i>Bakeridesia</i>	<i>sp</i>	palo canelo
Fabaceae	<i>Bauhinia</i>	<i>divaricata</i>	pata de vaca
Scrophulariaceae	<i>Buddleia</i>	<i>americana</i>	jonote
Burseraceae	<i>Bursera</i>	<i>sinaruba</i>	chaca
Urticaceae	<i>Cecropia</i>	<i>obtusifolia</i>	guarumbo
Meliaceae	<i>Cedrela</i>	<i>odorata</i>	cedro rosado
Rutaceae	<i>Citrus</i>	<i>aurantium</i>	naranja agria
Clethraceae	<i>Clethra</i>	<i>mexicana</i>	tenamalohua
Pentaphragaceae	<i>Cleyera</i>	<i>theoides</i>	S/N
Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus</i>	<i>multilobus</i>	mala mujer
Rubiaceae	<i>Coffea</i>	<i>arabica</i>	café
Fabaceae	<i>Cojoba</i>	<i>arborea</i>	humo
Melastomataceae	<i>Conostegia</i>	<i>xalapensis</i>	S/N
Boraginaceae	<i>Cordia</i>	<i>alliodora</i>	cordia
Comaceae	<i>Cornus</i>	<i>excelsa</i>	cuernillo
Burseraceae	<i>Cornus</i>	<i>disciflora</i>	cuernillo
Chrysobalanaceae	<i>Couepia</i>	<i>sp</i>	Tempix
Asteraceae	<i>Critonia</i>	<i>sp</i>	pimientillo
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>draco</i>	sangre de grado
Sapindaceae	<i>Cupania</i>	<i>dentata</i>	S/N
Cyatheaceae	<i>Cyathea</i>	<i>fulva</i>	pesmo
Araliaceae	<i>Dendropanax</i>	<i>arbores</i>	S/N

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN/LOCAL
Fabaceae	<i>Dialium</i>	<i>guianensis</i>	palo seco
Rubiaceae	<i>Genipa</i>	<i>americana</i>	higuillo
Annonaceae	<i>Guatteria</i>	<i>sp</i>	S/N
Malvaceae	<i>Hempea</i>	<i>sp</i>	S/N
Malvaceae	<i>Heliocharis</i>	<i>appendiculatus</i>	tepozán
Fabaceae	<i>Inga</i>	<i>edulis</i>	chalahuite
Juglandaceae	<i>Juglans</i>	<i>nigra</i>	nogalillo
Altingiaceae	<i>Liquidambar</i>	<i>macrophylla</i>	ocoso
Anacardiaceae	<i>Mangifera</i>	<i>indica</i>	mango
Meliaceae	<i>Melia</i>	<i>azedarach</i>	piocha
Meistomataceae	<i>Miconia</i>	<i>borealis</i>	S/N
Urticaceae	<i>Myriocarpa</i>	<i>stipitata</i>	cigarillo
Flacourtiaceae	<i>Neosprucea</i>	<i>sp</i>	S/N
Rubiaceae	<i>Palicourea</i>	<i>crocea</i>	costicxochitl
Lauraceae	<i>Persea</i>	<i>schiedeana</i>	carboncillo
Simaroubaceae	<i>Picramnia</i>	<i>xalapensis</i>	chillo
Piperaceae	<i>Piper</i>	<i>cortabescens</i>	pimentilla
Platanaceae	<i>Platanus</i>	<i>occidentalis</i>	haya
Flacourtiaceae	<i>Pleurantodendron</i>	<i>sp</i>	S/N
Apocynaceae	<i>Plumeria</i>	<i>rubra</i>	flor de mayo
Salicaceae	<i>Populus</i>	<i>mexicana</i>	palo de arenilla
Sapotaceae	<i>Pouaeria</i>	<i>sapota</i>	mamey
Rutaceae	<i>Prunus</i>	<i>serotina</i>	capulincillo
Rubiaceae	<i>Psychotria</i>	<i>chiapensis</i>	cafesillo
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>oleoides</i>	roble
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>sp2</i>	tonantzinahuatl
Euphorbiaceae	<i>Ricinus</i>	<i>communis</i>	higuerilla
Actinidiaceae	<i>Saurauia</i>	<i>scabrada</i>	iztahuate
Anacardiaceae	<i>Spondias</i>	<i>mombin</i>	ciruelillo
Anacardiaceae	<i>Tapirira</i>	<i>macrophylla</i>	S/N
Ulmaceae	<i>Trema</i>	<i>micrantha</i>	S/N
Asteraceae	<i>Vernonia</i>	<i>patens</i>	nocma
Asteraceae	<i>Vernonia</i>	<i>sp</i>	S/N
Agavaceae	<i>Yucca</i>	<i>alofofia</i>	izote
Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i>	<i>sp</i>	S/N

S/N: Sin nombre común conocido.

### Familias botánicas y géneros más abundantes

Una vez identificadas las especies colectadas, se obtuvo el número total de familias encontradas en todos los sitios muestreados y se enlistaron en orden descendente de acuerdo al número de géneros que presentan, con el fin de saber cuáles son las más abundantes dentro del área de estudio.

Familias botánicas y géneros más abundantes Una vez identificadas las especies colectadas, se obtuvo el número total de familias encontradas en todos los sitios muestreados y se enlistaron en orden descendente de acuerdo al número de géneros que presentan, con el fin de saber cuáles son las más abundantes dentro del área de estudio.

El número de familias botánicas reportadas tanto en los muestreos de cuadrantes como de transectos fue de 38. El listado florístico derivado de estos muestreos indica que las familias más abundantes son Anacardiaceae, Fabaceae y Rubiaceae con 4 géneros cada una, seguidas de las familias Asteraceae, Malvaceae y Rutaceae con 3 géneros cada una.

Especies más abundantes Los géneros que presentaron un mayor número de especies en los sitios muestreados son Coffea (44 especies), Clethra (30 especies), Myriocarpa (20 especies), Inga (19 especies), Ricinus (18 especies), Cornus (16 especies), Amyris (12 especies) y Heliocarpus (10 especies) como se muestra en la tabla siguiente, a excepción del género Clethra (Clethraceae) que es típicamente encontrada en sitios mejor conservados, el resto de los géneros mejor representados en los sitios de muestreo, son comunes de sitios alterados (cultivos, acahuales, sitios sometidos a roza-tumba-quema, etc.).

#### Especies más importantes

A cada especie se le asignó una categoría de importancia con la finalidad de conocer cuál o cuáles tienen un mayor peso ecológico dentro del área de estudio. Para ello se empleó el Índice del Valor de Importancia (IVI) sugerido por Lamprecht, y se usaron los valores relativos derivados de los datos cuantitativos (abundancia, frecuencia, y dominancia de las especies) obtenidos durante el muestreo de las especies arbóreas y arbustivas que presentaron un DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) mayor a 2.5 cm (aproximadamente 7.5 cm de perímetro).

La abundancia relativa estuvo representada por la proporción porcentual de cada especie dividida entre el número total de todas las especies multiplicado por 100. La frecuencia relativa se obtuvo a partir del porcentaje de la suma de cada especie entre la suma de las frecuencias de todas las especies multiplicado por 100. Y la dominancia relativa fue dada por el valor correspondiente al área basal (DAP) de cada especie multiplicado por 100.

#### Especies endémicas

Se consideró dentro del estudio de la vegetación la presencia de especies endémicas de la zona, de la región o del país, con el fin de conocer aspectos relacionados con su biogeografía y de realizar una estimación más aproximada del valor ecológico del área de estudio de acuerdo a la presencia de las mismas. En la tabla siguiente se presenta el listado de especies vegetales registradas y su estatus de distribución.

## Especies en categoría de riesgo

Así mismo, se especificó si existen dentro del área de estudio especies que estén contempladas dentro de alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de fauna y Flora Silvestres (CITES), y a la lista roja de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza), con la finalidad de conocer -en términos generales y ecológicos- la vulnerabilidad del ecosistema.

### NOM-059-SEMARNAT-2010

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por esta Norma.

La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

### Categorías de riesgo:

Probablemente extinta en el medio silvestre (E).

Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del Territorio Nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del Territorio Mexicano.

En peligro de extinción (P).

Aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

Amenazadas (A).

Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

Sujetas a protección especial (Pr).

Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de fauna y flora Silvestres (CITES).

Como lo se menciona en la página oficial de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), se trata de un acuerdo internacional concertado entre los gobiernos, que tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia.

Dentro del marco de sus referentes históricos, se explica que en el momento en que se esbozaron por primera vez las ideas de la CITES, en el decenio de 1960, el debate internacional sobre la reglamentación del comercio de vida silvestre en favor de la conservación era algo relativamente novedoso. A posteriori, la necesidad de la CITES es indudable. Se estima que anualmente el comercio internacional de vida silvestre se eleva a miles de millones de dólares y afecta a cientos de millones de especímenes de animales y plantas. El comercio es muy diverso, desde los animales y plantas vivas hasta una vasta gama de productos de vida silvestre derivados de los mismos, como los productos alimentarios, los artículos de cuero de animales exóticos, los instrumentos musicales fabricados con madera, la madera, los artículos de recuerdo para los turistas y las medicinas. Los niveles de explotación de algunos animales y plantas son elevados y su comercio, junto con otros factores, como la destrucción del hábitat, es capaz de mermar considerablemente sus poblaciones e incluso hacer que algunas especies estén al borde de la extinción. Muchas de las especies objeto de comercio no están en peligro, pero la existencia de un acuerdo encaminado a garantizar la sustentabilidad del comercio es esencial con miras a preservar esos recursos para las generaciones venideras.

Habida cuenta de que el comercio de animales y plantas silvestres sobrepasa las fronteras entre los países, la reglamentación de la CITES requiere la cooperación internacional a fin de proteger ciertas especies de la explotación excesiva. La CITES se concibió en el marco de ese espíritu de cooperación, y hoy en día, ofrece diversos grados de protección a más de 30.000 especies de animales y plantas, bien se comercialicen como especímenes vivos, como abrigos de piel o hierbas disecadas.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (o La Lista Roja de la UICN), tiene una historia acreditada como la fuente de información más completa acerca del estado de conservación mundial de las especies vegetales y animales. Se

basa en un sistema objetivo de evaluación del riesgo de extinción de una especie. Las especies En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerables se describen colectivamente como 'amenazadas'. La Lista Roja de la UICN no es solo un registro de nombres y sus categorías de amenaza asociadas. Es un valioso compendio de información sobre las amenazas a las que se enfrentan las especies, sus requerimientos ecológicos, los lugares dónde viven, y las acciones de conservación para reducir o impedir su extinción.

Según la página oficial de la UICN, la evaluación de las especies en La Lista Roja de la se genera mediante los conocimientos de los más destacados especialistas del mundo a lo largo de un proceso de revisión paritaria. Las contribuciones están realizadas por los miembros de la Comisión para la Supervivencia de las Especies de la UICN, las organizaciones colaboradoras y otros expertos. Las herramientas de gestión de la información, llamadas colectivamente Servicio de Información de las Especies (SIS), se han desarrollado para recoger, gestionar, procesar y publicar los datos de La Lista Roja de la UICN.

La versión 3.1 de los criterios y categorías de la Lista Roja, utilizada actualmente, considera nueve criterios estructurados de la siguiente manera,2 desde mayor a menor riesgo:

- Extinta (EX)
- Extinta en estado silvestre (EW)
- En peligro crítico (CR)
- En peligro (EN)
- Vulnerable (VU)
- Casi amenazada (NT)
- Preocupación menor (LC)
- Datos insuficientes (DD)
- No evaluado (NE) (especie no evaluada para ninguna de las otras categorías).

## IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Especie Secundaria/Primaria. Especie pionera muy abundante en la vegetación secundaria de diversas selvas. Frecuente en el estrato superior de las selvas y en lugares de pastoreo (potreros), cafetales y cacaotales. Los terrenos que han sido sujetos a cultivo por uno o dos años se cubren de una vegetación en que *Heliocarpus donnell-smithii* y *Trichospermum campbellii* son los más abundantes. Cuando la acción del hombre es más persistente, son frecuentes, además *Cordia alliodora*, *Guazuma tomentosa*, *Spondias mombin* y *Lonchocarpus castilloi*.

## TIPOS DE VEGETACIÓN. Cedrela odorata

- Bosque mesófilo de montaña (restringido a su parte más baja).
- Bosque de pino.

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

- Bosque de pino-encino.
- Bosque tropical caducifolio (vegetación secundaria).
- Bosque tropical perennifolio (vegetación secundaria).
- Bosque tropical subcaducifolio (vegetación secundaria).
- Bosque tropical subperennifolio.
- Sabana secundaria (palmar).

VEGETACIÓN ASOCIADA: *Swietenia macrophylla*, *Guarea* sp., *Pinus* sp., *Quercus* sp., *Arbutus* sp., *Castilla elastica*, *Platanus* sp., *Schizolobium* sp., *Spondias* sp., *Apeiba* sp., *Cordia alliodora*, *Oecopetalum* sp., *Magnolia* sp., *Clethra* sp., *Bixa orellana*, *Haematoxylon* sp., *Brosimum alicastrum*, *Tabebuia pentaphylla*.

REFORESTACIÓN: Especie con potencial para reforestación productiva en zonas degradadas de selva, en zonas secas y áridas. Se han hecho experiencias de siembra directa en México. Se ha introducido con éxito en varios países tropicales, incluyendo Puerto Rico, Africa, Java y Australia.

#### EFFECTOS RESTAURADORES.

1. Mejora la fertilidad del suelo / Barbecho.
2. Estabiliza bancos de arena.
3. Recuperación de terrenos degradados. Se ha empleado esta planta para rehabilitar sitios donde hubo explotación minera.
4. Conservación de suelo / Control de la erosión.

Especie: *Cyathea fulva* (M. Martens et Galeotti)

Familia: Cyatheaceae

SINONIMIA: *Alsophila fulva* M. Martens et Galeotti, Nouv. Mém. Acad. Roy. Sci. Bruxelles 15: 78. 1842. *Cyathea schlechtendalii* Kunze, Bot. Zeitung (Berlin) 3: 288. 1845. *Cyathea aurea* Klotzsch, Allg. Gartenzeitung 24: 105. 1856. *Cyathea aurea* var. *squamosa* H. Karst., Linnaea 28: 459. 1857.

#### DESCRIPCIÓN

Forma: Helecho arborescente, de 2 a 6 m de alto, con un diámetro a la altura del pecho de 6 a 10 cm; Hojas: en frondas, de (2-) 2.5 a 3.5 m de largo; pecíolo inconspicuamente espinoso, pajizo a pardo, opaco; escamas del pecíolo de (10) a 15 hasta 25 mm por 2 a 5 mm, lanceoladas, concoloras o casi concoloras, pardas a pardo oscuro, y a veces con un angosto margen más claro; parda; lámina de bipinnada a pinnada, reducida gradualmente a un ápice pinnado; raquis glabro a escuamuloso, con una caspilla parda a amarillenta formada de escuámulas diminutas; Pinnas: pediculadas, el pedículo de 0.5-2 cm; pinnas medias (-40) 50-90 por (12-) 16-26 cm; costas glabras o casi glabras, a menudo dispersamente cubiertas de diminutas escuámulas pardas a amarillentas; pínulas (6-) 8-13 por 1.0-1.8 cm, sésiles a cortamente pediculadas, el pedículo hasta 2 mm; cóstulas glabras a puberulentas y escamosas, los tricomas de 0.1-

0.3 mm, pardo-amarillentos, generalmente adpresos, las escamas anchamente ovadas, pálidas a pardo oscuro; segmentos de las pínulas medias 12-18 pares, 3-5 mm de ancho, enteros a serrulados; nervaduras 8-10 pares por segmento, 1-bifurcadas, glabras o dispersamente pelosas en ambas superficies, los pelos 0.2-0.5 mm, blanquecinos a pardo-amarillentos, patentes, abaxialmente a menudo mezclados con pelos 0.1-0.3 mm, adpresos, retorcidos; tejido laminar entre las nervaduras glabro o raramente con pelos 0.2-0.5 mm, blanquecinos, patentes; Soros: inframedios; paráfisos más cortos que los esporangios, inconspicuos; indusio globoso, que rodea completamente al receptáculo, evanescente en la madurez.

## DISTRIBUCIÓN

La distribución geográfica de *C. fulva* va desde México hasta Ecuador, incluyendo Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Venezuela y Colombia; en México se encuentra en Chiapas, Guerrero, Hidalgo, México, Oaxaca, Puebla y Veracruz; en la Sierra Madre del Sur y en la cuenca del río Balsas, en el mismo estado y en el de Puebla; es frecuente entre los 800 a los 2000 msnm.



Figura 56. Mapa que muestra la distribución potencial de la especie de *Cyathea fulva* en América.

## TIPOS DE VEGETACIÓN

- Bosque mesófilo de montaña (restringido a su parte más baja).
- Bosque tropical caducifolio.
- Selva alta perennifolia.
- Bosque de niebla.

VEGETACIÓN ASOCIADA: *Cinnamomum affusum*, *Cornus disciflora*, *C. exelsa*, *Cyathea godmanii*, *Gaultheria acuminata*, *Ilex toluhana*, *Lonchocarpus caudatus*, *Lyonia squamulosa*, *Oreopanax xalapensis*, *Persea liebmanni* y *Zanthoxylum*.

## Especies raras

El grado de rareza de una especie dependerá de su distribución y abundancia. De acuerdo con la clasificación de Deborah Rabinowitz y colaboradores (1986), estos niveles de rareza se basan en tres características de las especies:

- 1) la amplitud de su distribución geográfica, que va de especies que se encuentran sobre una superficie muy amplia a especies que se encuentran sólo en un área pequeña;
- 2) la especificidad del hábitat, que se define por el grado en que la especie puede adaptarse o no a diferentes ambientes, o sólo se le encuentre en sitios de características muy especiales, y
- 3) el tamaño de las poblaciones en cada localidad donde se encuentra la especie, que va desde aquellas que siempre se encuentran en poblaciones numerosas en cualquier lugar de su área de distribución, a las especies que siempre se encuentran en poblaciones muy pequeñas.

Con base en los criterios anteriores, las especies más comunes serán aquellas que tienen una amplia distribución geográfica, amplia capacidad para adaptarse a diferentes hábitats y poblaciones relativamente numerosas en donde quiera que se encuentren. Estas son precisamente las características de muchas de las especies que se han beneficiado de la acción del hombre sobre el ambiente natural, adaptándose a los ambientes perturbados.

Para el caso de las especies vegetales, no se identifican especies que puedan considerarse como raras, ya que la mayoría de éstas son típicas de algún tipo de vegetación, o bien, son especies de amplia distribución, cuya técnicas de propagación son diversas, favorecidas además por las condiciones de humedad de la región.

## Especies de importancia etnobotánica.

Se recurrió al conocimiento de las personas de la comunidad para obtener información referente al uso y aprovechamiento que se les da a las diferentes especies de plantas enlistadas, así como los nombres locales o comunes de las mismas, con el fin de incluirla en la ficha descriptiva correspondiente.

En las comunidades cercanas al área de estudio, se conoce el uso de algunas especies leñosas cuyos usos son principalmente enfocados a la construcción de viviendas como pesmo (*Cyathea fulva*) y cedro (*Cedrela odorata*), de cercos vivos como chaca (*Bursera simaruba*) e llite (*Alnus acuminata*). Así como las partes de algunas plantas, como las flores de *Yucca aloifolia* para alimento, y la flor de mayo (*Plumeria rubra*) como flor de ornato en ceremonias religiosas.

## Índices de diversidad

Para medir la Diversidad de las comunidades vegetales, se obtuvo la diversidad dentro de cada comunidad vegetal (diversidad alfa), entre las comunidades

(diversidad beta) y para el conjunto de las comunidades (diversidad gama). Para esto se tomaron los datos obtenidos de los muestreos de parcelas dentro de cada sitio tal y como se describió en la metodología. De este modo, la información arrojada por las familias Melastomataceae y Rubiaceae indicaron cuán diverso es un sitio respecto al resto.

La diversidad alfa se refiere a la riqueza de especies de cada sitio de muestreo, cuyo tamaño determina el número de especies por la relación área-especies. Esta diversidad está asociada principalmente con factores ambientales locales y con las interacciones poblacionales, de tal manera que representa un balance entre las acciones de la biota local y los elementos abióticos.

Para separar la contribución de la riqueza específica y la estructura de las comunidades vegetales en la diversidad alfa se emplearon, para el primer caso, el Índice de diversidad de Margalef:

$$DMg = \frac{S-1}{\ln N}$$

donde:

S= número de especies

N= número total de individuos.

Y para el caso de la estructura, el Índice de equidad de Shannon-Wiener:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

donde:  $p_i$  = proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie  $i$ ):  $n_i / N$ .

El grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre las diferentes comunidades del paisaje representó la diversidad beta, y se refiere a la variabilidad y distribución de las especies a través de un gradiente ambiental o geográfico, de tal manera que se consideró que existe una diversidad beta baja si la composición de las especies cambia poco a través del gradiente. Para medir la diversidad beta se empleó el Índice de reemplazo de Whittaker:

$$\beta = \frac{S}{\alpha - 1}$$

donde:

S= número de especies registradas

$\alpha$  = número promedio de especies en las muestras.

La diversidad gamma, por su parte, se refiere a la estimación de la diversidad en un ámbito regional (grupo de hábitats), y resulta como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas (diversidad beta), de forma tal que:

Gamma = alfa promedio + beta

En las tablas siguientes se muestran los valores alfa, beta y gamma para los sitios muestreados mediante parcelas, y usando a las familias Rubiaceae y Melastomataceae como indicadoras del grado de diversidad.

#### Índices de diversidad para la familia Rubiaceae.

De acuerdo a los resultados arrojados por los índices de diversidad, los sitios que presentan un valor de diversidad más bajo respecto a la presencia de rubiáceas son los sitios 2 y 8, ambos con presencia de veredas y cercano a caminos principales. Por su parte, el sitio 5 con el valor más bajo, corresponde a un sitio con niveles de conservación más alto, con presencia de especies nativas juveniles y adultas.

El índice de diversidad beta indicó que los sitios 8 y 3, son los que han sufrido en forma menos drástica, pero más evidente el recambio de especies. La presencia de especies nativas junto a las especies que han encontrado en las áreas perturbadas sitios adecuados para su asentamiento, advierten sobre el efecto del veredeo, y la acción antropogénica constante. Nuevamente el valor más bajo lo presenta el sitio 5., cuyo recambio de especies sigue siendo justificado por las lejanías con los asentamientos humanos.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD			
SITIO	DIV. ALFA	DIV. BETA	DIV. GAMA
1	8.83	0.44	9.27
2	17.82	0.92	18.74
3	6.72	3.75	10.47
4	7.74	3	10.74
5	1.77	0.38	2.15
6	8.79	1.27	10.06
7	8.79	1.27	10.06
8	10.75	3.93	14.68

En términos de los grupos de hábitats (diversidad gamma) en el ámbito regional se pueden diferenciar el valor más bajo correspondiente al sitio 5, y el más alto (sitio 2). Así mismo, se pueden diferenciar sitios con valores similares entre ellos. Lo anterior puede estar justificado por las condiciones de sombreado de los sitios.

#### Índices de diversidad para la familia Melastomataceae.

El índice de diversidad alfa para la familia Melastomataceae muestra que el sitio 4 es el más preservado, y el valor negativo del sitio 8 puede deberse a la alta incidencia de *Piper cortabescens*, que crea una fuerte competencia por la gran cobertura de su follaje. Los valores beta nulos y negativos, se deben a la poca presencia de estos organismos en los sitios, ya sea por la estructura de acuerdo al tipo de vegetación que presenta, o por la eliminación del estrato herbáceo-arbustivo donde suelen ocurrir, por las técnicas de roza-tumba apropiadas por los colonos con fines de cultivo (principalmente de café).

El valor positivo más alto, que corresponde al sitio que presentó un grado de recambio de especies mayor lo presentó el sitio 1, donde el estrato herbáceo-arbustivo está sustituido por plántulas y plantas jóvenes de café, aunada a la presión antropogénica con fines de extracción (tala selectiva)

INDICES DE DIVERSIDAD			
SITIO	DIV. ALFA	DIV. BETA	DIV. GAMA
1	3.6	5	8.6
2	0.56	/	/
3	/	-10	/
4	4.77	0.69	5.46
5	3.73	1.11	4.84
6	/	-10	/
7	/	-10	/
8	-0.44	10	9.56

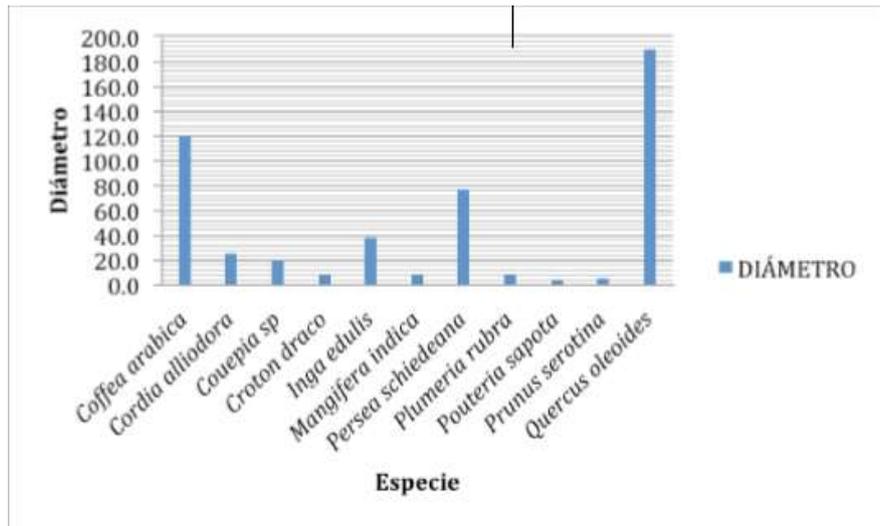
La diversidad gamma, por su parte, refleja dos grupos de hábitats bien definidos, y corresponden, para el caso de los sitios 1 y 8, a sitios con grados más altos de cobertura (cobertura del dosel), pero en sitios más accesibles y cercanos a los asentamientos humanos. Por otra parte se encuentran los sitios 4 y 5, con altos grados de cobertura, pero más aislados, y con mayor incidencia de especies nativas.

#### Clases diamétricas

En cada transecto de 295m<sup>2</sup>, se realizó la toma de datos dasométricos de todas aquellas especies de árboles y arbustos que tenían un DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) mayor a 2.5 cm (aproximadamente 7.5 cm de perímetro). Para esto se utilizó una cinta métrica con la que se tomó el perímetro del organismo a una altura de 1.30 cm a partir de la base del mismo (si el árbol tenía 2 o más ramas se registraba el valor correspondiente a la suma de todas las medidas). Además se registró la altura total del organismo. La información se registró en una libreta de campo y posteriormente se capturó en una base de datos.

En las gráficas siguientes se muestran las sumatorias de los diámetros por especie para cada sitio muestreado.

## Relación de diámetro por especie para el sitio 1



Representación gráfica de las clases diamétricas para las especies leñosas reportadas en el sitio 1. Los valores diamétricos más altos los presenta Quercus oleoides, seguido por el café (cultivo), Persea schiedeana como especie nativa, e Inga edulis como especie de sombra para el cultivo.

### Análisis de fragmentación del ecosistema.

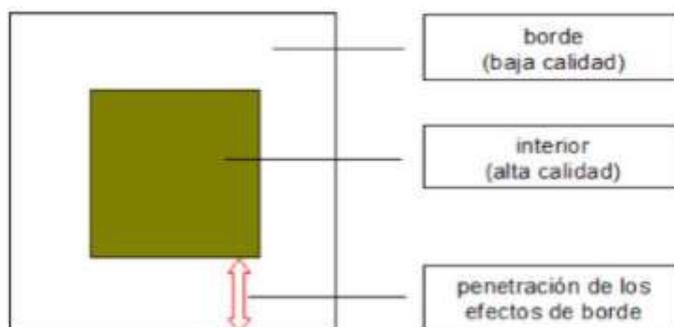
¿Cuál es la relación de la estructura y composición con el tamaño del fragmento?

La fragmentación es entendida como el proceso en el que el hábitat natural continuo es reducido a pequeños remanentes, y que provoca cambios en la estructura de las comunidades de plantas que lo habitan. Durante este proceso, la diversidad, abundancia, distribución, conducta y sobrevivencia de las plantas se ve afectada directa o indirectamente, y el impacto incluye los siguientes factores: la importancia de la pérdida del hábitat, el área y la forma del fragmento, el aislamiento del fragmento y el paisaje circundante, y la calidad del parche.

De esta manera, una vez que se conoció la estructura y composición de las comunidades cuyo hábitat era un fragmento perteneciente a alguno de los diferentes tipos de vegetación muestreados dentro del área de estudio, se analizó la relación que tienen estos aspectos con el tamaño del mismo, de tal manera que se pudiera vislumbrar el estado en el que se encuentran dichas formaciones vegetales desde una perspectiva ecológica, los efectos que tiene la fragmentación sobre algunas características demográficas de las poblaciones vegetales ante su distribución geográfica restringida (p. ej. alteraciones en los parámetros de nacimiento, mortalidad y crecimiento de las poblaciones), así como los posibles patrones contrastantes en el reclutamiento de nuevos individuos.

¿cómo varía la composición florística en cada fragmento desde el borde hacia el interior del mismo?

De acuerdo a las observaciones de Santos y Tellería (2006), la disminución del tamaño de los fragmentos se asocia a un incremento inevitable de la relación perímetro/superficie regido por reglas de geometría básica. Se crea así en todos los fragmentos una banda perimetral de hábitat con condiciones adversas para muchas de las especies allí acantonadas; es decir, se produce una zonificación en un hábitat de borde (de baja calidad) y un hábitat de interior (de alta calidad), tal como se muestra en la siguiente figura.



Zonificación del hábitat de un fragmento como resultado del efecto de borde.

El autor advierte que la pérdida de calidad se debe a la incidencia de múltiples factores físicos y bióticos que proceden de la matriz de hábitat, por lo que es fácil de comprender que la matriz y los efectos de borde crecen simultáneamente en todos los procesos de fragmentación, con graves consecuencias para la supervivencia de las poblaciones afectadas (Janzen, 1983; 1986; Murcia, 1995; Ries et al., 2004; Fletcher, 2005).

Sobre los procesos antes mencionados, Santos y Tellería describen:

“Procesos físicos. Estos efectos son tanto mayores cuanto mayor sea el contraste entre la matriz de hábitat y el hábitat fragmentado. Así, por ejemplo, las matrices agrícolas alteran drásticamente las condiciones microclimáticas de los fragmentos forestales a los que rodean: aumento de la insolación, intensidad lumínica, evaporación y consiguientemente de la sequedad del suelo, de la exposición al viento y a muy diversos agentes contaminantes que llegan por el suelo o el aire, etc. (Saunders et al., 1991). Estos efectos generan una pérdida de las condiciones homeostáticas propias del interior de los hábitats arbolados, penetrando unas tres veces la altura del arbolado (150 m en bosques tropicales; Murcia, 1995). Por tanto, en fragmentos muy pequeños, bajo un determinado umbral de tamaño, estos efectos modificarán las condiciones ambientales de

todo el bosque, afectando a todos aquellos organismos que requieran el mantenimiento de unas condiciones forestales más o menos estrictas.

Procesos bióticos. El incremento del borde asociado a la geometría de los paisajes fragmentados favorece la invasión de los fragmentos por muchas especies generalistas propias de las matrices de hábitat, o bien de sectores del propio hábitat sometidos a algún tipo de perturbación natural. Estos procesos invasivos afectarán tanto a la supervivencia de las especies directamente afectadas (a través de interacciones tales como la depredación y a herbivoría, la competencia por diversos recursos, etc.) como a sus potenciales funciones ecosistémicas (polinización, dispersión de semillas, etc.), generando cadenas de extinciones locales (Aizen y Feisinger, 1994, Tallmon et al., 2003). Un caso típico de efecto biótico directo (oprímario; Janzen, 1986) es el incremento de la depredación en los bordes de los fragmentos forestales debido a un aumento de los depredadores generalistas (córvidos, roedores, algunas especies de serpientes, etc.; Chalfoun et al., 2002) propiciado por los recursos generados en la matriz de hábitat. De hecho, desde que Wilcove (1985) apuntara la existencia de altas tasas de extinción local en muchos pájaros migradores por la elevada presión de depredación de sus nidos en los bosques fragmentados de Norteamérica, no han dejado de acumularse evidencias en este sentido (Stephens et al., 2003).

En otros casos, el consumo de las plantas o de sus propágulos por ciertas especies invasoras que medran en la matriz de hábitat da inicio a una cascada de efectos interactivos que Janzen (1986) ha denominado efectos bióticos indirectos (secundarios). Así, el consumo de propágulos reproductivos afectará

al reclutamiento de la planta afectada, pero además puede generar bucles adicionales que disminuyan todavía más dicho reclutamiento si, por ejemplo, se establece una interacción competitiva con algún mutualista de la planta por el recurso, como con los dispersantes frugívoros en el caso de los frutos”.

Tomando como antecedente los estudios de Santos y Tellería (2006), se analizó cómo afecta el efecto de borde la composición florística de cada uno de los fragmentos de vegetación muestreados y se identificaron los posibles cambios en las modificaciones micro-ambientales que pudieran tener un impacto significativo sobre el establecimiento y composición de las especies vegetales.

Durante las evaluaciones ecológicas de los sitios se pudo apreciar que la mayoría de los sitios presentan niveles de presión considerables, debido al aumento de las superficies destinadas para cultivos de café en las zonas con topografía más abrupta y áreas de pastoreo en las cimas de las lomas más cercanas a las comunidades. La red de caminos y veredas de acceso son otro factor importante que facilita, por una parte, la extracción de material vegetal (leña y plantas con flor principalmente), y por otra la propagación de especies invasoras que terminan dominando los estratos más bajos de los fragmentos.

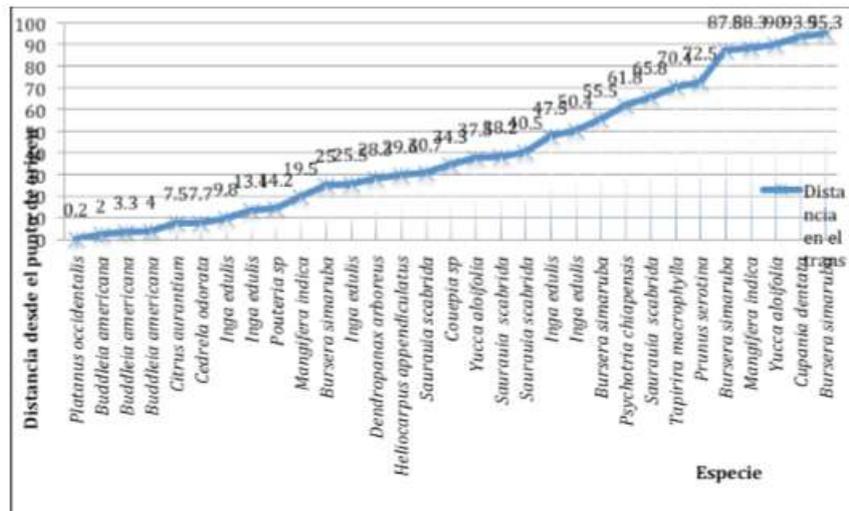
Así, es fácil encontrar sitios cuyo borde está resguardado por especies secundarias nativas e invasoras, pero que en su interior conservan elementos arbóreos de importancia ecológica, principalmente en los estratos medio y alto. Es común encontrar, además, un estrato emergente en la mayoría de los sitios evaluados, que brindan información acerca de las condiciones iniciales del fragmento, tales como las coberturas y los diámetros que alguna vez dominaron. La presencia de especies epífitas, trepadoras y de musgos se ve considerablemente reducida por los cambios drásticos en las condiciones lumínicas, que pasa, como se había mencionado para los sitios más alterados donde la ocurrencia de rubiáceas dominó, de vertical a horizontal, ejerciendo un efecto negativo en las condiciones microclimáticas donde éstas habitan.

La carencia de estratos medio y bajo bien definidos evita la incidencia de especies de fauna que usan estos elementos florísticos como protección o como parte fundamental en alguna de sus fases reproductivas. Según los colonos, los avistamientos se han reducido en las últimas décadas, desde la introducción de la planta de café en toda la región, dando pauta a que la cacería como actividad tradicional para la obtención de alimento, se haya vuelto una actividad menos recurrente, y por ende, que potencializa la presión sobre los recursos.

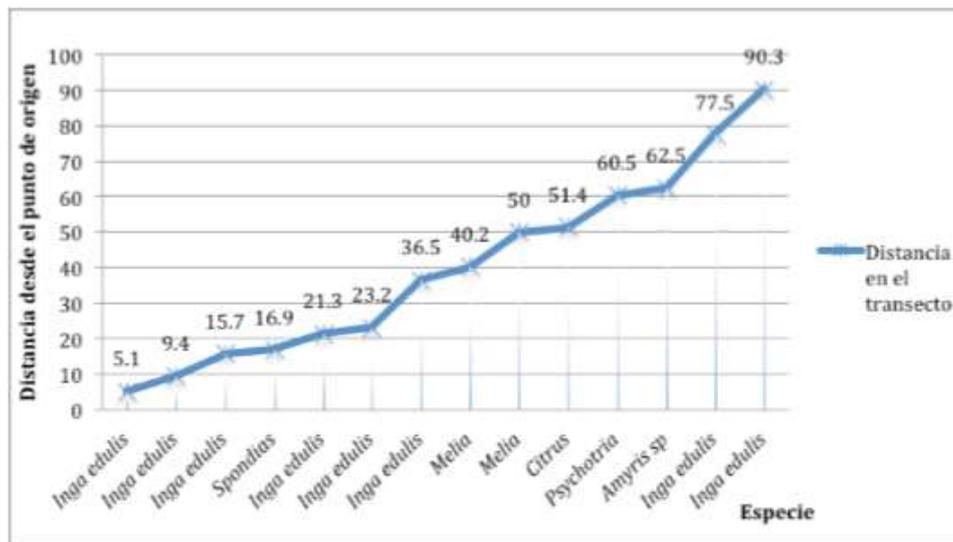
¿cómo varía la composición florística en las zonas riparias?

Para el caso de los fragmentos ubicados en las zonas riparias, se analizó el impacto que tiene el efecto de borde sobre su composición florística, de tal manera que se pudiera definir la interacción entre los tipos de vegetación adyacentes (vegetación de galería y la vegetación contigua a esta a lo largo del transecto). Se ubicaron 4 sitios propicios por su representatividad y acceso para obtener información que brindara un panorama más real sobre las condiciones de la vegetación. A continuación se muestra el arreglo de las especies registradas en cada transecto de acuerdo a su ubicación respecto al punto de origen.

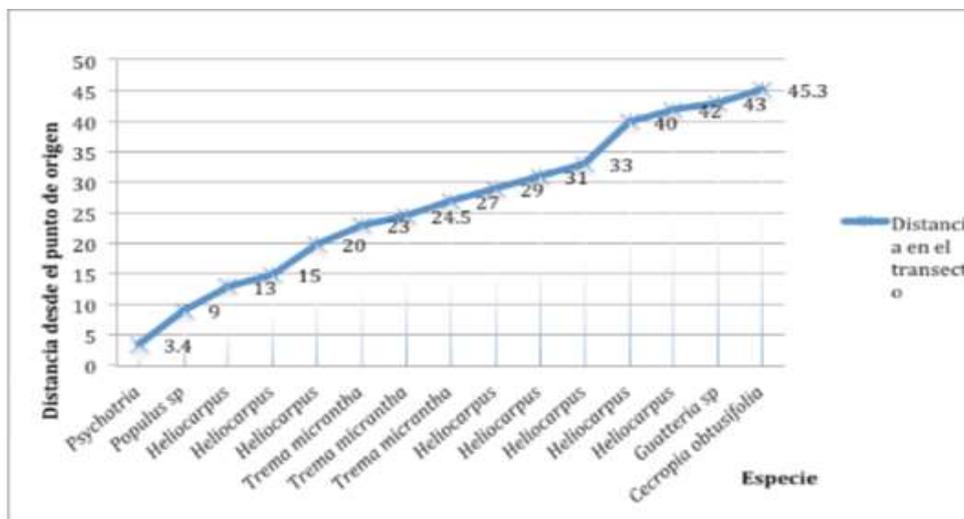
Como se aprecia en las siguientes figuras, la composición florística que presentan los sitios muestreados es rala, ya que, aunque se conserva el estrato superior, las especies del estrato arbustivo y herbáceo han sido en la mayoría de los casos sustituidas o desplazadas por la actividad agropecuaria característica de la región. Sin embargo, y aunque no se muestran en el gráfico las especies semileñosas y no leñosas que conforman la vegetación riparia y subacuática, éstas se encuentran en buen estado, pudiéndose apreciar su cobertura mediante el uso de imágenes satelitales, a diferencia de la mayoría de las superficies que conforman los municipios involucrados.



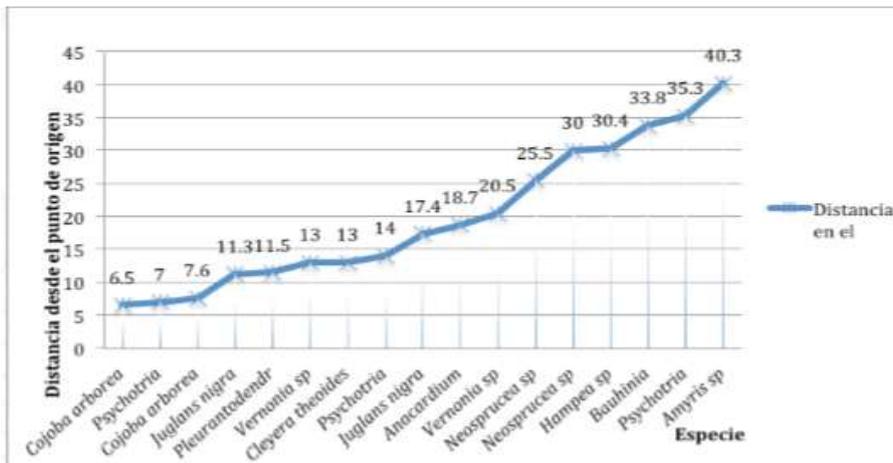
Arreglo de las especies reportadas en el transecto 1, a partir del punto de origen.



Arreglo de las especies reportadas en el transecto 2, a partir del punto de origen.



Arreglo de las especies reportadas en el transecto 3, a partir del punto de origen.



Arreglo de las especies reportadas en el transecto 4, a partir del punto de origen.

### Servicios ambientales.

En términos generales, los ecosistemas brindan una amplia variedad de bienes y servicios en el ámbito local, nacional y mundial. Se entiende por bienes ambientales aquellos productos (madera, frutos, pieles, carne, semillas, medicinas, entre otros), que son utilizados por el ser humano para su consumo o comercialización. Los servicios ambientales son considerados como la capacidad que tienen los ecosistemas para generar productos útiles para el hombre, entre los que se pueden citar regulación de gases (producción de oxígeno y secuestro de carbono), belleza escénica, y protección de la biodiversidad, suelos e hídrica.

De acuerdo a las reformas aplicadas en la política pública nacional, a través de la CONAFOR, a partir del 2006 se consideran como servicios ambientales aquellos servicios que proveen los ecosistemas forestales, considerándose: Hidrológicos, Captura de Carbono y los derivados de la protección a la Biodiversidad.

Para este caso, y debido a que el proyecto requiere la remoción de vegetación, algunos servicios ambientales podrán afectarse de manera directa e inmediata durante su construcción. Sin embargo, las dimensiones del proyecto y el uso restringido de la tierra que afecta, promoverá la recuperación de dichos parámetros medioambientales a mediano y largo plazo.

Los recursos hidrológicos representan el principal activo ambiental del proyecto, y el elemento principal para alcanzar los objetivos del mismo. Si bien el uso del agua es un factor importante, la canalización de los escurrimientos hacia la presa hidroeléctrica, no comprometen su integridad en cuanto a cantidad y calidad. Además, el proceso de canalización no resulta contaminante ya que durante el proceso el agua no escurre a través de maquinaria o infraestructura que requiera

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

el uso de contaminantes para funcionar. El agua canalizada es nuevamente regresada a la cuenca, manteniendo sus características intrínsecas.

Por otra parte, entre los servicios ambientales que se verán comprometidos es posible mencionar el impacto directo sobre la biodiversidad, y esto debido a la remoción de la vegetación correspondiente al trazo de la tubería y la construcción de las obras. Además del ahuyentamiento de la fauna por el ruido producido por la maquinaria contemplada en la fase de construcción de las mismas. Asimismo se verán mermadas la captura de Carbono y CO<sub>2</sub>, y la tasa de infiltración, debido a la remoción del suelo. La captura o secuestro de carbono. El C secuestrado en un bosque es el resultado de las diferencias entre CO<sub>2</sub> atmosférico absorbido durante el proceso de la fotosíntesis y el CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera durante la respiración. Esta diferencia de C es convertida en biomasa, que como regla general oscila entre el 45 -50% del peso seco de un árbol (AGO 1998). Mientras el árbol está vivo el almacenamiento es acumulativo con el crecimiento y con el transcurso del tiempo; es por ello que las plantaciones resultan un mecanismo muy atractivo y efectivo para mitigar el incremento de CO<sub>2</sub> atmosférico (Appel, 2001). Se ha indicado que entre los ecosistemas del mundo, los bosques son los mayores sumideros de C (Jandl 2001). Dixon et al., (1994), estima que aproximadamente 1146 Petagramos de C se encuentra almacenado en estos ecosistemas.

Otras estimaciones refieren que los ecosistemas forestales almacenan el 40% del C total almacenado en los ecosistemas terrestres. Alrededor del 34% está almacenado en pasturas y aproximadamente un 17% en tierras agrícolas. Las mayores cantidades de C se encuentran almacenadas en los bosques tropicales y boreales. Sin embargo, el C de estas dos áreas se concentra en lugares diferentes. En los trópicos la mayor parte se localiza en la vegetación, mientras que en regiones boreales hay más C en el suelo. Las pasturas generalmente acumulan menos C que los bosques si se toma la cantidad por unidad de área, sin embargo la gran extensión que ocupan aquellas hace que se transformen en importantes sumideros de C atmosférico.

En un ecosistema boscoso, la cantidad de C secuestrado estará determinado por la productividad. La aplicación de prácticas de manejo intensivo como la fertilización, control de malezas, y densidad de plantación, puede incrementar la productividad.

El turno de corta, determinado por el tiempo de manejo silvícola, tiene una influencia importante en el pool de C acumulado. En rotaciones cortas, la cosecha se realiza cuando la productividad del rodal comienza a disminuir, y por lo tanto aumenta el C en los productos de la cosecha, mientras que en rotaciones largas, incrementa el pool de C in situ debido a que la tasa de acumulación de la biomasa continúa a una velocidad menor, pero en un tiempo mayor.

El C secuestrado en el ecosistema dependerá del CO<sub>2</sub> estable incorporado al suelo. Si bien la acumulación de C en el suelo es un proceso más lento que la

acumulación en la biomasa, la estabilidad del primero es mayor.

La capacidad del suelo para secuestrar C es importante. La Materia orgánica del suelo representa el pool más grande de las reservas terrestres de C, y esto excede a la cantidad almacenada en la vegetación viva, la cual fija alrededor de 120 x 10<sup>15</sup> g C por año, mediante la fotosíntesis (Bowman, 1990 en Zech et al., 1997). El C en el humus es el de mayor interés dado que es la fracción de la materia orgánica más transformada y estabilizada (Batjes, 1998). Los productos maderables del bosque, también son un mecanismo para secuestrar C ex situ, pero su estabilidad dependerá del destino (como por ejemplo si es papel, cartón, leña, madera para construcción o muebles) y de su vida media.

La cuantificación de la biomasa de un bosque es el elemento clave para estimar los montos de C en cada componente. Esto incluye: 1) el C en el suelo, en los organismos vivos (plantas o animales) y en la materia orgánica humificada, 2) el C sobre el suelo, se incluye la acumulación de mantillo, la vegetación del sotobosque y la biomasa acumulada en los árboles. Tasa de infiltración del suelo. La infiltración se define como el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores. Muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración. (Vélez et al, 2002). Si se aplica agua a determinada superficie de suelo, a una velocidad que se incrementa en forma uniforme, tarde o temprano se llega a un punto en que la velocidad de aporte comienza a exceder la capacidad del suelo para absorber agua y, el exceso se acumula sobre la superficie, este exceso escurre si las condiciones de pendiente lo permiten. Entonces la capacidad de infiltración conocida también como "infiltrabilidad del suelo" es simplemente el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie, cuando es mantenido en contacto con el agua a presión atmosférica. Mientras la velocidad de aporte de agua a la superficie del suelo sea menor que la infiltrabilidad, el agua se infiltra tan rápidamente como es aportada, esto nos dice que la velocidad de aporte determina la velocidad de infiltración (o sea, el proceso es controlado por el flujo). Sin embargo existe también la posibilidad que la velocidad de aporte exceda la infiltrabilidad del suelo y en ese mismo momento ésta última es la que determina la velocidad real de infiltración; de ese modo el proceso es controlado por las características del perfil (Gurovich, 1985).

La velocidad de infiltración depende de muchos factores, como ser el espesor de agua empleado para el riego o lluvia, la temperatura del agua y el suelo, la estructura y la compactación, textura, estratificación, contenido de humedad, agregación y actividades microbianas (Gavande et al. 1972), además los distintos manejos que se le imponen al suelo modifican a estos factores y por ende las labranzas modifican la velocidad de entrada de agua al perfil de suelo.

Cuando las labranzas modifican la distribución del tamaño de los poros, en la capa arable, se produce un incremento en la capacidad del suelo para retener agua a bajas succiones lo que hace que incremente la infiltración, por debajo de

la capa arable la capacidad de retención de agua es menor por lo que hace disminuir la infiltración, esto es debido a los cambios en la geometría del espacio poroso (compactación, piso de arado) inducidos por las labranzas (Pla Sentis, 1994).

Además, no hay que olvidarse que la infiltración del agua posee un rol fundamental en los procesos de escorrentía como respuesta a una precipitación dada en una cuenca, dependiendo de su magnitud; lluvias de iguales intensidades pueden producir caudales diferentes, esto es de gran importancia práctica dado que su velocidad determina generalmente la cantidad de agua de escurrimiento superficial y con ello el peligro de erosión hídrica. Prácticas de manejo en la región. Algunas de las prácticas de manejo de los recursos que se llevan a cabo en las comunidades involucradas en el Proyecto Hidroeléctrico Coyolapa 24 MW son: los cultivos bajo sombra, el cultivo de hule, el comercio de especies silvestres, y la crianza de animales silvestres con fines de autoconsumo.

Cultivo de café en el bosque mesófilo de montaña (bmm).

El clima dentro del BMM es por lo general húmedo y frío, la temperatura media anual oscila entre los 12oC y lo 23oC, con una precipitación media anual que varía de los 1000 a los 5000 mm. El relieve donde se presenta este tipo de vegetación es accidentado con laderas de fuerte pendiente y cañadas como componentes importantes. Los suelos son profundos en las barrancas y muy someros en las pendientes de gran inclinación, ricos en materia orgánica y están húmedos todo el año.

Las excelentes condiciones climáticas y edáficas del BMM permiten desarrollar con éxito cultivos de café, maíz y frijol, entre otros. Estas características han atraído al hombre a llevar a cabo actividades que ejercen una presión sobre éste ecosistema. En México se han perdido más de la mitad de las áreas ocupadas por BMM. Globalmente, los BMM son uno de los ecosistemas más amenazados. Entre las actividades humanas que más los han perturbado se pueden mencionar: el cultivo intensivo del café y de los árboles frutales, además de la ganadería extensiva. Sin embargo, el café es una planta que puede producirse bajo sistemas de cultivo favorables para el medio ambiente. Enfrentando a las crisis de degradación de ecosistemas naturales por parte de la agricultura en México y el mundo, el cultivo rústico u orgánico de café es una buena alternativa para la conservación de la diversidad del BMM. Moguel y Toledo (1999) indican que las plantaciones tradicionales de café bajo sombra se superponen con, o están cerca de áreas de gran diversidad biológica y predominan en las zonas de cafetaleras en México. Así mismo, con base en la clasificación de áreas prioritarias para la conservación hecha por la CONABIO (2004), 14 de las 155 zonas identificadas por su alta diversidad biológica son zonas de gran importancia en la producción cafetalera.

Según Moguel y Toledo (1999), existen 5 tipos de cultivo a lo largo de un

gradiente de intensificación agrícola en los Bosques Mesófilos de Montaña: I) Rústico (R): dosel original del BMM. Este sistema de cultivo sustituye a las plantas y/o arbustos que naturalmente crecen en el suelo del BMM con cafetos. Solamente remueve el estrato más bajo del bosque, consecuentemente el dosel original se conserva. II) Policultivo tradicional (PT): más de 5 especies diferentes y un dosel mayor a 10 metros de altura. Este sistema de cultivo representa el tipo de plantación de café que tiene el nivel más alto de manipulación del BMM original. Los cafetos son introducidos bajo el dosel nativo del BMM, junto con una variedad de otras especies de plantas útiles, resultando en un sistema sofisticado que maneja especies tanto nativas como introducidas. Esto obviamente favorece o elimina el crecimiento de ciertas especies de árboles. III) Policultivo comercial (PC): de 3 a 5 especies incluyendo plátano y cítricos, y un dosel igual o menor a 10 metros de altura. Este sistema de cultivo implica la eliminación total del dosel original y la introducción de árboles que proporcionen una sombra apropiada para la cafecultura. Este dosel introducido por lo general está constituido por tres especies de árboles que proveen sombra o que son comercialmente útiles. Las especies más comunes son: hule (*Castilla elastica*), pimienta (*Pimenta diotica* sp), cedro (*Cedrela odorata*), colorín (*Erythrina* sp.), jinicuil y chalahuite (*Inga* sp.). IV) Sombra especializada (SE): dosel de una o dos especies. Este sistema de cultivo representa los cultivos modernos introducidos por INMECAFE en México. Árboles leguminosos (*Inga* sp) son utilizados exclusivamente para brindar sombra a los cafetos, obteniendo un sistema donde tanto el café como el dosel son monoespecíficos. V) Café bajo sol (S): sin dosel. Este sistema, totalmente agrícola, no cuenta con ningún tipo de dosel, y los cafetos están expuestos directamente al sol. Los cafetales rústicos y los policultivos tradicionales componen sistemas donde se cultivan, manejan, toleran o preservan una gran diversidad de especies útiles además del café. Alrededor del 70% de la producción de café en México está compuesta por estos cafetales. Del 30% restante 20% está destinado a la producción especializada (policultivo comercial o sombra especializada), mientras que 10% pertenece a los sistemas de cultivo bajo sol (CONABIO, 2004).

#### Uso y manejo de especies silvestres.

La flora y fauna silvestres, además de su importancia como elementos de la biodiversidad, representan valores éticos, culturales, económicos, políticos, ecológicos, recreacionales, educativos y científicos (Méndez-Cabrera y Montiel, 2007). Por lo anterior, además de los servicios ambientales que la flora y fauna silvestres brindan, resulta imperioso y prioritario proteger y conservar los ecosistemas y hábitat representativos del país, para así procurar la sustentabilidad de los recursos naturales que en la actualidad enfrentan una de las crisis ambientales más severas (Zamorano, 2009).

Esto es causado, principalmente, por factores directos como el cambio de uso de suelo, el cambio climático, las especies invasoras, la sobreexplotación de los recursos naturales de interés comercial y la contaminación de aire, agua y suelo.

De igual forma, factores indirectos también se hacen presentes tales como la dinámica demográfica de la población humana, los patrones y niveles de consumo, las tecnologías usadas en el aprovechamiento de los recursos naturales que degradan los ecosistemas objetivo y las poblaciones no objetivo (Zamorano, 2009).

Juntos, factores directos e indirectos, traen como consecuencia la disminución de la biodiversidad, el deterioro de servicios ambientales y, por ende, la reducción del bienestar humano, lo que contradice a lo especificado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos respecto a las garantías individuales sobre el goce de un medioambiente adecuado para el desarrollo y bienestar de las personas (Zamorano, 2009).

El aprovechamiento de las especies silvestres con las que cuentan las comunidades territorialmente incluidas en el SAR, al AI y al AP, representan un aspecto relevante en la cultura, principalmente por el valor extrínseco agregado a las mismas, pero que desde el punto de vista local, forma parte de sus usos y costumbres, las cuales pueden ser catalogadas como amigables con su entorno natural. Tal es el caso de la captura de especies silvestres para su crianza, con fines de autoconsumo, y comercialización (principalmente aves).

#### Fauna

Los grupos animales asociados a los tipos de vegetación encontrados en el área de estudio, así como en las áreas del proyecto y de influencia, fueron reportados, en su mayoría por los colonos, quienes, una vez identificadas las especies mediante el uso de guías de campo, corroboraron la información, y aportaron datos importantes sobre la distribución de los mismos.

La información obtenida se enriqueció con información bibliográfica, y se generaron listados generales por grupos animales y mapas de distribución de los organismos reportados, tal como se muestra a continuación.

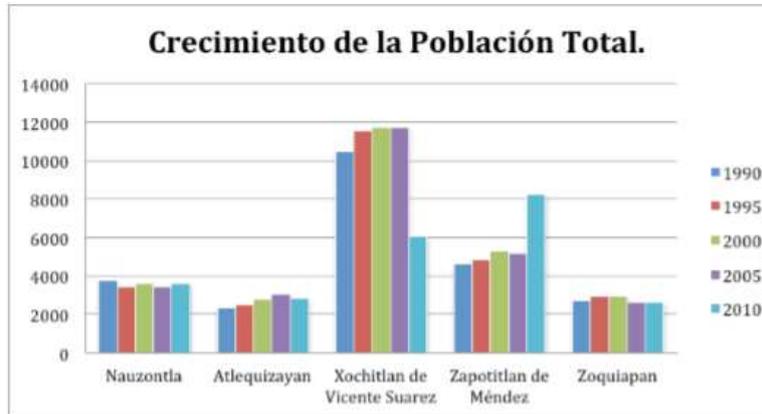
<b>LISTADO DE FAMILIAS DE FAUNA</b>		
<b>FAMILIA</b>	<b>GÉNERO</b>	<b>ESPECIE</b>
<b>MAMÍFEROS</b>		
Canidae	<i>Urocyon</i>	<i>cinereoargenteus</i>
Canidae	<i>Canis</i>	<i>latrans</i>
Cricetidae	<i>Reithrodontomys</i>	<i>mexicanus</i>
Dasypodidae	<i>Dasypus</i>	<i>novemcinctus</i>
Didelphidae	<i>Marmosa</i>	<i>mexicana</i>
Didelphidae	<i>Didelphis</i>	<i>virginiana</i>
Didelphidae	<i>Philander</i>	<i>opossum</i>
Erethizontidae	<i>Sphiggurus</i>	<i>mexicanus</i>
Felidae	<i>Leopardus</i>	<i>wiedii</i>
Leporidae	<i>Cuniculus</i>	<i>paca</i>
Mustelidae	<i>Mustela</i>	<i>frenata</i>
Procyonidae	<i>Bassariscus</i>	<i>astutus</i>
Procyonidae	<i>Nasua</i>	<i>narica</i>
Procyonidae	<i>Procyon</i>	<i>lotor</i>
Sciuridae	<i>Sciurus</i>	<i>aureogaster</i>
Sciuridae	<i>Sciurus</i>	<i>deppei</i>
Tayassuidae	<i>Pecari</i>	<i>tajacu</i>
<b>ANFIBIOS</b>		
Bufo	<i>Bufo</i>	<i>crystatus</i>
Bufo	<i>Bufo</i>	<i>marinus</i>
Bufo	<i>Bufo</i>	<i>valliceps</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus</i>	<i>rhodops</i>
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus</i>	<i>verrucipes</i>
Hylidae	<i>Agalychnis</i>	<i>moreleti</i>
Hylidae	<i>Hyla</i>	<i>charadricola</i>
Hylidae	<i>Hyla</i>	<i>eximia</i>

## Medio socioeconómico.

### Población

El crecimiento poblacional en los municipios de Nauzontla, Atlequizayán, Xochitlán de Vicente Suárez, Zapotitlán de Méndez y Zoquiapan nos permite determinar la carga poblacional sobre el sistema ambiental, y el grado de presión de aquel factor sobre los recursos naturales del lugar, como se muestra en la tabla siguiente. Se puede apreciar, de acuerdo a los censos de población y vivienda, que para los municipios de Nauzontla, Atlequizayán y Zoquiapan la población permanece constante, mientras que los datos de registro para Xochitlán de Vicente Suárez y Zapotitlán de Méndez muestran incrementos y

decrementos en la población debido a factores como la migración.



Población Total en los municipios de Nauzontla, Atlequizayán, Xochitlán de Vicente Suárez, Zapotitlán de Méndez y Zoquiapan, en el estado de Puebla.

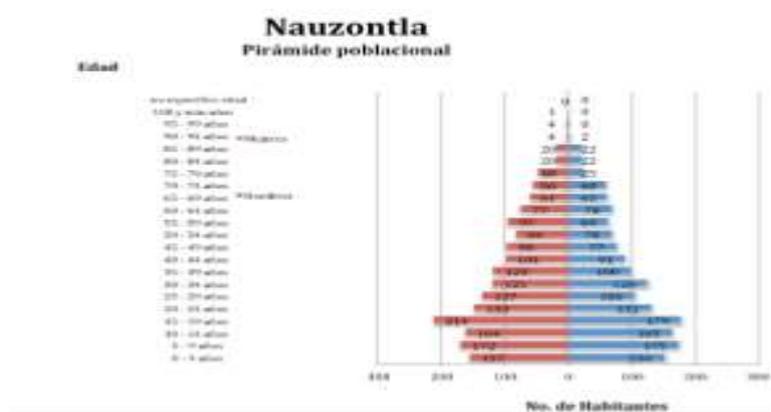
Fuente: XI, y XII Censo General de Población y Vivienda (1990, 2000); I y II, Conteo de población y Vivienda (1995, 2005); Conteo Censo de Población y Vivienda (2010).

Estructura de la población por edad y sexo.

La estructura por edad y sexo constituye el factor demográfico determinante de la población, ya que interactúa de manera directa en los diversos procesos sociales y económicos a los que se encuentra expuesta la población. Así mismo los datos de la estructura por edad y sexo proporcionaron información fundamental para conocer la ubicación, estructura y distribución espacial de la población en la zona de estudio.

Población por edad

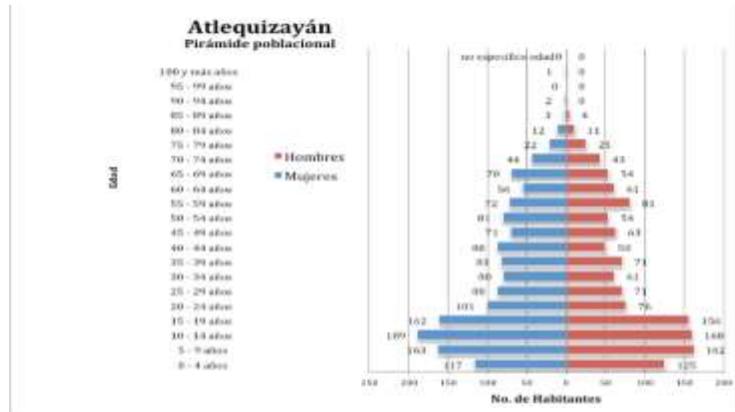
La estructura poblacional en los municipios presenta poblaciones en constante crecimiento y lo podemos percibir con las siguientes pirámides.



Estructura de la población el municipios de Nauzontla de acuerdo a, XI, y XII Censo General de Población y Vivienda (1990, 2000); I y II, Conteo de población y Vivienda (1995, 2005); Conteo Censo de Población y Vivienda (2010).

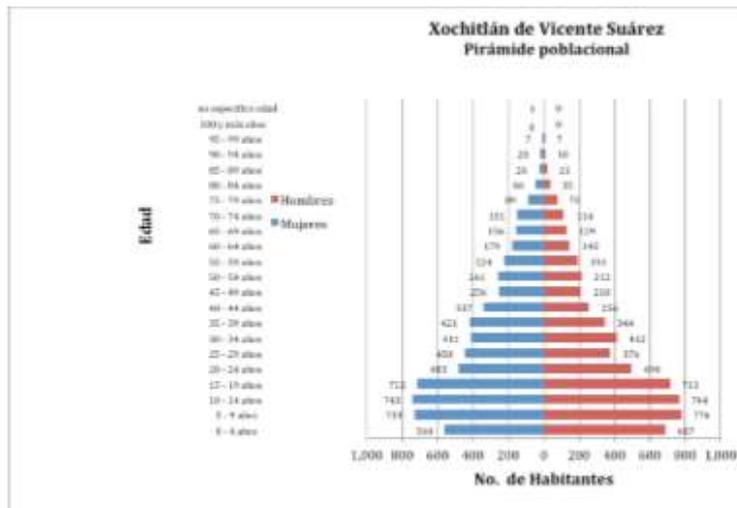
## Tendencias de crecimiento

De acuerdo a lo anterior, en la tabla 2 se puede apreciar que la tasa de crecimiento promedio de los municipios es de tan solo .63% anual, afectada por las migraciones

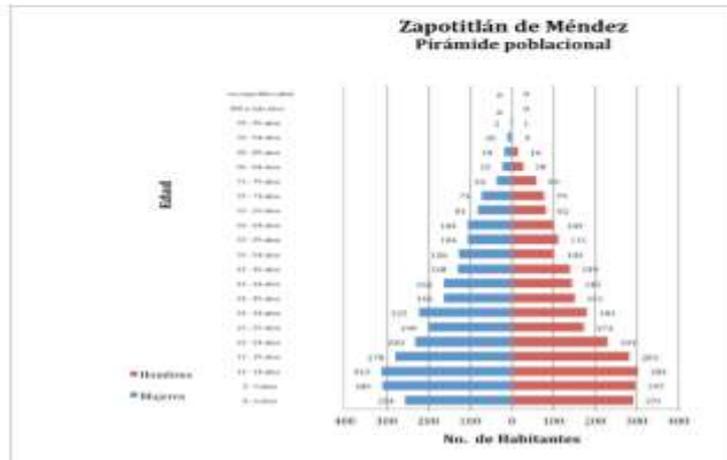


Estructura de la población el municipios de Atlequizayan de acuerdo a, XI, y XII Censo General de Población y Vivienda (1990, 2000); I y II, Conteo de población y Vivienda (1995, 2005); Conteo Censo de Población y Vivienda (2010).

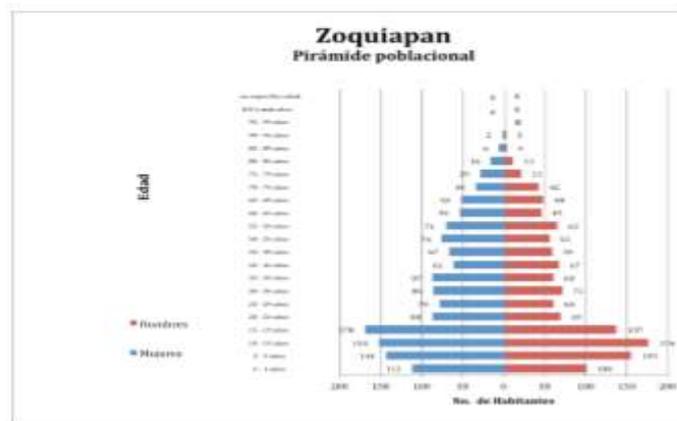
Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda, 2000; Conteo de población y Vivienda (1995, 2005); Censo de Población y Vivienda (2010).



Estructura de la población el municipios de Xochitlán de Vicente Suárez de acuerdo a, XI, y XII Censo General de Población y Vivienda (1990, 2000); I y II, Conteo de población y Vivienda (1995, 2005); Conteo Censo de Población y Vivienda (2010).



Estructura de la población el municipios de Zapotitlán de Méndez de acuerdo a, XI, y XII Censo General de Población y Vivienda (1990, 2000); I y II, Censo de población y Vivienda (1995, 2005); Censo de Población y Vivienda (2010).



Estructura de la población el municipios de Zoquiapan de acuerdo a, XI, y XII Censo General de Población y Vivienda (1990, 2000); I y II, Censo de población y Vivienda (1995, 2005); Censo de Población y Vivienda (2010).

Población por sexo Los municipios presentan un equilibrio respecto a la frecuencia de nacimientos de hombres y mujeres. Este hecho hace que de acuerdo a los usos y costumbres del lugar solo un 50% de la población se dedique a las actividades productivas.

Población por sexo en los municipios de Nauzontla, Atlequizayán, Xochitlán de Vicente Suárez, Zapotitlán de Méndez y Zoquiapan, en el estado de Puebla.

Municipio	Año	Hombres	Mujeres
Nauzontla	2000	1744	1873
	2005	1609	1834
	2010	1695	1903
Atlequizayán	2000	1324	1437
	2005	1442	1597
	2010	1328	1505
Xochitlán de Vicente Suárez	2000	5843	5917
	2005	5792	5952
	2010	5977	6272
Zapotitlán de Méndez	2000	2621	2646
	2005	2539	2639
	2010	2779	2829
Zoquiapan	2000	9532	10183
	2005	9039	9649
	2010	1251	1388

De acuerdo con las estadísticas publicadas por INEGI, se observa que en Nauzontla la población masculina es ligeramente menor la representa un 47.35% mientras que la femenina es de 52.65%, como se muestra en las figuras y la tabla anterior; también se observa que en Atlequizayán la población masculina es ligeramente menor, la representa un 47.43% mientras que la femenina es de 52.57%. Se observa que en Xochitlán de Vicente Suárez la población masculina es ligeramente menor, la representa un 49.29% mientras que la femenina es de 50.71%. Para el municipio de Zapotitlán de Méndez la población masculina es ligeramente menor, la representa un 49.45% mientras que la femenina es de 50.55%. finalmente en Zoquiapan la población masculina es ligeramente menor, la representa un 48.04% mientras que la femenina es de 51.96%.

### Análisis económico

El análisis económico de los municipios tuvo como propósito identificar los sectores productivos de cada una de las regiones que la integran, esto permitió conocer la distribución espacial de las actividades y se logró determinar el potencial económico y productivo del lugar. Sectores de producción Sector primario

El sector primario está conformado por las actividades agrícolas y ganaderas, éstas son el soporte de las actividades económicas de los municipios.

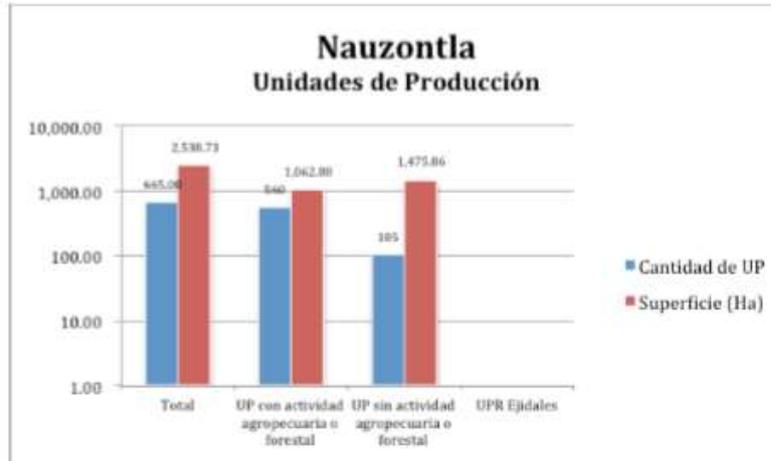
Las actividades rurales son de gran importancia para los municipios en términos demográficos, sociales y económicos, y han tenido una posición estratégica en la estructura productiva del lugar.

### Subsector agropecuario

El análisis del subsector agrario permite conocer e identificar en el territorio el número de actividades de producción del sector primario, así como su

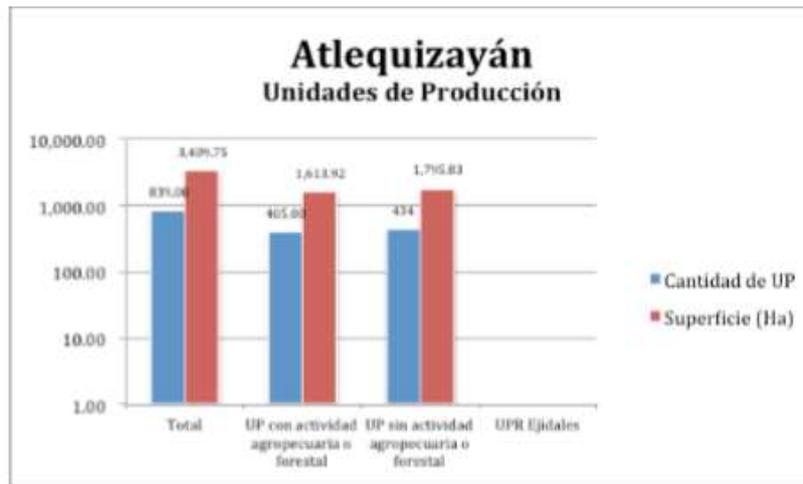
distribución y tenencia de la tierra sobre la cual está operando. Así mismo, nos permite conocer el tipo de ocupación del suelo en cuanto a la orientación y su compatibilidad con la vocación del mismo. La tabla 4 nos representa la forma de distribución por unidades de producción de cada municipio.

Dentro del municipio de Nauzontla, se identificó que el 84.21 % de las UP se encuentran en actividad, el 15.79 % se encuentran en abandono.



Unidades de producción del sector agrícola en Nauzontla.

Se identificó que el municipio de Atlequizayán, el 48.27 % de las UP se encuentran en actividad, el 51.73 % se encuentran en abandono, como se muestra a continuación.



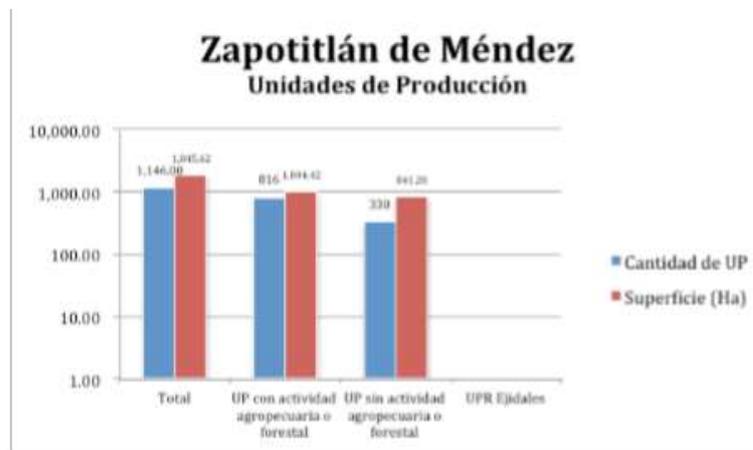
Unidades de producción del sector agrícola en Atlequizayán.

Se identificó que el municipio de Xochitlán de Vicente Suárez, el 70.07 % de las UP se encuentran en actividad, el 29.93 % se encuentran en abandono, como se muestra a continuación.



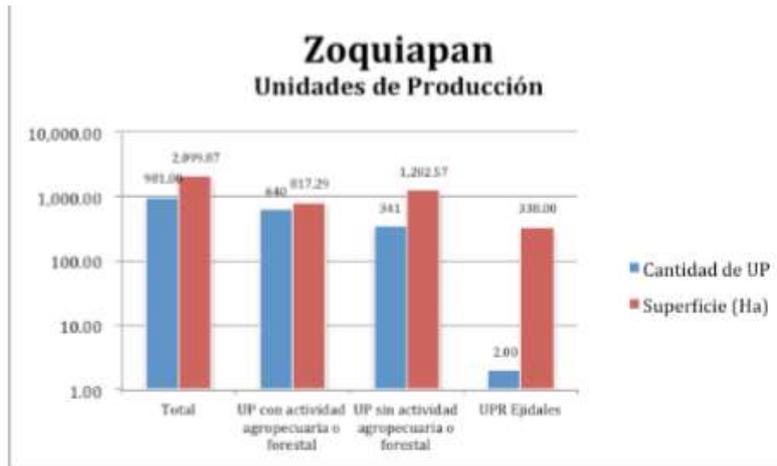
Unidades de producción del sector agrícola en Xochitlán de Vicente Suárez.

Se identificó que en Zapotitlán de Méndez, el 70.07 % de las UP se encuentran en actividad, el 29.93 % se encuentran en abandono



Unidades de producción del sector agrícola en Zapotitlán de Méndez.

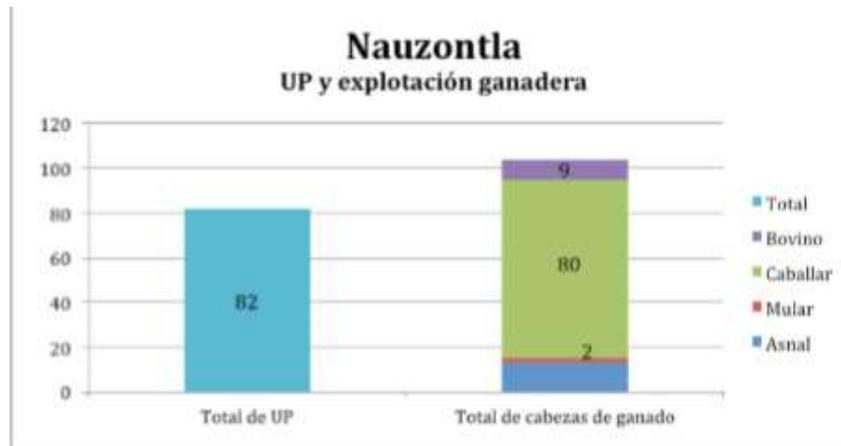
También se identificó que en Zoquiapan, el 65.24 % de las UP se encuentran en actividad, el 34.76 % se encuentran en abandono, como se muestra a continuación.



Unidades de producción del sector agrícola en Zoquiapan.

### Subsector ganadero

Respecto a las actividades ganaderas, la mayoría de las UP recurren al trabajo de labor por medio de ganado. Nauzontla cuenta con un total de 82 Unidades de Producción de cabezas de ganado caballar, mular y asnal; el más uso es el caballar.



Unidades de producción ganadera en el municipio de Nauzontla.

Atlequizayán cuenta con un total de 17 Unidades de Producción de cabezas de ganado el más utilizado es el Bovino, el caballar, Mular y Asnal, como se muestra a continuación.

## Sector industrial y de servicios

La actividad económica en los municipios está basada en el sector comercial, manufactura y servicios.

Tabla de unidades económicas principales del sector en los municipios de Nauzontla, Atlequizayán, Xochitlán de Vicente Suárez, Zapotitlán de Méndez y Zoquiapan, en el estado de Puebla.

Unidades económicas	Nauzontla	Atlequizayán	Xochitlán de Vicente Suarez	Zapotitlán de Méndez	Zoquiapan
Manufactura	24	26	38.38	24	5
Comercio	34	29	39.39	64	33
Servicios	8	7	29.29	44	7

La actividad preponderante del sector comercial es la venta directa al consumidor, proliferando en este rubro las tiendas de abarrotes familiares; en el sector manufactura, la textil y en el sector servicios, principalmente los servicios de hospedaje generando empleo a una gran parte de la población.

### Análisis social

La población como recurso humano para el trabajo juega un papel determinante dentro del aparato productivo a través de empleo, o por la dedicación a las labores productivas. Su comportamiento determina las características de la oferta de mano de obra, incidiendo en la distribución del ingreso y en el mercado potencial de la producción distribución de bienes y servicios.

La población total de la zona se clasifica en dos grupos: la población en edad de no trabajar, que se refiere a todos los menores de 14 años y mayores de 89 años; y a la población en edad de trabajar que comprende a la población entre los 15 y 75 años, la cual se clasifica en población económicamente activa y población económicamente inactiva. Aún esto, el INEGI ha ampliado el rango de medición de la PEA a 12 años de edad, por lo que se tomará este dato como válido para el análisis.

La población económicamente activa se clasifica en dos categorías: ocupada y desocupada. Se considera la población ocupada como aquella que trabajan, la semana anterior al Censo, o realizó alguna actividad económica a cambio de un sueldo jornal, u otro tipo de pago de dinero o especie; también a las personas que teniendo empleo no trabajan la semana anterior al Censo por alguna causa temporal. Dentro de la población ocupada también se ubican aquellas personas que ayudan en la fábrica, tienda o taller familiar sin recibir sueldo, salario o remuneración de ninguna especie. En tanto que la población desocupada se refiere a la población que a la semana de referencia del censo no realizaron ninguna actividad económica, y localiza a las personas que estaban buscando trabajo la semana anterior al censo.

Población económicamente activa a partir de los 12 años en el Nautzontla. Se identificó que la población altamente activa tiene entre 30-34 años de edad, seguida por la población entre 20 y 24 años de edad

PEA 2010	Nauzontla	Atlequizayán	Xochitlán de Vicente Suárez	Zapotitlán de Méndez	Zoquiapan
<b>Total</b>	<b>2,799</b>	<b>1,153</b>	<b>4,662</b>	<b>2,127</b>	<b>1,074</b>
Económicamente activa	1,233	75	767	382	224
Ocupado	1,207	71	764	376	222
Desocupado	26	4	3	6	2
Económicamente inactiva	1,526	1074	3876	1736	840
Sin especificar	40	4	19	9	10

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010.

### Cobertura de servicios Salud

En la zona de estudio son indudables los avances en materia de salud durante los últimos decenios, lo indicadores directos e indirectos del nivel de salud muestran resultados positivos en los promedios de atención en la entidad.

No obstante lo anterior, el sistema de salud actual confronta serios problemas, como resultado, por un lado los cambios radicales en el perfil demográfico y epidemiológico de la población, y por otro de una organización y estructura que ya no es capaz de satisfacer con calidad y eficiencia las demandas crecientes en la materia, y sobre todo las que habrán de presentarse en los próximos años. Esto se refleja en el acceso a alguna institución de salud, como se muestra en la tabla siguiente.

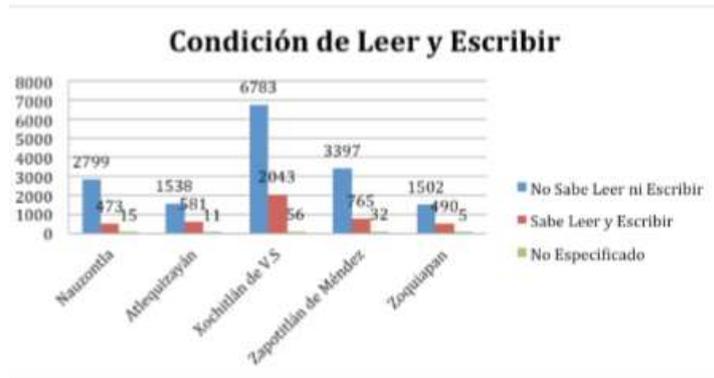
Población con cobertura de servicios médicos en los municipios de Nauzontla, Atlequizayán, Xochitlán de Vicente Suárez, Zapotitlán de Méndez y Zoquiapan, en el estado de Puebla.

Salud	Nauzontla	Atlequizayán	Xochitlán de Vicente Suárez	Zapotitlán de Méndez	Zoquiapan
Población derechohabiente, 2010	1727	879	8548	4682	1927
Población no derechohabiente, 2010	1863	84	48	57	93
Derechohabientes en el IMSS, 2010	386	35	239	209	53
Derechohabientes en el ISSSTE, 2010	75	1949	3640	916	709
Personal médico, 2009	2	83	3429	1989	844
Personal médico en instituciones de asistencia social, 2009	2	1	10	13	3
Personal médico en la Secretaría de Salud del Estado, 2009	2	0	0	1	0
Personal médico en el IMSS-Oportunidades, 2009	1	0	0	0	0
Unidades médicas, 2009	0	0	0	1	0

Fuente: Información Nacional por Entidad Federativa y Municipios INEGI.

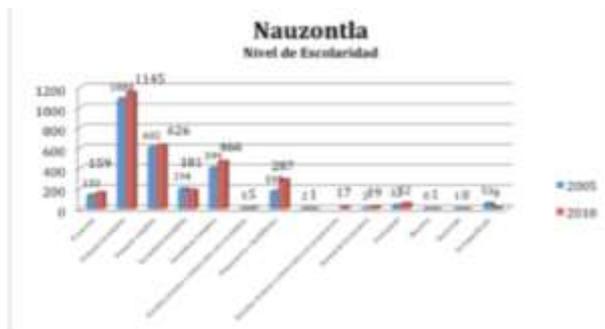
### Educación

El nivel educativo es uno de los parámetros que permite conocer el grado de migración que se presenta en las localidades ya que el desarrollo de las comunidades está vinculado a la preparación de la población.



Análisis de condición de Lectura en los municipios de Nauzontla, Atlequizayán, Xochitlán de Vicente Suárez, Zapotitlán de Méndez y Zoquiapan, en el estado de Puebla.

Los municipios de Zoquiapan y Xochitlán de Vicente Suárez tienen una mayor infraestructura escolar pero el 70 y 76% de su población no sabe leer ni escribir; Atlequizayán, Zapotitlán de Méndez y Zoquiapan cuentan por una población en las mismas condiciones con un 72%, 81% y 75% respectivamente



Análisis de condición de Lectura en el municipio de Nauzontla, donde se identificó el nivel de escolaridad en el periodo 2005 y 2010, mostrándonos mejoras en la educación. Actualmente solo el 40% de su población no cuenta con escolaridad, reduciendo la tasa del 48% durante el periodo 2005.



Análisis de condición de Lectura en el municipio de Atlequizayán, donde se identificó el nivel de escolaridad en el periodo 2005 y 2010, mostrándonos una mejora del 16 en la educación. Actualmente solo el 42% de su población no cuenta con escolaridad.

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

## IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

### Identificación de impactos.

El sistema ambiental regional donde se pretende realizar este proyecto es un sistema dinámico sujeto a cambios inducidos de forma natural por diversas fuentes, perturbaciones y efectos. Esto hace que el escenario donde se ubique el proyecto lleve de por sí ciertas tendencias de cambio, sobre las que actuarán diferentes actividades del proyecto. Las acciones del proyecto pueden ocasionar efectos sobre el Sistema Ambiental cuando modifican ligeramente algún componente ambiental y existe una relación de causa-efecto sobre algún otro componente. Asimismo, se considera que un cambio estará dado cuando se sustituya algún aspecto de un componente ambiental por otro, mientras que una perturbación se refiere a una alteración o modificación en las cualidades de algún factor ambiental. En este sentido se analizaron las acciones del proyecto como posibles fuentes de cambio, perturbación y efecto, mismas que se presentan en el cuadro.

Acciones del proyecto que constituyen fuentes de cambio, perturbación o efectos en los componentes ambientales del sistema, de acuerdo con el programa de obra

Actividades del proyecto	Nula alteración	Efecto palpable	Perturbación evidente	Cambio significativo
<b>Actividades previas a la construcción</b>				
Proyecto Ejecutivo	X			
<b>Preparación del sitio</b>				
Desmante y despalme				X
Trazo y nivelación			X	
Construcción de caminos de acceso				X
<b>Construcción de obras</b>				
Obras de toma				X
Tuberías de conducción			X	
Casas de máquinas			X	
Subestación eléctrica			X	
Líneas de transmisión			X	
Campamentos			X	
Almacenes de suministro			X	
Almacenes de residuos			X	
Talleres y estacionamientos			X	
Explotación de bancos de material y tiro			X	

Actividades del proyecto	Nula alteración	Efecto palpable	Perturbación evidente	Cambio significativo
<b>Pruebas y operación</b>				
Llenado de las Obras de toma				X
Canalización del caudal			X	
Pruebas hidrodinámicas en casas de máquinas		X		
Pruebas hidrostáticas en tuberías		X		
Pruebas de desfogue		X		
Pruebas de generación		X		
Puesta en marcha		X		
Toma de caudal			X	
Desfogue de caudal			X	
<b>Mantenimiento</b>				
<b>Abandono del sitio</b>				
Abandono del sitio de construcción de las Obras de toma		X		
Abandono de caminos de acceso		X		
Abandono del sitio de construcción de tuberías		X		
Abandono del sitio de construcción de CPM y SE		X		
Abandono del sitio de construcción de LT		X		
Abandono de almacenas y obras de apoyo		X		
Abandono permanente de la infraestructura		X		

Los cambios significativos considerados durante la ejecución del proyecto están relacionados principalmente con la construcción de las obras necesarias para el funcionamiento del mismo. Estos pueden agruparse por las actividades que causan estos cambios, y de manera general pueden identificarse las afectaciones para todo el proyecto.

Descripción general de los cambios significativos ocasionados por el proyecto.

Actividades del proyecto	Cambio significativo	Descripción del cambio
Preparación del sitio		
Desmonte y despalde	X	Se refiere a la remoción permanente de la vegetación natural
Construcción de caminos de acceso	X	Se refiere a la remoción permanente de la vegetación natural

Actividades del proyecto	Cambio significativo	Descripción del cambio
Construcción de obras		
Obras de toma	X	Se refiere a la derivación del caudal natural del río
Pruebas y operación		
Llenado de las Obras de toma	X	Se refiere a la creación de un espejo de agua léntico en la cuenca

A partir de la identificación de la magnitud del cambio en el SAR, y con mayor precisión en los sitios de construcción de obras se determinaron, desde la matriz de impacto ambiental presentada en la MIA regional del proyecto, los atributos componentes de los factores ambientales considerados a ser afectados. También se relacionaron de manera particular con los indicadores ambientales descritos en el presente documento.

La calificación se realiza al contrastar primero los atributos en cada renglón, contra los atributos en cada columna. Así pues se observa por ejemplo que: “la biodiversidad de flora es de importancia absoluta respecto al ruido”, o que “la calidad escénica es de importancia débil respecto a la salud de la población”. Cuando se contrasta el mismo atributo el valor es igual a 1, por tanto las celdas que se encuentran sobre los valores iguales a 1 resultan los recíprocos de cada

calificación. De esta manera la matriz de los valores de importancia se calcula solamente para la mitad de las relaciones entre atributos. A partir de las relaciones en que un atributo es de igual importancia respecto a sí mismo, se resuelve entonces la matriz resultante de cada atributo ambiental, y se obtiene el eigen-valor correspondiente como variable de ponderación del valor de importancia de los factores ambientales (Vf).

También se calcula una variable de ponderación ambiental (Ve) en una matriz que incluye cada uno de los medios ambientales que contienen a los factores ambientales evaluados. Esta variable de ponderación ambiental, se calculó mediante la obtención del eigen-valor y los eigen-vectores resultantes de la construcción de una matriz 3x3 o resultante por factor ambiental. La matriz 3x3 se resuelve para obtener la variable de ponderación ambiental. La variable de ponderación del valor de importancia de los factores ambientales, y la variable de ponderación ambiental se calculan de la misma forma.

La variable Vf se utiliza en la calificación inicial de los impactos ambientales, en tanto que la variable Ve se utiliza en la evaluación individual de cada uno de los impactos ambientales significativos producidos por el proyecto.

El cálculo de Ve está integrado por la relevancia entre los medios físico, biótico y socioeconómico. Los valores de la matriz construida se designaron según los valores de importancia empleados para la matriz de contingencia construida para los factores ambientales. El medio físico (F), el medio biótico (B), y el medio socioeconómico (E) adquieren sus valores de acuerdo a la siguiente matriz de importancia:

$$Vi = \begin{bmatrix} a_{FF} & a_{FB} & a_{FE} \\ a_{BF} & a_{BB} & a_{BE} \\ a_{EF} & a_{EB} & a_{EE} \end{bmatrix}$$

Modelo de la matriz de importancia de cada uno de los medios que componen el ecosistema presente en el sitio del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio.

Determinándose de acuerdo a las siguientes consideraciones exclusivas para este proyecto:

- El medio biótico (B) es ligeramente más importante que el medio físico (F) debido a la magnitud de los impactos recibidos por el proyecto; por lo tanto  $a_{BF}=2$  y  $a_{FB}=1/2$ .
- El medio económico es más relevante que el medio físico; por tanto  $a_{EF}=3$  y  $a_{FE}=1/3$
- El medio biótico es de igual importancia que el medio económico; por tanto  $a_{BE}=1$  y  $a_{EB}=1$  Resultando en la matriz de comparación pareada siguiente:

$$Vi = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} \\ 2 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} F \\ B \\ E \end{bmatrix}$$

Valores de la matriz de importancia de los medios que componen el ecosistema presente en el proyecto

Para posteriormente calcular el eigen-valor del eigen-vector para esta matriz de ejemplo, resultando:

eg,  $Vi = [(2.98893 + 0.00553483 + 0.258617i) + (0.00553483 - 0.258617i)]$

Los eigen-valores y eigen-vectores resultantes de los factores ambientales considerados para evaluación en este proyecto se resolvieron desde sus fórmulas polinomiales. El resultado de las ecuaciones será el exponente y el factor modificadorio para cada evaluación de magnitud e intensidad en una matriz de Leopold, y se presentan en el anexo de impacto ambiental.

$[(0.268827, 0.63462, 0.724561$   
 $-0.145517 + 0.255558 i, -0.267605 - 0.583552 i, 0.708074$   
 $-0.145517 - 0.255558 i, -0.267605 + 0.583552 i, 0.708074i)]$

Figura 103. Resultante de los eigen-vectores de la matriz de importancia de los medios que componen el ecosistema del proyecto.

El eigen-valor correspondiente a cada medio del ecosistema (físico, biótico y socioeconómico) se utilizó para modificar cada uno de los factores ambientales medidos, de acuerdo al valor del eigenvector resultante. De esta manera cada factor físico se ponderó no solo en función de su relación de importancia respecto a cada uno de los demás factores considerados, sino también por la relevancia del medio al que pertenecen. La finalidad de esta ponderación es ajustar el valor de importancia relativo a una dimensión mejor proporcionada dentro del universo de los datos que se utilizarán para determinar aquellos impactos relevantes de los que no lo son. Esto hace más efectivo el cálculo de cada impacto ambiental, sin la problemática de sobre estimar aquellos que resultan efímeros y cuyas medidas de mitigación pueden generalizarse; de manera similar permite que aquellos impactos ambientales sinérgicos se potencialicen y se hagan más evidentes en la valoración de la matriz correspondiente.

La calificación que aquí se propone parte, como ya se vió, de la importancia de los factores ambientales y su efecto sobre el resultado cualitativo tradicional. A continuación se procede a la calificación de las interacciones entre las obras y actividades del proyecto con los factores ambientales estudiados. Esta calificación se realiza modificando el método de calificación cualitativa de impactos propuesto por Conesa. La evaluación de la matriz de importancia por medios cualitativos, no permite realizar la comparabilidad del proyecto con otros similares, con otros en el mismo entorno, y tampoco permite determinar una línea

En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales

base ambiental que sirva de referencia para calificar el éxito de las medidas de mitigación que se lleguen a proponer.

Para realizar lo anterior, primero se definen los criterios de calificación de magnitud (M) e intensidad (I) en escalas arbitrarias, tal como en la evaluación cualitativa. Se obtiene el cociente M/I y se multiplica por el eigen-valor resultante para cada factor ambiental o valor de importancia (Vf). A partir de aquí se procede con el método propuesto en este documento.

Criterios de calificación de la magnitud del impacto de una obra u actividad sobre un factor ambiental determinado en la matriz modificada.

Valor de magnitud objetiva	Valor de magnitud subjetiva (interpretación lingüística)
1	baja
2	baja
3	baja
4	media
5	media
6	media
7	alta
8	alta
9	alta
10	Muy alta

Criterios de calificación de intensidad del impacto de una obra sobre un factor ambiental determinado en la matriz modificada.

Valor de intensidad objetiva	Valor de magnitud subjetiva (interpretación lingüística)
1	baja
2	media
3	media alta
4	alta

Proceso de ponderación del valor obtenido en el cociente M/I de una matriz cualitativa (izquierda). Obtención del valor ponderado del impacto ambiental causado por alguna obra o actividad del proyecto, a partir del producto del eigen-valor o valor de importancia de factor ambiental (derecha). Ejemplo del cálculo del cociente magnitud/intensidad (izquierda) y su ponderación respecto al eigenvalor del factor evaluado (derecha). Para este caso 2.00000 (geomorfología), 6.33996 (suelos), 3.05362 (Atmósfera), 7.19540 (hidrología).

Ambos valores, tanto la calidad ambiental neta, como la calidad ambiental del proyecto, se contrastan mediante una operación de sustracción, y el valor absoluto del residuo se denominará “valor ambiental del proyecto (VAP). El VAP determinará entonces, por un lado la magnitud real de los efectos negativos o positivos del impacto producido; y en otro aspecto representa el factor por el cual las medidas de mitigación deberán calcularse, es decir, el esfuerzo o importancia que cada medida de mitigación deberá aportar para que el efecto negativo alcance el valor más cercano a 0, considerando así que el impacto ambiental ha sido revertido o mitigado. Cuando se trata de calcular las medidas de mitigación y su efectividad, el VAP será conocido como “factor de mitigación ambiental” (FMA). El FMA se implementará como un indicador de éxito en las medidas de

mitigación, que se discutirán más adelante en este documento.

## Evaluación y calificación de los impactos ambientales significativos.

Al realizar la identificación de los impactos ambientales significativos, se obtienen aquellas interacciones Proyecto - SAR que resultan relevantes. Estas interacciones se califican individualmente utilizando la técnica de lógicas difusas, para reducir el margen de error al realizar una evaluación cualitativa. De esta manera se determina “por cuanto” un factor adquiere más relevancia que otro, a partir de una matriz de cálculo simétrica, en la que cada celda representa los valores paramétricos o la suma relativa de los factores o componentes, respectivamente.

Para el caso particular del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio, los valores de importancia se definieron como ya se ha comentado anteriormente. Estos valores se integran como exponentes y cocientes modificadores de cada impacto producido, permitiendo el correcto dimensionamiento del resultado de la evaluación.

Cada criterio de valoración de los impactos ambientales adquiere una condición o etiqueta, que permite su interpretación lingüística respecto al valor absoluto que puede adquirir en un rango cuantitativo que estandariza cada criterio a una escala de dependiente que va de 0 hasta 1, y una escala de condición independiente que adquiere valores desde 0 hasta 1, pero que resulta ambigua en términos de la valoración de la magnitud de cada condición lingüística.

Para mantener más claro lo anterior se puede ejemplificar al tratar de encontrar un valor exacto a la expresión coloquial lingüística siguiente: “¡Cuidado, te puedes golpear!”. Para entender mejor la expresión anterior en términos del impacto ambiental, la siguiente expresión resulta equivalente: “El impacto ambiental sobre la vegetación es significativo y puntual por la construcción”. Ambas expresiones carecen de consistencia en función de su objetividad, pues solamente expresan el concepto de un resultado. Por otro lado, si se sustituye la primer expresión por: “Un objeto de acero de 10 Kg está a punto de impactar tu cuerpo a una velocidad de 0.03 m/s, y causará un hematoma de 12 cm en tu brazo”; la expresión subjetiva adquiere ahora una precisión suficientemente clara para expresar el resultado final a partir de variables bien identificadas.

Para fines interpretativos el aspecto lingüístico del impacto ambiental resulta solamente relevante cuando se considera un parámetro de referencia, en este caso las condiciones de deterioro del SAR. Sin embargo si este parámetro de referencia, o línea base ambiental, no existe, y se adquiere una interpretación individual por persona, la cual se basa en la experiencia previa para su interpretación. Por lo anterior, al sustituir elementos difusos como “significativo” o “puntual” en la oración que sirve de ejemplo en este caso, por condiciones precisas como “tres especies animales” o “12 Has de vegetación” se obtendría un resultado como este: “el impacto ambiental removerá 12 Has de vegetación, afectando tres especies animales”. Aún cuando el resultado de la interpretación del impacto ambiental sobre la vegetación ha cambiado al contar con elementos

finitos, cuantitativos y más precisos, el marco conceptual del impacto ambiental tendría que estar referido a un parámetro establecido por una línea base ambiental que permita tener una estimación más adecuada de las magnitudes de cada impacto ambiental.

Ambas interpretaciones son técnicamente correctas, y conceptualmente adecuadas cuando se trata de una evaluación simple y sin necesidades complejas como las del PH San Antonio. Para ello se requiere que, la parte conceptual y lingüística de la interpretación de los impactos ambientales producidos sean referidos a un aspecto más preciso y cuantitativo; especialmente cuando existe la necesidad de evaluar alternativas del mismo proyecto, o cuando se requiere la comparación del proyecto con otros escenarios del SAR, o incluso con proyectos similares bajo condiciones ambientales distintas.

Dicho lo anterior, es necesario mencionar que en este capítulo se intenta precisar la magnitud de los impactos ambientales causados por el proyecto, de manera que el resultado de la calificación e interpretación del impacto sea lo más objetiva y paramétrica posible; permitiendo así que la evaluación resultante pueda ser comparada con otras evaluaciones similares de otros proyectos. De esta manera la comparabilidad del proyecto respecto a otros similares podrá arrojar mejores interpretaciones sobre las dimensiones ecológicas que se ven afectadas dentro de las regiones en las que se emplazan. A continuación se explica el concepto de la lógica difusa aplicada en esta evaluación, considerando el ejemplo de los enunciados anteriores:

- Primer paso EVALUACIÓN CUALITATIVA “El impacto ambiental sobre la vegetación es significativo y puntual por la construcción”
- Segundo paso EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SAR E IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES
- Tercer paso EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL CON LÓGICA DIFUSA
- Cuarto paso INTERPRETACIÓN LINGÜÍSTICA DEL RESULTADO “El impacto ambiental removerá 12 Has de vegetación, afectando tres especies animales”

Como se puede observar, el resultado esperado del análisis es cuantificar las cualidades, permitiendo así una efectiva y exacta medición de los impactos producidos. Se procede entonces a explicar el proceso de transformación lingüística de los resultados de la evaluación, así como las variables de impacto ambiental que se consideran para calificarlos.

De manera práctica se observa que, en la MIA regional del proyecto la interpretación lingüística de SINERGIA tiene tres condiciones: Sin sinergismo, sinérgico, y muy sinérgico. Estas condiciones por sí solas no presentan una clara interpretación de cuan sinérgico puede ser un efecto ambiental. Por lo que no se podría determinar con certeza la magnitud del efecto sinérgico. Lo que sí se puede determinar es hasta qué punto un efecto puede ser o no sinérgico, en

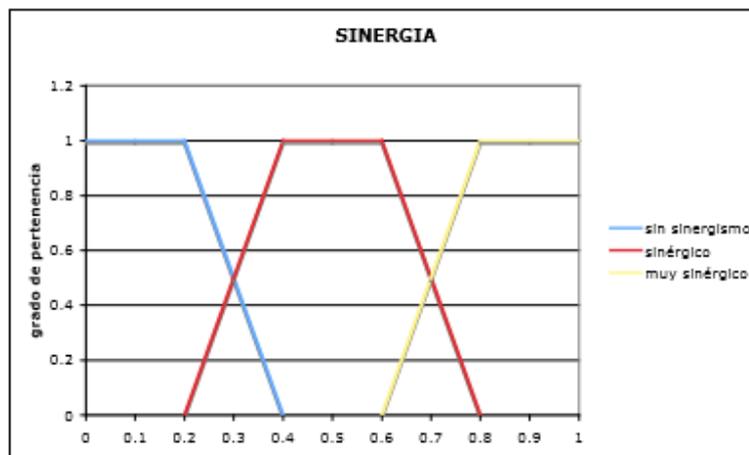
función de la magnitud de modificación de la línea base ambiental del proyecto, y de la distribución de los valores que cada condición de sinergia puedan obtener.

Si se considera que SINERGIA se refiere al efecto de reacción que provoca un impacto ambiental, potencializando aquellos ligados en sus atributos a cada componente ambiental. Se puede expresar numéricamente en un rango de 0 hasta 1 los valores que cada condición de sinergia pueden adquirir:

Valores de las condiciones de sinergia para el mismo criterio o variable de impacto ambiental, en función de su condición de pertenencia a una u otra condición.

Variables	Coeficiente	Exponente	Etiqueta	L(0)	L(1)	R(1)	R(0)
SINERGIA	0.04	2	Sin sinergismo	0	0	0.2	0.4
			Sinérgico	0.2	0.4	0.6	0.8
			Muy sinérgico	0.6	0.8	1	1

Para el caso anterior los valores adquieren dos límites: izquierdo (L) y derecho (R), así como dos rangos (0) y (1). La combinación de ambos permite delimitar un conjunto de elementos numéricos que pertenecen a cada condición etiquetada, y que al mismo tiempo puedan existir valores en la intersección de cada conjunto, que puedan pertenecer a una u otra condición, dependiendo de la magnitud del cambio en los rangos de valores del factor ambiental. Por ejemplo, se tiene que un efecto “sin sinergismo” es aquel en que el mismo es inexistente o modifica un factor ambiental hasta en una magnitud de 0.4. Sin embargo a medida que el efecto se va incrementando, éste deja de pertenecer a su categoría, hasta que forma parte de otro conjunto de valores con la etiqueta o condición de “sinérgico”. Lo anterior puede demostrarse gráficamente para la interpretación difusa del criterio: SINERGIA. En la caracterización de los impactos ambientales puede expresarse de la siguiente manera:



Representación gráfica de la interpretación numérica difusa de las condiciones de sinergia de un impacto ambiental.

Así, de esta manera, si la modificación de un factor ambiental alcanza 0.3, ésta puede resultar sin sinergismo, o ser al mismo tiempo sinérgica; dependiendo de

la modificación a la línea base ambiental en la que se refiere. Las variables se clasifican a partir de la determinación del valor de importancia absoluto, definiéndose por sus atributos numéricos en:

Tabla 105. Clasificación y valor absoluto de los atributos de impacto

Clasificación y valor absoluto de los atributos de impacto				
	L[0]	L[1]	R[1]	R[0]
Extremadamente perjudicial	-16	-10	-8.462	-6.923
Muy perjudicial	-8.462	-6.923	-5.385	-3.846
Perjudicial	-5.385	-3.846	-2.308	-0.769
Irrelevante	-2.308	-0.769	0.769	2.308
Beneficiosa	0.769	2.308	3.846	5.385
Muy beneficiosa	3.846	5.385	6.923	8.462
Extremadamente beneficiosa	6.923	8.462	10	16

A partir de esta categorización, los impactos ambientales se miden entonces por las siguientes variables: intensidad, extensión, extensión crítica, momento, momento crítico, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto, periodicidad, y recuperabilidad. Estas adquieren entonces los valores correspondientes a los atributos de la tabla anterior, en función del peso y la suma ponderada de las propiedades de cada actividad, como sigue:

**Intensidad** Se refiere al efecto de las acciones del proyecto sobre algún factor ambiental, considerándose la diferencia del parámetro medido del factor perturbado respecto a la línea base ambiental.

Variable Intensidad.

Variables	Coefficiente	Exponente	Etiqueta	L[0]	L[1]	R[1]	R[0]
Intensidad	0.36	2	Baja	0.000	0.000	0.111	0.222
			Media	0.111	0.222	0.333	0.444
			Alta	0.333	0.444	0.556	0.667
			Muy_alta	0.556	0.667	0.778	0.889
			Total	0.778	0.889	1.000	1.000

**Extensión**

Se refiere a la delta en la superficie del área de estudio respecto a la zona de influencia directa del proyecto.

Variable Extensión.

Variables	Coefficiente	Exponente	Etiqueta	L[0]	L[1]	R[1]	R[0]
Extensión	0.16	2	Puntual	0.000	0.000	0.143	0.286
			Parcial	0.143	0.286	0.429	0.571
			Extensa	0.429	0.571	0.714	0.857
			Completa	0.714	0.857	1.000	1.000

Momento.

Se trata del tiempo de cambio en el que se lleva a cabo el impacto a partir de cada acción del proyecto.

Tabla 108. Variable Momento.

VARIABLES	Coeficiente	Exponente	Etiqueta	L[0]	L[1]	R[1]	R[0]
Momento	0.04	2	Inmediato	0.000	0.000	0.075	0.125
			Mediano_plazo	0.075	0.125	0.400	0.600
			Largo_plazo	0.400	0.500	1.000	1.000

Persistencia.

Se trata de la latencia del impacto generado por el impacto sobre el factor que lo sufre, adquiriendo valores de días, meses o años.

Variable Persistencia.

VARIABLES	Coeficiente	Exponente	Etiqueta	L[0]	L[1]	R[1]	R[0]
Persistencia	0.04	2	Fugaz	0.000	0.000	0.050	0.083
			Temporal	0.050	0.083	0.533	0.800
			Permanente	0.600	0.800	1.000	1.000

Reversibilidad.

Cuando los efectos del impacto ambiental se revierten hacia su línea base ambiental o adquieren un valor de importancia mayor al medido, en función del tiempo del suceso.

Variable Reversibilidad.

VARIABLES	Coeficiente	Exponente	Etiqueta	L[0]	L[1]	R[1]	R[0]
Reversibilidad	0.04	2	Corto_plazo	0.000	0.000	0.050	0.083
			Mediana	0.050	0.083	0.533	0.800
			Irreversible	0.533	0.800	1.000	1.000

Sinergia.

Se refiere al efecto de reacción que provoca un impacto ambiental, potencializando aquellos ligados en sus atributos a cada componente ambiental.

Variable Sinergia.

VARIABLES	Coeficiente	Exponente	Etiqueta	L[0]	L[1]	R[1]	R[0]
Sinergia	0.04	2	Sin_sinergismo	0.000	0.000	0.200	0.400
			Sinérgico	0.200	0.400	0.600	0.800
			Muy_sinérgico	0.600	0.800	1.000	1.000

## Acumulación.

Se considera como la adición de un impacto ambiental sobre el entorno, siendo este relativo a la magnitud del mismo y la capacidad de mitigación del impacto.

Variable Acumulación.

Variables	Coefficiente	Exponente	Etiqueta	L[0]	L[1]	R[1]	R[0]
Acumulación	0.04	2	Bajo	0.000	0.000	0.200	0.400
			Medio	0.200	0.400	0.600	0.800
			Alto	0.600	0.800	1.000	1.000

## Efecto

El efecto de un impacto se considera como la dirección del mismo sobre el entorno ambiental, considerándose como directo aquel impacto causado por una actividad del proyecto sobre algún factor ambiental. Un impacto indirecto es aquel que por consecuencia de las actividades del proyecto se percibe sin que exista relación aparente entre la actividad y la magnitud del cambio ambiental.

Variable Efecto.

Variables	Coefficiente	Exponente	Etiqueta	L[0]	L[1]	R[1]	R[0]
Efecto	0.04	2	Indirecto	0.000	0.000	0.333	0.667
			Directo	0.333	0.667	1.000	1.000

## Periodicidad

La periodicidad de un impacto se refiere a la constante temporal en que es ocasionado siendo éste: irregular cuando se causa de manera intermitente y sin una frecuencia determinada; periódico cuando el tiempo en que se genera el impacto mantiene una frecuencia debido a una serie o grupo de actividades relacionadas y recurrentes; y continuo cuando el impacto se mantiene durante todo el tiempo de ejecución del proyecto.

Variable Periodicidad

Variables	Coefficiente	Exponente	Etiqueta	L[0]	L[1]	R[1]	R[0]
Periodicidad	0.04	2	Irregular	0.000	0.000	0.200	0.400
			Periódico	0.200	0.400	0.600	0.800
			Continuo	0.600	0.800	1.000	1.000

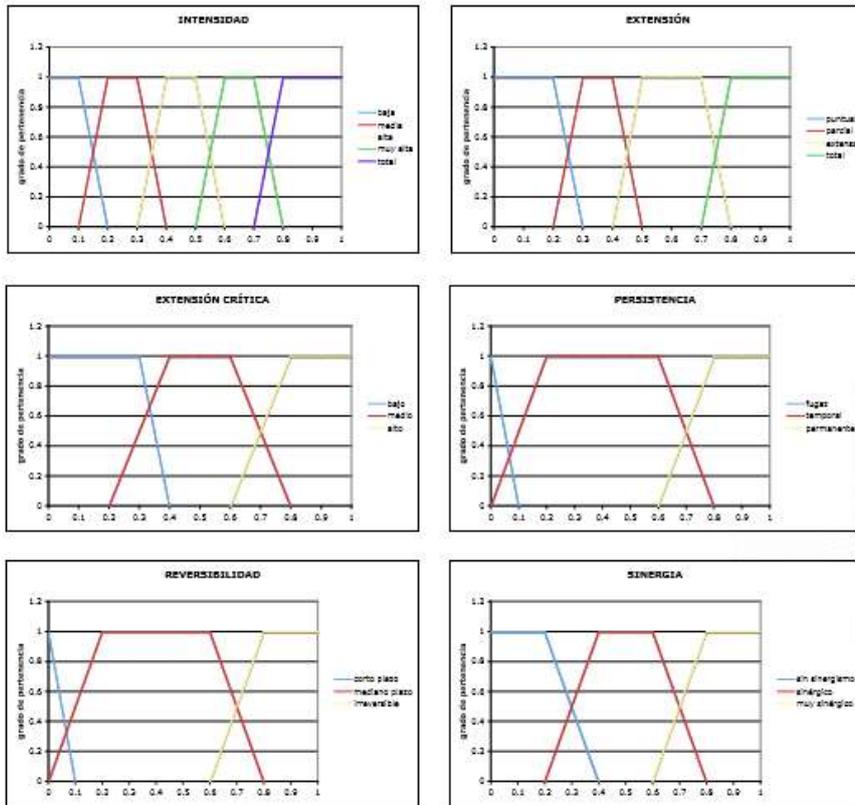
## Recuperabilidad

Se refiere a la condición final del entorno ambiental después de la generación de impactos positivos o negativos, y que puede cambiarse para mejorar o al menos igualar la condición ambiental base, cuando el impacto es negativo, o mejorar o potenciar cuando el impacto ambiental resulta positivo.

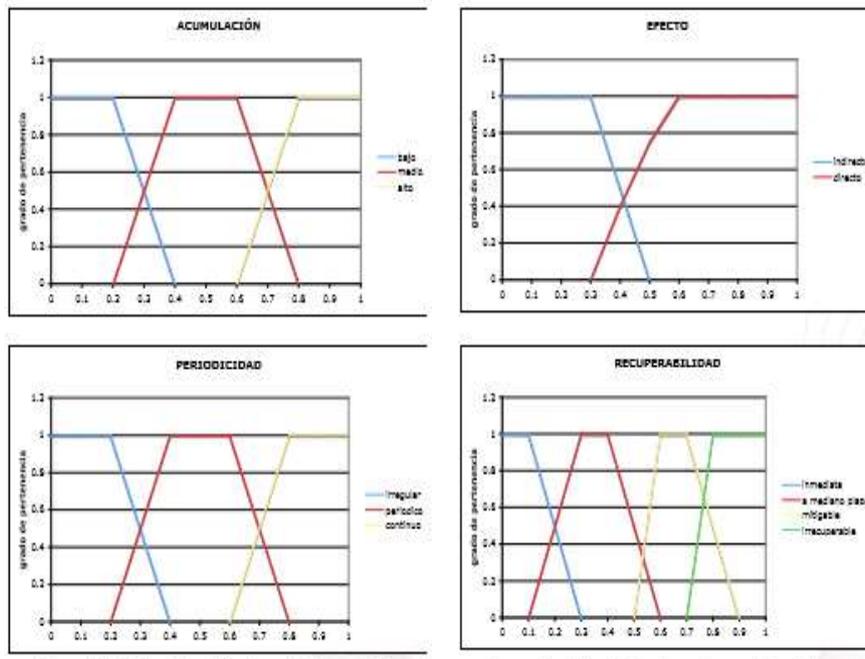
Variable Recuperabilidad.

Variables	Coeficiente	Exponente	Etiqueta	L[0]	L[1]	R[1]	R[0]
Recuperabilidad	0.08	2	Inmediata	0.000	0.000	0.143	0.286
			Lenta	0.143	0.286	0.429	0.571
			Mitigable	0.429	0.571	0.714	0.857
			Irrecuperable	0.714	0.857	1.000	1.000

Cada polinomial resualta, permite dilucidar la importancia de cada factor ambiental. Como ya se mencionó, cada uno de ellos se verá afectado por las variables antes descritas, cuya expresión de universo de discurso, o conjunto de datos se muestra gráficamente a continuación:



En cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental quienes elaboren las manifestaciones de impacto ambiental deberán observar lo establecido en la Ley, dicho reglamento, las normas oficiales mexicanas y los demás ordenamientos legales y reglamentarios aplicables. Asimismo, declararán, bajo protesta de decir verdad, que los resultados se obtuvieron a través de la aplicación de las mejores técnicas y metodologías comúnmente utilizadas por la comunidad científica del país y del uso de la mayor información disponible, y que las medidas de prevención y mitigación sugeridas son las más efectivas para atenuar los impactos ambientales



La combinación de las condiciones de los criterios en que se califican los impactos ambientales producen un resultado que se califica por su valor absoluto, y se modifica por la dirección del impacto: negativo o positivo. De tal manera que mediante la inclusión de vi en la fórmula de análisis de aproximación global, podremos calcular el verdadero valor del cambio ambiental neto con y sin proyecto, además de definir que evento repercute en qué momento sobre los parámetros ambientales definidos. La fórmula del análisis de aproximación global tiene la forma siguiente:

$$fra : y = \sum_{i=1}^n f_i w_i g_i(x_i)^{v_i} + \sum_{i=1}^n (1 - f_i) w_i g_i(1 - x_i)$$

Dónde:

fra LA SUMA PONDERADA DE LAS Variables de impacto CON n ENTRADAS

xi LA ENTRADA NÚMERO i

wi EL PESO ENTRE 0 Y 1

fi EL PARÁMETRO CON VALOR 0 HASTA 1

Gi LA FUNCIÓN DE Fi DERIVADA DE Wi HASTA 1

Xi la función de [0,1] en [0,1] monótonamente creciente hasta 1 exponente Vi

De esta forma se define la importancia y persistencia ambiental de cada efecto sobre los parámetros, determinando así si el proyecto es ambientalmente viable o no.

El resultado de los criterios, atributos, condiciones y valores de importancia de los factores del SAR, se considera como el valor de la calidad ambiental del proyecto.

Rango de valores y signos de la calidad ambiental y su interpretación lingüística.

Clasificación de la calidad ambiental				
	L[0]	L[1]	R[1]	R[0]
Extremadamente perjudicial	-16	-10	-8.462	-6.923
Muy perjudicial	-8.462	-6.923	-5.385	-3.846
Perjudicial	-5.385	-3.846	-2.308	-0.769
Irrelevante	-2.308	-0.769	0.769	2.308
Beneficiosa	0.769	2.308	3.846	5.385
Muy beneficiosa	3.846	5.385	6.923	8.462
Extremadamente beneficiosa	6.923	8.462	10	16

### Impactos ambientales en la etapa de construcción del proyecto.

Obras de toma, caminos de acceso, y embalses.

De manera general, los impactos ambientales del proyecto en este sitio serán causados por la edificación de las estructuras. Estos están descritos de acuerdo al proceso constructivo siguiente:

- En primer instancia, se realizará la remoción de la cubierta forestal del sitio de obras permanentes y de la superficie del embalse. El derribo del material arbóreo será direccionado hacia dentro de los polígonos delimitados.
- Se realizarán afectaciones en el suelo vegetal del sitio, y éste se removerá para su almacenamiento y posterior colocación en los sitios destinados para restauración.
- Se realizará el corte del talud para los caminos de acceso, modificando el talud natural del terreno.
- Se nivelará el sitio para la instalación del almacén de insumos y residuos peligrosos (aceites y material impregnado) y se adecuarán el almacén según lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).
- Se realizarán los cortes para la construcción de la estructura de cimentación de las Obras de toma.
- Se obstruirá el cauce natural del río durante la construcción de las Obras de toma.
- Se compactará el suelo de superficie de rodadura de los caminos de acceso y se embalastrará.
- Se iniciará el llenado del área de embalse y se reducirá el caudal del arroyo aguas abajo de las Obras de toma, pero se garantizará el gasto ecológico.

## Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales del Sistema Ambiental Regional.

En este capítulo se mencionan las medidas, acciones y políticas que se estima son necesarias para prevenir, eliminar, reducir, controlar o compensar los impactos adversos que el proyecto puede provocar en cada una de sus etapas de su desarrollo. Las medidas de mitigación propuestas adquieren el carácter de especificaciones de protección ambiental, y que observarán obligatoriamente los contratistas que desarrollen las diversas obras del proyecto. Asimismo, se presentan medidas y recomendaciones adicionales, enfocadas principalmente a mitigar los impactos socioeconómicos y por la operación del futuro proyecto hidroeléctrico, así como para mitigar posibles impactos del ambiente sobre el proyecto; estas últimas incidirían en el aumento de la vida útil de las obras de toma, en el desarrollo sustentable de la región y para reforzar las medidas de seguridad.

Considerando que el PH San Antonio puede ser el detonador de un desarrollo sustentable, y contribuir significativamente en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de una de las regiones más marginadas del estado de Puebla, es menester aclarar que varias de las medidas propuestas requerirán la participación y responsabilidad de otras entidades y autoridades de los ámbitos federal, estatal y municipal.

Al final del capítulo se presentan especificaciones para preparar un programa general de protección ambiental y un programa calendarizado que ilustra el periodo de tiempo y las etapas del proyecto en las cuales se aplicarán las diferentes medidas de mitigación.

Las medidas se integraron temáticamente y están dirigidas a mitigar los impactos ambientales significativos.

### Clasificación de las medidas de mitigación

Para identificar los sitios donde deban ser aplicadas, la clasificación inicial de las medidas propuestas se hará en función de las zonas de impacto identificadas en el capítulo anterior:

- a) A.A.- Impactos en área de afectación directa del proyecto (área de sitio de derivación, tuberías de presión, casas de máquinas y subestación y trazos de las líneas de transmisión.
- b) AI.- Impactos en área de influencia aguas debajo de las cortinas y Sistema Ambiental Regional.

## Clasificación de las medidas según su carácter

Las medidas de mitigación han sido clasificadas de la siguiente manera:

1. PR.- Medidas de Prevención.- aquellas obras o acciones tendientes a evitar que el impacto se manifieste.
2. MI.- Medidas de Mitigación.- aquellas obras o acciones propuestas para lograr que el factor ambiental bajo análisis se mantenga en una condición similar a la existente, siendo afectada lo menos posible por la incidencia del proyecto.
3. RE.- Medidas de Restauración.- acciones o medidas que buscan recuperar, en la medida de lo posible, las condiciones ambientales anteriores a la perturbación, remediando los cambios al ambiente, por lo que su aplicación es posterior a la aparición de los efectos del impacto ambiental.
4. CO.- Medidas de Compensación.- acciones o medidas que compensen el impacto ocasionado cuando no existen alternativas para su prevención, mitigación o restauración. Estas medidas deberán ser proporcionales al impacto ocasionado.
5. CN.- Medidas de Control.- su propósito es asegurar el cumplimiento de acciones correctivas sobre ciertos factores ambientales y/o acciones del proyecto.

Algunas acciones requerirán una combinación de varias de las anteriormente citadas medidas, por lo que deberá prevalecer el criterio de que es mejor prevenir que mitigar y ésta es mejor que tener que remediar, dejando las acciones de compensación para aquellas situaciones en donde no hay otra opción.

Adicionalmente se contempla un grado de prioridad de la aplicación de la medida propuesta, según los efectos negativos del impacto ambiental y el valor de sinergismo que presenta sobre otros componentes. Esto permite dilucidar qué medidas resultan de urgente aplicación y qué medidas requieren la atención prolongada durante un proceso de monitoreo frecuente. Todas las medidas de mitigación adquieren carácter de obligatorio según la resolución de impacto ambiental que emita la SEMARNAT, y según lo establecido en la legislación en la materia y las supletorias que correspondan. El valor de la medida de mitigación se utilizará para el cálculo del valor ambiental de las medidas, y el efecto modificadorio en la calidad ambiental neta; así mismo para la calificación del desempeño de la calidad ambiental propuesta en el Programa de Seguimiento de la Calidad Ambiental del proyecto.

Prioridades de ejecución de la medida propuesta para prevenir y controlar los impactos ambientales.

Condición	Valor	Abreviatura
Prioritaria	0.5	P
Secundaria	0.18	S
Monitoreo	0.14	M
Emergente	0.18	E

### Indicador de desempeño ambiental

Como medida de medición del desempeño ambiental de cada medida propuesta, se realizará el cálculo inicial del nivel de cumplimiento mediante el cociente de los días en que se ha implementado la medida de mitigación requerida, y los días en que ésta debió implementarse. Por ejemplo, la instalación de contenedores de residuos se realizó a los 5 días en que debió realizarse la actividad después de transcurrir 12 días de trabajos; el nivel de cumplimiento sería de 0.41 (o 41% de cumplimiento).

Adicionalmente se considerará el esfuerzo de mitigación como cociente del parámetro de medición para cada medida de mitigación, entre el valor medio del mismo indicador en el período calificado. Esto es por ejemplo que al mes 2 se han generado 23 kg de basura, y en el transcurso de 4 meses se han producido en promedio 16 kg; el indicador de desempeño resulta en 1.43. Debido a que lo que se mide es el efecto de un impacto sobre el ambiente, los números de valor absoluto mayor representan efectos negativos mayores.

El indicador del desempeño ambiental se calcula con la siguiente expresión:

$$DA = \text{Cumplimiento} * \text{Esfuerzo de mitigación} * \text{Prioridad}$$

Aún cuando el desempeño ambiental es adimensional, el esfuerzo de mitigación se expresará en unidades de medición según la actividad de que se trate.

### Caracterización de las medidas de prevención y control de los impactos ambientales.

#### Etapa de construcción.

La etapa de construcción es el tiempo más dañino para el ecosistema, especialmente por la remoción de la cobertura vegetal de 16.805 Has de superficie forestal. Además el riesgo de contaminación y accidentes es alto debido al uso de materiales peligrosos como: combustibles, carburantes, solventes, explosivos y sus residuos.

Caracterización de las medidas de prevención y control de los impactos ambientales durante la etapa de construcción del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio.

SISTEMA AMBIENTAL DEL PROYECTO	FACTOR AMBIENTAL DESCRITO	ATRIBUTOS AMBIENTALES IMPACTADOS	ÁMBITO	TIPO	PRIORIDAD
<b>OBRAS DE TOMA</b>					
Medio Físico	Geomorfología	Modificación de taludes naturales	AA	CO	0.5
		Línea de paisaje	AI	MI	0.18
	Suelos	Calidad	AA	RE	0.5
		Erosión	AA	PR	0.5
	Atmósfera	Emisiones	AI	PR	0.14
	Hidrología	Ruido	AI	PR	0.14
		Volumen de agua superficial	AA	MI	0.18
		Calidad de agua superficial	AA	PR	0.14
		Uso del recurso	AA	CN	0.14
		Cambio en trayectorias superficiales	AA	CN	0.18
Medio Biótico	Flora	Biodiversidad	AI	CO	0.5
	Fauna	Biodiversidad	AA	MI	0.5
	Paisaje	Calidad escénica	AI	MI	0.14
Medio socioeconómico	Población	Área de uso	AA	CO	0.18
		Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
	Infraestructura	Condición de los caminos	AI	CN	0.14
		Cobertura de servicios sanitarios	AA	PR	0.14
	Economía	Economía individual	AI	CO	0.14
		Economía local	AI	CO	0.14
		Economía regional	AI	CO	0.14
<b>TUBERÍAS DE PRESIÓN</b>					
Medio Físico	Geomorfología	Modificación de taludes naturales	AA	CO	0.5
		Línea de paisaje	AI	MI	0.18
	Suelos	Calidad	AA	RE	0.5
		Compactación	AA	RE	0.5
		Fertilidad	AI	RE	0.5
		Erosión	AI	PR	0.5
	Atmósfera	Emisiones	AA	PR	0.14
		Polvo y partículas sólidas	AA	PR	0.14
		Ruido	AI	PR	0.14
	Hidrología	Uso del recurso	AA	CN	0.14
Medio Biótico	Flora	Biodiversidad	AI	CO	0.5
	Fauna	Biodiversidad	AA	MI	0.5
	Paisaje	Calidad escénica	AI	MI	0.18
Medio físico	Población	Área de uso	AI	CO	0.5
		Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
	Infraestructura	Condición de los caminos	AI	CN	0.14
		Cobertura de servicios sanitarios	AA	PR	0.14
	Economía	Economía individual	AI	CO	0.14
Economía local		AI	CO	0.14	

SISTEMA AMBIENTAL DEL PROYECTO	FACTOR AMBIENTAL DESCRITO	ATRIBUTOS AMBIENTALES IMPACTADOS	ÁMBITO	TIPO	PRIORIDAD
		Economía regional	AI	CO	0.14
<b>CASAS DE MÁQUINAS, SUBESTACIÓN, CANAL DE DESFOGUE Y OBRAS A SOCIADAS</b>					
<b>Medio físico</b>	<b>Suelos</b>	Compactación	AA	CO	0.5
		Fertilidad	AA	RE	0.18
	<b>Atmósfera</b>	Emisiones	AA	PR	0.14
		Polvo y partículas solidas	AA	PR	0.14
		Ruido	AI	PR	0.14
	<b>Hidrología</b>	Uso del recurso	AA	CN	0.14
<b>Medio Biótico</b>	<b>Flora</b>	Biodiversidad	AI	CO	0.5
	<b>Fauna</b>	Biodiversidad	AA	MI	0.5
	<b>Paisaje</b>	Calidad escénica	AI	MI	0.18
<b>Medio socioeconómico</b>	<b>Población</b>	Área de uso	AA	CO	0.18
		Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
	<b>Infraestructura</b>	Condición de los caminos	AI	CN	0.14
	<b>Economía</b>	Economía individual	AI	CO	0.14
		Economía local	AI	CO	0.14
		Economía regional	AI	CO	0.14
<b>LÍNEAS DE TRANSMISIÓN</b>					
<b>Medio Físico</b>	<b>Geomorfología</b>	Modificación de taludes naturales	AA	CO	0.5
		Línea de paisaje	AI	MI	0.14
	<b>Suelos</b>	Calidad	AA	RE	0.18
		Erosión	AI	PR	0.5
	<b>Atmósfera</b>	Emisiones	AA	PR	0.14
		Polvo y partículas solidas	AA	PR	0.14
		Ruido	AI	PR	0.14
	<b>Hidrología</b>	Uso del recurso	AA	CN	0.14
<b>Medio Biótico</b>	<b>Flora</b>	Biodiversidad	AI	CO	0.18
	<b>Fauna</b>	Biodiversidad	AI	MI	0.5
	<b>Paisaje</b>	Calidad escénica	AI	MI	0.14
<b>Medio socioeconómico</b>	<b>Población</b>	Área de uso	AI	CO	0.14
		Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
	<b>Infraestructura</b>	Condición de los caminos	AI	CN	0.14
	<b>Economía</b>	Economía individual	AI	CO	0.14
		Economía local	AI	CO	0.14
		Economía regional	AI	CO	0.14

## Etapa de operación y mantenimiento.

Caracterización de las medidas de prevención y control de los impactos ambientales durante la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio.

SISTEMA AMBIENTAL DEL PROYECTO	FACTOR AMBIENTAL DESCRITO	ATRIBUTOS AMBIENTALES IMPACTADOS	ÁMBITO	TIPO	PRIORIDAD
<b>LLENADO DE LAS OBRAS DE TOMA</b>					
Medio Físico	Hidrología	Volumen de agua superficial	AA	CO	0.14
		Calidad de agua superficial	AA	CN	0.5
		Cambio en trayectorias superficiales	AI	MI	0.5
Medio Biótico	Flora	Biodiversidad	AI	CO	0.5
	Fauna	Biodiversidad	AA	MI	0.5
	Paisaje	Calidad escénica	AA	MI	0.18
Medio socioeconómico	Población	Área de uso	AI	CO	0.18
		Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
<b>CANALIZACIÓN DE LOS CAUDALES</b>					
Medio Físico	Hidrología	Volumen de agua superficial	AA	CN	0.14
		Calidad de agua superficial	AA	CN	0.18
Medio Biótico	Fauna	Biodiversidad	AA	MI	0.5
Medio socioeconómico	Población	Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
<b>PRUEBAS HIDRODINÁMICAS</b>					
Medio Físico	Atmósfera	Ruido	AA	PR	0.14
	Hidrología	Volumen de agua superficial	AA	CN	0.14
Medio socioeconómico	Población	Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
	Economía	Economía individual	AA	CO	0.14
<b>PRUEBAS HIDROSTÁTICAS</b>					
Medio Físico	Atmósfera	Ruido	AI	PR	0.14
	Hidrología	Volumen de agua superficial	AA	CN	0.14
Medio socioeconómico	Población	Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
	Economía	Economía individual	AA	CO	0.14
<b>PRUEBAS DE DESFOGUE</b>					
Medio Físico	Hidrología	Ruido	AI	PR	0.14
		Volumen de agua superficial	AI	CN	0.14
		Cambio en trayectorias superficiales	AA	MI	0.14
Medio socioeconómico	Población	Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
<b>PRUEBAS DE GENERACIÓN</b>					
Medio Físico	Atmósfera	Ruido	AA	CN	0.14

SISTEMA AMBIENTAL DEL PROYECTO	FACTOR AMBIENTAL DESCRITO	ATRIBUTOS AMBIENTALES IMPACTADOS	ÁMBITO	TIPO	PRIORIDAD
Medio socioeconómico	Población	Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
<b>PUESTA EN MARCHA</b>					
Medio Físico	Atmósfera	Ruido	AA	CN	0.14
	Hidrología	Volumen de agua superficial	AI	CN	0.5
Medio socioeconómico	Población	Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
		Infraestructura	Condición de los caminos	AI	CO
		Cobertura de servicios sanitarios	AI	CN	0.14
	Economía	Economía individual	AA	CO	0.14
		Economía local	AI	CO	0.14
		Economía regional	AI	CO	0.14
<b>TOMA DE LOS CAUDALES</b>					
Medio Físico	Hidrología	Volumen de agua superficial	AA	CN	0.14
		Calidad de agua superficial	AA	CN	0.14
Medio socioeconómico	Población	Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
<b>DESFOGUE DEL CAUDAL</b>					
Medio Físico	Hidrología	Calidad de agua superficial	AI	CN	0.14
<b>MANTENIMIENTO</b>					
Medio Físico	Atmósfera	Ruido	AA	CN	0.14
	Hidrología	Uso del recurso	AA	CN	0.14
Medio Biótico	Flora	Biodiversidad	AI	MI	0.5
	Fauna	Biodiversidad	AI	RE	0.5
Medio socioeconómico	Población	Salud de la población	AI	CO	0.14
		Seguridad e integridad personal	AA	PR	0.14
	Infraestructura	Condición de los caminos	AI	CO	0.14
		Cobertura de servicios sanitarios	AI	CN	0.14
	Economía	Economía individual	AA	CO	0.14
		Economía local	AI	CO	0.14

## Descripción de las medidas de prevención y control de los impactos ambientales.

Las medidas de prevención y control de los impactos ambientales se diseñaron para cada impacto ambiental causado, y posteriormente agrupadas por afinidad de cada una de ellas según el factor ambiental impactado. La finalidad de agrupar las medidas de mitigación por factor ambiental es obtener la suma de la calificación de prioridad, lo que permitirá evaluar el nivel de cumplimiento durante la aplicación del programa de seguimiento de calidad ambiental del proyecto.

Análisis de los posibles impactos sinérgicos y acumulativos.

Red de interacción de impactos sinérgicos. La red de impactos sinérgicos sobre los factores ambientales se construye para determinar aquellos impactos ambientales indirectos que pudieran resultar acumulativos a los impactos ambientales causados por el proyecto, y mitigados con las actividades correctivas explicadas. De esta manera se evalúa si existe la necesidad de ejecutar medidas de mitigación adicionales a las ya enlistadas anteriormente. Las medidas que tiendan a mitigar los impactos ambientales sinérgicos serán explicadas de manera individual, siempre y cuando no se trate de un esfuerzo mayor en la mitigación de un impacto sinérgico con una medida ya definida con anterioridad.

Solo se consideran los impactos ambientales con un valor ponderado MUY PERJUDICIAL (<-5.5), pues se sabe que las medidas de mitigación propuestas resultan suficientes para revertir el efecto negativo de aquellos impactos puntuales y con un valor ponderado PERJUDICIAL o IRRELEVANTE. Cortes al talud natural. Los cortes al talud natural producirán impactos que podrían ser acumulativos y sinérgicos al desestabilizar la estructura del terreno. De manera previa, el terreno mantiene un grado de pendiente determinado por factores físicos como el viento y la lluvia. El corte del talud natural modifica la pendiente y consecuentemente el empuje de tierras, en particular en la base de los cortes, provocando un deslizamiento del material conocido como movimiento en masa.

El que una ladera permanezca estable o sufra un deslizamiento depende de varios factores, entre los que están:

- Características del terreno: Los lugares montañosos con pendientes fuertes son los que con más facilidad sufren deslizamientos, aunque en ocasiones pendientes de muy pocos grados son suficientes para originarlos si la roca está muy suelta o hay mucha agua en el subsuelo.
- En las regiones lluviosas suele haber espesores grandes de materiales alterados por la meteorización y el nivel freático suele estar alto lo que, en conjunto, facilita mucho los deslizamientos.
- Macizos rocosos con fallas y fracturas tienen especial importancia en los desprendimientos. En estos lugares cuando llueve intensamente con facilidad se pueden producir desprendimientos.

- Los ríos van erosionando la base de las laderas y provocan gran cantidad de deslizamientos.
- Los movimientos de tierras y excavaciones que se hacen para construir carreteras, edificaciones, obras de toma, minas al aire libre, etc., rompen los perfiles de equilibrio de las laderas y facilitan desprendimientos y deslizamientos. Además normalmente se quitan los materiales que están en la base de la pendiente que es la zona más vulnerable y la que soporta mayores tensiones lo que obliga a fijar las laderas con costosos sistemas de sujeción y a estar continuamente rehaciendo las vías de comunicación en muchos lugares.

#### Programa de Seguimiento de Calidad Ambiental.

El Programa de Seguimiento de Calidad Ambiental (PSCA) es concebido como un instrumento de gestión destinado a delinear las estrategias de ejecución de cada uno de los programas, procedimientos, medidas, prácticas y acciones, orientados a prevenir, eliminar, minimizar o controlar aquellos impactos ambientales o sociales negativos determinados como significativos, y que fueron explicados en los apartados correspondientes en la documentación de la MIA regional del proyecto y de la información adicional presentada. De igual forma, el Programa de Seguimiento de Calidad Ambiental busca maximizar aquellos aspectos identificados como positivos durante la evaluación del proyecto.

Por lo tanto, el Programa de Seguimiento de Calidad Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio, debe ser entendido como una herramienta dinámica, y por lo tanto variable en el tiempo, la que deberá ser actualizada y mejorada en la medida en que la operación del proyecto hidroeléctrico así lo demande. Esto implica que el promotor del proyecto, primero durante la construcción y posteriormente en la operación del mismo, deberá mantener un compromiso hacia el mejoramiento continuo de los aspectos ambientales, sobre los cuales fueron reconocidos impactos en la sección correspondiente a la identificación de impactos ambientales potenciales del proyecto.

#### Objetivo.

El presente Programa de Seguimiento de Calidad Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio, se ha desarrollado basado en los siguientes objetivos:

- Prevenir, controlar, minimizar, mitigar y compensar los impactos ambientales negativos que las diferentes fases del Proyecto puedan generar.
- Asegurar el cumplimiento de las operaciones de la instalación con las leyes, reglamentos, ordenanzas y normas ambientales vigentes en México, en particular con el Reglamento en Materia de Impacto Ambiental de la LGEEPA, y de las condicionantes establecidas en la autorización de impacto ambiental que sea emitida por la SEMARNAT.

Alcance.

El presente Programa de Seguimiento de Calidad Ambiental -PSCA- constituye un conjunto de planes, procedimientos, medidas y acciones que el promovente del proyecto, el constructor y el operador del mismo deberán implementar para prevenir, eliminar, minimizar, controlar y compensar los impactos negativos que el Proyecto inducirá en el entorno. Así mismo, el plan propone maximizar aquellos aspectos positivos del Proyecto. En su forma general, el PSCA comprende programas de gestión ambiental y social para la Etapa Previa a la Construcción, para las Etapas de Construcción, Llenado de Embalses, Operación del Proyecto, y finalmente para la Etapa de Abandono de las obras.

En la etapa previa a la construcción, se proponen medidas que deberán ser coordinadas directamente por el promotor del proyecto, en lo que respecta a la intervención de zonas boscosas, y en especial, en lo referente al manejo de los componentes flora y fauna que fueron caracterizados para el Sistema Ambiental Regional (SAR).

Para el caso de la etapa de construcción del proyecto, las medidas de manejo ambiental incluyen procedimientos y acciones específicos a ser ejecutados por el propietario del proyecto, a través de una empresa especializada en manejo ambiental y restauración de ecosistemas. El PSCA incluye, entre otros, los siguientes planes y programas: programa de manejo de residuos peligrosos y no peligrosos, manejo de campamentos, almacenes y talleres, medidas de prevención de contaminación de suelos y cuerpos de agua, y medidas de mitigación para emisiones al aire, niveles de ruido, y medidas específicas para el componente biótico del SAR.

El PSCA incluye una descripción de trabajos concretos a realizarse, con plazos y presupuestos estimados. También se incluyen las líneas de acción y el enfoque para la implementación del mismo PSCA, así como los indicadores particulares que deberán ser registrados, medidos y monitoreados a lo largo de la implementación de cada programa particular que conforma este PSCA. Finalmente se incluyen programas de monitoreo particulares, seguimiento y auditoría ambiental para la etapa de construcción del proyecto.

La etapa previa al llenado de los embalses, conlleva la aplicación de un programa de medidas de mitigación y compensación. Se identifican programas de compensación que incluyen la restauración de superficies ambientalmente frágiles, y de aquellas afectadas por la implementación de la etapa constructiva del Proyecto. Además, el propio proyecto vincula al PSCA con un programa de compensación por pérdida de tierras a los propietarios de áreas a inundarse. El alcance de los programas aquí desarrollados incluye actividades específicas, sin embargo en algunos casos, estas deberán ser estudiadas a mayor nivel de detalle y redefinidas durante el desarrollo del proyecto, permitiendo así la correcta ejecución del PSCA y el éxito de una buena política ambiental por parte del proyecto.

Finalmente, la etapa de operación del proyecto comprende un programa de manejo de los embalses y de la microcuenca del Río Zempoala que incluye medidas de reforestación, monitoreo de la calidad del agua, caudal ecológico en las obras de toma, de manejo de desechos de las Casas de máquinas, y de malezas producto del mantenimiento del embalse, etc. Finalmente se incluyen programas de monitoreo, seguimiento y auditoría ambiental para esta etapa del proyecto.

Valoración de las medidas de mitigación.

Para la interpretación del PSCA del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio, es necesaria la valoración de importancia de las medidas de mitigación, compensación, control, prevención, y/o restauración, el cual se obtuvo del promedio aritmético del valor de prioridad asignado a cada una de ellas. Esto con el objetivo de conocer el valor total de las medidas de mitigación para fines de calificación del Programa de Seguimiento de Calidad Ambiental, que será descrito más adelante. El valor obtenido para cada factor es el componente numérico para la obtención del valor de importancia de la mitigación de cada factor que compone el SAR. El valor de importancia de la mitigación está expresado por el cociente del valor promedio aritmético de las medidas de mitigación y la suma del valor de prioridad de cada medida aplicada.

Valor de importancia de las medidas de mitigación para el PSCA.

Factor	Valor de prioridad	Valor de importancia de la mitigación
Geomorfología	0.34	0.10
Suelos	0.43	0.08
Atmósfera	0.14	0.06
Hidrología	0.18	0.10
Flora	0.44	0.20
Fauna	0.50	0.20
Paisaje	0.16	0.20
Población	0.18	0.09

Estructura del plan de manejo ambiental.

La siguiente es la estructura propuesta para el Programa de Seguimiento de Calidad Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio.

Los programas a ser ejecutados con el inicio en las fases de construcción, llenado, operación y cierre del proyecto son los siguientes:

Etapa de Preparación o Programa de Implementación de Política Ambiental del Proyecto. Etapa de construcción o

- I. Programa de cortes y estabilización de taludes. o
- II. Programa de mitigación y control de emisiones al aire y contaminación por ruido. o
- III. Programa de manejo de residuos no peligrosos. o

- IV. Programa de manejo de residuos peligrosos. O
- V. Programa de manejo de descargas líquidas provenientes de las obras. O
- VI. Programa de prevención y control de la erosión y protección del suelo. o
- VII. Programa de manejo de flora y fauna.
- VIII. Programa de Manejo de la Materia Vegetal Retirada del Embalse.
- IX. Programa de seguridad, salud, e higiene.
- X. Control de la erosión de la cuenca de los embalses. Etapa de operación.
- XI. Remoción de Sedimentos de los Embalses.
- XII. Programa de Manejo de los Embalses.
- XIII. Programa de monitoreo ambiental. Etapa de abandono
- XIV. Plan de abandono y restauración. Etapa de preparación. Programa de implementación de la política ambiental del proyecto.

El propietario del proyecto, o la entidad que se designe para gestionar el proyecto, formularán una política ambiental y de manejo social para el Proyecto Hidroeléctrico San Antonio. Los siguientes son principios básicos que conformarán la política ambiental y de manejo social para el Proyecto:

1. Cumplir con el Plan de Manejo Ambiental del proyecto y por ende con las leyes y reglamentaciones ambientales federales, estatales, y municipales.
2. Desarrollar las etapas de construcción y operación del proyecto, considerando la prevención, mitigación, control y compensación de los impactos ambientales y sociales previstos, y realizando los efectos positivos que el proyecto generará.
3. Otorgar especial énfasis al desarrollo y bienestar comunitario de las áreas de influencia del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio.
  - La política ambiental y social deberá ser difundida a todo el personal de la empresa, así como los contratistas que se integren al desarrollo del proyecto.
  - Para la implementación de la política ambiental del proyecto, se requiere la creación de una gerencia o superintendencia de medio ambiente, que se encargue de la aplicación de las estrategias coordinadas con la empresa especializada en manejo ambiental. Ambos actores fungirán como gestores de la política ambiental del proyecto.
  - La política ambiental del proyecto estará fundamentada en las siguientes acciones estratégicas:
    - Implementar las resoluciones de la SEMARNAT.
    - Implementar las acciones ambientales de las medidas de mitigación que componen el PSCA
    - Compatibilizar los objetivos y metas del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio con la política ambiental y social del país.

- Actualizar el PSCA sobre cambios en las leyes, reglamentos, ordenanzas y normas ambientales.
- Establecer, en concordancia con el organigrama de GENERACION ELECTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V las funciones de los empleados y contratistas, las líneas de autoridad, de reporte y de responsabilidad respecto al PSCA.
- Realizar un seguimiento al PSCA y tomar medidas correctivas, con énfasis en la prevención.
- Dirimir conflictos de autoridad o responsabilidad con respecto al PSCA y sus distintos componentes.
- Gestionar ante la SEMARNAT y autoridades afines los cambios, modificaciones, reportes y comunicaciones necesarios.
- Establecer un presupuesto anual para implementar el PSCA a lo largo de la etapa de construcción, y al menos durante 5 años durante la etapa de operación, para el componente de monitoreo de indicadores ambientales.
- Mantener registros documentales de los planes y programas que conforman el PSCA.

#### Directrices Principales.

Las directrices ambientales principales que el promovente, o el personal designado por éste establecerán, son las siguientes:

- Estudios Ambientales.- Desarrollar los estudios ambientales necesarios para aquellos proyectos u obras anexas a implementarse, o para modificaciones mayores de las obras originalmente previstas. Así por ejemplo, los posibles cambios de trazo de las obras lineales del proyecto.
- Etapa de Construcción - o de un posible incremento en la capacidad de generación hidroeléctrica - Etapa de Operación - requerirán estudios ambientales de acuerdo a las regulaciones ambientales vigentes. Además, la empresa realizará revisiones ambientales periódicas durante las dos etapas del proyecto (construcción y operación). El propietario del proyecto comunicará los resultados de las revisiones ante la SEMARNAT de manera semestral.
- Evaluación de Gestión Ambiental Interna.- Implementar procedimientos internos de evaluación continua del desempeño del PSCA de acuerdo al valor de importancia de las medidas de mitigación. Este proceso de evaluación determinará las actualizaciones o modificaciones necesarias al PSCA, de ser el caso, y acordes con la evolución y cambios en las regulaciones ambientales, en las condiciones físicas, bióticas y socioeconómicas en el Sistema Ambiental Regional del proyecto.
- Responsabilidades.- Asignar y establecer los flujos de información y las responsabilidades en cada etapa del proyecto y para los diferentes programas de manejo ambiental a ejecutarse. Para esto, el presente PSCA incluye una descripción de los procedimientos a seguirse, para el control, reducción, mitigación y compensación de los impactos

ambientales. La empresa adoptará y mejorará en la medida necesaria los procedimientos aquí establecidos.

- **Coordinación Interinstitucional.-** La ejecución y vigilancia de diferentes medidas de manejo ambiental requerirán la coordinación efectiva. Se encuentran medidas tales como obras de infraestructura, obras de saneamiento ambiental, control de vectores de enfermedades asociadas con agua del embalse. Además, requerirán de una efectiva coordinación y del cumplimiento de acuerdos, tanto técnicos como económicos, entre el propietario del proyecto, y los reguladores y representantes de los grupos de involucrados con los que se hayan establecido los acuerdos.
- **Relaciones Comunitarias y Opinión Pública.-** El propietario del proyecto o el gestor del proyecto designado, establecerá mecanismos de recepción y atención de opiniones de las partes interesadas. Se registrarán las diversas opiniones y se establecerá un procedimiento de evaluación y respuesta, manteniéndose registros de las acciones ejecutadas.
- **Difusión del Plan de Manejo Ambiental.-** Asegurar que todo el personal involucrado conozca el Plan de Manejo Ambiental, y adopte los procedimientos ambientales respectivos. Estos procedimientos se extenderán al personal de las empresas contratistas y prestatarios de servicios. Se establecerá el nivel y métodos necesarios de capacitación requeridos, así como los requerimientos de registros y archivo necesarios.
- **Actualización Legal.-** Mantener un registro actualizado de las regulaciones ambientales vigentes, en lo relacionado a las actividades que desarrolle la organización.
- **Etapas de Construcción y Llenado de Embalses.-** La etapa de construcción para propósitos del PSCA, se entiende desde la movilización de la empresa constructora designada al área y el inicio de los movimientos de tierra hasta la culminación de los cuerpos de las obras de toma. El llenado de embalses se define como la finalización de la construcción de las obras de toma y represamiento parcial de los ríos Zempoala y Ateno hasta alcanzar la cota de operación del proyecto, así como la conducción a través de las tuberías. La etapa de construcción requerirá aproximadamente tres años, y el llenado de los embalses compensadores aproximadamente de 5 horas a 18 días, dependiendo de la temporada en que la obra de toma se haya terminado.

## Pronósticos ambientales regionales y evaluación de alternativas.

### Pronósticos ambientales.

De acuerdo al análisis realizado de los principales indicadores ambientales propuestos para la MIA regional del proyecto, se hace evidente el grado de deterioro de los ecosistemas del SAR. Si bien no se puede precisar con certeza cuál debe ser el grado máximo de conservación, bajo el supuesto de una nula actividad antrópica en el entorno, sí se puede determinar la capacidad de homeostasia del sistema ambiental mediante la medición de los procesos ecológicos, económicos y sociales.

El grado de deterioro ambiental se ve reflejado en la tasa de deforestación que presenta el SAR entre las distintas fechas medidas. La tasa de deforestación está relacionada estrechamente con el desmonte para tierras agrícolas. Principalmente en terrenos cuya pendiente es menor a los 30°, sin embargo existen sitios del SAR donde el cultivo de maíz, frijol o café se realizó en pendientes superiores a los 30°. La actividad agrícola y ganadera es una de las principales causas de deforestación y fragmentación del hábitat. Está ampliamente documentado que, la pérdida de la vegetación detona consecuencias severas sobre otros factores que componen el sistema ambiental. La erosión del suelo, la disminución del caudal hidrológico, el incremento de la temperatura de microclimas, la pérdida de la diversidad de fauna, y los riesgos de fenómenos de remoción en masa, son las principales consecuencias de la deforestación y la fragmentación de los ecosistemas del SAR.

Al considerar que el SAR actualmente está sometido a un proceso intenso de presión sobre los recursos naturales, en particular el suelo para cultivo, los pronósticos ambientales del SAR son reservados. Esto en función de la calidad ambiental del SAR, y los servicios ambientales que presta aún en las condiciones de fragmentación en las que se presenta.

La presente sección evalúa la alternativa de construir el Proyecto Hidroeléctrico San Antonio, contra la alternativa de no construir el mismo (alternativa cero). El análisis se fundamenta en los criterios de ingeniería ambiental aplicables al Proyecto y desarrollados en el capítulo 2, así como también a la interrelación de las obras de ingeniería con el entorno y con la sociedad, en las distintas etapas implicadas; estas son: etapa de preparación, etapa de construcción, fase de llenado del embalse, etapa de operación y etapa de abandono.

### Escenario cero.

La alternativa 'cero' del Proyecto Hidroeléctrico San Antonio, hace referencia a las condiciones actuales del SAR, sin contemplar la construcción de la infraestructura considerada como parte de dicho proyecto. Esto es, no se

construirían: la obra de derivación, la tubería de presión, la casa de máquinas, y la línea de transmisión.

La alternativa 'cero' se analiza a continuación bajo la adopción de diferentes enfoques de índole general (aspectos socio-ambientales, de planificación, técnicos, y económico - financieros), que permitirán posteriormente compararla con la alternativa 'uno' correspondiente a la ejecución del Proyecto.

#### Aspectos ambientales.

En lo concerniente a aspectos ambientales, la no ejecución del Proyecto determinará la inexistencia de impactos sobre el entorno físico, biótico, y socioeconómico, en el área de implantación de las obras. Esto es, no se producirán alteraciones al entorno, manteniendo éste su estado actual o de línea base.

Sin embargo, se estaría dejando de lado una importante oportunidad para el desarrollo económico en la región, incluyendo potenciales puestos de empleo. Esto, además del desaprovechamiento del potencial hidroeléctrico y de energías renovables de la región, dando paso a la posible instalación de subestaciones que distribuyan energía de plantas termoeléctricas operadas con combustibles fósiles.

El diagnóstico ambiental del SAR revela una disminución en su calidad a lo largo del tiempo. Como se estableció en la sección de los indicadores ambientales, en el lapso de 20 años se habría perdido aproximadamente el 28% de la superficie con vegetación natural en el SAR. El alto grado de perturbación es además evidenciado por las especies indicadoras tolerantes a una alta variación de los factores físicos del ecosistema. Simultáneamente se puede notar que el valor de importancia arbórea del SAR, está dominado por dos o tres especies, y cuyas clases diamétricas están desplazadas hacia los individuos jóvenes, pero no se refleja una estructura normal, en algunos casos, de la distribución de las clases medidas. El reflejo de los indicadores respecto a la calidad ambiental del SAR, es una tendencia de deterioro, si bien no acelerada, por lo menos perceptible a niveles ecológicos profundos.

#### Aspectos de ordenamiento.

Si bien existe una zonificación turística del SAR, no existe un programa de ordenamiento territorial autorizado que delimite las unidades de gestión ambiental de acuerdo a su uso del suelo, y su grado de conservación. Dadas estas condiciones, el desarrollo de las actividades humanas dentro del SAR tiene aspectos caóticos e indiscriminados. Esto se debe a que la población está dispersa igualmente en el SAR.

Las políticas públicas de los municipios empiezan a implementar medidas de respeto hacia el medio ambiente, pero entre las que aún faltan por cumplir se encuentra el tratamiento de aguas residuales urbanas. A lo largo del río Zempoala no se aprecian descargas sanitarias. Pero tampoco se aprecia que los

ayuntamientos que comprende el SAR estén implementando protocolos de saneamiento de aguas residuales, o sistemas organizados de recolección de basura. Esto sucede posiblemente por dos aspectos importantes: el sentido rural de las comunidades del SAR, que aún mantienen prácticas tradicionales de eliminación de basura, al quemarla o desecharla a las inmediaciones de los poblados; y también por el escaso presupuesto municipal. Ambos factores también contribuyen al proceso de deterioro del SAR.

Aspectos técnicos de la producción y distribución de energía.

Según lo descrito en la MIA regional del proyecto, se aprecia la presencia de solo una subestación de porteo y distribución de energía eléctrica, y que además también producen electricidad por diferentes medios, principalmente los hidroeléctricos. Se observa que la energía producida está distribuida entre las poblaciones, las interconexiones con otras redes, y las industrias de la zona.

El efecto inmediato de esta situación es, en principio, la escases de energía en períodos de sequía, y en períodos de alta producción industrial, ya que no existe producción local, y las redes solo sirven de porteo. Seguidamente se puede inferir que el gasto de producción de energía es mayor para la industria, que para el uso público de la energía. Aún cuando el costo de la energía de las industrias no se encuentra subsidiado en la misma proporción que la de uso doméstico, sí se aprecia una disminución constante en el subsidio individual del gasto de las instalaciones familiares en el SAR.

#### Escenario uno.

El escenario uno del análisis se refiere a los efectos del proyecto sobre el medio ambiente del escenario cero descrito. La construcción de todas las obras descritas en la MIA regional del proyecto causarán impactos ambientales negativos y positivos en mayor o menor medida. Se describieron los impactos ambientales causados por las diferentes obras y etapas del proyecto, y se apreció que el impacto más relevante para la construcción del proyecto es la remoción de la vegetación en una superficie de 16.805 Ha, que representan el 0.107 % de la superficie total del SAR.

Aspectos ambientales.

Los efectos negativos subsecuentes al cambio de uso del suelo producido por la construcción del proyecto son: el desplazamiento de fauna, el incremento en el riesgo de erosión, la inestabilidad de taludes naturales, y la contaminación por el uso de materiales peligrosos. Es en la etapa de construcción donde se desarrollan los impactos ambientales más severos. Para la etapa de operación, la creación de un cuerpo de agua por la obstrucción del cauce natural del Río Zempoala, detonará una serie de impactos ambientales relacionados con la pérdida de la vegetación y el uso y calidad del agua. El principal problema a presentarse durante la operación del proyecto es el proceso de eutrofización del

embalse. Esta condición repercutiría en la calidad del agua descargada después de su uso en las turbinas.

Al respecto se plantearon medidas de mitigación particulares a cada caso, y que posteriormente se agruparon, de acuerdo a su grado de afinidad, en un Programa de Seguimiento de la Calidad Ambiental del proyecto. Dicho programa contiene además el monto estimado de la inversión requerida para la ejecución de las obras, y el momento y período en que se ejecutará cada componente del programa. Las medidas de mitigación están orientadas a la mejora ambiental de 68 Has de superficie con vegetación natural, y la creación de espacios de interconexión o corredores entre los fragmentos de vegetación delineados, esto representa que se conservaría una superficie 10 veces más grande que la ocupada por el proyecto. Para lo anterior, se identificaron y delimitaron áreas de importancia de conservación dentro del SAR. En estas zonas es donde el ejercicio de la conservación vinculada al proyecto resultará más efectivo. Si se considera esta superficie dentro de un aspecto normativo y como parte de la política ambiental de GENERACION ELÉCTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V. Las áreas de importancia de conservación también se consideran como superficies de exclusión para el desarrollo de obras o actividades que requieran el cambio de uso del suelo.

Aspectos de ordenamiento.

El desarrollo del proyecto implementará una política ambiental bien definida, centrada en la conservación de los recursos naturales. Dentro del marco normativo interno del proyecto, la aplicación de regulaciones específicas permite delinear estrategias exitosas. Debido a que se pretende realizar la contratación de mano de obra local, el personal funcionará como un vector de información y concienciación a la población general. Este proceso será reforzado con la aplicación de un programa de educación ambiental, y el establecimiento de una estrategia de manejo agroforestal orientada a las comunidades con las que se establecerán relaciones.

Estos aspectos del proyecto permitirán ampliar la concepción del sistema ambiental, pasando de un elemento antiguo y perpetuo, a un sistema dinámico y finito. Una de las metas de GENERACION ELÉCTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V es precisamente alcanzar aquel sistema de pensamiento en las comunidades en las que se desarrollan los proyectos de negocio de la empresa.

El proceso de conceptualizar al SAR como la matriz funcional de las actividades particulares de las personas, está basado en la información constante de los programas de monitoreo ambiental, los planes y programas de restauración, y las medidas de control de la contaminación. En este sentido, uno de los alcances más tangibles del proyecto es el de coadyuvar al saneamiento de la subcuenca hidrológica.

Al controlar el proceso de eutrofización en el punto de derivación del caudal, e incrementar el oxígeno disuelto en el agua del proceso, se permitirá mejorar la

calidad del agua del río Zempoala, que finalmente confluye con el Río Tecuantepec, y forman parte del mismo sistema. Los alcances generales del proyecto se centran no solo en la generación de energía eléctrica, sino en la mejora de la calidad ambiental del SAR.

Aspectos técnicos de la producción y distribución de energía.

El objetivo general es la conducción de un caudal promedio de 18.86 m<sup>3</sup>/s de los ríos Zempoala y Ateno hacia dos casas de máquinas que genere más de 37 MW de energía eléctrica. Tal objetivo se deriva de las necesidades por satisfacer el consumo energético de GENERACION ELECTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V. El propósito detonante del proyecto es mantener un nivel de competitividad en el mercado mundial de ferroaleaciones, por lo que el abatimiento en el costo de los insumos más importantes incrementará el margen de operación y utilidad del proceso.

Toda vez que la alternativa de autoabastecimiento mejora la situación y competitividad de la industria, la producción de energía eléctrica obliga invariablemente a la utilización de insumos para el funcionamiento de los equipos generadores, utilizando en su mayoría combustibles fósiles que requieren inversiones importantes para el control de emisiones contaminantes, sin embargo, existen alternativas como la generación hidroeléctrica que suprime en gran medida la problemática por utilización de carburantes y reduce, en consecuencia, los costos de operación.

Así se observa que la inclusión de 37 Mw a la red de la zona del a región Terrestre Prioritaria de Cuetzalan incrementará la oferta de energía eléctrica para el sector público. Esto sucederá de manera indirecta, pues no es intención de GENERACION ELECTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V realizar la venta de energía eléctrica a terceros industriales o poblaciones, como sucede con otros proyectos en desarrollo en el país.

## Conclusiones.

La Manifestación de Impacto asociada al PH San Antonio, señala los cambios más importantes que experimentará el SAR durante la preparación del sitio que alojará a las presas, así como aquellos que se presentaran durante la construcción, llenado y operación de dicha hidroeléctrica.

Esta central contará con una tecnología de turbinas tipo Pelton. Su embalse no inundará ninguna superficie con cobertura vegetal, siendo que el nivel de aguas alcanzado está dentro del nivel máximo del funcionamiento hidráulico de cada uno de los cauces aprovechados por el proyecto.

Cabe mencionar que el proyecto está concebido para impactar un área 100 veces menor respecto a otras hidroeléctricas que tienen una generación de energía similar; esto ha sido posible gracias al diseño de la altura de la cortina

de la presa, pues no se crean zonas de inundación permanentes que afecten las superficies naturales.

Es importante considerar que esta manifestación, está basada en una diagnosis ambiental y socioeconómica principalmente generada mediante trabajo de campo, así como en un análisis retrospectivo de la información existente.

Para evaluar los impactos asociados al proyecto, fue necesario realizar una diagnosis de las condiciones que prevalecen en la zona antes del establecimiento de la hidroeléctrica, encontrándose una mezcla de zonas conservadas y con diferente grado de perturbación, debido a la influencia de actividades antropogénicas que no están regidas por un plan de manejo sustentable. Es por ello que se observa deterioro mínimo, tanto en el sistema terrestre como en el acuático.

El diagnóstico del sistema socioeconómico indica que los habitantes se ocupan en actividades de autosubsistencia, principalmente agropecuarias, y sólo en algunas localidades se comercializan los remanentes de su producción. Esto trae consigo que la mayoría de ellos no perciban ingresos monetarios; del estudio se dedujo que existe una alta correlación entre estos bajos salarios y altos niveles de marginación.

Por lo anterior, fue necesario precisar cuáles serían los principales impactos negativos de la construcción y operación del proyecto y las alternativas que lleven a prevenirlos, compensarlos o mitigarlos para que se puedan realizar en el proyecto. De aquí la importancia de no sólo impactar adversamente lo menos posible a la zona con el proyecto, sino de además incorporar al recurso agua para incrementar el desarrollo socioeconómico de la zona afectada, convirtiendo entonces la existencia del embalse en un impacto benéfico.

Se considera que de la serie de impactos adversos por la construcción y operación del proyecto, los más importantes son:

- a) El cambio de uso del suelo forestal por la construcción de la cimentación de las presas derivadoras, la tubería de presión y las torres de la línea de transmisión.
- b) La disminución del caudal natural de los ríos Zempoala y Ateno, y la posible anoxia en el punto de derivación
- c) La afectación a la fauna del área que ocupará el embalse (principalmente pequeños mamíferos y reptiles).
- d) Modificación en el transporte y volumen de sedimentos en el río, ya que la cortina de las presas los retendrán. Los impactos ambientales más evidentes causados por el proyecto, sucederán durante la preparación y construcción de las obras, sin embargo las condiciones técnicas de la misma provocan que se presente un efecto de borde, que bien puede ser sorteado por algunas especies. Sin embargo esto no presenta una situación crítica debido principalmente a las condiciones orográficas del sitio.

La construcción del PH San Antonio no presentará impactos ambientales directos mayúsculos dentro del SAR, pues como se ha mencionado, éstos se producirán de manera puntual durante la construcción en superficies de calidad ambiental media a baja, y cuyas características de manejo son de rehabilitación y restauración. Por lo tanto, la aplicación de medidas de mitigación son suficientes para minimizar los efectos directos del proyecto sobre las áreas intervenidas, amén de los planes y programas de monitoreo sugeridos para las áreas de influencia.

La viabilidad de construcción del proyecto es cierta, sólo cuando se cumplan las siguientes acciones relativas a la conservación del equilibrio ecológico del sistema ambiental regional:

- Si el proyecto requiere la utilización de superficies mayores a las consideradas como vía de comunicación, deberá realizarse el estudio técnico justificativo para el cambio de uso de suelo. De igual manera se deberán tramitar los permisos de uso de suelo de zona federal y autorización de construcción en zona federal, debido a la construcción de los nuevos cuerpos de los puentes existentes.
- El impacto ambiental más relevante causado por el proyecto es la disminución de caudal del Río Zempoala, aguas abajo de su derivación. Pero es considerado irrelevante ya que se reintegrará el mismo caudal al punto de confluencia tributaria del Río Ateno al Río Zempoala.
- La compensación ambiental por la superficie de ocupación del proyecto deberá ser al menos 4 veces la superficie impactada.
- Las actividades del programa de manejo extiendan su desarrollo hacia las comunidades aledañas.
- Se promuevan las actividades silvícolas sustentables con el manejo de al menos 30 Has como parcela demostrativa.
- Se implemente un programa de rehabilitación de la cuenca del SAR, liderando el programa en el aspecto operativo, y gestionando su aplicación. Para ello GENERACION ELECTRICA SAN ANTONIO S.A DE C.V deberá tener una participación económica de por lo menos el 3% del total del costo del programa.

Dada la alta capacidad de resiliencia del SAR, y el efecto descrito en el párrafo anterior, el proyecto producirá un impacto evidente, pero no significativo ni extenso, debido al cambio de uso del suelo forestal para la construcción de las obras. Para asegurar la viabilidad ambiental de las zonas de afectación directa y de influencia del proyecto, deberá ejecutarse un estudio de indicadores ambientales que permitan determinar los efectos reales del proyecto sobre los factores ambientales con mayor magnitud de cambio. Dicho estudio deberá realizarse durante al menos 5 años, para poder determinar en una primera etapa, las áreas donde deberán aplicarse medidas de corrección y restauración. La meta del estudio deberá ser la identificación plena del cambio ambiental y el diseño de medidas de compensación y restauración que deberán implementarse dentro del SAR.

Por tanto, el PH San Antonio se percibe como un proyecto amigable con el entorno natural, que permitirá garantizar el abastecimiento de energía eléctrica a través del agua como recurso limpio y renovable. Así, aunque los efectos negativos de la construcción del proyecto son dramáticamente evidentes, la aplicación de las medidas recomendadas en este documento, y aquellas que se le adicionen, garantizará la percepción amigable del proyecto, permitiendo entonces su construcción, con la obligada restauración de las áreas afectadas, y la integración de superficies para prácticas de manejo ambiental en colaboración con los propietarios, ejidos y comunidades presentes en el sistema ambiental regional del proyecto.

## Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental

### Presentación de la información

Para llevar a cabo este estudio de evaluación del impacto ambiental se emplearon los siguientes instrumentos y metodología:

1. Los planos que incluyen las especificaciones del proyecto fueron elaborados de manera exclusiva para este desarrollo y proporcionados por el promovente.
2. Se utilizó cartografía elaborada por INEGI, por la UNAM, para la caracterización hidrológica, fisiográfica, climática, edafológica, de vegetación y fauna del proyecto y su zona de influencia.
3. Se realizó levantamiento fotográfico en el 100% del área de estudio, los Análisis e interpretación: En este aspecto, se tomó en consideración los resultados emanados de la matriz de impactos y a través del método de reflexión y cuantificación se llegó a los resultados que se enuncian y concluyen en el presente documento.

### Cartografía

Se presenta los planos correspondientes de hidroeléctrica.

### Fotografías

Se anexan

### Videos

No aplica

## Otros anexos

### Memorias

Se anexa

### 8.3 Glosario de términos

**Ámbito:** espacio incluido dentro de ciertos límites.

**Alcance: (Scoping):** fase siguiente al Sondeo (screening) en la que se determina la proyección y contenido del análisis de evaluación ambiental a partir de las características de la actividad, la información relevante del medio receptor, consultas a expertos e implicados y la identificación preliminar de los efectos previsibles.

**Área de influencia:** espacio físico asociado al alcance máximo de los impactos directos e indirectos ocasionados por el proyecto en el sistema ambiental o región, y que alterará algún elemento ambiental.

**Desarrollo sustentable:** es el progreso social, económico y político dirigido a satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades; es el mejoramiento de la calidad de vida humana sin sobrepasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan; es un concepto multidimensional que abarca las diversas esferas de la actividad humana: económica, tecnológica, social, política y cultural.

**Desequilibrio ecológico grave:** alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que pueden ocasionar la destrucción, aislamiento o fragmentación de ecosistemas.

**Ecosistema estratégico:** es aquel (o aquellos), de los que depende directamente el funcionamiento y el bienestar de la sociedad. Su carácter estratégico deriva de la dependencia que respecto a ellos tienen los procesos básicos de la sociedad.

**Ecosistemas ambientalmente sensibles:** son aquellos que tienen una muy alta y comprobada sensibilidad del deterioro de las condiciones, por mínimas que éstas sean, de la calidad de su ambiente, derivadas de la introducción de presiones externas.

**Entorno:** es el área de influencia de un proyecto, plan o programa.

**Escenario:** descripción integral de una situación en el futuro como consecuencia del pasado y el presente, usualmente como varias alternativas: posibles o probables; es un insumo a la planeación a largo plazo para el diseño de estrategias viables. Su propósito es anticipar el cambio antes de que éste se vuelva abrumador e inmanejable.

Especies amensales: en una relación entre dos especies, aquella que se inhibe mientras la otra no se afecta.

Especies comensales: se trata de aquellas especies que se benefician a costa de otra sin causarle ningún daño ni afectar a esta.

Estudio de impacto ambiental: documento que presenta la información sobre el medio ambiente, las características de la actividad a desarrollar (o proyecto) y la evaluación de sus afectaciones al medio ambiente.

Evaluación ambiental: predicción, identificación, caracterización y valoración de los impactos ambientales aun