



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Diagnóstico ambiental del parque ecoturístico
Presa El Llano, Villa del Carbón, Edo. de México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

PRESENTA:

Mireya Moreno Díaz

DIRECTORA DE TESIS:

M. en C. Ana Lilia Muñoz Viveros

Los Reyes Iztacala, Estado de México. 2014





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser mi segunda casa desde que iba en la prepa, porque aquí he vivido muchos de los mejores momentos de mi vida hasta ahora...

A la M. en C. Ana Lilia Muñoz Viveros porque además de ser mi directora de tesis y parte fundamental para su realización, es una gran persona. Gracias por ayudarme a crecer en lo profesional y por su apoyo en lo personal, por su tiempo, sus consejos, paciencia, confianza, por ser siempre tan comprensiva y tener siempre una sonrisa y una palabra de aliento para nosotros sus alumnos.

A mis sinodales Dr. Daniel Jesús Muñoz Iniestra, M. en C. Jonathan Franco López, M. en C. María Edith López Villafranco y Biól. Eduardo Evaristo Reyes Duarte, por su apoyo, asesoría y aportaciones para este trabajo.

A los Biólogos Pedro González Julián, Noé Lucio Contreras, Ana G. García Martínez, Luis E. Moya Aguilar y al P. de Biól. Jonathan E. Franco Treviño por su apoyo y colaboración durante las salidas a campo.

Al Dr. Daniel Jesús Muñoz Iniestra por su apoyo en los análisis de suelo.

A la QFB Esperanza Robles Valderrama por su apoyo en el análisis de la calidad de los cuerpos de agua.

Al Biólogo Pedro González Julián por su apoyo en la identificación de insectos acuáticos y a la P. de Biól. Denisse E. Hernández González por apoyarme en los análisis de las muestras de suelo.

A los trabajadores y administradores del parque presa El Llano por las facilidades que me brindaron para la realización del trabajo de campo.

A la Comisión Mexiquense de Ciencia y Tecnología por la beca que me brindo ya que con esos recursos fue posible la realización de esta tesis.

Dedicatoria

A mis padres Laura y Mario, nunca voy a terminar de agradecerles todo lo que han hecho por mí, gracias por confiar y creer en este sueño y ayudarme a realizarlo. Saben que este logro es tanto mío como de ustedes. Gracias por su amor, comprensión y consejos, por estar siempre conmigo cuando más lo necesito, apoyándome y alentándome a seguir adelante. A ti mamá por tu tiempo, por lo que me has enseñado a lo largo de mi vida, por escucharme, preocuparte por mí y estar al pendiente en todo momento. A ti papá por apoyarme en todos los aspectos tanto económico como moral, por ser un ejemplo para mí, gracias por tu compromiso hacia nosotros y por todo lo que nos has dado.

A mi hermano Julio, gracias por ser mi compañero de vida, por siempre sacarme una carcajada con tus ocurrencias, aún en los momentos más estresantes, por soportarme en mis ratos de mal humor, por estar ahí siempre y en los momentos más difíciles. Gracias por todas las cosas que hemos compartido y por apoyarme durante esta etapa.

A mis mejores amigos Jess, Romy y Antonio porque ustedes son de esos amigos que se cuentan con los dedos de la mano, gracias por todos los momentos que hemos pasado juntos, por estar en las buenas y en las malas, por levantarme el ánimo cuando las cosas no van bien o se tornan difíciles, por sus consejos, por su apoyo, por comprenderme y aguantarme, por eso y tantas cosas más...gracias por su amistad!

A mis amigos Jonathan e Itzel también por los momentos vividos, por sus consejos, por apoyarme, por darme ánimos siempre y tenderme la mano cuando lo necesité.

A mis amigos de sexto semestre Marcos, Paco y Kike por los momentos divertidos que vivimos, por las risas, por las prácticas de campo, por acompañarme durante este tiempo y apoyarme.

A mis compañeros y amigos de laboratorio en especial a Carilú, Nayeli, Pedro, Noé, Anita e Isa, gracias por esos días de laboratorio, por las risas, por estar juntos en los momentos de estrés y desesperación, por hacer más ameno el trabajo, porque en el tiempo que compartimos fuimos unidos y sé que puedo contar con ustedes.

A todas aquellas personas que me acompañaron en alguna parte de este camino, ya sea poco o mucho tiempo, pues de todos he aprendido algo.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue elaborar un diagnóstico ambiental del parque ecoturístico presa “El Llano”, Villa del Carbón, Estado de México, un importante centro de recreación que ofrece diversos servicios ecoturísticos dirigidos principalmente a los habitantes de la región y Distrito Federal, el cual carece de mantenimiento y de un aprovechamiento sustentable en cuanto a recursos naturales. El estudio se realizó en tres fases: recopilación de información, trabajo de campo, de laboratorio y trabajo de gabinete (análisis). Se caracterizó el medio físico, biótico, socioeconómico y el paisaje, se identificaron las principales actividades generadoras de impacto y se evaluó su efecto sobre los diferentes componentes del ambiente, finalmente se propusieron medidas de mitigación para dichos impactos. La presa “El Llano” se localiza en la localidad de San Jerónimo Zacapexco en la porción Sur del municipio, a una altitud promedio de 2800 m, pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transversal y a la subprovincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac, así como a la Región Hidrológica del Pánuco. La caracterización de los cuerpos de agua locales, los cuales son el río San Jerónimo que a su vez alimenta a la presa “El Llano”, mostraron muy buena calidad. El suelo que se presenta en las áreas de bosque resultó de una alta calidad, mientras que en las áreas de cultivo y pastizal la calidad es de baja a moderada. Se identificaron cuatro tipos de vegetación: bosque mixto, bosque de pino, bosque de encino y pastizal inducido, asimismo se observaron áreas de cultivo y zonas reforestadas. Se registraron un total de 100 especies vegetales incluidas en 37 familias, siendo las más representativas Asteraceae, Poaceae, Rosaceae y Scrophulariaceae. En cuanto a la fauna de vertebrados se identificaron un total de 73 especies, siendo la clase mejor representada las aves, seguida de los mamíferos, reptiles, anfibios y peces; del total, 12 especies se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Mediante la Matriz de Leopold, se obtuvieron un total de 244 interacciones de las cuales el 73.4 % son impactos negativos y 26.6 % son impactos positivos. Los elementos ambientales más impactados son el paisaje, la vegetación, el suelo y la fauna; en contraparte las actividades que más impactos negativos generan son las actividades recreativas, la urbanización, las actividades productivas y la extracción de recursos. En el modelo PER se identificaron 13 actividades que generan presión sobre el ambiente, se proponen 40 medidas de mitigación para los impactos ocasionados por las principales actividades que se llevan a cabo dentro de la presa El Llano, así como también se propone un programa de seguimiento y vigilancia.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	MARCO TEÓRICO	3
2.1	Modelo Presión-Estado-Respuesta.....	4
2.2	Matriz de Leopold	5
3	ANTECEDENTES.....	5
3.1	Históricos.....	5
3.2	Estudios previos realizados en el área de estudio y diagnósticos ambientales	6
4	OBJETIVOS	9
4.1	Objetivo general.....	9
4.2	Objetivos particulares	9
5	ÁREA DE ESTUDIO	10
5.1	Ubicación.....	10
5.2	Fisiografía.....	11
5.3	Geología.....	11
5.4	Edafología	13
5.5	Hidrología	14
5.6	Clima	15
5.7	Vegetación.....	16
5.8	Fauna	17
5.9	Importancia ecológica del área	18
5.10	Áreas de importancia ecológica cercanas al área de estudio.....	19
5.11	Aspectos socioeconómicos.....	20
6	METODOLOGÍA	21
6.1	Recopilación y análisis de información	21
6.2	Trabajo de campo y laboratorio	21
6.2.1	Agua.....	22
6.2.2	Suelo	22
6.2.3	Vegetación.....	22
6.2.4	Peces	23
6.2.5	Anfibios y reptiles.....	23

6.2.6	Aves	23
6.2.7	Mamíferos.....	23
6.2.8	Paisaje.....	23
6.2.9	Medio socioeconómico	24
6.3	Trabajo de gabinete.....	24
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
7.1	Caracterización de la zona y medio físico	24
7.1.1	Análisis edafológico	24
7.1.2	Análisis de la calidad de los cuerpos de agua.....	32
7.1.3	Análisis paisajístico.....	38
7.2	Medio biótico	45
7.2.1	Vegetación.....	45
7.2.2	Listado florístico.....	51
7.2.3	Fauna (vertebrados)	53
7.3	Medio socioeconómico	60
7.3.1	Infraestructura y servicios	60
7.3.2	Actividades recreativas y deportivas	60
7.3.3	Encuestas.....	62
7.4	Evaluación de impactos	70
7.4.1	Matriz de Leopold (modificada).....	70
7.4.2	Modelo PER (Presión-Estado-Respuesta).....	76
7.4.3	Medidas de mitigación	82
7.4.4	Programa de seguimiento y vigilancia.....	86
8	CONCLUSIONES	93
9	BIBLIOGRAFÍA.....	95
10	ANEXOS	102
10.1	ANEXO 1. Formato de encuesta para los visitantes del parque ecoturístico “Presa El Llano”, Villa del Carbón, Edo. de México	102
10.2	ANEXO 2. Fotografías	104
10.3	ANEXO 3. Listado de la flora identificada en el parque ecoturístico “Presa El Llano”... ..	110

Índice de figuras

Figura 1. Modelo P-E-R	4
Figura 2. Ubicación del municipio de Villa del Carbón en el Estado de México.	10
Figura 3. Área de estudio.....	11
Figura 4. Temperatura registrada en la estación climatológica Villa del Carbón en el año 2000.....	16
Figura 5. Precipitación registrada en la estación climatológica Villa del Carbón en los años 1951-2010.....	16
Figura 6. Letrero colocado en la entrada del parque, donde se refiere que el predio brinda servicios ambientales hidrológicos.	19
Figura 7. Puntos de muestreo de suelo.....	25
Figura 8. Puntos de muestreo (agua).....	32
Figura 9. Vista del paisaje de la Presa El Llano	41
Figura 10. Nivel del agua observado a lo largo del año en la presa.	42
Figura 11. Imágenes de las actividades que se realizan dentro de la presa.....	42
Figura 12. Vista del paisaje del Río San Jerónimo.....	44
Figura 13. Actividades llevadas a cabo en el río y su entorno.....	45
Figura 14. Problemática de la tala ilegal en el parque.....	47
Figura 15. Zonas de cultivo ubicadas en los alrededores del parque.	50
Figura 16. Zona reforestada dentro del parque	50
Figura 17. Comunidades vegetales en “Presa El Llano”.	51
Figura 18. Familias florísticas más representativas.....	52
Figura 19. Porcentaje de malezas dentro del área de estudio.....	53
Figura 20. Abundancia de los grupos faunísticos.....	53
Figura 21. Intervalo de edades de los visitantes encuestados	63
Figura 22. Lugar de procedencia de los visitantes	63
Figura 23. Nivel de escolaridad de los encuestados	64
Figura 24. Ocupación de los encuestados	64
Figura 25. Frecuencia con la que los encuestados visitan el parque.....	65
Figura 26. Finalidad con la que los encuestados visitan el parque.....	65
Figura 27. Actividades que se realizan dentro del parque	66
Figura 28. Uso de los recursos naturales	67
Figura 29. Recursos naturales utilizados	67

Figura 30. Destino de los residuos sólidos generados	68
Figura 31. Transporte que utilizan los visitantes	68
Figura 32. Calificación que los encuestados le dieron al bosque	69
Figura 33. Opinión sobre la vigilancia y seguridad del lugar.....	69
Figura 34. Cambios esperados por los visitantes.....	70
Figura 35. Actividades generadoras de impactos negativos en el área.....	74
Figura 36. Actividades generadoras de impactos positivos en el área.....	75

Índice de tablas

Tabla 1. Resultados de las pruebas físicas y químicas de suelo de las muestras de suelo del área de estudio..	29
Tabla 2. Índice de calidad de suelo de las muestras del área de estudio.....	31
Tabla 3. Resultados de los análisis realizados a los cuerpos de agua	36
Tabla 4. Análisis de la calidad escénica de la Presa El Llano.....	39
Tabla 5. Análisis de la calidad escénica del Río San Jerónimo	43
Tabla 6. Listado de peces registrados en el parque ecoturístico “Presa El llano”.	54
Tabla 7. Listado de anfibios registrados en el parque ecoturístico “Presa El llano”.	55
Tabla 8. Listado de reptiles registrados en el parque ecoturístico “Presa El llano”.	55
Tabla 9. Listado de avifauna registrada en el parque ecoturístico “Presa El llano”	57
Tabla 10. Listado de mastofauna registrada en el parque ecoturístico “Presa el llano”. ...	59
Tabla 11. Matriz tipo Leopold.....	73
Tabla 12. Frecuencia de los impactos ambientales.....	75
Tabla 13. Modelo P-E-R.....	77
Tabla 14. Propuestas de medidas de mitigación.....	82

1 INTRODUCCIÓN

México es uno de los países con mayor diversidad biológica del mundo, no solo por poseer un alto número de especies, sino por su diversidad en otros niveles de la variabilidad biológica, como el genético y el de ecosistemas (SEMARNAT, 2010). Entre las causas que hacen de México un país de gran diversidad biológica están la topografía, la variedad de climas y una compleja historia tanto geológica y biológica como cultural. Estos factores han contribuido a formar un mosaico de condiciones ambientales y microambientales que promueven una gran variedad de hábitats y de formas de vida (Sarukhán, Soberón y Larson-Guerra, 1996).

Esta enorme riqueza puede traducirse en un amplio potencial de uso de los recursos biológicos para fomentar el desarrollo económico y social bajo el principio de la sustentabilidad. No obstante además de sus ventajas prácticas, ostentar niveles tan altos de diversidad biológica implica también serias responsabilidades (Toledo, 2010).

En la actualidad los recursos naturales enfrentan una de las crisis ambientales más severas, esto es causado principalmente por factores directos como el cambio de uso de suelo, la sobreexplotación de los recursos naturales de interés comercial y la contaminación del 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 (Zamorano de Haro, 2009).

Ante esta situación, resulta cada vez más urgente la necesidad de tomar acciones encaminadas a mejorar el manejo de los recursos naturales y evitar su degradación, la información resulta esencial en este proceso. La mínima que se debe tener, considerando un manejo sustentable de los sistemas naturales, es aquella que permita identificar y documentar las presiones y amenazas sobre el ambiente, su situación y tendencias de deterioro (SEMARNAT, 2005).

En este sentido, los estudios de diagnóstico ambiental son una apreciable herramienta de investigación y análisis, ya que constituyen la base para la toma de decisiones y para valorar la naturaleza de los problemas actuales o posibles de presentarse (Juárez, 1999).

El diagnóstico ambiental está constituido por un conjunto de estudios, análisis y propuestas de actuación y seguimiento que abarcan el estado ambiental en todo el ámbito territorial local. Para que el diagnóstico ambiental no se reduzca a un mero inventario de datos sin valor operativo, se entiende que el proceso debe incluir una propuesta realista de acciones de mejora que resuelva los problemas diagnosticados y un sistema de parámetros que permitan su medición, control y seguimiento. La realización de un diagnóstico ambiental ofrece:

- El conocimiento del estado ambiental de territorio a partir del cual podemos definir una correcta política ambiental que haga posible el desarrollo sustentable de los recursos.
- La identificación de aquellas incidencias ambientales que afectan a la entidad local, con el objetivo de subsanarlas.
- Conocer el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.
- Proporcionar a la entidad local un punto de arranque para la ejecución y establecimiento de actuaciones ambientales en el territorio (proyectos, estudios, organización interna).
- Facilitar la puesta en marcha de los sistemas de participación ciudadana y marcar el punto de partida para el desarrollo (Manual "Introducción a la gestión ambiental municipal", 2004).

Por esta razón es importante realizar un diagnóstico ambiental del parque ecoturístico presa "El Llano" en el municipio de Villa del Carbón, Estado de México, lo cual nos permite contar con herramientas que contribuyan al desarrollo turístico y al mismo tiempo se puedan llevar a cabo las estrategias para un aprovechamiento racional del medio, obteniendo de antemano rentabilidad, conservación y protección.

Para la comunidad de San Jerónimo Zacapexco, localidad donde se ubica el área de estudio, la cual se dedica al ecoturismo, es importante contar con un proyecto de desarrollo económico integral para el bienestar de los comuneros y sus familias, considerando la complejidad de la problemática actual para el desarrollo de la sociedad mexicana, que requiere por un lado cubrir las necesidades básicas y por el otro preservar las áreas naturales. Se deben tomar las medidas necesarias para que los proyectos turísticos que se planeen llevar a cabo en el futuro, así como los ya existentes, sean compatibles con la protección del medio. Lo anterior se puede lograr por medio de la

sustentabilidad que se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras; de este modo, si se incluye al ambiente como un elemento de competitividad, desarrollo económico y social se puede alcanzar esta sustentabilidad.

2 MARCO TEÓRICO

En el campo ambiental se han desarrollado indicadores para entender, describir y analizar distintos fenómenos como el clima, la pérdida de suelos y el riesgo de especies, entre muchos otros. Si bien el uso de indicadores ambientales se ha extendido, no existe una definición única del concepto y éste varía de acuerdo a la institución y a los objetivos específicos que se persiguen. Una de las definiciones más conocida y aceptada proviene de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) según la cual un indicador ambiental es un parámetro o valor derivado de parámetros que proporciona información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado que va más allá del directamente asociado con el valor del parámetro en sí mismo.

El desarrollo de indicadores ambientales se ha dirigido principalmente hacia la consecución de tres objetivos ambientales, para alcanzar el desarrollo sustentable (INE, 1999): Proteger la salud humana y el bienestar general de la población, garantizar el aprovechamiento sustentable de los recursos, así como conservar la integridad de los ecosistemas.

Los indicadores ambientales se han utilizado a nivel internacional, nacional, regional, estatal y local para diversos fines, entre los que destacan: servir como herramientas para informar sobre el estado del medio ambiente, evaluar el desempeño de políticas ambientales y comunicar los progresos en la búsqueda del desarrollo sustentable. Existen varios modelos para organizar los conjuntos de indicadores. Uno de los más conocidos –y quizá el más utilizado en nuestro país– es el denominado Presión-Estado-Respuesta (PER) descrito a continuación.

2.1 Modelo Presión-Estado-Respuesta

Diseñado originalmente por Statistics Canada en 1979, el esquema conceptual Presión-Estado-Respuesta (PER) fue retomado y adaptado por Naciones Unidas para la elaboración de algunos manuales sobre estadísticas ambientales, concebidos para su integración a los sistemas de contabilidad física y económica (SEMARNAT, 2002).

Paralelamente, ese esquema fue adoptado y modificado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que en 1991 desarrolló el esquema PER y en 1993 definió un grupo medular de indicadores ambientales en varios temas seleccionados para la evaluación del desempeño ambiental (*op cit*).

El esquema PER es tan sólo una herramienta analítica que trata de categorizar o clasificar la información sobre los recursos naturales y ambientales a la luz de sus interrelaciones con las actividades sociodemográficas y económicas. Se basa en el conjunto de interrelaciones siguientes: las actividades humanas ejercen presión (P) sobre el ambiente, modificando con ello la cantidad y calidad, es decir, el estado (E) de los recursos naturales; la sociedad responde (R) a tales transformaciones con políticas generales y sectoriales (tanto ambientales como socioeconómicas), las cuales afectan y se retroalimentan de las presiones de las actividades humanas (*op cit*).

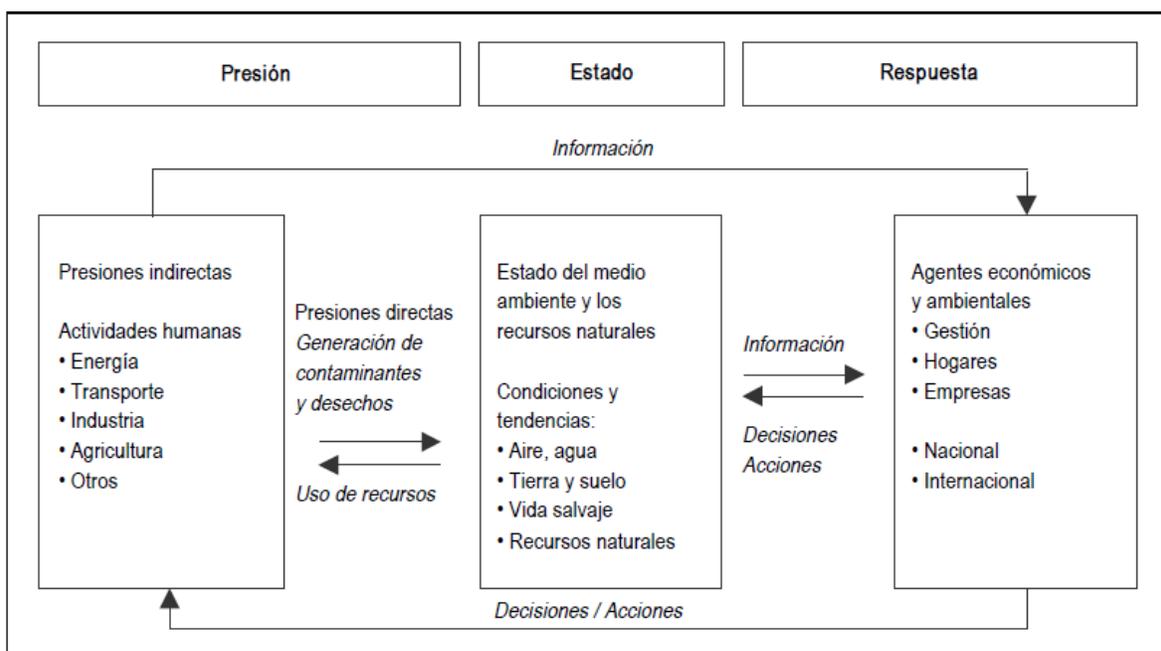


Figura 1. Modelo P-E-R

2.2 Matriz de Leopold

La matriz de Leopold (Leopold, 1971), diseñada a raíz de la evaluación del impacto ambiental de una mina de fosfatos en California, tiene carácter pionero en la materia por lo que ha sido muy utilizada profesionalmente y como precedente para otros modelos. Consiste en un cuadro de doble entrada cuyas columnas están encabezadas por una amplia relación de factores ambientales y cuyas entradas por filas está ocupada por otra relación de acciones causa de impacto; ambas listas de factores y acciones tienen carácter de listas de chequeo entre los que seleccionar los relevantes para cada caso (Gómez, 2002).

La matriz es una forma de sintetizar y visualizar los resultados de estudios de impacto ambiental; así la matriz de Leopold sólo tiene sentido cuando va acompañada de un inventario ambiental y de una explicación sobre los impactos identificados, de su valor, de las medidas para mitigarlos y del programa de seguimiento y control. En suma se trata de una matriz de relación causa efecto que añade a su papel en la identificación de impactos, la posibilidad de mostrar la estimación de su valor (*op cit*).

3 ANTECEDENTES

3.1 Históricos

A la comunidad de San Jerónimo Zacapexco, le fueron reconocidas y tituladas 8,825 hectáreas, distribuidas en 5,325 has. abiertas al cultivo y 3,500 has. de bosque de clima templado frío, por Resolución Presidencial de fecha 22 de septiembre de 1970 y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de octubre del mismo año, beneficiando a 1,092 integrantes de la comunidad, ejecutándose dicho fallo gubernamental el 9 de mayo de 1980 (Jiménez, 2006).

La “Presa del Llano” fue construida en 1980, para cubrir las necesidades de riego de la comunidad de San Jerónimo Zacapexco, debido a las deficiencias en el sistema de distribución de agua de riego. Inicialmente fue administrada por el gobierno del Estado de México, mismo que la declaró Parque Estatal en 1998, posteriormente el Ayuntamiento municipal fue quien se encargó de la administración (Comunidad de San Jerónimo Zacapexco, 2005).

Esta presa actualmente forma parte del centro de recreación conocido como “Presa del Llano” que fue concesionado y entregado a la comunidad el 11 de julio de 2002,

ofreciendo diversos servicios ecoturísticos dirigidos principalmente a los habitantes de la región y Distrito Federal. Inicialmente los servicios ofrecidos fueron campismo y pesca, un año después se incluyó el servicio de renta de lanchas y para el año 2004 ya se ofrecía la renta de cabañas; de esta manera se considera que el parque se ha desarrollado en poco tiempo y la demanda de sus servicios se ha incrementado (*op cit*).

El parque a pesar de ser atractivo y poseer un panorama forestal, carece de mantenimiento y sobre todo de un aprovechamiento potencial desde el punto de vista ecoturístico (Comunidad de San Jerónimo Zacapexco, 2005). Asimismo a pesar de no permitirse el pastoreo de ganado, la tala y la caza, dichas actividades se siguen practicando por parte de los habitantes de la localidad, ocasionando una degradación en el medio.

3.2 Estudios previos realizados en el área de estudio y diagnósticos ambientales

Dentro del área de estudio no se ha realizado un trabajo de diagnóstico ambiental o referente a los impactos ambientales que se presentan, no obstante existen trabajos relacionados a cuestiones de diversidad de fauna que habita el lugar. A continuación se mencionan dos de ellos los cuales se llevaron a cabo recientemente.

Rodríguez-Aguilar en 2012, llevó a cabo un estudio sobre la mastofauna en la “Presa El Llano”, municipio de Villa del Carbón, Estado de México, en el cual registró un total de 13 especies, pertenecientes a 13 géneros, 9 familias y 5 órdenes. Se reportaron 2 especies en la categoría de “especies amenazadas” (*Bassariscus astutus* y *Nasua narica*) dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Rodríguez-Miranda en 2012, realizó un trabajo sobre la diversidad de herpetofauna que habita en la “Presa El Llano”, en el municipio de Villa del Carbón, Estado de México, reportando un total de 15 especies distribuidas en 3 órdenes, 8 familias y 11 géneros, de los cuales 7 son anfibios y 8 son reptiles. El grupo de los urodelos y saurios fueron los más representativos con 5 especies cada uno. El 67% de las especies registradas se encuentran en alguna categoría de riesgo establecidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010. Destacó que las especies reportadas son endémicas de México, asimismo la diversidad del área de estudio fue de 0.84 considerado un valor alto para una zona ecoturística.

Además de los estudios mencionados anteriormente, se han realizado diagnósticos ambientales en zonas cercanas al área en comento, así como un estudio realizado en un centro turístico situado en el Distrito Federal, finalmente el gobierno del Estado de México publicó un trabajo sobre la situación ambiental actual del estado. A continuación se menciona de manera general los resultados obtenidos en dichos trabajos, los cuales se presentan de acuerdo a su proximidad con el área de estudio.

Nava en 2004, elaboró un diagnóstico ambiental de la localidad “Los Molinitos” en Villa del Carbón, Estado de México, encontrando que algunas de las actividades de la zona generan impactos negativos, resultado de actividades humanas dañando considerablemente al suelo y agua, por lo cual recomienda un manejo adecuado de los recursos naturales, así como contener y mitigar los impactos que se presentan en el entorno.

Ramírez en 2013, elaboró un diagnóstico ambiental y una propuesta de un proyecto ecoturístico para la localidad de Tres Piedras, Cahuacán, Estado de México, detectando que los principales impactos degenerativos para el bosque son la disposición final de los residuos sólidos, la agricultura y la ganadería. Además elaboró un proyecto de ecoturismo con el propósito de establecer actividades educativas, recreativas y deportivas que generen el menor impacto posible hacia los recursos naturales.

Castillo en 2013, realizó un diagnóstico ambiental de Santiago Tepatlaxco, Naucalpan de Juárez, Estado de México, donde identificó varias acciones generadoras de impactos entre ellos los más importantes la urbanización y sus derivados, además de la extracción de recursos bióticos y abióticos por parte de la comunidad, concluyendo que la zona se encuentra con un grado medio de perturbación.

Rojas en 2013, realizó un diagnóstico ambiental del Parque Estatal Sierra de Guadalupe en la porción que pertenece al municipio de Tultitlan, Estado de México, en el que se identificaron las actividades que generan alteraciones en el ambiente, entre las cuales está la urbanización, la extracción de recursos naturales y el uso para la recreación. Asimismo el análisis de impactos a través de diversos métodos, mostró que el establecimiento de asentamientos humanos, los incendios, la reforestación, la generación de desechos, la introducción de especies exóticas y la tala inmoderada son las actividades que generan mayor impacto positivo o negativo en el ambiente. Refirió que la zona de estudio se encuentra en un estado de alteración medio y aunque se han llevado a

cabo programas de reforestación para disminuir el efecto de las actividades que generan alteraciones, estas no son suficientes para compensar el daño.

Lucio en 2007, realizó un diagnóstico ambiental del corredor ecoturístico de la Cañada de Contreras, en el cual describe una problemática con respecto al avance de la mancha urbana, así como impactos negativos por el elevado índice de visitantes, sus afectaciones al bosque y la falta de conocimientos de la importancia, responsabilidad y compromiso de la preservación ecológica hacia el entorno.

El Gobierno del Estado de México a través de la Secretaria de Medio Ambiente llevaron a cabo un diagnóstico ambiental por Regiones Hidrográficas de la entidad en 2007, el cual tuvo como objetivo general identificar e informar la situación que guardan los elementos y recursos naturales dentro de las tres regiones hidrográficas que conforman el territorio mexiquense y como objetivo específico recopilar la información más reciente generada y disponible por las distintas dependencias estatales y federales, retomando lo más relevante respecto a la situación ambiental del Estado.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Realizar un diagnóstico ambiental del parque ecoturístico “Presa El Llano”, Villa del Carbón, Estado de México.

4.2 Objetivos particulares

- Caracterizar el medio físico, biótico, socioeconómico y el paisaje del área de estudio.
- Identificar las principales actividades generadoras de impacto sobre los diferentes componentes del ambiente.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales.
- Proponer medidas de mitigación para dichos impactos.

5 ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Ubicación

El área de estudio se encuentra en el municipio de Villa del Carbón ubicado en la porción noreste del Estado de México y al Noroeste del Distrito Federal, en las coordenadas extremas 19° 36' 48" a 19° 54' 24" latitud norte y 99° 22' 21" a 99° 54' 07" longitud oeste; colinda con el municipio de Jilotepec y el Estado de Hidalgo al norte, Jiquipilco y Nicolás Romero al sur, el Estado de Hidalgo, Tepetzotlán y Nicolás Romero al este y el municipio de Morelos y Chapa de Mota al oeste (Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Villa del Carbón, Edo. de México, 2006-2009).

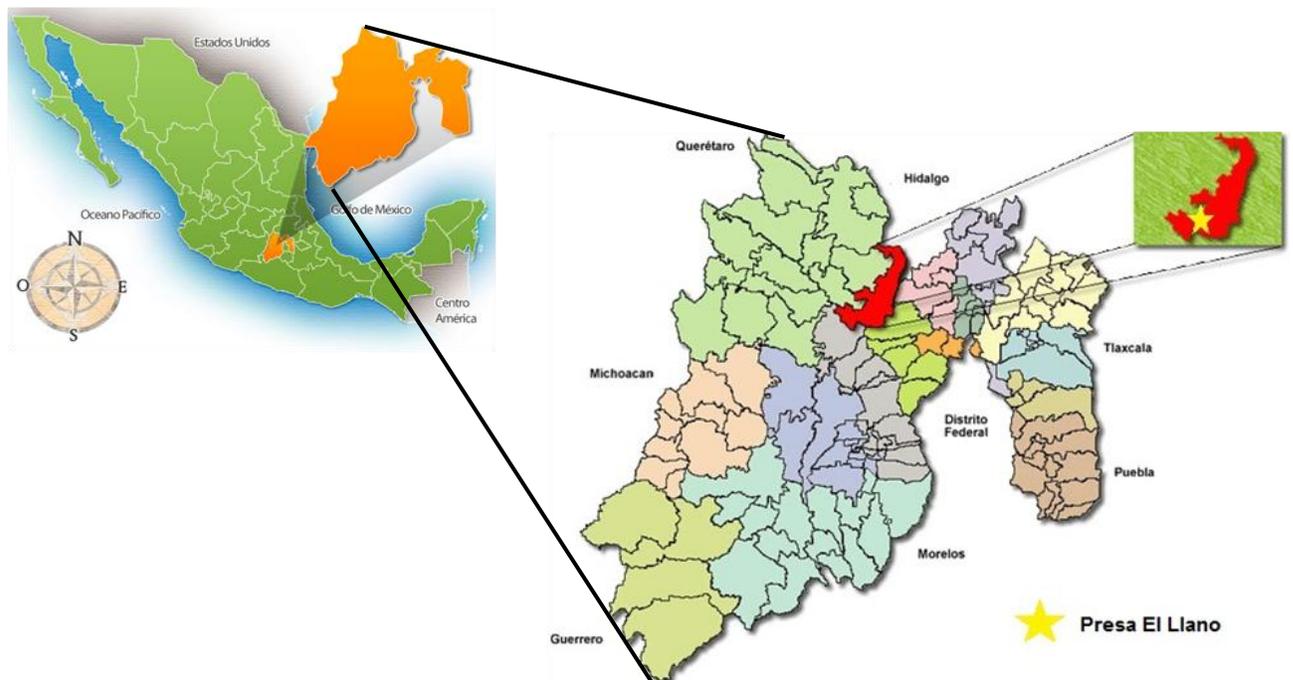


Figura 2. Ubicación del área de estudio, municipio de Villa del Carbón, Estado de México.

La presa “El Llano” se localiza en la localidad de San Jerónimo Zacapexco en la porción Sur del municipio, en las coordenadas: 19° 39'37" latitud norte y 99°30'24" longitud oeste, a una altitud de aproximadamente 2800 m.

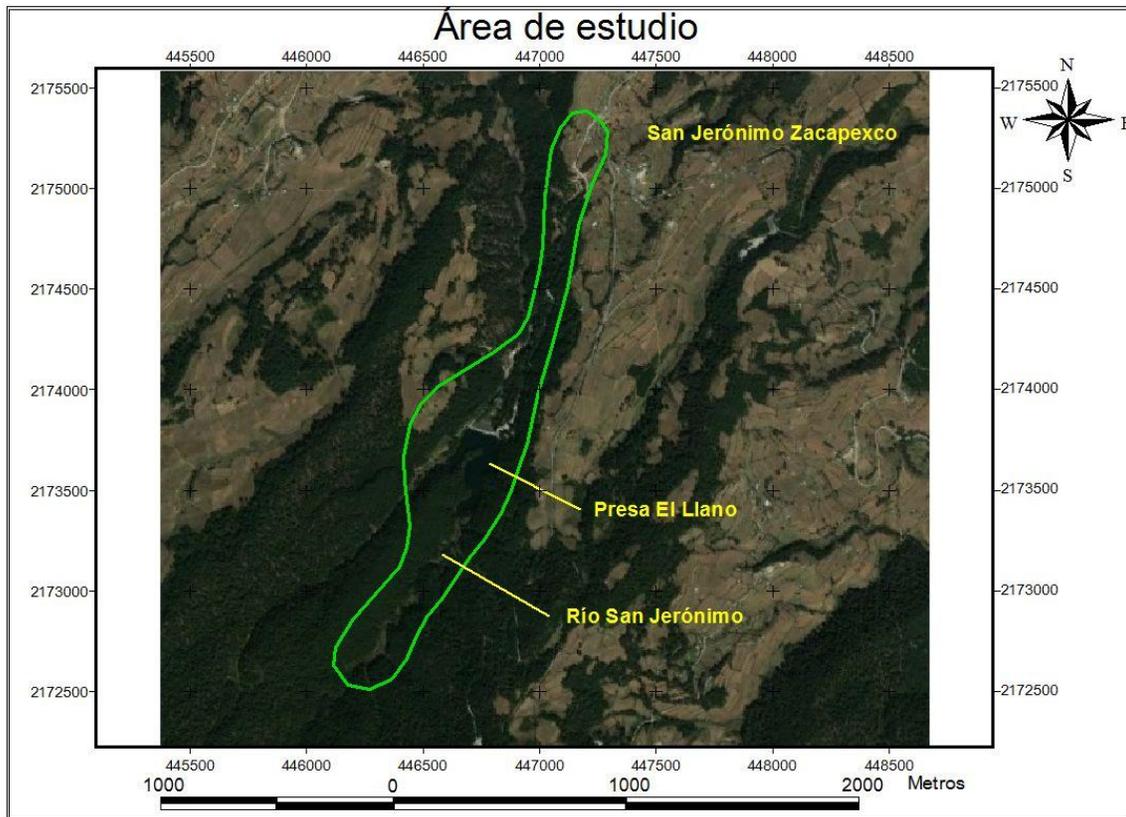


Figura 3. Foto aérea de la zona de estudio.

5.2 Fisiografía

La topografía del municipio está conformada por un relieve accidentado, debido a la presencia de gran cantidad de lomeríos y laderas contiguas a barrancas. De manera general, se presentan elevaciones que van desde los 2300 a los 3500 m. Cabe resaltar que algunas zonas presentan pendientes muy pronunciadas. Esta es una característica que al igual que la altitud, permiten que existan grandes extensiones de bosques de coníferas, especialmente en las partes más elevadas. A nivel regional, las principales elevaciones que se encuentran son el Cerro de la Bufa y el Cerro Iglesia Vieja, mismos que se localizan al suroeste y norte del municipio en este orden (Plan de Desarrollo Urbano de Villa del Carbón, Edo. de México, 2006-2009).

5.3 Geología

La zona de estudio pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transversal y a la subprovincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac. La provincia del Eje Neovolcánico

Transversal, según la clasificación del UAEM (2002) se caracteriza por una enorme masa de rocas volcánicas de diferente tipo, acumulada en innumerables y sucesivos episodios volcánicos.

La litología del municipio está compuesta principalmente por tres tipos de roca, estas son:

Rocas ígneas extrusivas:

Brecha volcánica (Bv): ocupa una cuarta parte de la superficie municipal, localizada al suroeste del municipio. Este tipo de unidad litológica, corresponde al periodo geológico Terciario.

Andesita (A): se localiza en aproximadamente una cuarta parte de la superficie municipal en la parte norte y sur principalmente.

Rocas sedimentarias:

- A) Arenisca y conglomerado: pertenecen al periodo Cuaternario, predominan en la zona norte y centro del municipio.

Suelos de depósito:

- A) Aluvial y residual: correspondientes al periodo pleistoceno y reciente, se encuentra disperso en la zona centro del municipio, aproximadamente en una séptima parte de la superficie municipal (Gobierno del Estado de México e Instituto de Información Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, 1997).

De manera particular, según la carta Geológica 1:50 000 (CETENAL, 1975) en la localidad Llano de Zacapexco se registran principalmente suelos residuales, y una mezcla de arenisca (roca sedimentaria) con toba (roca ígnea), además en algunas localidades colindantes también se presentan rocas ígneas como la Andesita.

5.4 Edafología

Tomando en cuenta la clasificación establecida por la FAO/UNESCO, entre los suelos predominantes en el municipio y en orden de importancia se encuentran los Luvisoles, este tipo de suelo se distribuye en gran parte del territorio y de forma específica en la porción central, en donde se encuentran asociados a otras variedades de suelos como los Feozem. La asociación de suelos en el territorio municipal, se presenta entre el Luvisol y el Feozem encontrándose sobre algunas laderas con pendiente pronunciada, y por esta razón, son muy erosionables y también por la zona en que se encuentran (Plan de Desarrollo Urbano de Villa del Carbón, Edo. de México, 2006-2009).

Siguiendo la jerarquía, se encuentra el Andosol, este tipo de suelo se ubica en toda la porción alta de la región. Se aprecia también que sobre algunas laderas se presenta un proceso erosivo muy avanzado debido al desplazamiento de la vegetación original que deja al descubierto y a la libre acción del agua superficial, los terrenos poco compactados y de texturas muy débiles (*op cit*).

Los suelos Vertisoles forman asociaciones edáficas con los Feozem, se presentan fundamentalmente en el norte, noreste del municipio y cerca de la Presa Taxhimay. Las asociaciones del Vertisol con Feozem se encuentran sobre laderas de poca pendiente, donde los procesos erosivos no han sido tan significantes o sobre las cimas semiplanas de algunas laderas. Estos suelos también se presentan en pequeños valles donde se descarga el agua de arroyos. Estas porciones territoriales son muy importantes y pueden ser las principales unidades edáficas más productivas (*op cit*).

Finalmente se encuentran los Litosoles, dentro del territorio municipal estos suelos se caracterizan por ser áreas muy susceptibles a la erosión, y en especial en las pendientes donde el proceso es acelerado (*op cit*).

Específicamente para la localidad Llano de Zacapexco los suelos que predominan, de acuerdo con la carta Edafológica 1: 50 000 (CETENAL, 1976) son asociaciones de Luvisol crómico con Andosol ócrico; Luvisol crómico con Feozem háplico y Andosol ócrico; Feozem lúvico; Andosol ócrico con Luvisol crómico, asimismo en las localidades cercanas también se encuentran suelos del tipo Andosol ócrico en combinación con Andosol húmico y suelos tipo Luvisol crómico.

Al uso de suelo de este municipio se le atribuyen 6 clasificaciones, las cuales son: uso agrícola, uso pecuario, uso forestal, uso urbano, suelos erosionados y cuerpos de agua (*op cit*). El área donde se encuentra el parque ecoturístico presa El Llano y sus inmediaciones tiene un uso forestal constituido por bosque de latifoliadas (encino), bosque de coníferas (pino), combinaciones de ambos tipos de vegetación, áreas de pastizal inducido, además de presentarse zonas destinadas a la agricultura de temporal y de riego, esto de acuerdo con la carta de Uso de Suelo 1: 50 000 (CETENAL, 1976).

5.5 Hidrología

El área de estudio pertenece a la Región Hidrológica del Pánuco (No. 26) y gran parte de los recursos hidrológicos para el municipio son obtenidos de esta Región pues su origen son principalmente la Sierra de las Cruces y Monte Alto, catalogándose también como fuentes intermitentes que forman posteriormente el río San Jerónimo, Las Animas y Los Sabinos. Cabe mencionar que además de los escurrimientos naturales, los ríos también son formados por la existencia de manantiales que se encuentran en las porciones más elevadas o medias del municipio. Entre estos ríos nos encontramos el Chinguirito, Ojo de Venado, Chiquihuite, El Pinal y Guadalupe, de los cuales, el último dota de agua potable a la cabecera municipal. Debido a las pendientes se forman caudales torrenciales con arroyos de corta duración, esto básicamente en época de lluvias pues en otras temporadas permanecen secos, tal es el caso del río Seco (Plan de Desarrollo Urbano de Villa del Carbón, Edo. de México, 2006-2009).

En el municipio, los cuerpos de agua más importantes son la presa Taxhimay que almacena alrededor de 9 millones de m³, siendo utilizada para el riego de terrenos a su alrededor y algunos municipios del Estado de Hidalgo (*op cit*).

En localidad del Llano de Zacapexco, se encuentra la “Presa El Llano” misma que es alimentada por el río San Jerónimo, la cual tiene una extensión de 40 000 m² de espejo y una profundidad de 55 m, cuenta con una capacidad de almacenamiento de 15 000 m³, que se utiliza para riego, pesca deportiva y como zona recreativa (Bienes comunales de la comunidad de San Jerónimo Zacapexco, 2013). Tanto la presa como escurrimientos perennes naturales son aprovechados para actividades recreativas formando a su vez los parques recreativos de El Chinguirito y Las Cascadas.

Estas presas y cuerpos de agua son propicios para la siembra y crianza de especies acuáticas que se adapten a las condiciones hídricas de la región, actividad que en los últimos años ha tomado importancia. De este modo, en las presas antes citadas se ha masificado la siembra de carpa y trucha (Plan de Desarrollo Urbano de Villa del Carbón, Edo. de México, 2006-2009).

5.6 Clima

Las características climatológicas están determinadas por las condiciones topográficas del municipio. Estas condiciones conciben dos tipos de clima de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García (1988) que corresponden al tipo Templado Subhúmedo con Lluvias en verano C (w1) (w) y C (w2) (w), (el primero agrupa a los subtipos de humedad media de los templados subhúmedos, y el segundo tipo agrupa a los subtipos mas húmedos de los templados subhúmedos). De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional (2010), la temperatura media anual en el municipio es de 14.9° C, llegando a registrar como temperatura máxima 22.2° C y como mínima 7.6° C; los meses más cálidos corresponden al mes de abril y mayo con temperaturas de 28 a 30° C y los meses más fríos son diciembre y enero con temperaturas entre 4 y 5° C. La precipitación media anual es de 800 mm pudiendo llegar hasta los 1 200 mm.

En las figuras 4 y 5, se presenta la temperatura y la precipitación registradas en la estación climatológica más cercana a la zona de estudio, la cual se ubica en el centro de Villa del Carbón en las coordenadas 19°43'00" N, 99°28'00" W, a una altitud de 2 545 m.

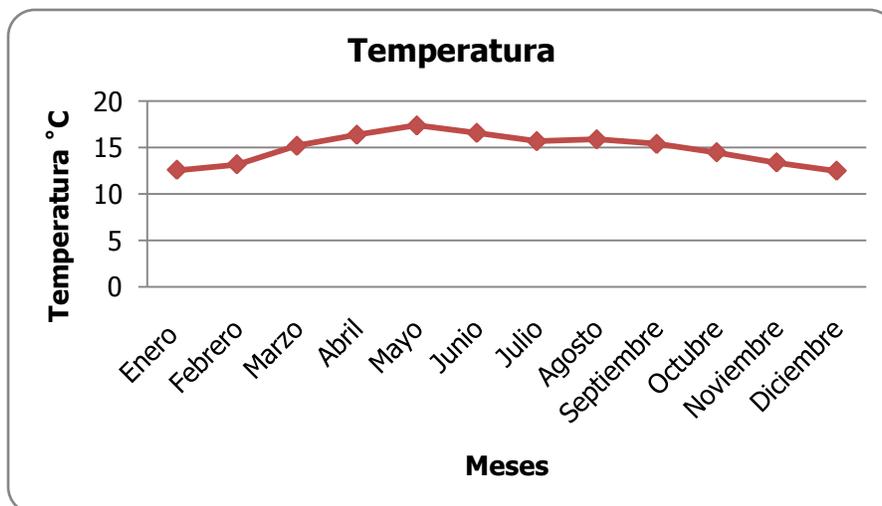


Figura 4. Temperatura registrada en la estación climatológica Villa del Carbón en los años 1951-2010.

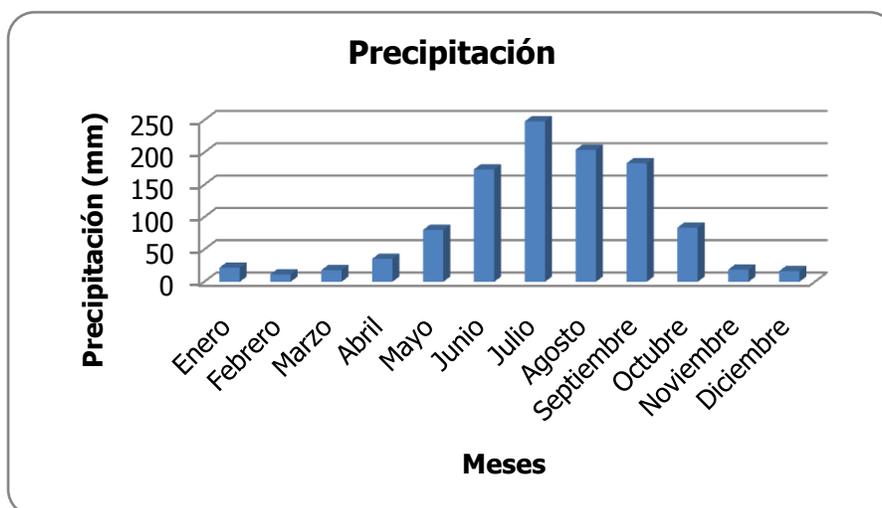


Figura 5. Precipitación registrada en la estación climatológica Villa del Carbón en los años 1951-2010.

5.7 Vegetación

De acuerdo con el INEGI en 2006, el 37.26 % de la superficie vegetal en la entidad corresponde a los bosques, principalmente de coníferas (25.09 %); seguido de bosque de encino (7.21 %), mixto (3.92 %) y mesófilo (1.04 %). Los pastizales representan un porcentaje de 30.38 %, de los que 28.98 % es pastizal inducido. A la vegetación secundaria le corresponde 28.91 % (Secretaría del Medio Ambiente; Gobierno del Estado

de México, 2007) Con base en lo anterior podemos decir que los tipos de vegetación que se encuentran en el área de estudio son los más importantes y extensos en el Estado.

Según el mapa de vegetación y uso de suelo (INEGI, 1971) en el Estado de México de los tipos de comunidades vegetales existentes, el bosque de oyamel, bosque de pino – encino, bosque de encino- pino, y bosque de pino se encuentran en el municipio de Villa del Carbón. La vegetación secundaria está dominada por gramíneas. Además de especies de *Pinus* y *Quercus* se encuentran árboles de los géneros *Juniperus*, *Abies*, *Arbutus*, *Prunus*, *Alnus*, *Pseudotsuga*, y *Cupressus*; arbustos de los géneros *Eupatorium*, *Senecio* y *Stevia*. Las plantas herbáceas de estos lugares son muy abundantes y diversas; pertenecientes principalmente a las familias Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae, Rosaceae, Liliaceae, Boraginaceae, Brassicaceae, Ranunculaceae y Valerianaceae.

5.8 Fauna

De acuerdo con la CONABIO (1998) en el Estado de México se tiene un registro de 2420 especies, pero datos más recientes (GEM, 2002) indican que la entidad tiene una riqueza de 3428 a 3735 especies. Dentro del área de estudio son pocos los trabajos que se han realizado en cuanto a fauna se refiere, a continuación se mencionan dos de ellos:

Rodríguez- Aguilar en 2012 reportó 13 especies de mamíferos para el área de estudio, pertenecientes a 13 géneros, 9 familias y 5 órdenes en la zona de estudio. Entre las especies registradas se encuentran *Sciurus aureogaster* (ardilla gris), *Bassariscus astutus* (cacomixtle), *Procyon lotor* (mapache), *Mustela frenata* (comadreja) y *Lynx rufus* (gato montés).

Rodríguez-Miranda en 2012, reportó 15 especies de reptiles y anfibios para la “Presa El Llano” distribuidas en 3 órdenes, 8 familias y 11 géneros, de las cuales 7 son anfibios y 8 reptiles. Los géneros registrados son *Hyla*, *Lithobates*, *Ambystoma*, *Chiropoteritron* y *Pseudoeurycea* (anfibios); *Barisia*, *Phrynosoma*, *Sceloporus*, *Plestiodon*, *Crotalus*, *Storeria* y *Thamnophis* (reptiles). Todas las especies a excepción de *Sceloporus grammicus* son endémicas del país.

5.9 Importancia ecológica del área

Actualmente el predio que comprende el parque ecoturístico “Presa El Llano” es beneficiado por el programa “Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos”.

Ante la creciente presión de la sociedad sobre el bosque para cubrir sus necesidades, se ha planteado establecer esquemas de pago por servicios ambientales como un mecanismo prometedor para la conservación y aumento de los bosques y favorecer el manejo sustentable de los recursos naturales (Gobierno del estado de México, Secretaría del Medio Ambiente y PROBOSQUE, 2011). El Pago por Servicios Ambientales (PSA) fue diseñado para proveer incentivos económicos a los dueños de terrenos forestales (ejidos, comunidades y pequeños propietarios) para apoyar las prácticas de conservación y evitar el cambio de uso del suelo (deforestación) de los bosques (SEMARNAT y CONAFOR, 2009).

En el año 2003 la Comisión Nacional Forestal implementa el PSAH (Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos), este surgió derivado de una reforma al artículo 223 de la Ley Federal de Derechos, mediante el cual se da destino específico a una parte de lo recaudado por uso y aprovechamiento del Agua para el Pago de Servicios Ambientales de los bosques (SEMARNAT y CONAFOR, 2010). El Programa “Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos del Estado de México”, fue implementado por PROBOSQUE en agosto de 2007, como una medida estatal en materia forestal con fuerza de ley, que fomenta la conservación del bosque, focalizando su incidencia en la infiltración del agua para recarga de los mantos acuíferos. Se implementó el Programa con asignaciones presupuestales semilla del Gobierno del Estado, el cual es complemento con aporte mayoritario que proviene de los contribuyentes en el pago por consumo de agua, lo que permite la continuidad del programa (Gobierno del Estado de México y Probosque, 2010).



Figura 6. Letrero colocado en la entrada del parque, donde se refiere que el predio brinda servicios ambientales hidrológicos.

5.10 Áreas de importancia ecológica cercanas al área de estudio

La conservación de la biodiversidad es una prioridad nacional ante la crisis ambiental (cambio de uso del suelo, deforestación, degradación ambiental y cambio climático global, entre otros factores) que enfrenta el país, la cual se ha incrementado durante las últimas décadas (Arriaga *et al.*, 2009).

Diversos autores, autoridades e instituciones han aplicado diferentes ejercicios de regionalización con el objetivo de planear e invertir fondos para la conservación de la biodiversidad, ya que se considera que cualquiera que sea la unidad geográfica de análisis, esta funciona efectivamente como una unidad de conservación. En particular, la regionalización que considera análisis basados en ecorregiones y grandes unidades de paisaje es la que ha tenido como objetivo principal mantener el conjunto de condiciones ecológicas que prevalecen en una determinada escala geográfica, hábitat o áreas con funciones ecológicas vitales y que presentan una alta acumulación de especies, especies sensibles o bien procesos ecológicos y servicios ambientales en general (Arriaga *et al.*, 2009).

Una de estas regiones es el Área Natural Protegida (ANP) “Presa Taxhimay”, ubicada a aproximadamente 22 km del área de estudio, también en el municipio de Villa del Carbón y decretada en el año 2006 como Parque Estatal Santuario de Agua y Forestal. Dicha área cuenta con una superficie de 8,253 ha, el cuerpo de agua cubre una superficie de

365 ha en la municipalidad de Villa del Carbón, limitando al noreste con Tepeji de Ocampo municipio del Estado de Hidalgo y se caracteriza por ser una zona de importantes afloramientos de manantiales. Igualmente es el hábitat de especies como *Ambystoma altamirani* (ajolote), *Conopsis biserialis* (culebra), *Pituophis deppei* (culebra sorda), *Phrynosoma orbiculare* (camaleón) y lagartijas del género *Sceloporus* (Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México, 2006).

Los principales daños y amenazas que presenta este lugar son por la apertura de terrenos agrícolas y en menor medida pecuarios por parte de la población de los ejidos, comunidades y particulares; la práctica tradicional de quema de vegetación en los terrenos y cuya elaboración de carbón favorece la pérdida de importantes cantidades de suelo y de diversidad biológica, disminuyendo su capacidad de infiltración de agua y generando importantes cantidades de azolve en terrenos bajos; el uso de agroquímicos en los cultivos, que ponen en riesgo la calidad del agua de la presa y mantos freáticos, la protección de las especies citadas y la salud de los habitantes de la zona (*op cit*).

5.11 Aspectos socioeconómicos

De acuerdo con el XIII Censo General de Población y Vivienda del INEGI en 2010, la población total de la localidad de Llano de Zacapexco es de 1942 habitantes, siendo 973 del sexo masculino y 969 del sexo femenino. El rango de edad de 0 a 14 años se conforma por 649 personas, de 15 a 64 años por 1151 y de 65 años o más por 139.

Respecto a la educación, de la población de 8 a 14 años 4 no saben leer y escribir; de 15 años o más 118 son analfabetas, asimismo 149 no tienen ningún grado de escolaridad (58 del sexo masculino, 91 del sexo femenino). En cuanto a la asistencia a algún centro educativo 62 personas de 3 a 5 años no asisten a ninguno, de 6 a 11 años son 7, de 12 a 14 años son 6, por el contrario los habitantes que si acuden a la escuela son 89 del rango de 15 a 17 años y 51 de 18 a 24 años. Finalmente el grado promedio de escolaridad es de 7.48 (*op cit*).

En cuestiones de economía, entre la población económicamente activa se encuentran 703 personas, mientras que 712 no lo son. Los habitantes derechohabientes a servicios de salud son 1474 que reciben atención en instituciones como el IMSS (125 personas),

ISSSTE (38 personas), ISSSTE estatal (130 personas) y Seguro Popular (1186 personas), 459 no cuentan con estos servicios.

El número total de viviendas de la localidad es de 611, siendo 447 viviendas particulares habitadas, con un promedio de 4.34 ocupantes por cada una. En relación a esto, 438 viviendas disponen de luz eléctrica y 9 no cuentan con este servicio, 420 disponen de agua entubada y 27 no tienen suministro, 358 cuentan con drenaje y 84 carecen del mismo. Las viviendas que cuentan con todos estos servicios son 344 y 20 no poseen ningún bien.

6 METODOLOGÍA

El siguiente trabajo se realizó en tres fases: la primera correspondiente a la recopilación y análisis de información, la segunda comprendió el trabajo de campo y de laboratorio, y la tercera el trabajo de gabinete.

6.1 Recopilación y análisis de información

Se estableció como área de estudio el parque ecoturístico “Presa El Llano”, ubicado en el municipio de Villa del Carbón, Estado de México, y se realizó búsqueda bibliográfica, donde se recopiló información acerca del municipio, de la localidad, así como de zonas aledañas; se consultaron las cartas temáticas del CETENAL (uso de suelo y vegetación, topografía, edafología, geología e hidrología), se realizó revisión de tesis y publicaciones relacionadas con la flora y fauna del lugar, así como censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) correspondientes a la localidad.

6.2 Trabajo de campo y laboratorio

Se llevaron a cabo ocho visitas de campo entre septiembre de 2011 y julio de 2013, con duración de dos a tres días cada una, cubriendo las diferentes estaciones del año, donde se realizaron recorridos en sitios estratégicos para caracterizar los componentes del medio físico, biótico, socioeconómico y el paisaje, los cuales serán detallados más adelante.

Asimismo, se identificaron las principales actividades generadoras de impacto sobre los componentes del ambiente, y se realizaron encuestas a los visitantes del lugar mediante un formato pre-establecido (Véase Anexo 1).

A continuación se menciona de manera general la metodología utilizada para cada uno de los aspectos que se cubrieron:

6.2.1 Agua

Se colectaron muestras en la periferia del cuerpo de agua “Presa El Llano” y en el río San Jerónimo que alimenta a la misma; las muestras se conservaron en hielo para no alterar los parámetros hasta el momento del análisis. Posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Calidad del Agua-Proyecto CyMA, de la FES-Iztacala y se realizaron pruebas fisicoquímicas siguiendo metodología estandarizada (Robles *et al.*, 2009), los parámetros valorados fueron: pH, sólidos disueltos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y coliformes totales y fecales.

De igual forma se colectaron algunos artrópodos acuáticos, los cuales fueron preservados en alcohol al 70 %, para su posterior identificación con el apoyo de claves taxonómicas especializadas y así conocer su posible asociación como indicadores de la calidad del agua.

6.2.2 Suelo

Se realizó un muestreo aleatorio estratificado donde se obtuvieron cuatro muestras, las cuales fueron tomadas en los diversos tipos de vegetación que se presentan dentro del polígono que abarca la zona de estudio: se tomaron dos muestras en el área de cultivos, a diferentes altitudes una a 2878 m y la otra a 2885 m. Las otras dos muestras fueron tomadas una en el área de bosque mixto y otra en la zona de pastizal. El material colectado se llevó al Laboratorio de Edafología de la Unidad de Biotecnología y Prototipos de la FES- Iztacala, donde se realizaron pruebas físicas y químicas utilizando las técnicas de Muñoz *et al.* (2000). Las pruebas que se llevaron a cabo fueron: densidad real y aparente, porosidad, estabilidad de agregados, materia orgánica, pH, porcentaje de saturación de bases (Ca, Mg, Na, K) y capacidad de intercambio catiónico total.

6.2.3 Vegetación

Se realizó la caracterización de los tipos de vegetación que se presentan en el área de estudio, de igual forma se colectaron plantas de las especies herbáceas, arbustivas y

arbóreas más representativas, para su herborización de acuerdo a las técnicas de Lot y Chiang (1986). Posteriormente se transportaron al laboratorio para su identificación por medio de claves especializadas (Espinosa y Sarukhán, 1997; Sánchez, 1980 y Rzedowski, 2001).

6.2.4 Peces

La identificación de los organismos se llevó a cabo en campo, ya que en la presa solo se registra una especie.

6.2.5 Anfibios y reptiles

Se efectuó observación directa y colecta; la colecta se realizó de forma manual en el caso de lagartijas y algunos anfibios como ranas, además se examinaron madrigueras, sitios como zanjas (Llorente, 1990) y zonas que pudieran ser refugio para los organismos. Las especies se identificaron por medio de guías de campo Behler y King (1979).

6.2.6 Aves

Se llevaron a cabo recorridos en sitios estratégicos para la observación directa de los organismos, con ayuda de binoculares Brunton Echo 10 x 42, también se realizó un registro fotográfico utilizando cámaras semiprofesionales Canon PowerShot SX30IS y Nikon Coolpix P100. La identificación fue por medio de guías de campo de Howell y Webb (1995), National Geographic (1999) y Peterson y Chalif (1976).

6.2.7 Mamíferos

Se utilizaron métodos directos colocando trampas tipo Sherman de 28 x 8 x 9 cebadas con avena mezclada con vainilla y una trampa Tomahawk cebada con sardina, conjuntamente se utilizaron métodos indirectos de registro de huellas y excretas, descrito por Ceballos y Oliva (2005) y Aranda (1981). Igualmente se entrevistó a gente perteneciente a la localidad, para obtener información adicional. Las especies se identificaron con ayuda de las guías de Peterson (1976).

6.2.8 Paisaje

Se realizó el análisis paisajístico mediante la toma de fotografías en la zona de estudio, con cámaras semiprofesionales Canon PowerShot SX30IS y Nikon Coolpix P100, se consideraron varios parámetros en el sitio para valorar la calidad escénica mediante el

método propuesto por la BLM, 1980. Así también se analizó la percepción que tienen los habitantes y visitantes acerca del medio, a partir de las encuestas aplicadas.

6.2.9 Medio socioeconómico

Se elaboró un formato de encuesta (Véase Anexo 1), mismo que se aplicó a 50 personas visitantes del lugar (1 o dos personas por familia), principalmente en temporadas vacacionales.

6.3 Trabajo de gabinete

Con los datos florísticos y faunísticos obtenidos se realizaron listados y se verificó si alguna de las especies se encuentra registrada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 así como en la lista roja de la IUCN.

Se evaluaron los principales impactos generados por diversas actividades sobre los componentes ambientales mediante una Matriz de Leopold modificada. De igual forma para evaluar dichas actividades se utilizó el método PER (Presión-Estado-Respuesta) propuesto por el Instituto Nacional de Ecología (INE) originalmente desarrollado en 1993 por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Con base a esto se propusieron medidas de mitigación o compensación para las principales actividades generadoras de impacto identificadas en el área de estudio, de igual forma se propuso un programa de seguimiento y vigilancia.

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Caracterización de la zona y medio físico

7.1.1 Análisis edafológico

Según la carta edafológica de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL), 1976; se presentan 25 tipos de suelo en el municipio, entre los que destacan Feozem, Andosol, Regosol, Vertisol, Cambisol, Luvisol y Planosol, en menor proporción también se encuentran suelos del tipo Solonchak, Fluvisol, Gleysol, Histosol y Acrisol. Como ya se

mencionó anteriormente los suelos que se presentan en la localidad son Luvisoles, Andosoles, Feozem y asociaciones de los mismos (CETENAL, 1976).

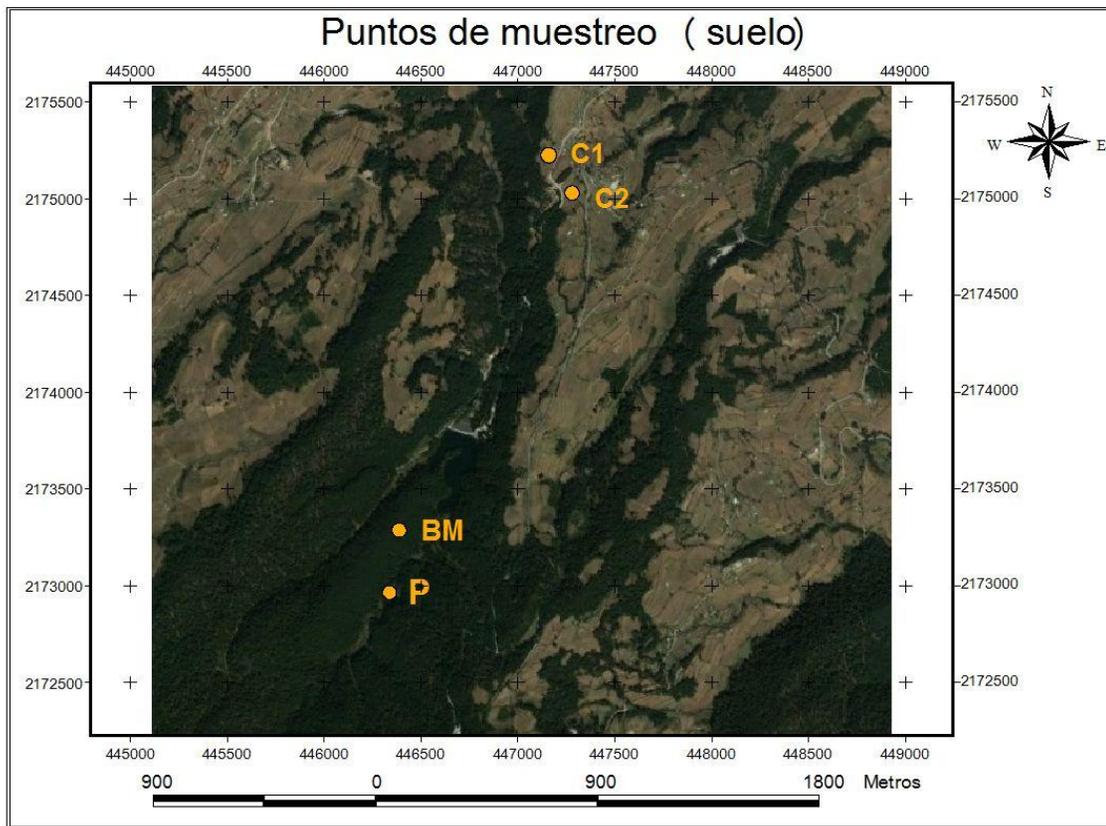


Figura 7. Puntos de muestreo de suelo. C1 y C2: áreas de cultivo, BM: bosque mixto, P: pastizal inducido.

Los resultados de las pruebas físicas y químicas realizadas a las muestras de suelo del área de estudio son los siguientes:

Densidad

La densidad aparente se define como la masa por unidad de volumen, esta nos da información sobre la compactación de cada horizonte del suelo, y permite inferir cuestiones acerca del enraizamiento y la circulación del agua y el aire (Porta *et al.*, 2003).

En las muestras C1, BM y P la densidad aparente fue baja y en la muestra C2 fue media. (Tabla 1). La densidad aparente varía de acuerdo al tipo de minerales, la cantidad de materia orgánica del suelo y el volumen de los poros (Plaster, 2000). El material originario

del suelo del área y el abundante contenido de materia orgánica en las muestras, ocasionan que exista gran cantidad de vacíos o espacios intersticiales, lo que a su vez permite que haya una adecuada circulación de agua y aire y la vegetación se desarrolle.

La densidad real corresponde a la densidad media de la fase sólida o densidad de las partículas, varía con la proporción de los elementos constituyentes (Gaucher, 1971; Porta *et al.*, 2003). Las cuatro muestras mostraron una densidad real baja (Tabla 1), debido a que los suelos orgánicos son muy ligeros (Plaster, 2000).

Porosidad

El volumen de las fases líquida y gaseosa, o el de esta última si el suelo está seco, definen el espacio de huecos. La relación entre el volumen de huecos y el volumen total se define como porosidad (Porta *et al.*, 2003). Dicho de otra forma la porosidad es una medida del volumen del suelo que retiene agua y aire (Plaster, 2000).

El espacio de huecos resulta de la agregación de las partículas minerales individuales con participación de la materia orgánica (Porta *et al.*, 2003). Debido a que la materia orgánica presente en la muestra BM es bastante, contribuye a aumentar sensiblemente la porosidad, pues son los suelos ricos en elementos coloidales los que tienen la mayor porosidad, y también se debe a que existe una alta actividad biológica del suelo. Por el contrario en las muestras C1 y C2 el porcentaje de porosidad es menor, puesto que al trabajar la tierra se debilita la estructura del suelo. La muestra P se encuentra en una categoría de porosidad baja (Tabla 1), pues en esta zona el suelo está sometido a diversas presiones y este tiende a compactarse.

Estabilidad de agregados

La estabilidad de los agregados hace referencia a la capacidad de éstos para mantener su forma al estar sometidos a fuerzas inducidas artificialmente, en concreto las derivadas de la humectación, impacto de las gotas de lluvia o el paso de agua o a un determinado proceso dispersivo (Porta *et al.*, 2003).

En las muestras C1 y C2 la estabilidad de agregados es baja debido a que el cultivo, tiende a provocar una fragmentación en los agregados del suelo. Hay dos razones por las que el cultivo destruye los agregados, la primera, por la inspiración de oxígeno en el suelo, el cultivo acelera la oxidación de la materia orgánica, esta pérdida a su vez, reduce

la cantidad de “pegamento orgánico” que mantiene unidos a los agregados; la segunda, las herramientas de cultivo rompen estos agregados (Plaster, 2000). En la muestra BM y P la estabilidad de agregados es alta, la materia orgánica contenida en este suelo provoca que exista atracción de las partículas y no se destruyan con facilidad a pesar de estar sometido a diversas fuerzas (Tabla 1).

Materia orgánica

Al describir la materia orgánica (m.o.) se atiende a si hay restos y residuos orgánicos incorporados al suelo y si están más o menos transformados (Porta *et al.*, 2003).

La m.o. fresca (biomasa muerta o necromasa) procedente de plantas, animales y microorganismos y sus productos de alteración son los que permiten explicar, principalmente, la presencia de m.o. en los suelos (Porta *et al.*, 2003). Es por ello que el valor de materia orgánica obtenido en la muestra BM cae en la categoría de extremadamente rico, pues en esta zona la vegetación es abundante, lo cual genera una gran cantidad de residuos orgánicos, en especial hojarasca que se acumula e incorpora al suelo. El clima también es importante pues en las zonas frías la materia orgánica tiende a acumularse y se descompone más lentamente (*op cit*). Las muestras C1 y C2 son ricas en materia orgánica, siendo el valor obtenido menor que en la muestra BM, esto se debe a que el cultivo implica una pérdida de m.o., ya sea por menores aportes de m.o. al suelo, por pérdida por erosión o por una mayor entrada de oxígeno al labrar. Por último, la muestra P también es rica en m.o., puesto que en esta zona también hay mucha vegetación, sin embargo no en una proporción como en el bosque mixto, por lo tanto aporta un menor porcentaje de restos orgánicos al suelo (Tabla 1).

pH

La reacción del suelo hace referencia al grado de acidez o basicidad de dicho suelo, generalmente se expresa por medio del pH (Porta *et al.*, 2003). De las muestras analizadas, las cuatro presentan un pH ácido en diferentes grados. La muestra BM cae en una categoría de extremadamente ácido y la muestra P en fuertemente ácido. La acidificación progresiva de los suelos está controlada por diversos factores: litología de los materiales originarios, componentes del suelo, posición topográfica, vegetación (naturaleza de la materia orgánica incorporada al suelo). En bosques de pino la materia orgánica se considera acidificante, al ser de descomposición más lenta. En la muestra C1

el pH es moderadamente ácido y en la muestra C2 es fuertemente ácido ya que en los cultivos no se produce tanta materia orgánica como en el bosque (Tabla 1).

Porcentaje de saturación de bases

La saturación de bases representa el porcentaje de los sitios de intercambio en el suelo ocupados por los iones básicos Ca, Mg, Na y K. La diferencia entre ese número y 100 es el porcentaje de los sitios de intercambio ocupados por iones ácidos: Al e H. El pH del suelo aumenta a medida que aumenta el porcentaje de saturación de bases (Espinoza *et al.*, 2006). Debido a que el suelo del área de estudio es ácido, el porcentaje de saturación de bases fue medio en las cuatro muestras.

Capacidad de Intercambio Catiónico Total (C.I.C.T.)

Expresa el número de moles de iones carga positivos adsorbidos que pueden ser intercambiados por unidad de masa seca. Los cationes intercambiables proceden de la meteorización del material originario, de la mineralización de la materia orgánica, y de aportes externos superficiales y subterráneos (Porta *et al.*, 2003). La capacidad del suelo para retener nutrientes está directamente relacionada con el número de cationes que puede atraer a los coloides del suelo (Plaster, 2000). Las cuatro muestras analizadas se encuentran en un valor medio de C.I.C.T. El humus normalmente añade más capacidad de intercambio de cationes en el suelo que la arcilla, por ello un suelo orgánico como el del área de estudio muestra una capacidad de intercambio catiónico media.

Prueba	C1	C2	BM	P
Densidad aparente (g/cm ³)	0.76	1.03	0.49	0.97
Categoría	Bajo	Media	Bajo	Bajo
Densidad real (g/cm ³)	1.24	1.5	0.85	1.35
Categoría	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Porosidad (%)	39	32	43	29
Categoría	Medio	Medio	Medio	Bajo
Estabilidad de agregados (%)	23.71	30.71	100	51.06
Materia orgánica (%)	10.66	6.62	49.81	8.34
Categoría	Rico	Rico	Extremadamente rico	Rico

pH	6.09	5.61	4.46	5.3
Categoría	Moderadamente ácido	Fuertemente ácido	Extremadamente ácido	Fuertemente ácido
Saturación de bases (%)	47.40	53.47	41.05	58.02
C.I.C.T. (cmol (+) kg⁻¹)	29.93	21.84	27.6	15.49
Categoría	Medio	Medio	Medio	Medio

Tabla 1. Resultados de las pruebas físicas y químicas de suelo de las muestras de suelo del área de estudio. C1 y C2: áreas de cultivo, BM: bosque mixto, P: pastizal inducido.

Índice de calidad del suelo

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y el Desarrollo - Río 92 (UNCED) marcó un hito muy especial al establecer la necesidad de desarrollar y aplicar diferentes metodologías para determinar el estado del ambiente y monitorear los cambios ocurridos a nivel local, nacional, regional y global. La determinación de estos cambios podría ayudar a realizar una mejor evaluación de las dimensiones de los diferentes problemas ambientales, identificar y evaluar los resultados de la aplicación de las convenciones internacionales y los programas de acción, como así también, orientar las políticas nacionales (Cantú *et al.*, 2007).

En 1991, la Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) publicó un set preliminar de indicadores ambientales. Posteriormente, otras organizaciones han desarrollado programas donde se establecieron listas de indicadores para evaluar la calidad ambiental. En la ciencia del suelo, Blum & Santelises (1994) describieron el concepto de sustentabilidad y resiliencia del suelo basado en seis funciones ecológicas y humanas: el suelo como productor de biomasa, el suelo como reactor con filtros, el suelo como buffer y como transformador de materia para proteger el ambiente; el agua subterránea y la cadena de alimentos de la contaminación; el suelo como hábitat biológico y reserva genética, el suelo como medio físico y el suelo como fuente de recursos y de herencia cultural. Estos conceptos y los sugeridos por Warketin (1996) fueron las bases a partir de las cuales la Soil Science Society of America estableció el concepto de calidad del suelo. Doran & Parkin (1994, 1996) y Doran *et al.* (1996) establecieron indicadores cuantitativos de calidad del suelo a partir de estos conceptos (*op cit.*).

Es necesario contar con un set mínimo de indicadores de calidad de suelos, de simple medición y con validez local, que pueda ser utilizado por agencias gubernamentales y responsables del manejo del suelo en la evaluación y seguimiento en el tiempo de la calidad de este recurso. En el presente estudio se trabajó con un set mínimo de indicadores del estado del recurso suelo, para evaluar la calidad de éste en cada uno de los sitios muestreados, a los cuales se les dan diversos usos (forestal y agropecuario), basándose en el método propuesto por Cantú *et al.* (2007).

Los indicadores que se tomaron en cuenta fueron: materia orgánica, pH, porcentaje de saturación de bases, estabilidad de agregados, densidad aparente y espesor del horizonte.

Los valores obtenidos de las pruebas físicas y químicas realizadas para cada indicador, se normalizaron utilizando una escala 0-1 representando respectivamente la peor y mejor condición desde el punto de vista de la calidad. Existen dos situaciones posibles: la primera es cuando el valor máximo del indicador (I_{max}) corresponde a la mejor situación de calidad de suelo y se normaliza utilizando la fórmula $V_n = \frac{I_m - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$; ésta se utilizó para todos los indicadores excepto densidad aparente. La otra situación es cuando el valor I_{max} corresponde a la peor situación de calidad de suelo y se calcula como $V_n = 1 - \frac{I_m - I_{min}}{I_{max} - I_{min}}$, ésta se utilizó solo para densidad aparente. Donde V_n =valor normalizado, I_m =medida del indicador, I_{max} = valor máximo del indicador, I_{min} =valor mínimo del indicador. Los valores máximos y mínimos para cada indicador fueron establecidos de acuerdo a los obtenidos de las pruebas realizadas a las muestras de suelo del área de estudio. Finalmente, se estableció un índice de calidad de suelos (ICS) promediando los valores de todos los indicadores. Para la interpretación del ICS se utilizó una escala de transformación en cinco clases de calidad de suelo de acuerdo con Cantú, *et al.* (2007); donde 0.8-1.00= clase 1 (muy alta calidad), 0.60-0.79= clase 2 (alta calidad), 0.40-0.59= clase 3 (moderada calidad), 0.20-0.39= clase 4 (baja calidad) y de 0.00-0.19= clase 5 (muy baja calidad).

De acuerdo a lo anterior el índice de calidad de suelo para cada una de las cuatro muestras de suelo del área de estudio son los siguientes:

Muestra	Valor del ICS	Clase
C1	0.32	4 (baja calidad)
C2	0.25	4 (baja calidad)
BM	0.67	2 (alta calidad)
P	0.41	3 (moderada calidad)

Tabla 2. Índice de calidad de suelo de las muestras del área de estudio. C1 y C2: Áreas de cultivo, BM: Bosque mixto, P: Pastizal inducido.

En la tabla 2 se observa que la muestra BM (bosque mixto) presentó una calidad de suelo más alta respecto a las demás muestras, pues en las áreas boscosas es donde el suelo se encuentra mejor conservado, no existe gran perturbación por las actividades humanas, y aún prevalece la vegetación original lo que contribuye a que el suelo conserve sus características y se encuentre en buenas condiciones; por otro lado el alto contenido de materia orgánica, es una propiedad importante para el suelo de esta zona, ya que contribuye en gran medida a la fertilidad, la estabilidad y evita la compactación, además permite que los nutrientes requeridos por las plantas, estén disponibles. La muestra P (pastizal inducido) presentó una calidad moderada, esto puede deberse a que en esta zona se lleva a cabo pastoreo de ganado ovino, ocasionando compactación, disminución de la porosidad, por otra parte no existe vegetación tan abundante como en la zona de bosque. Finalmente en las muestras C1 y C2 (cultivos) se obtuvo baja calidad, pues ambos sitios han sido utilizados para el establecimiento de cultivos, actividad que hace más susceptible al suelo a la erosión, pérdida de nutrientes y por ende pérdida de fertilidad, de igual forma afecta a la estabilidad de agregados.

Por lo anterior es importante crear planes para dar un manejo adecuado al recurso suelo, conocer sus características y su vocación natural, para que en base a ello se establezcan los usos potenciales para cada tipo de suelo, se deben elaborar programas de ordenamiento del territorio, y si es posible delimitar zonas especiales para el pastoreo y la agricultura. Como parte del presente estudio, más adelante se proponen algunas medidas de mitigación para los impactos provocados al suelo.

7.1.2 Análisis de la calidad de los cuerpos de agua

Uno de los elementos más importantes dentro del área de estudio es el agua, debido a que la presa y el río son fuentes abastecedoras de este recurso, y su uso recreativo es también importante por lo que debe cuidarse la calidad.

Se tomaron dos muestras, una en el río San Jerónimo, ya que se encuentra aguas arriba de la presa El Llano, y la segunda muestra tomada en esta última, para posteriormente realizar pruebas fisicoquímicas tales como pH, sólidos disueltos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y coliformes totales y fecales, simultáneamente se colectaron algunos insectos acuáticos para conocer su posible actuación como bioindicadores. Con base en esto se realizó un análisis de la calidad del agua y un diagnóstico general del estado en que se encuentra este recurso en el área de estudio.

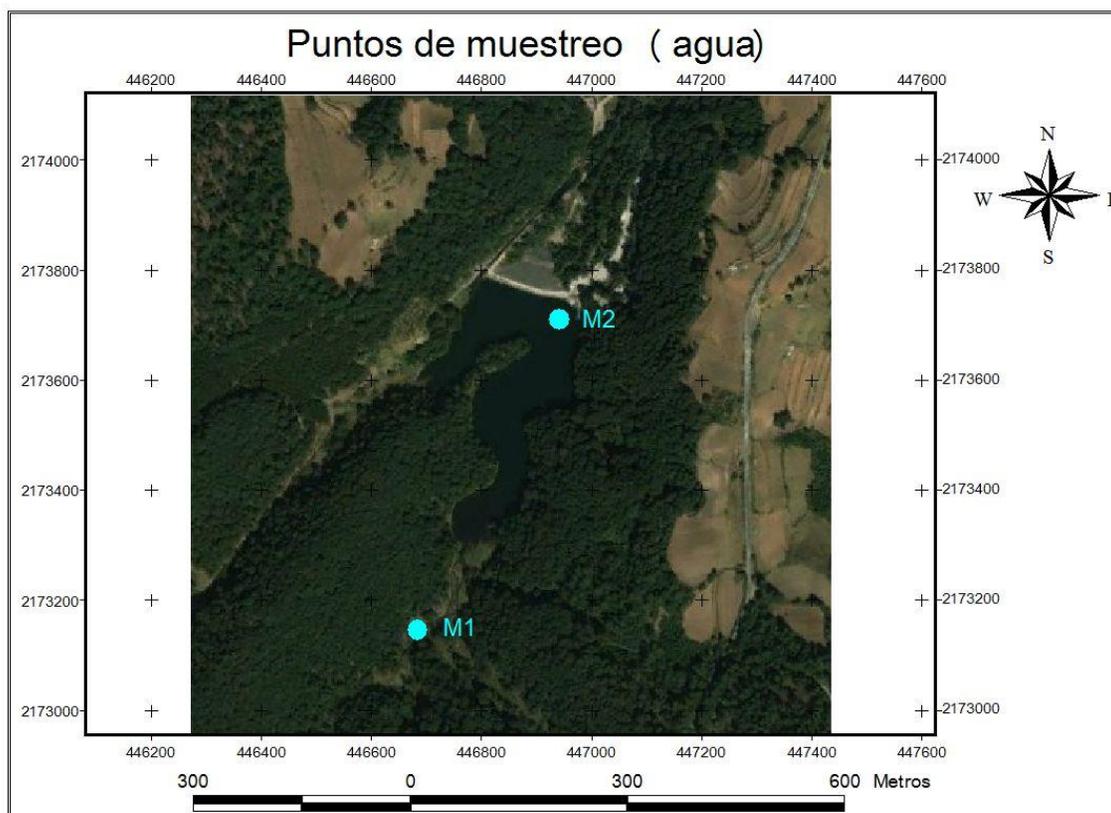


Figura 8. Puntos de muestreo (agua). M1: río San Jerónimo, M2: Presa El Llano.

A continuación se presenta el análisis de los parámetros valorados, así como de las especies de los organismos bioindicadores identificados.

pH

La cantidad de iones hidrogeno libres en un medio se conoce como potencial de hidrógeno (pH) e indica el grado de acidez o basicidad de este (Gama *et al.*, 2010), si el agua tiene una fuerte concentración en (H^+) es de carácter ácido, por el contrario, es de carácter básico cuando la concentración es débil (Blanco, 1994).

La concentración del ion hidrógeno (H^+) es un importante parámetro de calidad en las aguas naturales y en las residuales, ya que interviene de forma significativa en los equilibrios de diferentes sustancias químicas que puedan encontrarse en diferentes formas al cambiar el pH, y también porque el intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de la vida es muy estrecho y crítico (Poch, 1999). En la mayoría de las aguas naturales el pH tiene valores que oscilan de 5 a 8.5. En los cuerpos de agua analizados se obtuvieron valores de 6.5 para el río San Jerónimo y de 6.3 para la presa El Llano, ambos valores se consideran como ligeramente ácidos según Gama *et al.* (2010).

De acuerdo con los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89 el intervalo de pH adecuado para ser una fuente de abastecimiento de agua potable es de 5-9, y para riego agrícola de 4.5-9, asimismo la NOM-127-SSA1-1994 que establece los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, señala que el pH debe encontrarse en un intervalo de 6.5 a 8.5, por lo que se puede decir que los dos cuerpos de agua cumplen con estos criterios.

Sólidos disueltos

El término sólidos hace alusión a materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales inorgánicas principalmente calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos; y residuos orgánicos) que están disueltos en el agua. Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas (Fuentes y Massol-Deyá, 2002).

Los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89 refieren que los niveles máximos en mg/l deben ser de 500 para una fuente de abastecimiento de agua potable y para riego agrícola la concentración de sólidos disueltos que no tiene efectos nocivos en ningún cultivo es de 500 mg/l, para uso pecuario la concentración máxima debe ser de 1000 mg/l. De igual forma la NOM-127-SSA1-1994 establece que los límites permisibles

deben ser de 1000 mg/l. En las muestras analizadas se obtuvieron valores de 35 mg/l para el río San Jerónimo y de 36 mg/l para la presa El Llano, los cuales son valores muy bajos, por lo que no conllevaría problema alguno darle algún uso a estas aguas.

Oxígeno disuelto

Es un factor que determina la existencia de condiciones aerobias o anaerobias en un medio particular. La determinación de Oxígeno Disuelto (O.D.) sirve como base para cuantificar DBO y grado de contaminación de ríos. El O.D. se presenta en cantidades variables y bajas en el agua; su contenido depende de la concentración y estabilidad del material orgánico presente y es por ello, un factor muy importante en la autopurificación de los ríos (Romero, 1999). Uno de los signos de degradación de la calidad del agua es el agotamiento de su contenido de oxígeno, por esta razón, sus niveles suelen emplearse como índice en el manejo de la calidad del agua. En el río San Jerónimo se obtuvo un valor de 6.7 mg/l, en tanto que la presa El Llano presentó 6.5 mg/l, ambos se incluyen en la clasificación de aguas muy oxigenadas, estas concentraciones se encuentran cercanas a la saturación, siendo características de agua de buena calidad (Gama *et al.*, 2010).

Por otro lado las muestras analizadas cumplen con los niveles mínimos que señalan los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, para considerarse como fuente de abastecimiento de agua potable y para la protección de la vida acuática en agua dulce.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos, requerido para la estabilización química y biológica del material orgánico en un sistema y periodo determinados. Corresponde a un método desarrollado para determinar el contenido de materia orgánica y el más aproximado a los procesos que tienen lugar en el seno del medio acuático. La DBO es un descriptor de contaminación muy usado para cuantificar la eficiencia en la eliminación de desechos biodegradables. Los valores en los que se encuentran ambas muestras, cumplen con los criterios señalados en la NOM-001-SEMARNAT-1996, que en uno de sus apartados, señala los niveles máximos permisibles para contaminantes básicos en ríos y embalses naturales y artificiales; las concentraciones de DBO₅ encontradas, se consideran adecuadas para el uso en riego agrícola, uso público urbano, y para el caso del río, protección de la vida acuática.

Coliformes totales y fecales

El grupo coliforme está compuesto por bacterias de los géneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*.

Los coliformes pueden provenir de los excrementos humanos, pero también pueden originarse en animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo. Por lo tanto, la presencia de coliformes en aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes (Romero, 1999).

En el caso de los coliformes fecales, su presencia en el agua es considerada como un índice evidente de la ocurrencia de contaminación fecal y por lo tanto de contaminación con microorganismos patógenos (*op cit.*).

Acercas de la evaluación de estos parámetros, los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, refieren que los niveles máximos de organismos coliformes fecales para considerarse fuente de abastecimiento de agua potable deben ser de 1000 mg/l, de la misma forma para el riego agrícola; para el uso recreativo con contacto primario y para la protección de la vida acuática en agua dulce, los organismos no deben exceder de 200 como NMP en 100 ml. Por otra parte, la NOM-127-SSA1-1994 establece que para organismos coliformes totales el límite permisible es de 2 NMP/ 100 ml y los organismos coliformes fecales deben estar ausentes o no detectables NMP/100 ml. En cuanto a los cuerpos de agua del área de estudio, ambos presentaron valores bajos tanto de coliformes totales como de coliformes fecales, por lo que su uso es recomendable para cualquier fin, incluyendo el consumo, contando con un tratamiento previo de desinfección.

Parámetro	CE-CCA-001/89				NOM-127-	río San	Presa el
	AAP	RA	UP	PVA/UR	SSA1-1994	Jerónimo (M1)	Llano (M2)
pH	5-9	4.5-9	-	-	6.5-8.5	6.5	6.3
Sólidos disueltos	500 mg/l max	500 mg/l max	1000 mg/l max	-	1000 mg/l max	35 mg/l	36 mg/l
Oxígeno disuelto	4 mg/l min	-	-	5 mg/l min	-	6.7 mg/l	6.5 mg/l
DBO₅	-	-	-	-	-	2.5 mg/l	2.4 mg/l
Coliformes totales	-	-	-	-	2 NMP/ 100 ml	230 *NMP/100 ml	230 *NMP/100 ml
Coliformes fecales	1000 mg/l max	1000 mg/l max	200 NMP/100 ml max	200 NMP/100 ml max	Ausentes o no detectables	130 *NMP/100 ml	130 *NMP/100 ml

Tabla 3. Resultados de los análisis realizados a los cuerpos de agua. AAP: fuente de abastecimiento de agua potable, RA: riego agrícola, UP: uso pecuario, PVA/UR: Protección de la vida acuática/uso recreativo.

Organismos indicadores de la calidad del agua

Dentro del estudio de los insectos acuáticos, uno de los objetivos más importantes es el de su uso como indicadores de la perturbación en los ecosistemas acuáticos de agua dulce, si se consideran en un sistema de monitoreo biológico. Dicho planteamiento está basado en una serie de características que les permite ubicarse por encima de otros grupos biológicos de igual importancia, ya que los insectos acuáticos se encuentran en casi todos los hábitats posibles, por lo que son afectados en distintos niveles y estratos del sistema. Por otra parte, varias especies presentan un intervalo amplio de respuesta a la contaminación, y por sus hábitos sedentarios (en relación con otros taxa) y ciclos de vida relativamente largos permiten establecer consideraciones del estado de salud de un cuerpo de agua en el tiempo y en el espacio (De la Lanza, Hernández y Carbajal, 2000). Es por esta razón que en el presente estudio se colectaron e identificaron insectos acuáticos principalmente en el río San Jerónimo, para conocer su posible relación como

indicadores de la calidad del agua. Los géneros identificados fueron: *Suragina* sp, *Tipula* sp, *Tricorythodes* sp, *Aquarius* sp, *Microvelia* sp y *Oplonaeschna* sp.

Suragina sp y *Tipula* sp pertenecen al Orden Diptera y a las familias Athericidae (moscas de agua con espinas) y Tipulidae respectivamente, las larvas de la primera se encuentran en sistemas lóticos y las de *Tipula* sp se encuentran generalmente en las márgenes de los sistemas lóticos y lénticos entre detritus, sedimento orgánico fino, hidrófitas vasculares, algas, así como en aguas "limpias", son organismos intolerantes a la contaminación orgánica (De la Lanza, Hernández y Carbajal, 2000).

Tricorythodes sp se incluye dentro del Orden Ephemeroptera y de la familia Leptohephidae, los náyades de esta familia se encuentran en sistemas lóticos y ocurren en sustratos arenosos, en detritos, entre vegetación o masas de raíces. Son organismos facultativos (*op cit.*).

Aquarius sp y *Microvelia* sp pertenecientes al orden Hemiptera y a las familias Gerridae (patinadores de agua) y Veliidae (patinadores de agua de hombros anchos y patas cortas) respectivamente; son enteramente acuáticos y se encuentran generalmente en las márgenes y zona limnética de los sistemas lóticos y lénticos. Los organismos del género *Aquarius* sp son facultativos y los de *Microvelia* sp son intolerantes a la contaminación orgánica (*op cit.*).

Finalmente *Oplonaeschna* sp corresponde al Orden Odonata y a la familia Aeshnidae, los náyades de esta familia se encuentran generalmente en las márgenes de sistemas lóticos y lénticos, como depósitos de detritus, bajo rocas y sobre hidrófitas vasculares. Son organismos facultativos (*op cit.*).

Otros organismos considerados como buenos indicadores de la calidad del medio, son los peces por lo que una gran diversidad y abundancia de éstos en ríos, lagos y mares indican que tanto es un ambiente sano para todas las demás formas de vida. Por lo anterior, es importante determinar aquellas especies de peces indicadoras de alguna de las alteraciones en los ambientes acuáticos. En el área de estudio se identificó una especie de pez *Oncorhynchus mykiss*, comúnmente conocida como trucha arcoíris perteneciente al Orden Salmoniformes y a la familia Salmonidae, esta especie es dulceacuícola, vive en el fondo de aguas con corriente rápida, de baja temperatura, transparentes y bien oxigenadas de arroyos. Se encuentra en pequeños y grandes ríos y

lagos; prefiere los fondos de grava o arena, ricos en plantas acuáticas. Se trata de una especie introducida en varias regiones de México con fines comestibles. Como organismo bioindicador se considera intolerante, es muy sensible a cambios en la temperatura del agua, a la turbidez como consecuencia de incorporación de desechos urbanos e industriales, y a aguas con baja concentración de oxígeno (De la Lanza, Hernández y Carbajal, 2000).

Por último, el alga *Elodea* sp, de la familia Hydrocharitaceae, también podría ser indicadora de la calidad del agua en la presa; esta especie es originaria de Norteamérica, la cual se distribuye en aguas estancadas, con poco movimiento del agua; es tolerante a pH de 6 a 7.5, y a temperaturas de 1 a 25 °C, por lo tanto no soporta altas temperaturas, es una planta oxigenadora del agua, por lo que su uso en acuarios es muy común (Gollasch, 2006). Es capaz de propagarse a alta velocidad, aspecto que la cataloga como especie invasora; en la presa El Llano, es muy densa lo que puede dificultar el movimiento de las lanchas y la pesca.

Con el análisis realizado, se deduce que la calidad del agua del río San Jerónimo y la presa El Llano es buena, y el uso de estos cuerpos de agua es recomendable ya sea para llevar a cabo actividades recreativas, aprovecharla para el riego de cultivos, e incluso el consumo humano contando con un tratamiento previo. Sin embargo, es necesario monitorear y llevar un seguimiento de estos cuerpos de agua para un manejo adecuado de este recurso y evitar su contaminación, pues se encuentra vulnerable debido al turismo y al pastoreo.

7.1.3 Análisis paisajístico

El paisaje es la expresión externa polisensorialmente perceptible del medio: el medio se hace paisaje cuando alguien lo percibe. Esta percepción se produce de una vez sobre el conjunto del sistema ambiental, es subjetiva, variable, por tanto, en razón del tipo de receptor, y se adquiere a través de todos los órganos de percepción, directos e indirectos, que operan en el observador: vista, oído, olfato, tacto (Gómez, 2002).

El paisaje, en cuanto manifestación externa y conspicua del medio, es un indicador del estado de los ecosistemas, de la salud de la vegetación, de las comunidades animales,

del uso y aprovechamiento del suelo y, por tanto, del estilo de desarrollo de la sociedad y de la calidad de la gestión de dicho desarrollo (*op cit.*).

Se realizó el análisis de la calidad escénica del paisaje, basado en el método propuesto por la BLM, 1980; que valora la calidad escénica de manera individual para diferentes parámetros del paisaje, y posteriormente valorarla de forma global. A continuación se muestra la valoración de la calidad escénica y la descripción de cada uno de los elementos valorados.

Presas El Llano

En la tabla 4 se describen los parámetros valorados de acuerdo a la BLM, 1980; tales como morfología, vegetación, agua, color, fondo escénico, rareza y actuaciones humanas, se evalúan cada uno de estos elementos de acuerdo a criterios de puntuación, los cuales son considerados por el observador asignándoles un valor entre 0 y 5, con base a las características del área y del elemento a valorar. Al sumar el resultado obtenido de la evaluación individual de cada parámetro se obtiene un valor para la calidad escénica global, que clasifica el paisaje en tres categorías: clase A (19-33 puntos)= calidad alta, clase B (12-18 puntos)= calidad media, clase C (0-11 puntos)= calidad baja.

La presa El Llano, se encuentra dentro de la clase A, es decir, tiene una alta calidad escénica, se considera un área con rasgos singulares y sobresalientes, las cuales se describen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Análisis de la calidad escénica de la presa El Llano.

Parámetro	Características	Valoración
Morfología	Relieve montañoso alrededor de la presa.	3
Vegetación	Tres tipos de vegetación, no muy marcados ya que a simple vista solo se distingue el bosque mixto.	3
Agua	Factor dominante en el paisaje, tiene una apariencia limpia, y es posible encontrar vegetación acuática y fauna como peces y ajolotes.	5
Color	Se pueden apreciar contrastes de colores entre la vegetación, el agua, el suelo y las rocas de la zona, aunque no es dominante ni muy marcado.	3
Fondo escénico	El paisaje circundante se compone de vegetación tipo bosque mixto, en donde se pueden apreciar los	5

	estratos ya que se encuentra en pendiente.	
Rareza	Es similar a otros de la región, pero el espejo de agua de la presa es muy característico lo que aporta una belleza singular.	3
Actuaciones humanas	Existen modificaciones, ocasionadas por diversas actividades como la agricultura, el pastoreo y la recreación, sin embargo el lugar aun se encuentra en buen estado y la calidad escénica no ha sido muy afectada.	2
Total de puntos		24

La presa es alimentada por el río San Jerónimo, tiene una extensión de 40 000 m² de espejo y la parte más profunda mide 55 m, cuenta con una capacidad de almacenamiento de 15 000 m³ (Bienes comunales de la comunidad de San Jerónimo Zacapexco, 2013).

En la presa se pueden observar distintas tonalidades del agua a lo largo del año, esto es influenciado por la cantidad de luz que incide en el espejo, además de la cantidad de algas que se encuentren presentes. Alrededor la vegetación que predomina son árboles de pino de las especies *Pinus montezumae* y *Pinus patula*, muchos de ellos fueron plantados como parte de labores de reforestación. También se puede encontrar vegetación acuática como el tulillo (*Juncus effusus*), chilillo (*Polygonum punctatum*), ombligo de Venus (*Hydrocotyle ranunculoides*) y especies de fauna como el ajolote (*Ambystoma altamirani*) y la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), como ya se menciono anteriormente, ésta última es una especie introducida en la presa con fines recreativos, ya que se realizan torneos de pesca donde se capturan estos organismos, además de que son comercializados.

Además de la pesca se realizan otras actividades de recreación como el paseo en lancha, de igual forma se extrae agua con fines de riego para los cultivos aledaños, por lo que el nivel de la presa tiende a bajar considerablemente en algunas épocas del año (Véanse figuras 10 y 11).



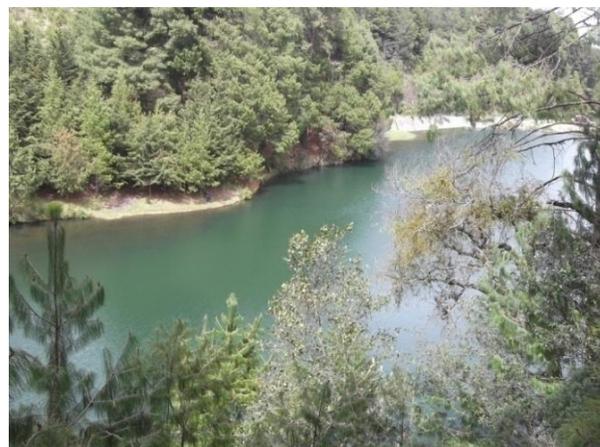
a) Norte de presa



b) Noroeste de la presa



c) centro de la presa con vista en dirección Norte



d) Noreste de la presa

Figura 9 (a,b,c y d). Vista del paisaje de la presa El Llano.



a) presa a su máxima capacidad



b) nivel de la presa bajo (algunas zonas se observan secas)

Figura 10 (a y b). Nivel del agua observado a lo largo del año en la presa.



a) paseo en lancha



b) cultivo de trucha

Figura 11 (a y b). Actividades que se realizan dentro de la presa.

Río San Jerónimo

El río San Jerónimo tiene su origen en la Sierra de las Cruces y Monte Alto, catalogándose también como fuentes intermitentes que forman posteriormente dicho río, además de Las Animas y Los Sabinos. Cabe mencionar que además de los escurrimientos naturales, los ríos también son formados por la existencia de manantiales que se encuentran en las porciones más elevadas o medias del municipio (Plan de Desarrollo Urbano de Villa del Carbón, Edo. de México, 2006-2009).

El fragmento del río ubicado en el área de estudio corre en dirección suroeste-noreste, tiene una profundidad en las zonas bajas de aproximadamente 20 cm y en las zonas más profundas es de 1 m; el lecho del río es variable, mide aproximadamente 6.5 m en la parte más ancha y en la parte más angosta 3 m, y fluye sobre un sustrato rocoso-arenoso. El agua es limpia y clara, donde es posible apreciar el fondo en algunas charcas o pequeñas pozas. Sobre muchas de las rocas que se encuentran a las orillas del río se pueden observar helechos de los géneros *Adiantum*, *Asplenium*, *Cheilantes*, *Pleopeltis* y *Polypodium*, además fue posible la colecta de insectos acuáticos tales como *Suragina* sp, *Tipula* sp, *Tricorythodes* sp, *Aquarius* sp, *Microvelia* sp y *Oplonaeschna* sp, la mayoría de ellos indicadores de buena calidad del agua; también se observaron ranas de las especies *Hyla plicata* y *Lithobates tlacoci*.

Al igual que la presa El Llano, el río San Jerónimo es incluido dentro de la clase A, siendo un área con rasgos singulares y sobresalientes (Tabla 5). Es por ello que la conservación de este río es importante ya que además de poseer un atractivo natural, tiene importancia desde el punto de vista de los recursos hídricos.

En los márgenes del río se puede observar que algunos de los habitantes llevan ganado bovino a pastorear, también en algunas zonas en especial las más próximas a la presa las personas que visitan el lugar utilizan el cuerpo de agua con fines recreativos, lo que puede causar una modificación en el paisaje.

Tabla 5. Análisis de la calidad escénica del río San Jerónimo.

Parámetro	Características	Valoración
Morfología	Relieve montañoso, pero no llega a ser predominante.	3
Vegetación	Pastizal inducido a las orillas con vegetación secundaria, en las partes más altas se presenta bosque mixto.	3
Agua	Es un factor dominante en el paisaje, apariencia limpia y clara, donde se puede apreciar el fondo que se caracteriza por ser rocoso lo cual le da atractivo.	5
Color	Combinaciones de color intensas y variadas, contraste entre la vegetación, el agua, las rocas y el suelo.	5
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual, existe contraste entre la vegetación, el agua y las grandes rocas a las orillas del río.	5

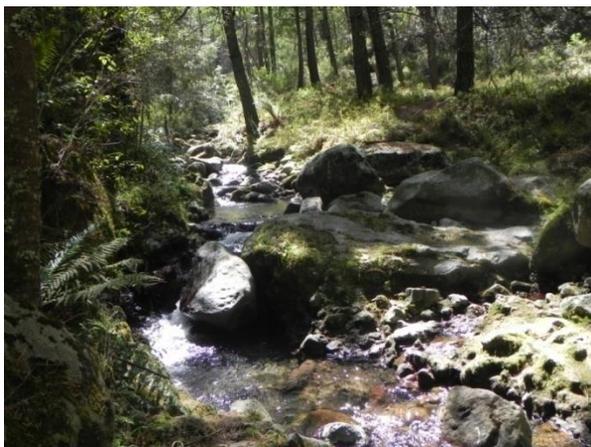
Rareza	Es muy similar a otros de la región, pues el tipo de vegetación es constante, pero el elemento agua que se encuentra en continuo movimiento, le proporciona un aspecto agradable.	3
Actuaciones humanas	Las zonas adyacentes son utilizadas con fines de pastoreo y muchos de los visitantes realizan actividades de recreación dentro del agua.	2
Total de puntos		26



a) río San Jerónimo (se observa bosque de pino al fondo)



b) vista del río zona este



c) cauce del río



d) charcas formadas en algunos fragmentos

Figura 12 (a,b,c y d). Vista del paisaje del río San Jerónimo.



a) zona de confluencia de la presa y el río



b) pastoreo en zonas adyacentes al río



c) recreación y descanso

Figura 13 (a,b y c). Actividades llevadas a cabo en el río y su entorno.

7.2 Medio biótico

7.2.1 Vegetación

De acuerdo con los recorridos de campo y muestreos realizados en la presente investigación, se identificaron 4 tipos de vegetación en la zona de estudio, según los criterios de clasificación de Rzedowski (1978). Es importante señalar que resulta difícil cartografiar los tipos de vegetación de la zona, pues estos a veces se encuentran distribuidos de forma casi homogénea y/o intercalados. A continuación se describen.

Bosque mixto

Los bosques mixtos de pino y encino son muy frecuentes en el país, ya que comparten afinidades ecológicas generales, lo que da como resultado que los dos tipos de bosques

ocupen nichos muy similares, que se desarrollen con frecuencia uno al lado del otro, formando intrincados mosaicos y complejas interrelaciones sucesionales (Rzedowski, 1978). Según el Programa de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de México 2005-2025 este tipo de vegetación abarca una superficie 209,238 hectáreas en la entidad, comprendiendo comunidades mezcladas de los géneros *Pinus* y *Quercus* en proporción diversa. Estos árboles también suelen ir acompañados por especies de los géneros *Arbutus*, *Buddleia*, *Alnus* y *Cupressus* (Secretaría del Medio Ambiente; Gobierno del Estado de México, 2007).

Este tipo de vegetación se distribuye en la mayor parte de la zona de estudio principalmente en las partes altas, laderas y pendientes pronunciadas. Es difícil decir en que proporción se encuentran las comunidades de pinos y encinos pues están muy entremezcladas.

Bosque de pino

Los pinares son comunidades vegetales muy características de México y ocupan vastas superficies de su territorio (Rzedowski, 1978). El 84 % de la vegetación forestal del Estado de México corresponde a bosques y de éste, 27 % son coníferas y 48 % coníferas mezcladas con latifoliadas (Secretaría de Ecología, 2000). Se localiza principalmente en las regiones montañosas, en altitudes entre 2,600 y 2,800 m (Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Protectora de Bosques, 2006). La altura del bosque es variable; en la mayor parte de los casos oscila entre 8 y 25 m, pero puede alcanzar hasta 40 m (Rzedowski, 1978).

Dentro de la zona este tipo de vegetación se distribuye especialmente en los límites de la presa así como en las partes adyacentes al río, a una altitud de 2700 a 2800 m, encontrándose especies como *Pinus patula* y *Pinus montezumae*, aunque el bosque de pino no constituye el único tipo de vegetación prevaleciente, pues compite con el bosque de *Quercus* y otras especies de árboles de los géneros *Abies*, *Alnus*, *Buddleia*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Prunus* y *Salix*. En este punto es importante señalar que la especie *Pinus patula* es indicadora de alteración en el bosque.

El espectro biológico de los pinares indica una fuerte preponderancia de los elementos herbáceos sobre los leñosos (Rzedowski, 1978). El estrato arbustivo está muy bien representado por géneros como *Eupatorium* y *Senecio* y especies como *Baccharis*

conferta, *Ribes affine*, *Symphoricarpos microphyllus*, *Monnina xalapensis*, *Fuchsia thymifolia*, *Rubus schiedeanus*, *Berberis moranensis*, *Cestrum anagyris*, entre otras. Finalmente en el estrato herbáceo las familias que presentan mayor dominancia son Asteraceae, Poaceae, Rosaceae y Scrophulariaceae, además de especies como *Lopezia racemosa*, *Oenothera rosea*, *Prunella vulgaris*, *Salvia elegans*, *Stellaria nemorum*, *Eryngium carlinae*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Erodium cicutarium*, *Geranium seemanni*, *Brassica campestris* *Raphanus raphanistrum* y *Commelina coelestis*.

Dentro de la riqueza forestal de México, los pinares constituyen un recurso de primera importancia por la demanda de su madera, por la facilidad de su explotación, por la relativa rapidez del crecimiento de muchas de sus especies y sobre todo por la extensa área de distribución y buen desarrollo que presentan estos bosques en el país (Rzedowski, 1978).

La explotación forestal inadecuada, sobre todo la clandestina, así como el continuo uso del fuego para quemar los pastizales, la tala y el desmonte para la explotación agrícola, el sobrepastoreo y la ampliación de zonas habitacionales, constituyen factores que restan superficie a los bosques y modifican la composición de los que quedan (Rzedowski, 1978; Secretaría del Medio Ambiente; Gobierno del Estado de México, 2007).

Dentro de la zona de estudio, es frecuente practicar el “ocoteo”, que consiste en la obtención de rajadas de madera impregnadas de resina que se emplean para encender las fogatas de los visitantes. El “ocoteo” destruye rápidamente los árboles y aunque ahora no es tan frecuente como en otros tiempos, es una de las causas más serias de la afectación al arbolado, además de la deforestación.



a) leña obtenida de los árboles de pino



b) árbol dañado por causa del “ocoteo”

Figura 14 (a y b). Problemática de la tala ilegal en el parque.

Bosque de *Quercus*

Los bosques de *Quercus* o encinares son comunidades vegetales muy características de las zonas montañosas de México. De hecho, junto con los pinares constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de áreas con clima templado y semihúmedo. Se encuentran desde el nivel del mar hasta 3100 m aunque más de 95 % de su extensión se halla en altitudes entre 1200 y 2800 m (Rzedowski, 1978). La superficie que abarca en el Estado de México es de 126, 016 hectáreas (Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Protectora de Bosques, 2006).

Los bosques de encino son comunidades cuya altura varía entre 2 y 30 m, alcanzando en ocasiones hasta 50, generalmente son de tipo cerrado, pero también los hay abiertos y muy abiertos (Rzedowski, 1978).

El bosque de encino se encuentra distribuido en gran parte del área de estudio, aunque cabe mencionar que en ningún sitio llega a formar una masa pura, su presencia es notable en las partes altas y existe una dominancia de especies de *Quercus rugosa* y *Quercus laurina*. Asimismo se presentan árboles de los géneros: *Abies*, *Alnus*, *Buddleia*, y *Pinus*.

Con respecto a la composición florística, al igual que en el bosque de pino predominan ampliamente en número de especies las plantas herbáceas sobre las leñosas. Entre las familias de plantas más representativas tanto en el estrato herbáceo, como arbustivo se encuentran: Asteraceae, Poaceae, Lamiaceae, Rosaceae, Onagraceae, Umbelliferae, Scrophulariaceae, Commelinaceae y Rubiaceae, esto concuerda con lo descrito por Rzedowski para este tipo de vegetación.

Pastizal

Los pastizales antropógenos algunas veces corresponden a una fase de la sucesión normal de comunidades vegetales, cuyo clímax es por lo común un bosque o un matorral (Rzedowski, 1978).

Otras veces el pastizal antropógeno no forma parte de ninguna serie normal de sucesión de comunidades, pero se establece y perdura por efecto de un intenso y prolongado disturbio, ejercido a través de la tala, incendios, pastoreo y muchas veces con ayuda de

algún factor del medio natural, como, por ejemplo, la tendencia a producirse cambios en el suelo que favorecen el mantenimiento del zacatal (*op cit*).

Entre los que pueden agruparse en la primera categoría cabe incluir a los pastizales que prosperan una vez destruidos los bosques de *Pinus* y de *Quercus*, como es el caso de la zona de estudio.

Desde el punto de vista de la economía humana, las áreas cuya cubierta vegetal está dominada por gramíneas, revisten gran importancia, pues constituyen el medio natural más propicio para el aprovechamiento pecuario. Los pastizales son particularmente adecuados para la alimentación del ganado bovino y equino (Rzedowski, 1978).

La zona de pastizal del área de estudio se considera inducido o de origen antropógeno, pues su presencia está determinada por la deforestación y cambio de uso de suelo, se encuentra en las partes bajas y con poca o nula pendiente, principalmente a las orillas de la presa y del río San Jerónimo, pues es donde se llevan a cabo actividades de pastoreo de ganado bovino principalmente, lo que ocasiona compactación de suelo y poco desarrollo de vegetación, aunado a esto el campismo y tránsito de personas en estos sitios, también son factores que contribuyen al desarrollo de este tipo de vegetación.

Cultivos

Los bosques de *Pinus* y *Quercus*, cubrían antes de la fuerte intervención humana más del doble del área que ocupan hoy y su superficie va en disminución constantemente ante el avance de la agricultura y de los desmontes con fines ganaderos.

Para los habitantes de la localidad una de las principales fuentes de empleo e ingresos es la agricultura y la ganadería, por lo que han cambiado el uso natural del suelo e introducido cultivos de temporal con importancia económica, como el maíz (*Zea mays*) principalmente y algunos cultivos de haba (*Vicia faba*).



a) zona de cultivos en el área de estudio



b) Cultivo de haba (*Vicia faba*) cercano a la presa "El Llano"

Figura 15 (a y b). Zonas de cultivo ubicadas en los alrededores del parque.

Reforestación

Los sitios donde se han llevado a cabo prácticas de reforestación son varios, en especial en la parte noroeste de la presa, así como en zonas adyacentes al río, donde se pueden observar plantaciones con pinos de las especies *Pinus montezumae* y *Pinus patula*, los árboles de ambas especies se encuentran mezclados, de igual forma se observó que estos organismos se encuentran saludables y en óptimas condiciones, sin embargo se aprecia una alta densidad, pues no existe un espacio adecuado entre cada árbol, lo cual puede tener repercusiones a futuro para estos. Las plantaciones se realizaron en el año 1998, como se indica en algunos letreros instalados dentro de las áreas reforestadas.



Figura 16. Zona reforestada dentro del parque.



a) bosque mixto (se observa al fondo)



b) bosque de pino



c) bosque de *Quercus*



d) pastizal inducido

Figura 17 (a,b,c y d). Comunidades vegetales en “Presa El Llano”.

7.2.2 Listado florístico

Se identificaron un total de 100 especies vegetales incluidas en 37 familias, de las cuales 12 pertenecen al estrato arbóreo, 15 al estrato arbustivo y 73 al estrato herbáceo (Véase listado florístico en Anexo 3). Las familias más representativas son Asteraceae con 26 especies, Poaceae con 7 especies, y Rosaceae y Scrophulariaceae con 5 especies respectivamente (Figura 18). Por otra parte, se identificaron 4 helechos hasta nivel de género y 1 helecho hasta nivel de especie (Véase Anexo 3). Cabe mencionar que ninguna de las especies registradas se encuentra bajo alguna de las categorías de la NOM-059-SEMARNAT-2010, no obstante en la lista roja de la IUCN, las especies *Cupressus lindleyi*, *Abies religiosa*, *Juniperus deppeana*, *Pinus montezumae* y *Pinus patula* se

encuentran en la categoría de Preocupación menor. En el Anexo 2 se observan varias fotografías de algunas de las plantas encontradas en el área.

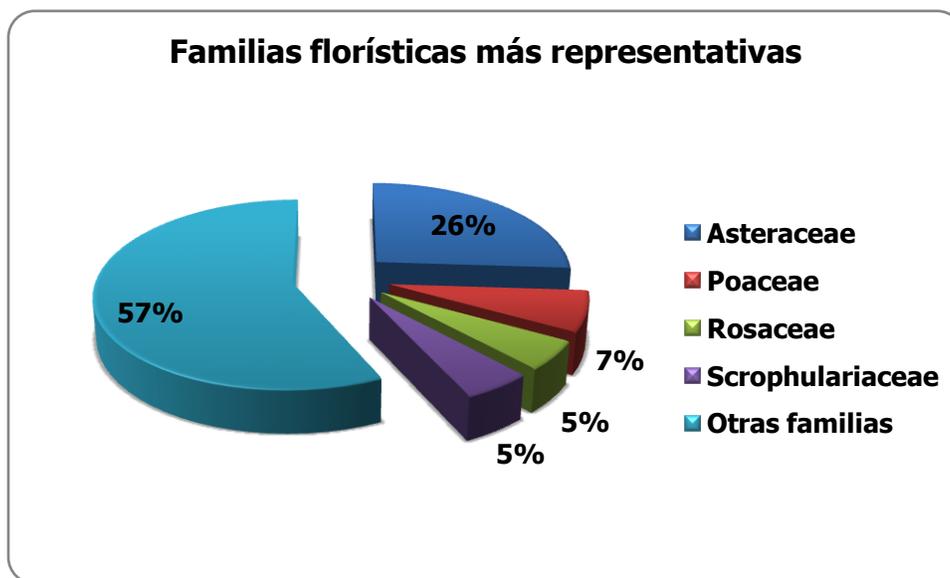


Figura 18. Familias florísticas más representativas.

Asimismo, se registró que dentro de las 100 especies identificadas, 32 son plantas arvenses comúnmente conocidas como malezas, lo que representa una tercera parte de las especies totales (Figura 19). Las malezas son especies silvestres cuyas poblaciones se desarrollan exclusiva o primordialmente en ambientes antropogénicos, tienen la capacidad de invadir y persistir en medios perturbados sumamente diversos. Estas se encuentran en orillas de caminos, cultivos, carreteras, banquetas, lotes baldíos y en los alrededores de las habitaciones humanas (Espinosa y Sarukhán, 1997). La mayor parte de las malezas reportadas en el presente estudio fueron colectadas en las orillas de los caminos y en las áreas de cultivo.

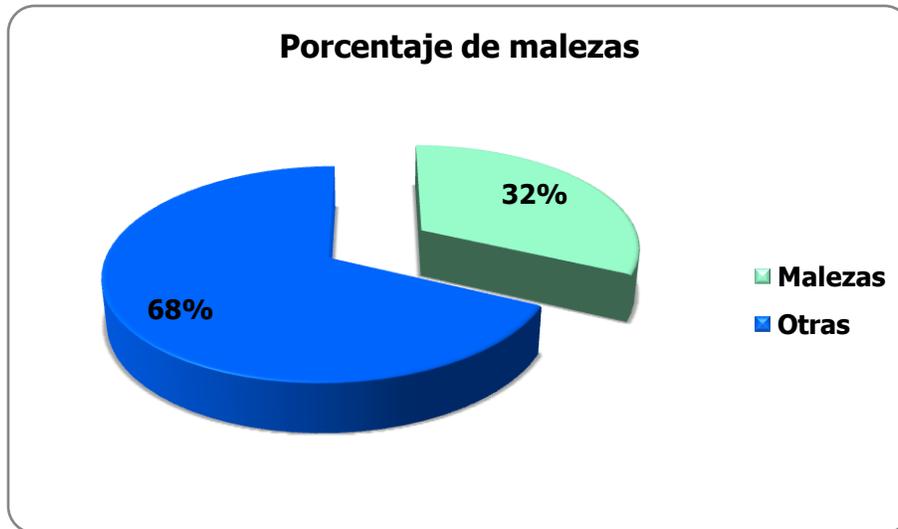


Figura 19. Porcentaje de malezas dentro del área de estudio.

7.2.3 Fauna (vertebrados)

En la zona de estudio se identificaron un total de 73 especies de las cuales una corresponde al grupo de los peces, 8 al grupo de los reptiles, 8 al grupo de los anfibios, 41 a las aves y finalmente 15 corresponden a los mamíferos (Figura 20). En el Anexo 2 se muestran fotografías de algunas de las especies observadas en el área.

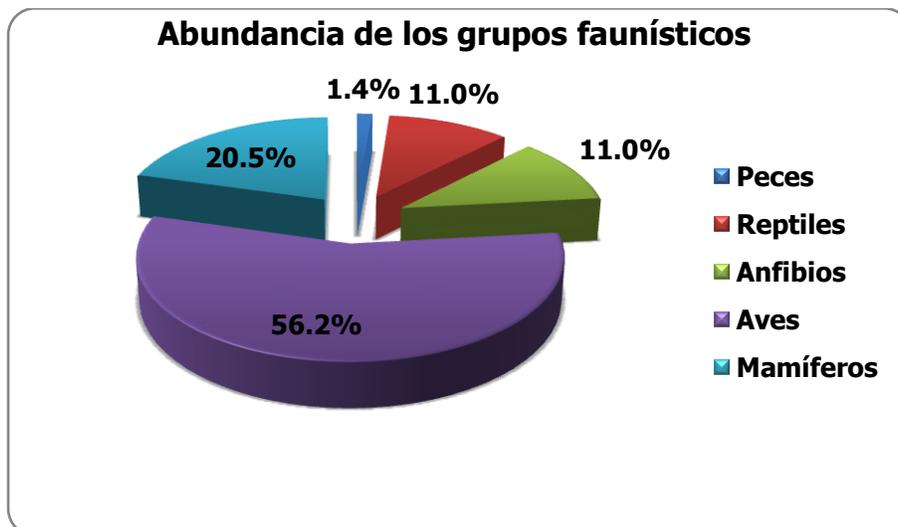


Figura 20. Abundancia de los grupos faunísticos.

Peces

Se registró una especie de pez (Tabla 6), la cual se considera que fue una especie introducida en la presa. *Oncorhynchus mykiss* comúnmente conocida como trucha arcoíris, es una especie de la familia Salmonidae, originaria de las costas del Pacífico de América del Norte, que debido a su fácil adaptación al cautiverio, su crianza ha sido ampliamente difundida casi en todo el mundo (Municipalidad Distrital Ragash, 2009). Dicha especie tiene importancia económica para los habitantes del lugar, además ser una fuente de alimento para los mismos. En la presa también se practica la pesca deportiva y a lo largo del año se llevan a cabo torneos de este deporte, en los que se captura a estos organismos.

Tabla 6. Listado de peces registrados en el parque ecoturístico “Presa El Llano”. Registro: Obs= observado, D= Documentado, CP= Comunicación personal; Estado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010: R= Rara, A= Amenazada, Pr= Protección especial; Estado de acuerdo a la lista roja de la IUCN: EN= En peligro, VU=Vulnerable, NT=Casi amenazada, LC=Preocupación menor.

Orden	Familia	Género/especie	Nombre común	Registro	NOM-059-2010	IUCN
Salmoniformes	Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arcoíris	Obs		

Reptiles y anfibios

Se registró un total de 8 especies de anfibios (Tabla 7), considerando algunas especies documentadas recientemente en el área de estudio; incluidas en dos órdenes y cuatro familias, seis de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; *Hyla plicata*, *Ambystoma altamirani*, *Pseudoeurycea belli*, *Pseudoeurycea cephalica* y *Pseudoeurycea leprosa*, en la categoría de “Amenazada” y *Pseudoeurycea altamontana* en la categoría de “Protección especial”.

Tabla 7. Listado de anfibios registrados en el parque ecoturístico “Presa El Llano”. Registro: Obs= observado, D= Documentado, CP= Comunicación personal; Estado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010: R= Rara, A= Amenazada, Pr= Protección especial; Estado de acuerdo a la lista roja de la IUCN: EN= En peligro, VU=Vulnerable, NT=Casi amenazada, LC=Preocupación menor.

ORDEN	Familia	Nombre común	Registro	NOM-059-2010	IUCN
Género/especie					
ANURA					
Hylidae					
	<i>Hyla plicata</i>	Ranita verde	Obs	A	LC
Ranidae					
	<i>Lithobates tlacoci</i>	Rana	Obs		
URODELA					
Ambystomatidae					
	<i>Ambystoma altamirani</i>	Ajolote	D	A	EN
Plethodontidae					
	<i>Chiropetrotriton orculus</i>		D		VU
	<i>Pseudoeurycea altamontana</i>		D	Pr	EN
	<i>Pseudoeurycea belli</i>	Tlaconete pinto	D	A	
	<i>Pseudoeurycea cephalica</i>	Salamandra pinta	D	A	NT
	<i>Pseudoeurycea leprosa</i>	Tlaconete leproso	D	A	VU

Asimismo se registraron 7 especies de reptiles (Tabla 8) de las cuales *Phrynosoma orbiculare* y *Thamnophis scalaris* se encuentran en la categoría de “Amenazada” de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010; *Sceloporus grammicus* y *Plestiodon copei* se encuentran bajo la categoría de “Protegida” dentro de esta misma Norma.

Tabla 8. Listado de reptiles registrados en el parque ecoturístico “Presa El Llano”. Registro: Obs= observado, D= Documentado, CP= Comunicación personal; Estado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010: R= Rara, A= Amenazada, Pr= Protección especial; Estado de acuerdo a la lista roja de la IUCN: EN= En peligro, VU=Vulnerable, NT=Casi amenazada, LC=Preocupación menor.

ORDEN	Familia	Nombre común	Registro	NOM-059-2010	IUCN
Género/especie					
SQUAMATA					
Phrynosomatidae					
	<i>Phrynosoma orbiculare</i>	Camaleón	D	A	LC
	<i>Sceloporus aeneus</i>	Lagartija	Obs		LC
	<i>Sceloporus anahuacus</i>	Lagartija	Obs		LC
	<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija	Obs	Pr	LC

Scincidae				
<i>Plestiodon copei</i>	Lincer	D	Pr	LC
Crotalidae				
<i>Crotalus triseriatus</i>	Cascabel	Obs		LC
Natricidae				
<i>Storeria storerioides</i>	Serpiente	D		LC
<i>Thamnophis scalaris</i>	Culebra de agua	D	A	LC

En particular, los efectos negativos de la actividad humana que afectan a los anfibios y reptiles en forma directa son: la modificación y destrucción del hábitat, la introducción de especies exóticas, la contaminación ambiental y explotación comercial de algunas especies.

Aves

Fue el grupo mejor representado dentro de la zona. Se identificaron 41 especies agrupadas en 7 órdenes y 22 familias (Tabla 9), siendo las más representativas Parulidae, Trochilidae, Turdidae, Tyrannidae y Fringillidae, de las cuales *Myadestes occidentalis* se encuentra en la categoría de “Protección Especial” dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Muchas de las especies de aves que se encuentran en la localidad y el municipio tienen importancia para los habitantes. Son utilizadas principalmente como aves canoras y de ornato, las cuales son comunes en gran número de hogares como animales de jaula por la belleza y colorido de sus plumajes y por su canto. En este grupo encontramos a charas (*Cyanocitta stelleri*), azulejos, zorzales (*Catharus occidentalis*, *Turdus rufopalliatu*s, *Turdus migratorius*), tordos (*Molothrus aeneus*), gorriones (*Melospiza melodía*) y jilgueros (*Spinus pinus*, *Spinus psaltria*, *Myadestes occidentalis*). Durante el recorrido que se realizó en el mercado que se instala en el centro de Villa del Carbón, se observaron varias especies de aves que son comercializadas, destacando el jilguero clarín (*Myadestes occidentalis*) que se encuentra citado en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 9. Listado de avifauna registrada en el parque ecoturístico “Presa El Llano”. Estatus: R= Residente, VI= Visitante de Invierno; Registro: Obs= observado, D= Documentado, C= Canto, CP= Comunicación personal; Estado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010: R= Rara, A= Amenazada, Pr= Protección especial; Estado de acuerdo a la lista roja de la IUCN: EN= En peligro, VU=Vulnerable, NT=Casi amenazada, LC=Preocupación menor.

ORDEN	Familia	Nombre común	Registro	Estatus	NOM-059-2010	IUCN
ANSERIFORMES						
Anatidae						
	<i>Cairina moschata</i>	Pato real	Obs	R		
ACCIPITRIFORMES						
Accipitridae						
	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja	Obs	R		LC
CAPRIMULGIFORMES						
Caprimulgidae						
	<i>Antrostomus arizonae</i>	Tapacamino cuerporruín	D	R		LC
APODIFORMES						
Trochilidae						
	<i>Eugenes fulgens</i>	Chupaflor coronimorado	D	R		LC
	<i>Lampornis clemenciae</i>	Chupaflor gorjazul	Obs	R		LC
	<i>Amazilia beryllina</i>	Amazilia alicastaña	D	R		LC
	<i>Hylocharis leucotis</i>	Colibrí orejiblanco	D	R		LC
CORACIIFORMES						
Alcedinidae						
	<i>Chloroceryle americana</i>	Martín pescador menor	Obs	R		LC
PICIFORMES						
Picidae						
	<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero arlequín	D	R		LC
	<i>Sphyrapicus varius</i>	Carpintero aliblanco común	Obs	VI		LC
PASSERIFORMES						
Tyrannidae						
	<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	Mosquerito copetón	Obs	R		LC
	<i>Contopus pertinax</i>	Contopus José María	D	R		LC
	<i>Sayornis nigricans</i>	Mosquero negro	Obs	R		LC
Vireonidae						
	<i>Vireo</i> sp	Vireo	Obs	R		
Corvidae						
	<i>Cyanocitta stelleri</i>	Chara copetona	Obs	R		LC
Hirundinidae						
	<i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina cariblanca	Obs	R		LC
	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	D	R		LC
Aegithalidae						
	<i>Psaltriparus minimus</i>	Sastrecito	Obs	R		LC
Troglodytidae						
	<i>Thryomanes bewickii</i>	Troglodita colinegro	Obs	R		LC
Regulidae						

<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo sencillo	Obs	VI		LC
Turdidae					
<i>Myadestes occidentalis</i>	Clarín jilguero	D/C	R	Pr	LC
<i>Catharus occidentalis</i>	Zorzalito piquioscuro	Obs	R		LC
<i>Turdus rufopalliatu</i>	Zorzal dorsicanelo	Obs	R		LC
<i>Turdus migratorius</i>	Zorzal pechirrojo	Obs	R		LC
Ptiligonatidae					
<i>Ptilogonys cinereus</i>	Capulnero gris	Obs	R		LC
Paucedramidae					
<i>Peucedramus taeniatus</i>	Peucedramo	Obs	R		LC
Parulidae					
<i>Oreothlypis superciliosa</i>	Chipe pechimanchado	Obs	R		LC
<i>Setophaga magnolia</i>	Chife colifajado	Obs	R		LC
<i>Setophaga coronata</i>	Chipe grupidorado común	D	VI		LC
<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe rey mexicano	D	R		LC
<i>Cardellina rubra</i>	Chipe rojo	Obs	R		LC
<i>Myioborus pictus</i>	Pavito aliblanco	Obs	R		LC
<i>Myioborus miniatus</i>	Pavito gorjigris	Obs	R		LC
Emberizidae					
<i>Melospiza melodia</i>	Gorrión melódico	Obs	R		LC
<i>Junco phaeonotus</i>	Junco ojilumbre mexicano	Obs	R		LC
Cardinalidae					
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogrueso pechicafé	Obs	R		LC
Icteridae					
<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojirrojo	D	R		LC
Fringillidae					
<i>Haemorhous mexicanus</i>	Carpodaco doméstico	Obs	R		LC
<i>Spinus pinus</i>	Jilguero pinero rayado	Obs	R		LC
<i>Spinus psaltria</i>	Jilguero dorsioscuro	Obs	R		LC
Passeridae					
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión doméstico	Obs	R		LC

Mamíferos

Se registraron un total de 15 especies (Tabla 10), agrupadas en 5 órdenes y 11 familias. *Bassariscus astutus* se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de “Amenazada”.

Actualmente algunos mamíferos tienen una gran importancia como fuente alimento para los habitantes del Estado de México, en algunas comunidades la cacería de subsistencia ó tradicional es una fuente adicional de proteínas en determinadas temporadas del año; sin embargo, ésta usualmente no se encuentra regulada, y en conjunto con la destrucción,

la fragmentación del hábitat y el mal manejo ganadero, han resultado en la reducción de las poblaciones o en la extinción local de muchas especies (Ceballos *et al.*, 2009). En el caso de la zona de estudio es común la caza de conejo para autoconsumo o para su venta a los visitantes.

Tabla 10. Listado de mastofauna registrada en el parque ecoturístico “Presa el llano”. Registro: Obs= observado, D= Documentado, Cap= Capturado, CP= Comunicación personal; Estado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010: R= Rara, A= Amenazada, Pr= Protección especial; Estado de acuerdo a la lista roja de la IUCN: EN= En peligro, VU=Vulnerable, NT=Casi amenazada, LC=Preocupación menor.

ORDEN	Familia	Nombre común	Registro	NOM-059-2010	IUCN
Género/Especie					
DIDELPHIMORPHIA					
Didelphidae					
	<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	D		LC
XENARTA					
Dasypodidae					
	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo	D		LC
CARNIVORA					
Canidae					
	<i>Canis latrans</i>	Coyote	D		LC
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	CP		LC
Felidae					
	<i>Lynx rufus</i>	Gato montés	D		LC
Mustelidae					
	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	D		LC
Mephitidae					
	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo rallado	D		LC
Procyonidae					
	<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle	D	A	LC
	<i>Nasua narica</i>	Coatí	D		LC
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	D		LC
RODENTIA					
Sciuridae					
	<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla arborícola	Obs		LC
Geomyidae					
	<i>Thomomys umbrinus</i>	Tuza	D		LC
Muridae					
	<i>Microtus mexicanus</i>	Ratón chincolo	D		LC
	<i>Peromyscus boylii</i>	Ratón orejón	Cap/Obs		LC
LAGOMORPHA					
Leporidae					

7.3 Medio socioeconómico

7.3.1 Infraestructura y servicios

Los servicios e infraestructura con los que cuenta actualmente el parque “Presa del Llano” son los siguientes (Véanse fotografías en Anexo 2):

- Caseta de cobro y estacionamiento
- Vigilancia
- Caminos empedrados y escaleras
- Puentes
- Plataformas hechas a base de piedra y concreto que cuentan con asaderos y toma de agua potable
- Cabañas (12)
- Locales de comida (fines de semana y temporadas vacacionales)
- Sanitarios (2 en la parte oeste y 4 en la parte este de la presa)
- Botes de basura
- Letreros del proyecto ecoturístico así como de reforestación
- Letreros ambientales

7.3.2 Actividades recreativas y deportivas

Mediante los recorridos realizados en campo se identificaron las actividades que se llevan a cabo dentro del parque (Véanse fotografías en Anexo 2), las cuales son:

- a) Paseo a caballo

Se realiza dentro del perímetro de la presa. La práctica de esta actividad ejerce presión en el suelo y genera compactación, evitando el crecimiento y desarrollo de la vegetación e incrementando la erosión; sin embargo provee de beneficios económicos a quienes prestan este servicio.

b) Caminata

Se lleva a cabo dentro del perímetro de la presa y del río San Jerónimo, lo cual genera nuevos senderos o caminos que anteriormente no existían, y consecuentemente compactación de suelos, pérdida de la cobertura vegetal y contaminación por residuos sólidos, que son arrojados por los visitantes.

c) Recreación en el río San Jerónimo

En la parte que conecta al río con la presa, se desarrollan actividades recreativas dentro del agua por parte de los visitantes, principalmente en temporadas vacacionales. Esto genera contaminación del cuerpo de agua por residuos sólidos y remoción de los sedimentos, lo que puede afectar a algunos organismos que habiten ahí.

d) Pesca deportiva

Esta actividad se realiza dentro de la presa por parte de la comunidad y de los visitantes. En particular se pesca la trucha arcoíris, ya sea para consumo de los habitantes de la comunidad o para su venta a los paseantes. También se realizan varios torneos durante el año. Los meses en que más demanda tiene esta actividad son los meses de junio, julio y agosto.

e) Cabañas

Actualmente el parque cuenta con 12 cabañas ecológicas por lo que carecen de servicio de luz eléctrica y el agua con la que se abastecen proviene del río. La mayoría de estas cabañas fueron construidas a base de troncos y madera extraídos del bosque, son de diversos tamaños por lo cual el cupo se limita a cierto número de personas, las más grandes están destinadas a grupos familiares, es por ello que el costo de la renta de cada cabaña varía de acuerdo a su tamaño. Asimismo cuentan con regaderas y sanitarios ecológicos secos.

f) Lanchas

El servicio de renta de lanchas también es algo muy común dentro de la presa el Llano. Esta actividad puede ocasionar contaminación del agua por residuos sólidos que sean arrojados.

g) Campismo

Es realizado prácticamente en toda el área que comprende el parque, los campistas pueden instalarse en el sitio de su preferencia; para poder llevar a cabo esta actividad es necesario pagar una cuota por casa de campaña. El uso de leña para hacer fogatas es muy común cuando se practica el campismo, por lo cual algunos de los habitantes se dedican a recolectar y obtener leña cortando árboles de pino principalmente, para posteriormente venderla entre los paseantes.

7.3.3 Encuestas

Con la finalidad de conocer algunos de los datos generales de las personas que visitan el parque, así como la percepción que tienen acerca del medio, de los recursos que ahí se encuentran y su opinión sobre los servicios e infraestructura que se ofrecen, se aplicaron un total de 50 encuestas en diferentes épocas del año, principalmente en temporadas vacacionales. La encuesta se estructuró en tres partes: datos generales, uso y aprovechamiento del medio; y valoración del medio y servicios (Véase Anexo 1). Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Datos generales

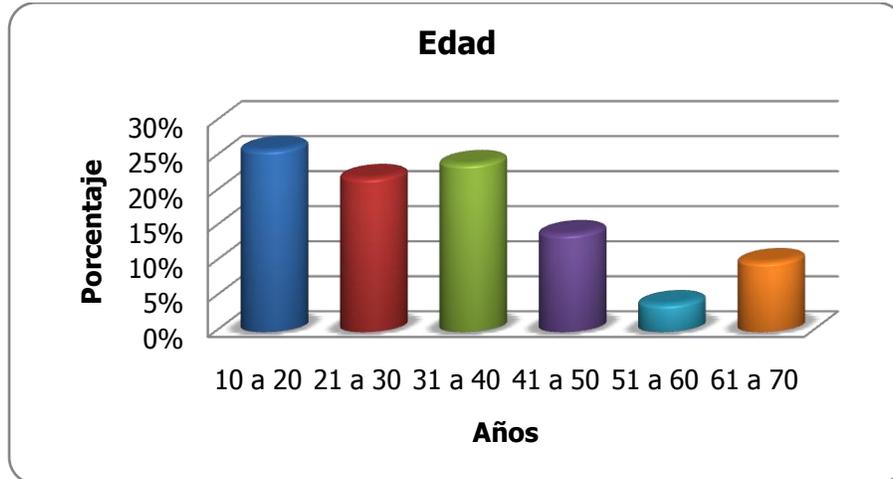


Figura 21. Intervalo de edades de los visitantes encuestados.

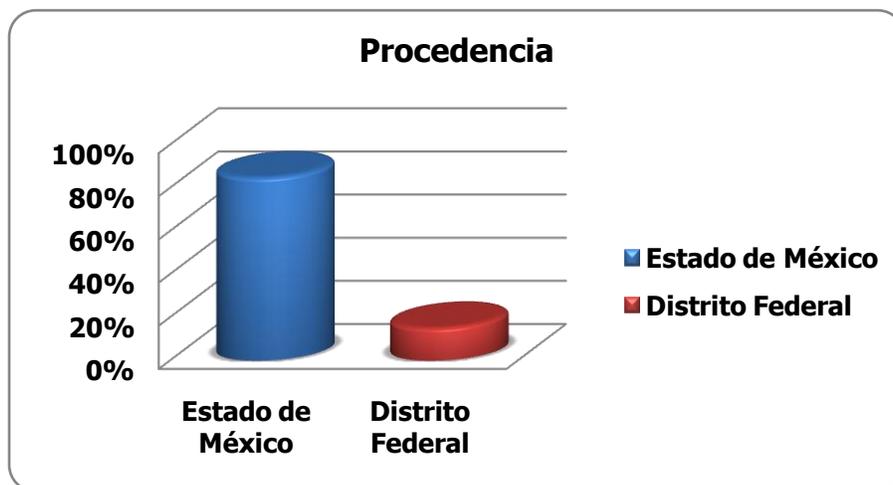


Figura 22. Lugar de procedencia de los visitantes.

En la figura 21 se observa que la mayoría de los visitantes del parque son personas de entre 10 y 20 años de edad representando un porcentaje de 26 %, el intervalo de edad de 21 a 30 años tiene un 22 %, de 31 a 40 años equivale al 24 %, de 41 a 50 años al 14 %, asimismo, las personas que presentan un intervalo de edades de 51 a 60 años son visitantes poco frecuentes con un porcentaje de 4 %.

Respecto al lugar de procedencia, 85 % de los encuestados mencionaron provenir del Estado de México, de municipios como Atizapán de Zaragoza, Tlalhepantla de Baz, Cuautitlán y Coacalco, mientras que el 15 % restante proviene del Distrito Federal (Figura

22). Esto puede deberse en gran medida a la distancia que existe entre estos lugares y el área de estudio.

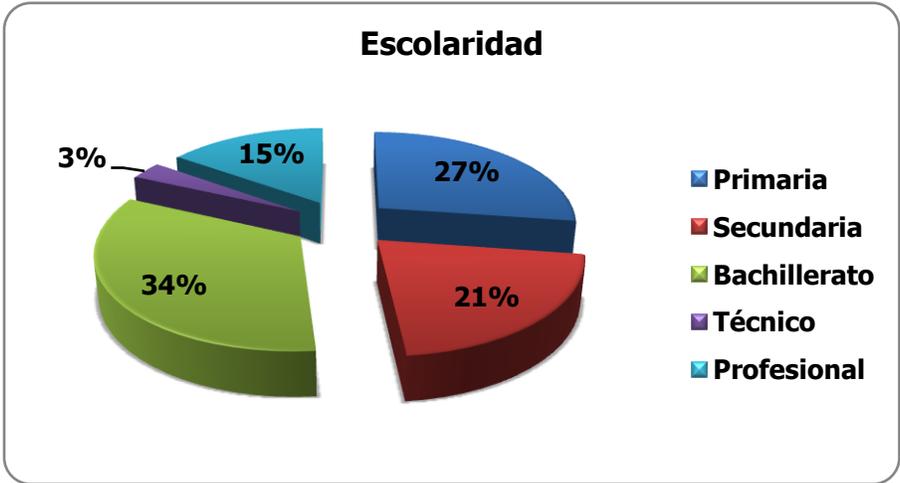


Figura 23. Nivel de escolaridad de los encuestados.

La mayor parte de los encuestados concluyeron sus estudios de bachillerato representando un 34 % del total, seguido de un 27 % que solo ha concluido la primaria, un 21 % la secundaria, un 15 % cuentan con una carrera profesional y un 3 % cursaron alguna carrera técnica (Figura 23).

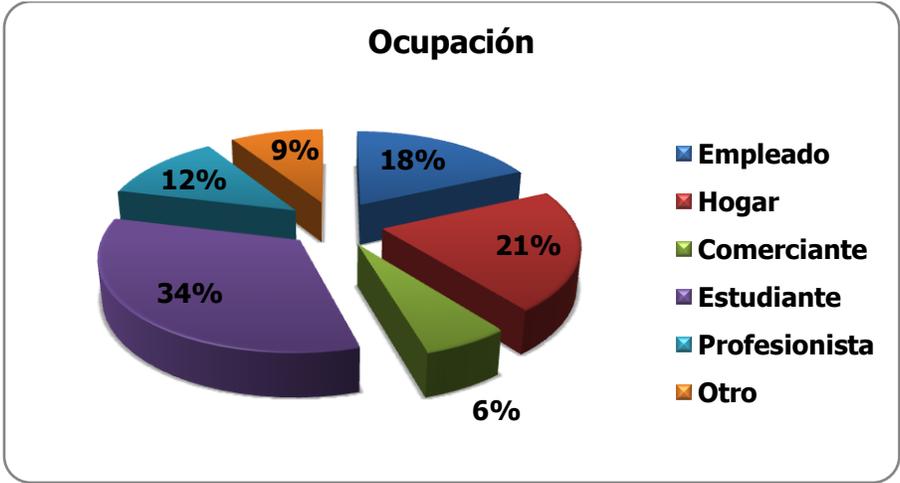


Figura 24. Ocupación de los encuestados.

Acerca de la ocupación de los encuestados, 34 % son estudiantes, lo cual se relaciona con los resultados de la gráfica de edad, ya que la mayoría son personas jóvenes, 21 % se dedican a labores del hogar, 18 % son empleados en negocios comerciales, oficinas o

industrias; 12 % son profesionistas, 9 % se dedican a puestos administrativos, son técnicos o choferes, y por último el 6 % señalaron ser comerciantes.

Uso y aprovechamiento del medio



Figura 25. Frecuencia con la que los encuestados visitan el parque.

Como se muestra en la figura 25 para la mayor parte de los visitantes era la primera vez que visitaban el lugar representando un 36 %, seguido de un 30 % que acuden al parque dos veces al año, 15 % acuden una vez al año, 12 % tres veces al año y el 6% esporádicamente.



Figura 26. Finalidad con la que los encuestados visitan el parque.

Por otra parte, se les preguntó a los visitantes con que finalidad acuden al parque a lo que el 94 % respondió que con fines de recreación, esparcimiento o descanso, y el 6 % lo hace con otros fines, como entrenamientos deportivos y para participar en los torneos de pesca que se llevan a cabo a lo largo del año. En relación a esto las actividades que más se realizan dentro del parque son el campismo (31 %), seguido de práctica de deportes u otro tipo de juegos (24 %), actividades en el río y caminata (14 % respectivamente), renta de cabañas, paseo a caballo y otro tipo de actividades como entrenamientos (4 % respectivamente), pesca (3 %) y finalmente renta de cabañas (2 %) (Figura 27).

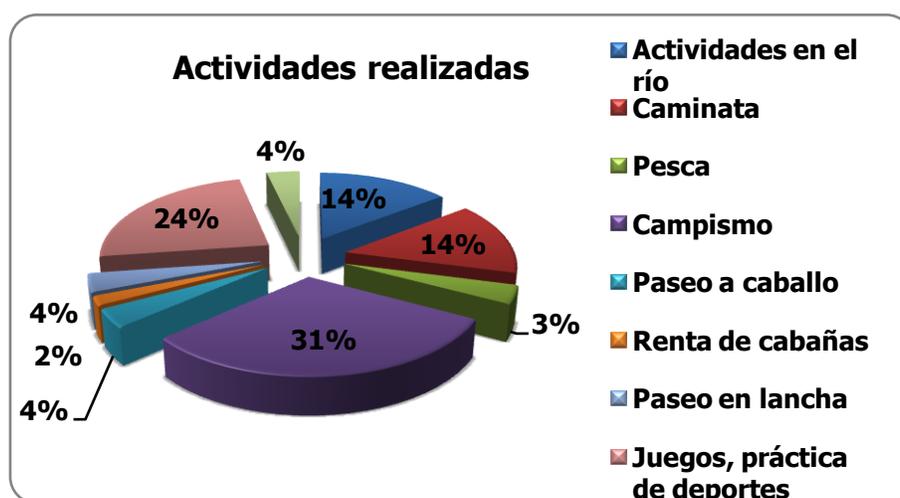


Figura 27. Actividades que se realizan dentro del parque.

En este apartado también se cuestionó a las personas sobre el uso de los recursos naturales de la zona, 73 % señalaron utilizar algún recurso y 27 % no lo hacen. (Figura 28). Entre los recursos más utilizados o aprovechados por los visitantes se encuentran la leña, ya que el 89 % mencionó hacer uso de esta, mientras que el 11 % utilizan otro tipo de recursos como el agua, los peces y algunas plantas medicinales u ornamentales (Figura 29).



Figura 28. Uso de los recursos naturales.



Figura 29. Recursos naturales utilizados.

Con respecto al destino que tienen los residuos sólidos generados por los visitantes, la mayor parte son depositados en contenedores instalados dentro del parque (39 %), otros señalaron recolectar la basura y guardarla para posteriormente llevarla a casa, y pocas personas dijeron reciclar algunos de los residuos dependiendo del material de los mismos (Figura 30).

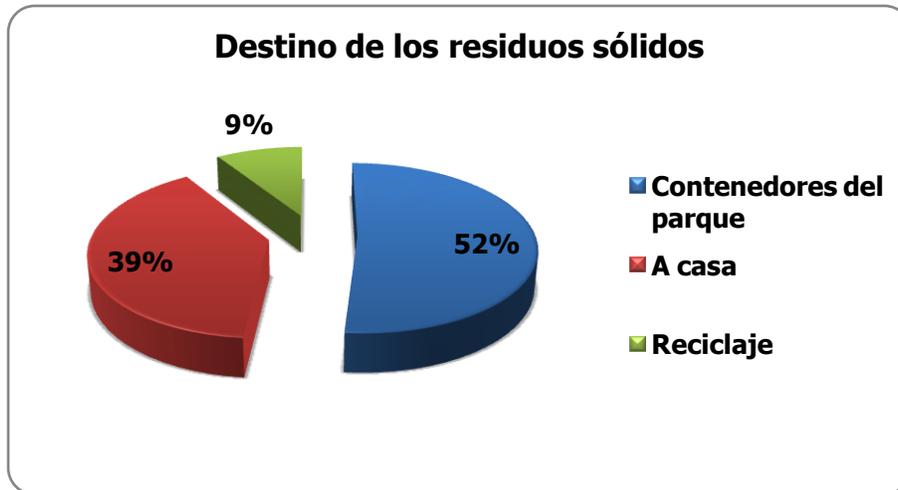


Figura 30. Destino de los residuos sólidos generados.

El transporte más utilizado por los visitantes para llegar al parque es el automóvil con un 73 %, el 27 % restante accede al lugar usando transporte público (Figura 31).

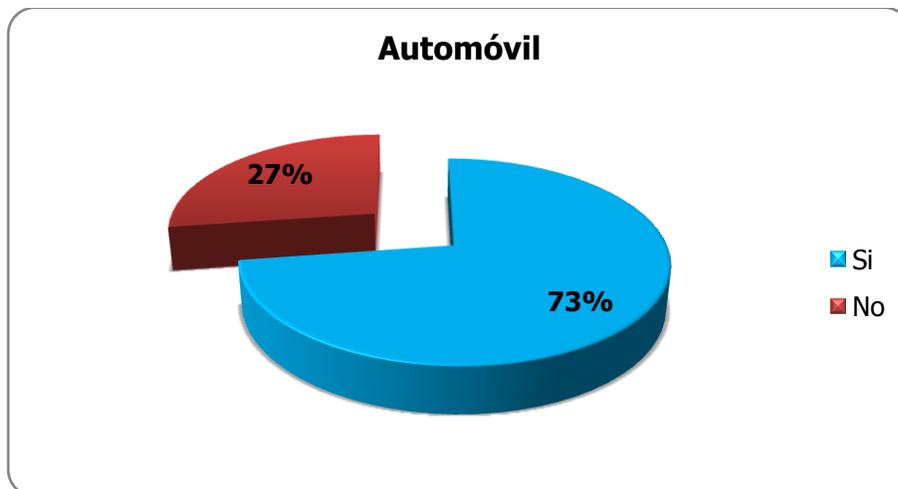


Figura 31. Transporte que utilizan los visitantes.

Valoración del medio y servicios

Para los visitantes del lugar la conservación de los recursos naturales es muy importante puesto que el 100 % de los encuestados así lo expresó en una de las preguntas.

El 85 % de las personas calificaron como buena la calidad del medio y en especial del bosque. El 15 % restante cree que la calidad del bosque es regular pues mencionaron hace falta regulación en el aprovechamiento que se les da a los árboles de donde es

obtenida la leña, además comentaron que debe haber más contenedores donde depositar la basura ya que existen áreas donde se encuentra dispersa. Cabe mencionar que ninguna persona consideró que la calidad del bosque fuera mala (Figura 32).

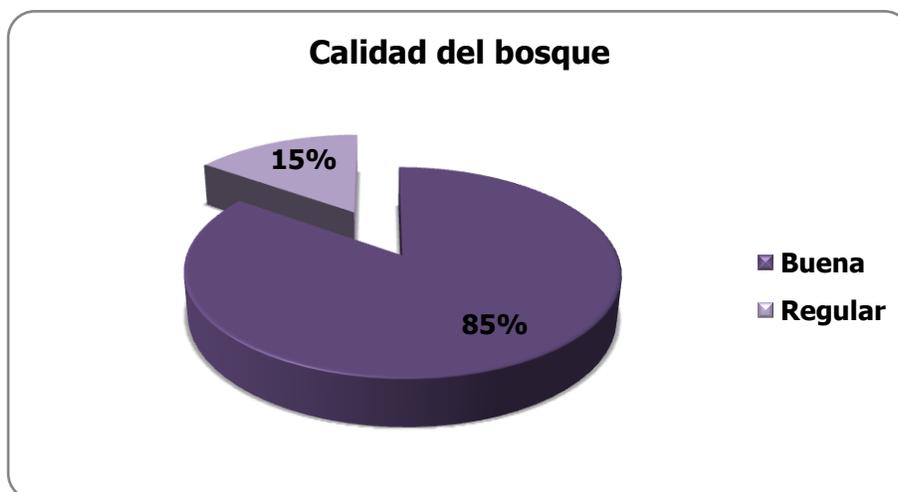


Figura 32. Calificación que los encuestados le dieron al bosque.

En cuanto a la vigilancia y seguridad del lugar al 46 % de los encuestados le parece buena, al 24 % regular y al 30 % mala ya que refirieron no haber visto ningún vigilante del parque haciendo rondines o algún monitoreo (Figura 33).



Figura 33. Opinión sobre la vigilancia y seguridad del lugar.

Finalmente se les preguntó que cambios desearían que se implementaran en el parque para mejorarlo y mantenerlo en buenas condiciones, la mayoría dijo que sería

conveniente colocar más contenedores de basura, ya que los que existen actualmente son insuficientes, además de que solo se encuentran en la parte de la entrada. El 28 % sugirió más sanitarios, el 20 % dijo que se requiere mayor vigilancia por parte de los administradores, el 12 % mencionó que debe haber monitoreo en el bosque para evitar la tala y el 8 % desearía mas vías de acceso para llegar a la zona y mejora en los caminos que ya existen (Figura 34). En forma particular, durante las visitas al campo, se apreció una deficiencia en la zona destinada al estacionamiento, pues el espacio además de ser insuficiente, carece de mantenimiento, lo cual fue expresado por muchas de las personas al momento de responder la encuesta.

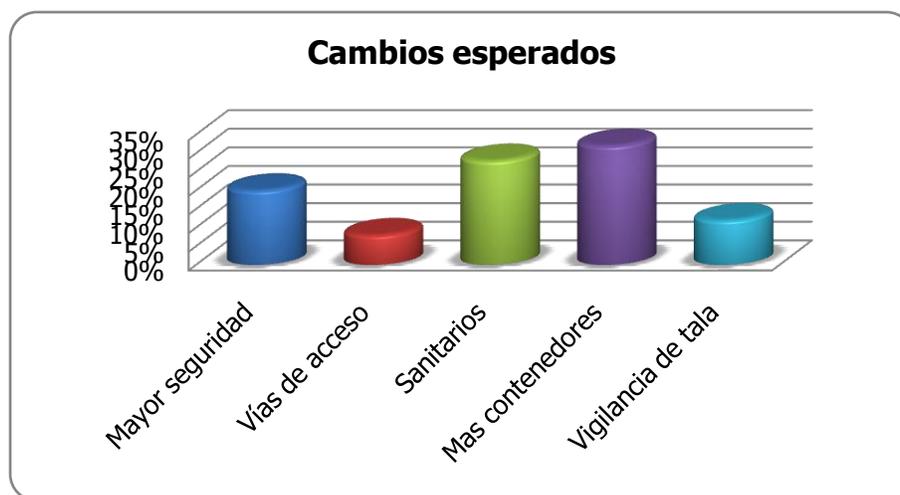


Figura 34. Cambios esperados por los visitantes.

7.4 Evaluación de impactos

7.4.1 Matriz de Leopold (modificada)

En el presente estudio se consideró elaborar una matriz de Leopold (modificada) como una herramienta útil para valorar los efectos que ocasionan las diversas acciones o actividades sobre los componentes ambientales. La matriz de Leopold, publicada en 1971, involucra el uso de 100 acciones específicas y 88 componentes ambientales; en ella se debe considerar cada acción y su potencial para crear un impacto sobre cada elemento del ambiente además de considerar la magnitud e importancia del impacto. La magnitud de una interacción es la extensión o escala y se describe asignando un valor numérico que varía de 1 a 10, con el 10 representando la magnitud mayor y con el 1 la menor, cada una está acompañada por un signo, ya sea + identificando un impacto

positivo o – siendo el impacto negativo; la importancia de una interacción se relaciona con la significancia o valoración de las consecuencias y la escala varía de igual forma que la de magnitud del impacto (Vidal de los Santos y Franco, 2009).

En el presente estudio se llevó a cabo una evaluación de impactos, basándose en una matriz de Leopold modificada de acuerdo con los impactos identificados en el área. Con base en los recorridos y las encuestas hechas en campo, se identificaron 21 actividades generadoras de impactos las cuales se agruparon en los rubros de:

a) Actividades productivas

- Agricultura
- Pastoreo

b) Actividades recreativas

- Pesca
- Campismo
- Cabañas
- Paseo a caballo
- Paseo en lancha
- Actividades en el río
- Caminata
- Fogatas
- Generación de residuos sólidos

c) Extracción de recursos

- Agua
- Caza
- Plantas medicinales y comestibles
- Leña

d) Urbanización

- Apertura de caminos
- Introducción de organismos ferales
- Infraestructura

- Comercio
- e) Actividades de manejo
- Reforestación
 - Vigilancia

De igual forma se establecieron 19 elementos ambientales impactables que se agruparon en las categorías de:

- a) Medio físico
- Agua (calidad superficial, calidad subterránea, recarga, volumen)
 - Suelo (compactación, erosión, fertilidad)
- b) Medio biótico
- Vegetación (diversidad, cobertura)
 - Fauna (diversidad, distribución, sps. bajo protección)
- c) Medio socioeconómico
- Estilo y calidad de vida
 - Empleo
 - Flujo de visitantes
 - Comerciantes
- d) Paisaje
- Calidad
 - Fragilidad visual
 - Modificación

Derivado de lo anterior, se vació la información en la matriz de Leopold, y se procedió a llenarla, asignando valores de magnitud (± 1 a ± 10) e importancia (1 a 10) para cada interacción dada entre los elementos ambientales y las actividades generadoras de impacto, quedando de la siguiente forma:

Tabla 11. Matriz tipo Leopold

Magnitud del impacto 1 a 10 (+ o -)			ACTIVIDADES GENERADORAS DE IMPACTOS																				TOTAL			
			Actividades productivas		Actividades recreativas								Extracción de recursos				Urbanización				Actividades de manejo					
			Agricultura	Pastoreo	Pesca	Campismo	Cabañas	Paseo a caballo	Paseo en lancha	Actividades en el río	Caminata	Fogatas	Generación de residuos sólidos	Agua	Caza	Plantas medicinales y comestibles	Leña	Apertura de caminos	Introducción de organismos ferales	Infraestructura	Comercio	Reforestación			Vigilancia	Magnitud
Importancia del impacto 1 a 10																										
ELEMENTOS AMBIENTALES IMPACTABLES	MEDIO FÍSICO	AGUA	Calidad superficial	-2/2	-3/4	-3/3	-	-	-2/3	-3/3	-5/5	-	-	-6/6	-4/5	-	-	-	-2/3	-3/3	-	-	+4/5	-29	42	
			Calidad subterránea	-2/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-5/6	-	-	-	-	-	-4/4	-	-	-	-11	12
			Recarga	-6/7	-3/1	-	-2/1	-	-	-	-	-	-	-	-3/2	-	-	-8/9	-9/9	-	-	-	+8/9	-	-23	38
			Volumen	-5/6	-2/1	-	-	-4/4	-2/1	-	-	-	-	-	-6/6	-	-	-	-	-	-3/3	-	+5/6	-	-17	27
		SUELO	Compactación	-3/2	-5/4	-	-5/4	-3/2	-3/2	-	-	-4/3	-	-	-	-	-	-4/3	-8/6	-	-6/4	-6/4	+5/4	-	-42	38
			Erosión	-8/7	-2/1	-	-2/1	-2/1	-2/1	-	-	-3/2	-	-	-	-	-	-2/1	-8/7	-4/4	-	-2/2	-2/2	+8/9	-	-29
	MEDIO BIÓTICO	VEGETACIÓN	Diversidad	-6/5	-3/3	-	-2/1	-2/2	-2/1	-	-	-2/2	-4/4	-	-	-	-3/2	-4/5	-6/5	-2/2	-2/2	-2/2	+3/4	+2/3	-35	43
			Cobertura	-7/7	-4/3	-	-3/2	-3/3	-3/2	-	-	-3/2	-7/6	-	-	-	-3/2	-7/8	-9/9	-1/1	-3/3	-3/3	+8/9	+4/5	-44	64
		FAUNA	Diversidad	-3/2	-	-1/1	-1/1	-2/2	-	-	-1/1	-2/1	-	-2/2	-	-4/5	-	-2/1	-5/5	-3/4	-2/2	-2/2	+2/3	+2/3	-26	35
			Distribución	-5/4	-4/2	-2/1	-5/4	-4/5	-3/2	-2/1	-2/1	-4/3	-5/4	-4/4	-	-6/5	-	-5/5	-8/7	-4/5	-4/5	-7/6	+6/7	-	-68	71
	MEDIO SOCIOECONÓMICO	PAISAJE	Sps. bajo protección	-4/3	-2/2	-	-2/2	-3/4	-	-	-4/4	-3/3	-5/5	-	-7/7	-	-5/6	-7/7	-5/5	-5/6	-4/5	+6/6	-	-50	65	
			Estilo y calidad de vida	+7/7	+6/5	+3/3	+6/6	+8/9	+3/2	+4/3	+5/4	+5/4	+6/6	-8/8	+7/8	+4/3	+4/2	+8/9	+9/9	-	+8/8	+8/9	+7/6	+5/6	105	117
			Empleo	+7/6	+5/4	-	-	+6/7	+2/2	+2/1	-	-	-	+5/3	-	-	-	-	+5/6	-	+6/7	+8/8	-	+7/6	53	50
			Flujo de visitantes	-	-	+5/4	+8/8	+6/8	+3/2	+3/2	+6/5	+4/3	+4/5	-	-	-	-	-	+9/10	-	+9/9	+5/4	-	+4/5	66	65
	PAISAJE	Comerciantes	-	-	+4/3	+6/5	-	-	-	-	+9/8	-2/1	+3/2	+5/4	-	+9/8	-	-	+8/9	-	-	-	-	42	40	
		Calidad	-5/6	-3/2	-	-3/3	-4/4	-2/1	-	-3/3	-2/2	-4/5	-8/9	-5/6	-	-2/1	-8/9	-8/9	-3/2	-4/5	-3/3	+7/8	-	-60	78	
Fragilidad visual		-8/8	-5/6	-2/1	-3/3	-4/4	-2/1	-1/1	-1/1	-2/1	-3/3	-9/9	-6/7	-	-1/1	-7/7	-9/9	-1/1	-3/2	-2/1	+4/3	-	-65	69		
TOTAL	Modificación	-5/6	-4/4	-	-4/3	-5/5	-2/1	-1/1	-2/1	-3/2	-3/2	-6/5	-6/6	-	-2/1	-8/10	-9/8	-2/1	-5/6	-3/2	+4/3	-	-66	67		
	TOTAL	-61/86	-33/46	4/16	-15/46	-18/61	-17/22	2/12	-3/21	-22/30	-10/46	-50/58	-20/42	-8/24	-11/11	-57/94	-68/111	-23/24	-17/81	-20/57	80/83	28/33				

Se obtuvieron un total de 244 interacciones de las cuales el 73.4 % (179) son impactos negativos y 26.6 % (65) son impactos positivos, asimismo se presentaron 155 casillas sin interacción. Los elementos ambientales con mayor número de impactos negativos fueron el paisaje con 51 interacciones, la fauna con 43 interacciones, el suelo con 32 interacciones y vegetación con 26 interacciones, por otro lado el rubro con mayor número de impactos positivos fue el medio socioeconómico con 48 interacciones.

En las figuras 35 y 36 se observa que los rubros que más impactos negativos generan son, en orden de importancia, las actividades recreativas (31.6 %), urbanización (18.9 %); las actividades productivas y extracción de recursos con 11.5 % cada una; cabe mencionar que las actividades de manejo no generan ningún impacto negativo. Dentro de los impactos positivos, las actividades recreativas representan un 9.4 %, seguido de actividades de manejo con 8.6 %, urbanización con 4.1 %, extracción de recursos con 2.9 % y por último las actividades productivas con 1.6 %.

Sin embargo en el desglose de los rubros, el mayor número de interacciones de impactos negativos se presentaron por actividades como la agricultura (15 interacciones), la infraestructura (14 interacciones), el pastoreo (13 interacciones), el campismo, las cabañas, la extracción de leña y la apertura de caminos (12 interacciones cada una); y el paseo a caballo, la caminata y el comercio (11 interacciones cada una). En contraste las interacciones positivas se dieron en reforestación (14 interacciones), vigilancia (7 interacciones) e infraestructura (4 interacciones).

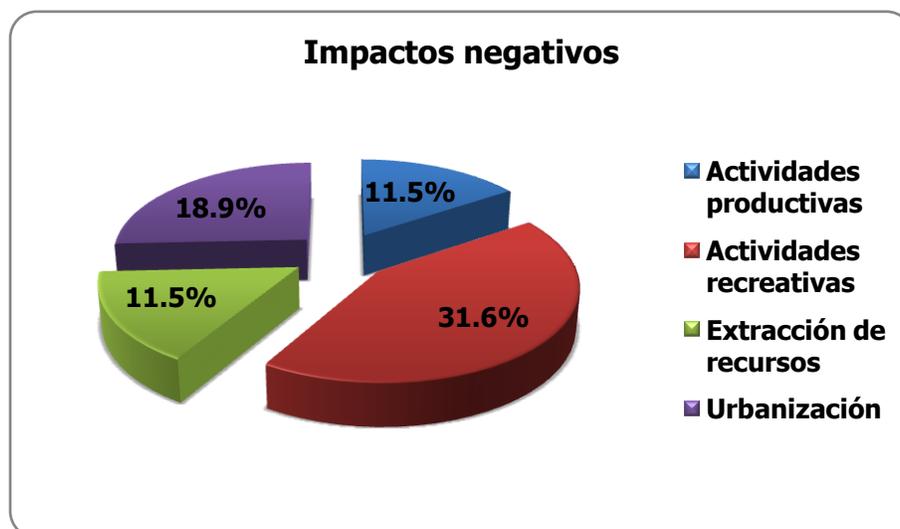


Figura 35. Actividades generadoras de impactos negativos en el área.

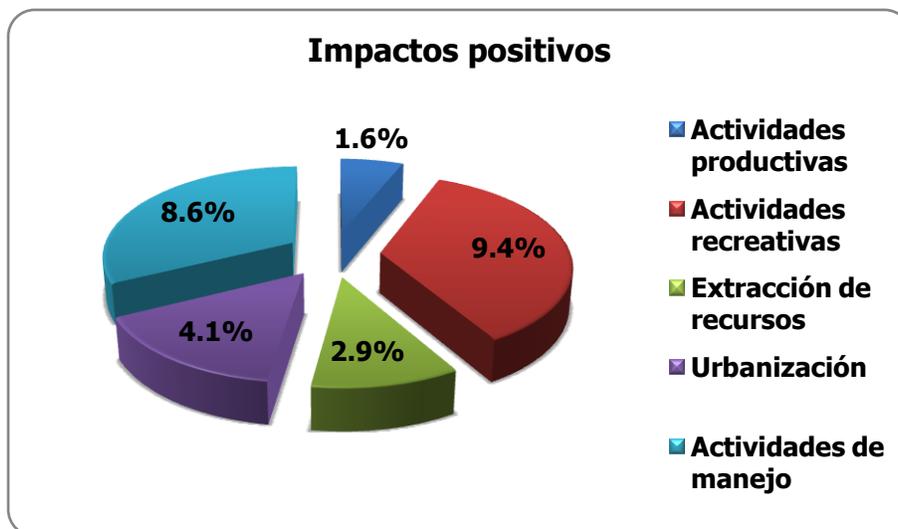


Figura 36. Actividades generadoras de impactos positivos en el área.

En la tabla 12, se muestra una síntesis de la matriz de Leopold donde se presenta la frecuencia y el porcentaje para la magnitud e importancia de cada valor de impacto que van de ± 1 a ± 10 y de 1 a 10. En el caso de la magnitud en los impactos negativos, el valor de -2 fue el de mayor frecuencia con un porcentaje de 20.1 %, y el de menor frecuencia fue -9 con un 2.5 %; en los impactos positivos los valores de 4 y 5 fueron los de mayor frecuencia con 4.5 % cada uno, y los de menor frecuencia el 2 y el 9 con 2 % correspondientemente. En cuanto a los valores de importancia, los que presentaron mayor porcentaje son 1 y 2 (17.2 % respectivamente) y el porcentaje más bajo correspondió a 10 con 0.8 %.

Tabla 12. Frecuencia de los impactos ambientales. V.I.: valor de importancia; F: frecuencia.

MAGNITUD						IMPORTANCIA		
V.I.	F	%	V.I.	F	%	V.I.	F	%
-1	9	3.7	1	0	0	1	42	17.2
-2	49	20.1	2	5	2	2	42	17.2
-3	37	15.2	3	6	2.5	3	33	13.5
-4	26	10.7	4	11	4.5	4	28	11.5
-5	20	8.2	5	11	4.5	5	26	10.7
-6	12	4.9	6	10	4.1	6	27	11.1
-7	8	3.3	7	7	2.9	7	14	5.7
-8	12	4.9	8	10	4.1	8	13	5.3
-9	6	2.5	9	5	2	9	17	7
-10	0	0	10	0	0	10	2	0.8

De acuerdo con la información obtenida de la matriz, se tiene que los elementos ambientales que requieren de una mayor atención, vigilancia y seguimiento, son el paisaje, la vegetación, el suelo y la fauna. Por otra parte las actividades que ejercen más impacto en el ambiente son las actividades recreativas tales como el campismo y la renta de cabañas; y las relacionadas con el desarrollo urbano, en especial la infraestructura y la apertura de caminos. De igual forma, es importante proteger la vegetación arbórea y el agua, la primera porque debido a que la leña que se obtiene de los árboles es una fuente de ingresos significativa para algunas de las personas que habitan el lugar, es muy explotada y su aprovechamiento ha ido en aumento, lo que más adelante puede desencadenar otros problemas ambientales; el agua también es un elemento fundamental dentro del área de estudio, pues la presa y el río son importantes fuentes de abastecimiento de agua en la localidad, además de que gran parte del turismo que se genera es debido al atractivo y calidad paisajística que le brindan los cuerpos de agua al lugar, razón por la cual es importante evitar que se arrojen residuos sólidos y vigilar las actividades recreativas que se llevan a cabo. La agricultura y el pastoreo también requieren de especial atención, ya que provocan la pérdida de fertilidad y erosión del suelo.

7.4.2 Modelo PER (Presión-Estado-Respuesta)

La aplicación del modelo P-E-R implica elaborar, de manera general, una progresión causal de las acciones humanas que ocasionan una *presión* sobre el medio ambiente y los recursos naturales; las cuales llevan a un cambio en el *estado* del medio ambiente, y al cual la sociedad *responde* con medidas o acciones para reducir o prevenir el impacto (Winograd *et al.*, 1998).

En el área de estudio se identificaron trece actividades que generan presión en el ambiente, éstas se presentan en la tabla 13, junto con el estado y las respuestas que se han establecido por parte de instituciones gubernamentales a través de leyes, normas y otros instrumentos jurídicos, así también se agregaron algunas propuestas realizadas para el presente trabajo.

Tabla 13. Modelo P-E-R.

PRESIÓN	ESTADO	RESPUESTA
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de la cubierta vegetal a causa del establecimiento de áreas de cultivo, lo que a su vez provoca el desplazamiento de fauna. • Compactación, erosión y degradación del suelo, además de pérdida de fertilidad. • Disminución en la infiltración de agua a los mantos freáticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer uso de cercas vivas para evitar la erosión y degradación del suelo. • Promover la utilización de policultivos o rotación de cultivos. • Promover el establecimiento de viveros con especies propias de la zona. • Implementar programas de manejo, conservación y restauración de suelos. • Ordenamiento municipal del territorio.
Pastoreo	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de la cobertura vegetal y cambios en la fisonomía del área. • Compactación del suelo. • Contaminación de los cuerpos de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitar las zonas de pastoreo, y planear la frecuencia de este. • Crear conciencia en los comuneros a través de programas de educación ambiental. • Código para la Biodiversidad del Estado de México: Art. 3.17, frac. V.
Creación de nuevos caminos y senderos	<ul style="list-style-type: none"> • Compactación del suelo. • Pérdida de la cobertura vegetal. • Desplazamiento de fauna. • Modificación del paisaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir hasta donde sea posible los caminos o senderos hechos a causa del tránsito de personas y reforestarlos. • Vigilar y dar mantenimiento a los caminos y senderos empedrados que se han construido.
Extracción de	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de vegetación y 	<ul style="list-style-type: none"> • Concientizar a los

<p>recursos maderables</p>	<p>diversidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erosión. • Afectación a la distribución de fauna. • Afectación de la recarga de acuíferos y a largo plazo la calidad superficial. • Pérdida de la calidad del paisaje. • Desequilibrio ecológico (a largo plazo). 	<p>comuneros sobre la importancia de conservar estos recursos, las consecuencias que habría de seguir talando el bosque y capacitarlos para que se lleve a cabo un manejo sustentable.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crear un programa de vigilancia ambiental en el área por medio de los administradores del parque. • Código para la Biodiversidad del Estado de México: Art. 2.3, frac. XI; Art. 3.13, frac. XVI; Art. 3.14, frac. XI. • NOM-060-SEMARNAT-1994. • NOM-061-SEMARNAT-1994.
<p>Extracción de otros recursos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de organismos (flora y fauna), lo que conlleva a la pérdida de diversidad. • Extracción de especies vegetales para uso medicinal y ornamental. • Extracción de fauna, principalmente aves ya que tienen valor económico para los habitantes. • Desequilibrio ecológico (a largo plazo). 	<ul style="list-style-type: none"> • Crear un programa de vigilancia ambiental en el área llevado a cabo por los administradores del parque y los comuneros. • Código para la Biodiversidad del Estado de México.
<p>Actividades recreativas asociadas a los cuerpos de agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Explotación de recursos hídricos. • Contaminación del agua principalmente por residuos sólidos que son arrojados por los visitantes. • Modificación del paisaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer zonas especiales para que se realicen estas actividades. • Colocar más letreros ambientales en las zonas adyacentes al río y la presa. • Concientizar a los

		<p>visitantes sobre la importancia de mantener en buenas condiciones los cuerpos de agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ley de Aguas Nacionales: Art. 7, frac. II. • Código para la Biodiversidad del Estado de México: Libro II, Título V, Capítulo IV.
<p>Otras actividades recreativas y deportivas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Compactación del suelo por actividades como paseo a caballo y campismo, lo cual impide el desarrollo de vegetación, pudiendo causar erosión así como disminución de la capacidad de infiltración. • Generación de residuos sólidos, que se depositan en el suelo y por arrastre en los cuerpos de agua. • Migración o desplazamiento de fauna. • Extracción y utilización de recursos maderables para la realización de fogatas. • Creación de nuevos caminos y senderos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar más contenedores de basura. • Colocar más letreros ambientales, principalmente en las zonas con mayor afluencia de personas. • Incrementar vigilancia. • Brigadas de limpieza en el bosque y recolección de basura por parte del personal del parque que sea más frecuente en temporadas vacacionales. • Llevar a cabo programas de educación ambiental, para que la gente que habita el lugar sea más consciente de los recursos naturales que utiliza y aprenda a conservarlos. • Llevar a cabo talleres y ferias ambientales en las fechas con mayor afluencia de visitantes. • Código para la Biodiversidad del Estado de México.

<p>Comercio</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de suelos por el establecimiento de comercios. • Generación de empleos temporales y permanentes donde se obtienen recursos económicos para los habitantes de la localidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitar los sitios donde son instalados los comercios.
<p>Generación de residuos sólidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Deposito y dispersión de los residuos en zonas no creadas para estos fines, debido a que no existen suficientes botes de basura. • Acarreo de residuos sólidos a cuerpos de agua. • Contaminación del agua y suelo. • La vegetación sufre alteraciones y la fauna se encuentra en peligro, ya que muchas especies llegan a ingerir ciertos residuos. • Proliferación de fauna nociva. • Hay poco personal en la administración del parque por lo que la recolección de desechos sólidos es deficiente. • Pérdida de la estética y calidad del paisaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar más contenedores de basura a lo largo del parque, donde se pueda separar los residuos de acuerdo a su clasificación, además de darles mantenimiento. • Llevar a cabo programas de limpieza y recolección de basura, siendo más frecuente en temporadas vacacionales. • Dar cursos de educación ambiental haciendo hincapié en la importancia de la separación de los residuos y su reciclaje. • Código para la Biodiversidad del Estado de México: Libro IV. • Bando municipal de Villa del Carbón 2013-2015: Cap. III.
<p>Establecimiento y proliferación de fauna feral</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La existencia de fauna feral como perros, hace vulnerable a la fauna silvestre, ya que en ocasiones pueden alimentarse de pequeños roedores, aves o reptiles, de igual forma pueden causar la dispersión de 	<ul style="list-style-type: none"> • Regular el ingreso al parque con mascotas, colocando señalizaciones que exhorten a los visitantes a ser responsables de sus animales. • Campañas de control

	residuos sólidos.	de la fauna feral que ya habita el lugar, por medio de la administración del parque.
Tránsito/aparcamiento vehicular	<ul style="list-style-type: none"> • La zona de estacionamiento es insuficiente. • Compactación de suelo y contaminación del mismo. • Contaminación por ruido. • Contaminación visual, aunque no causa un gran efecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un único estacionamiento en la entrada del parque, ampliarlo, mejorarlo y darle mantenimiento continuo.
Reforestación	<ul style="list-style-type: none"> • La reforestación ha contribuido a la formación de suelo y se evita su compactación y erosión. • Recuperación de cubierta vegetal. • Incremento de hábitat y refugio para las especies de fauna. • Infiltración de agua a mantos freáticos. • Mejoramiento en la calidad estética y paisajística de la zona. • Esta actividad solo se ha promovido en áreas pequeñas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Brigadas de reforestación llevadas a cabo por los mismos habitantes, donde se siembren especies nativas. • Dar seguimiento a este programa y verificar la eficacia de este. • Establecer programas de manejo forestal. • Código para la Biodiversidad del Estado de México: Libro III, Título IV, Cap. VI.
Escasa información ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Poca difusión de información sobre la importancia de los recursos naturales y su conservación. • Poco conocimiento de las especies que habitan la región. • Desconocimiento de la existencia de especies protegidas de forma oficial. • Escasos recursos económicos para que la población emprenda acciones para la 	<ul style="list-style-type: none"> • Dar talleres a los habitantes de la localidad para que conozcan otras formas de aprovechamiento de sus recursos de una manera sustentable. • Impulsar talleres donde también participen los paseantes con la finalidad de que adquieran información acerca del área y la

	<p>conservación y mejoramiento de su entorno.</p>	<p>importancia de conservar el medio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Promover talleres de educación ambiental en escuelas de educación básica, que se realicen en las inmediaciones del parque. • Código para la Biodiversidad del Estado de México: Libro II, Cap. VII, Sección II.
--	---	--

7.4.3 Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación expresan un conjunto de acciones y estrategias que se diseñan para contrarrestar los efectos negativos que crean los impactos a los componentes del ambiente, de igual manera incluyen medidas tendientes a reparar, rehabilitar o restaurar el ambiente y en su caso reducir o eliminar los impactos en el tiempo (Vidal de los Santos y Franco, 2009).

En la tabla 14 se muestran algunas propuestas para mitigar los impactos ocasionados por las principales actividades que se llevan a cabo en la Presa El Llano, con la finalidad de proteger el medio ambiente y los recursos naturales con los que cuenta la localidad, de modo que puedan ser aprovechados de una forma sustentable y tomando en cuenta también el turismo de la zona.

Tabla 14. Propuestas de medidas de mitigación.

PROBLEMÁTICA	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
<p>Agricultura</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer zonas exclusivas para el cultivo por medio de un ordenamiento ecológico local. • Implementar programas de manejo, conservación y restauración de suelos. • Reducir los monocultivos y establecer cultivos de árboles frutales propios de la región, así como viveros con árboles de la zona, por ejemplo pinos, para su comercialización, con lo que se podrían obtener recursos económicos para los

	<p>habitantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proponer cursos de capacitación sobre el manejo adecuado de los cultivos.
Pastoreo	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer zonas especiales para este uso, en donde se propaguen pastos de rápido crecimiento. • Crear conciencia en los comuneros a través de programas de educación ambiental.
Creación de nuevos caminos y senderos	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir los caminos formados a causa del tránsito de personas y reforestarlos. • Colocar cercas vivas, para evitar el tránsito de personas en ciertos lugares. • Vigilar y dar mantenimiento a los caminos y senderos empedrados ya construidos.
Extracción de recursos maderables	<ul style="list-style-type: none"> • Informar a los habitantes sobre la importancia y el papel que juegan estos recursos en el medio además de proponerles alternativas para que aprovechen sus recursos de una manera sustentable. • Llevar a cabo un programa de monitoreo o vigilancia, para evitar la tala ilegal. • Establecer programas de manejo de estos recursos.
Extracción de otros recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Campañas de educación ambiental tanto para los comuneros como para los visitantes en las épocas de mayor afluencia. • Realizar un inventario de flora y fauna para tener un mayor conocimiento de las especies que habitan el lugar, saber cuales son las más importantes y así poder crear acciones de conservación. • Llevar a cabo un programa de monitoreo de recursos con los que cuenta el parque (árboles y aves principalmente).
Actividades recreativas asociadas a los cuerpos de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer zonas especiales para el uso recreativo. • Realizar un programa de manejo enfocado al ecoturismo. • Colocar más letreros ambientales en las zonas adyacentes al río y la presa.

	<ul style="list-style-type: none"> • Dar mantenimiento a los puentes que se han colocado para atravesar el río. • Concientizar a los visitantes sobre la importancia de mantener en buenas condiciones los cuerpos de agua. • Repartir trípticos que contengan señalamientos sobre el cuidado del agua y algunas medidas básicas de seguridad a los visitantes, al momento de ingresar al parque.
Infraestructura y vigilancia	<ul style="list-style-type: none"> • Dar mantenimiento y rehabilitar la infraestructura del parque, construir más sanitarios especialmente en las zonas donde se concentra más gente, colocar más bancas y puentes, instalar mayor número de contenedores de basura y letreros ambientales. • Brigadas de limpieza y recolección de basura por parte de la administración del parque. • Incrementar la vigilancia, para que los visitantes perciban más seguridad. • Establecer un plan de manejo orientado al ecoturismo.
Introducción de fauna exótica	<ul style="list-style-type: none"> • Llevar un control de la fauna feral que ya habita el lugar, y retirarla del bosque. • Concientizar a los visitantes sobre la responsabilidad que implica introducir mascotas al parque.
Comercio	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitar los sitios donde son instalados los comercios. • Exigir a los comerciantes que cuando finalicen sus labores recolecten los residuos generados por los productos que venden y dejen limpio el lugar.
Generación de residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar más contenedores de basura a lo largo del parque, donde se pueda separar los residuos en orgánicos e inorgánicos, además de darles mantenimiento. • Llevar a cabo brigadas de limpieza y recolección de basura, en las zonas donde se concentra más basura, siendo más frecuente en temporadas vacacionales. • Dar a conocer alternativas sobre el reciclaje de los residuos, técnicas de compostaje para los residuos orgánicos y

	<p>proponer un programa de manejo de residuos sólidos que incluya la separación de residuos como PET, aluminio, vidrio y cartón para su venta o reúso.</p>
Estacionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar y rehabilitar el camino de acceso a la presa, que va de la carretera principal a la entrada del parque. • Establecer un único estacionamiento en la entrada del parque, ampliarlo, mejorarlo y darle mantenimiento continuo.
Reforestación	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las zonas dentro del parque con mayor grado de perturbación o daño que pueden ser sujetas de reforestación. • Realizar brigadas de reforestación donde se seleccionen especies nativas, considerando que dichas actividades sean llevadas a cabo por los mismos habitantes, de igual forma invitar a los visitantes a que colaboren en esta actividad, con lo cual se pueden atraer más paseantes. • Dar seguimiento a este programa y llevar un control de la sobrevivencia de los árboles plantados, verificar que se encuentren en buen estado y se desarrollen adecuadamente.
Escasa información ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar ferias ambientales, con pláticas y talleres dirigidos a los habitantes de la localidad para que conozcan la importancia del medio ambiente y su conservación, así como otras formas de aprovechamiento de sus recursos de una manera sustentable. • Repartir trípticos en la entrada del parque, que contengan información sobre la importancia del cuidado del medio ambiente. • Contemplar en el plan de estudios de los niveles educativos básicos, una asignatura enfocada a la educación ambiental.

7.4.4 Programa de seguimiento y vigilancia

El Programa de Seguimiento y Vigilancia debe entenderse como el documento de control que contiene un conjunto de criterios técnicos y permite realizar un seguimiento sistemático de los impactos identificados en la zona. En este sentido, este programa debe indicar los aspectos objeto de vigilancia, los cuales pueden referirse al medio o a las actividades generadoras de impacto, además debe ofrecer un método sistemático lo más sencillo y económico posible, para realizar la vigilancia de una forma eficaz (Gómez, 2002).

El programa de vigilancia ha de señalar también los tipos de situaciones que pueden darse y su nivel de intensidad, y, para cada una de ellas, los umbrales inadmisibles que disparan señales de alerta ante las cuales es preciso adoptar medidas complementarias (*op cit.*).

La definición de umbrales de alerta señalan el punto a partir del cual deben entrar en funcionamiento los sistemas de prevención y/o seguridad establecidos en el programa; los umbrales vendrán descritos en magnitud, calendario, puntos de comprobación, requerimientos de personal, medidas de urgencia, etc. (*op cit.*).

Con base en lo anterior, a continuación se presenta el Programa de Seguimiento y Vigilancia propuesto para la zona de estudio, basado en las medidas de mitigación antes referidas.

a) Establecimiento de zonas especiales para el pastoreo y la agricultura

Objetivo: disminuir los impactos ocasionados por la práctica de estas actividades, delimitando las áreas para dicho fin; conservar en la medida de lo posible las áreas de bosque.

Indicador de realización: pastoreo fuera de las áreas de pastizal ubicadas en los márgenes del río, establecimiento de terrenos de cultivo en las zonas boscosas.

Calendario de comprobación: cada seis meses.

Umbral de alerta: compactación, erosión y degradación del suelo, pérdida de fertilidad, pérdida de la cubierta vegetal y ampliación de zonas de pastizal así como de cultivo.

Umbral inadmisibile: cambio de uso de suelo, cambios en la fisonomía del área.

Puntos de comprobación: límite de zonas de pastizal en los márgenes del río, zonas boscosas en las partes más altas.

Requerimientos de personal encargado: biólogos, agrónomos.

Medidas de urgencia: delimitación de zonas de pastoreo y establecimiento de la capacidad de carga del terreno (cabezas de ganado/área).

b) Planeación y mejora de caminos

Objetivo: planificar la creación de nuevos caminos, rehabilitar y dar mantenimiento a los caminos ya existentes.

Indicador de realización: algunos de los caminos se encuentran en malas condiciones, se requiere la construcción de nuevos caminos que conecten a las localidades, y al municipio.

Calendario de comprobación: anual

Umbral de alerta: creación de caminos improvisados, no planificados para el tránsito.

Umbral inadmisibile: pérdida de la vegetación, compactación y degradación del suelo a causa de caminos improvisados.

Puntos de comprobación: acceso que va de la carretera principal a la Presa El Llano y caminos dentro del área que comprende el parque.

Requerimientos del personal encargado: arquitectos, biólogos, paisajistas.

Medidas de urgencia: ordenamiento ecológico de la localidad, señalización de carreteras y caminos.

c) Protección de la vegetación y recursos maderables

Objetivo: proteger la vegetación natural, evitar la erosión y degradación del suelo.

Indicador de realización: tala ilegal

Calendario de comprobación: cada seis meses

Umbral de alerta: detección de zonas donde se practica la tala y el “ocoteo”, organismos en mal estado por la misma causa, demanda de recursos maderables (leña) por las actividades turísticas.

Umbral inadmisibile: pérdida de la cobertura vegetal y diversidad.

Puntos de comprobación: áreas boscosas, principalmente en el margen del río.

Requerimientos del personal encargado: biólogos, ingenieros forestales, ingenieros ambientales.

Medidas de urgencia: reforestación, monitoreo.

d) Programas de vigilancia y monitoreo para la protección de recursos

Objetivo: evitar la extracción de recursos.

Indicador de realización: tala ilegal, extracción de otras especies vegetales con fines ornamentales, medicinales y comestibles, aves de ornato para comercialización.

Frecuencia: semanalmente

Umbral de alerta: detección de especies de fauna (aves) que son comercializadas en mercados y zonas próximas a la presa; los habitantes señalan que anteriormente se podía observar mayor diversidad de plantas y animales.

Umbral inadmisibile: descenso en las poblaciones, pérdida de la diversidad.

Puntos de comprobación: áreas boscosas, zonas adyacentes al río.

Requerimientos de personal encargado: empleados del parque.

Medidas de urgencia: establecer sitios de monitoreo.

e) Elaboración de inventarios florísticos y faunísticos

Objetivo: elaborar los inventarios florísticos y faunísticos del área.

Indicador de realización: escaso conocimiento de las especies que habitan el lugar.

Frecuencia: estacionalmente

Umbral de alerta: falta de información sobre las especies presentes en el sitio y su importancia.

Umbral inadmisibile: sobreexplotación de las especies.

Puntos de comprobación: evaluación del grado de conocimientos a través de encuestas a los empleados del parque, así como a los comuneros.

Requerimientos de personal encargado: Biólogos (zoólogos, botánicos)

Medidas de urgencia: Dar a conocer a la comunidad, los avances que se tienen acerca de los registros florísticos y faunísticos en el área; fomento y ampliación de proyectos enfocados en la obtención de información acerca de las especies que se encuentran en la zona.

f) Uso sustentable de los cuerpos de agua asociado a actividades recreativas

Objetivo: evitar la contaminación de la presa y el río, y exhortar a las personas a hacer un uso responsable de los recursos hídricos.

Indicador de realización: uso, en ocasiones excesivo, de los cuerpos de agua con fines recreativos, dispersión de residuos sólidos en algunos puntos de la presa y el río en temporadas vacacionales.

Calendario de comprobación: diariamente en temporadas vacacionales.

Umbral de alerta: presencia de organismos coliformes totales y fecales en los cuerpos de agua.

Umbral inadmisibile: contaminación del agua del río, por ende el agua que se acumula en la presa también se encuentra contaminada.

Puntos de comprobación: agua de la presa y del río en el tramo que desemboca en la presa.

Requerimientos del personal encargado: biólogos, químicos y QFB con conocimientos en calidad del agua.

Medidas de urgencia: instalar letreros ambientales y con medidas de seguridad a las orillas del río y de la presa, monitorear las zonas de esparcimiento.

g) Control de fauna feral

Objetivo: evitar la proliferación de fauna feral (perros y gatos).

Indicador de realización: presencia de fauna feral (perros) establecida en el bosque.

Calendario de comprobación: cada seis meses

Umbral de alerta: detección de restos de organismos cuyas muertes pueden atribuirse a fauna feral.

Umbral inadmisibile: detección de camadas o crías de organismos ferales (perros).

Puntos de comprobación: zonas de esparcimiento y pastoreo.

Requerimientos de personal encargado: empleados del parque, biólogos con conocimientos en control de plagas.

Medidas de urgencia: retirar a la fauna feral que ya habita el lugar y concientizar a los visitantes sobre su responsabilidad de introducir mascotas al parque.

h) Manejo adecuado de los residuos sólidos

Objetivo: dar un manejo adecuado a los residuos que se generan dentro del parque, evitar la contaminación del aire, agua y suelo que podrían provocar estos residuos.

Indicador de realización: acumulación de residuos y su depósito en sitios inadecuados y no destinados para este fin.

Frecuencia: semanalmente, en épocas vacacionales diariamente.

Umbral de alerta: dispersión de residuos a las orillas de los cuerpos de agua y en zonas de esparcimiento.

Umbral inadmisibile: proliferación de fauna nociva, presencia de residuos sólidos en los cuerpos de agua y el suelo.

Puntos de comprobación: áreas de recreación como zonas de camping, comercios, cuerpos de agua.

Requerimientos del personal encargado: trabajadores de limpia.

Medidas de urgencia: instalar contenedores de basura, contar con más personal que se encargue de las labores de limpieza.

i) Brigadas de reforestación

Objetivo: recuperación de la cobertura vegetal del sitio, mejoramiento de la calidad paisajística.

Indicador de realización: pérdida de la cobertura vegetal a causa de la tala ilegal.

Calendario de comprobación: anualmente

Umbral de alerta: pérdida de la vegetación (árboles), detección de organismos muertos o en mal estado a causa de la tala y el “ocoteo”.

Umbral inadmisibile: detección de áreas de reciente deforestación y pérdida de diversidad.

Puntos de comprobación: vegetación natural y áreas reforestadas.

Requerimientos de personal encargado: ingeniero forestal, agrónomo.

Medidas de urgencia: labores de reforestación en zonas que presentan mayor daño.

j) Campañas de educación ambiental

Objetivo: concientizar tanto a los habitantes como a los visitantes sobre la importancia del medio ambiente y los recursos naturales con los que cuenta la localidad.

Indicador de realización: acumulación de residuos sólidos en diversas áreas, tala ilegal, extracción de organismos (flora y fauna) principalmente aves, introducción de fauna exótica.

Frecuencia: mensualmente y semanalmente en temporadas vacacionales.

Umbral de alerta: incremento de problemas ambientales que se presentan.

Umbral inadmisibile: tala en aumento, fauna exótica también en aumento, pérdida de biodiversidad a través del tiempo, generación de residuos que provoca la contaminación del aire, agua y suelo, modificación del paisaje.

Puntos de comprobación: zonas de esparcimiento, áreas de campismo y márgenes de la presa.

Requerimientos del personal encargado: Técnico en educación ambiental, biólogos.

Medidas de urgencia: inicialmente capacitar a los habitantes y empleados del parque.

8 CONCLUSIONES

La presa “El Llano” se localiza en la localidad de San Jerónimo Zacapexco en la porción Sur del municipio de Villa del Carbón, Estado de México, esta presa actualmente forma parte de un centro de recreación, el cual ofrece diversos servicios ecoturísticos dirigidos principalmente a los habitantes de la región y Distrito Federal.

Después de realizar la recopilación de información, las visitas hechas en campo y el análisis de información, se caracterizaron los medios físico, biótico, socioeconómico y el paisaje del área de estudio, obteniendo los siguientes resultados:

El análisis edafológico mostró la calidad de suelo de cada área muestreada, siendo diferente la calidad para cada sitio, esto va en relación con los usos que se le dan a cada uno, siendo los principales la agricultura, pastoreo, recreación y esparcimiento; y forestal. El área de bosque es la que presentó una mejor calidad de suelo, puesto que es la mejor conservada, por ello es importante mantener en la medida de lo posible las áreas con vegetación natural.

Los cuerpos de agua tanto la presa “El Llano”, como el río San Jerónimo poseen una muy buena calidad tomando en cuenta los aspectos analizados, por lo tanto el uso del agua es recomendable para diversos fines. No obstante se debe llevar un seguimiento de estos cuerpos de agua, pues se encuentra en riesgo debido al turismo y al pastoreo.

El paisaje de la zona presenta una alta calidad escénica, ya que es un área con rasgos singulares y sobresalientes, muy atractiva para el turismo, por lo que está expuesta a ser modificada, y su conservación tiene importancia.

Se identificaron cuatro tipos de vegetación de acuerdo a la clasificación de Rzedowski (1978) los cuales son bosque mixto, bosque de pino, bosque de encino y pastizal inducido, cabe señalar que también se observaron áreas de cultivo y zonas reforestadas. Se identificaron un total de 100 especies vegetales incluidas en 37 familias y 83 géneros, las familias más representativas son Asteraceae (26 %), Poaceae (7 %), Rosaceae y Scrophulariaceae (5 %, cada una). Asimismo ninguna de las especies registradas se encuentra en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo *Cupressus lindleyi*, *Juniperus deppeana*, *Juncus effusus*, *Abies religiosa*, *Pinus*

montezumae y *Pinus patula* se encuentran en la categoría de Preocupación menor dentro de la Lista Roja de la IUCN.

La fauna de vertebrados se constituye por 73 especies de las cuales el grupo mejor representado fueron las aves (56.2 %), seguida de los mamíferos (20.5 %), reptiles y anfibios (11 %, respectivamente); y por último los peces (1.4 %). Dentro del listado realizado se identificaron 12 especies dentro de alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Hyla plicata*, *Ambystoma altamirani*, *Pseudoeurycea belli*, *Pseudoeurycea cephalica*, *Pseudoeurycea leprosa*, *Phrynosoma orbiculare*, *Thamnophis scalaris* y *Bassariscus astutus* son especies Amenazadas y *Pseudoeurycea altamontana*, *Sceloporus grammicus*, *Plestiodon copei* y *Myadestes occidentalis* son especies sujetas a Protección especial.

Dentro de los aspectos socioeconómicos, se tiene que las principales actividades que se llevan a cabo dentro de la localidad son la agricultura, el pastoreo y las relacionadas con el ecoturismo, esta última conlleva la utilización de recursos naturales como la leña y el agua, tanto por los habitantes como por los visitantes.

En la Matriz de Leopold, se obtuvieron un total de 244 interacciones de las cuales el 73.4 % son impactos negativos y 26.6 % son impactos positivos. Los elementos ambientales que requieren de una mayor atención, son el paisaje, la vegetación, el suelo y la fauna ya que fueron los que resultaron más afectados por las actividades generadoras de impacto.

Dentro del método Presión-Estado-Respuesta se identificaron 13 actividades que generan presión sobre el ambiente, por lo cual se presentaron políticas y soluciones que se han establecido por parte de instituciones gubernamentales, además de propuestas para aminorar esta presión.

Se propusieron 40 medidas de mitigación para los impactos ocasionados por las principales actividades que se llevan a cabo dentro de la Presa El Llano, así como un programa de seguimiento y vigilancia.

9 BIBLIOGRAFÍA

American Ornithologist's Union. 2013. Check list of North American Birds. 7th ed. AllenPrees Inc. U.S.A.

Andrews S.S., D.L. Karlen y J.P. Mitchel. 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90 (2002) 25–45.

Aranda J.M. 1981. Rastros de los mamíferos silvestres de México. INIREB. Ed. Maccio. 198 pp.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Bando Municipal de Villa del Carbón, México 2013-2015. Gobierno Municipal.

Behler L.J.y W. King. 1979. Field Guide to North American Reptiles & Amphibians. National Audubon Society. United States.

Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. 2009. UNAM. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/index.php>. Consultada en septiembre de 2013.

Bienes comunales de la comunidad de San Jerónimo Zacapexco. 2013.

BLM. 1980. (U.S.D.I., Bureau of Land Management): Visual simulation techniques. Government Printing Office, Washington, D.C.

Blanco C.M. 1994. La trucha. Cría industrial. Ediciones Mundi-Prensa. España. 503 pp.

Burt W.H. y R.P. Grossenheider. 1973. A field guide to the mammals. Peterson Field Guides. 3th edition. USA.

Cantú, P.M; Becker, A; Bedano, C.J; Schiavo, F.H. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Cl. Suelo (Argentina)* 25(2): pp.173-178.

- Castillo M.L. 2013. Diagnóstico ambiental de Santiago Tepatlaxco, Naucalpan de Juárez, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. México.
- Ceballos G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. CONABIO-Fondo de Cultura Económica. México. 987 pp.
- CETENAL. 1975. Carta geológica E14A28. Villa del Carbón. 1: 50 000.
- CETENAL. 1976. Carta edafológica E14A28. Villa del Carbón. 1: 50 000.
- CETENAL. 1976. Carta de uso de suelo E14A28. Villa del Carbón. 1: 50 000.
- CETENAL. 1977. Carta de uso potencial E14A28. Villa del Carbón. 1: 50 000.
- Código para la Biodiversidad del Estado de México. Cámara de Diputados del H. Congreso del Estado de México, "LV" Legislatura. 13 de mayo de 2005.
- Comunidad San Jerónimo Zacapexco. 2005. Carpeta básica del parque "Presa del Llano".
- CONABIO.1998. La diversidad biológica de México: estudio de país. México.
- Coronel T., 1970. Técnicas para el muestreo de suelos. Dirección General de Extensión Agrícola. Departamento de Divulgación. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. CE-CCA-001-/89. Diario Oficial de la Federación. 13 de diciembre de 1989.
- De la Lanza E.G., S. Hernández y J. Carvajal (comps.). 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación: bioindicadores. Editorial Plaza y Valdés. SEMARNAP, CNA y UNAM. México. 663 pp.
- Espinosa G. F. y J. Sarukhán. 1997. Manual de malezas del Valle de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica e Instituto de Ecología. México.
- Espinoza L., N. Slaton y M. Mozaffari. 2006. Como interpretar los resultados de los análisis de suelos. Division of Agriculture. University of Arkansas. USA.
- Fuentes F. y A. Massol-Deyá. 2002. Manual de laboratorios. Ecología de microorganismos. Universidad de Puerto Rico.

Gama F. J., M. E. Pavón, A. M. Fernández, P. T. Ramírez y L. O. Ángeles. 2010. Análisis de la calidad del agua. Relación entre factores bióticos y abióticos. FES Iztacala. UNAM. México. 119 pp.

Gaucher G. 1971. El suelo y sus características agronómicas. Editorial Omega. España.

GEM. 2002. Biodiversidad en el Estado de México [CD multimedia]. Secretaría de Ecología. México.

Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Sin año. Acceso libre a datos de biodiversidad. <http://www.gbif.org/>. Consultado en mayo de 2013.

Gobierno del Estado de México y CONABIO. 2009. La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado. México.

Gobierno del Estado de México e Instituto de Información Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México. 1997. Estadística básica municipal del Estado de México: Villa del Carbón.

Gobierno del Estado de México y Probosque. 2010. Programa Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos. México.

Gobierno del estado de México, Secretaría del Medio Ambiente y PROBOSQUE. 2011. Programa para el pago por Servicios Ambientales Hidrológicos. <http://portal2.edomex.gob.mx/probosque/desarrolloforestal/estudiosdemanejo/serviciosambientales/index.htm>. Consultado en junio de 2013.

Gómez O.D. 2002. Evaluación de Impacto Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. 2ª edición. España. 749 pp.

Gollasch S. 2006. *Elodea Canadensis*. Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe.

Howell S.N.y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University. United States.

INE. 1999. Indicadores ambientales. Presión-Estado-Respuesta.

INEGI. 1971. Carta de uso de suelo y vegetación. E14-A28. 1: 50 000.

- INEGI. 2000. Indicadores de Desarrollo Sustentable en México.
- INEGI. 2003. Síntesis Geográfica del Estado de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI. 2006. Anuario estadístico del Estado de México (Ed. 2006). México.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Villa del Carbón, México.
- INEGI. 2010. XIII Censo General de Población y Vivienda. http://www3.inegi.org.mx/sistemas/iter/consultar_info.aspx. Consultada en agosto de 2011.
- Jiménez V.L. 2006. Estudio de mercado de una empresa ecoturística en el Estado de México. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Juárez S. A. 1999. Diagnóstico ambiental de la actividad agrícola en el poblado de Tenopalco, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Cuautitlán. UNAM. México.
- Laboratorio de suelos, granos y fertilizantes de México. 1982. Instructivo para la toma de muestras de suelos. Unidad Cuautitlán.
- Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación. 1º de diciembre de 1992.
- Llorente, B. J. 1990. Manual de recolección y preparación de animales. Facultad de Ciencias. UNAM. 270 pp.
- Lot, A. y C. Chiang. 1986. Manual de herbario. Consejo Nacional de la Flora de México A. C. México, D. F.
- Lucio C.N. 2007. Diagnóstico ambiental del corredor ecoturístico de la Cañada de Contreras, D.F. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. México.
- Manual "Introducción a la gestión ambiental municipal". 2004. Editorial Maya. 72 pp.
- Municipalidad Distrital Ragash. 2009. Manual de crianza. Trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Perú.

Muñoz, I. D.; Mendoza, C. A.; López, G. F.; Soler, A. A.; Hernández, M. M. 2000. Edafología. Manual de Métodos de Análisis de Suelo. FES Iztacala. UNAM. México.

National Geographic Society. 1999. Field guide to the birds of North America. 3th edit.

Nava R. A. 2004. Diagnóstico ambiental de Los Molinitos, Villa del Carbón, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. SEMARNAT.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental: especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. SEMARNAT.

Norma Oficial Mexicana NOM-060-SEMARNAT-1994 que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal. SEMARNAT.

Norma Oficial Mexicana NOM-061-SEMARNAT-1994 que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal. SEMARNAT.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial de la Federación. 22 de noviembre de 2000.

OECD. 1998. Towards Sustainable Development: Environmental Indicators. OECD. Paris, Francia.

Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México. 12 de mayo de 2006.

Peterson R.T. y E.L. Chalif .1989. Aves de México. Editorial Diana. México, 473 pp.

- Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Villa del Carbón, Estado de México. 2006-2009.
- Plaster J.E. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Editorial Paraninfo. España. 419 pp.
- Poch E.M. 1999. Las calidades del agua. Rubes Editorial, S.L. España. 159 pp.
- Porta C.J., M. López- Acevedo y C. Roquero de Laburu. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. 929 pp.
- Robles, E., M. González, M. Sáinz, M. Martínez y R. Ayala. 2009. Análisis de agua, métodos fisicoquímicos y bacteriológicos. FES Iztacala. UNAM. México.
- Ramírez P.K. 2013. Diagnóstico ambiental y propuesta de un proyecto de ecoturismo para la localidad de Tres Piedras, Cahuacán, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. México.
- Rodríguez A.O. 2012. Mamíferos medianos del parque Presa El Llano, en el municipio de Villa del Carbón, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. México.
- Rodríguez M.L. 2012. Herpetofauna del parque Presa El Llano, en el municipio de Villa del Carbón, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. México.
- Rojas P.G. 2013. Diagnóstico ambiental del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Tultitlan, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala. UNAM. México.
- Romero R.J. 1999. Calidad del agua. 2ª edición. Editorial Alfaomega. México. 273 pp.
- Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México.
- Rzedowski, J. y G. Rzedowski. 2001. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología A.C. México. 140 pp.
- Sánchez, O. 1980. La flora del valle de México. Ed. Herrero. 6ª edición. México. 519 pp.
- Sarukhán, J., J. Soberón y S. Larson Guerra. 1996. Biological Conservations in a High Beta- Diversity Country. En Di Castri, F. y T. Younes (eds.). *Biodiversity, Science and Development: Towards a New Partnership*. CAB International-IUBS. París.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Protectora de Bosques. 2006. Programa de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de México 2005-2025. México.

Secretaría de Ecología. 2000. Diagnóstico ambiental del Estado de México. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica. Toluca, Edo. Mex.

Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Estado de México. 2007. Diagnóstico ambiental del Estado de México por Regiones Hidrográficas. México. 109 pp.

SEMARNAT. 2002. Informe de la situación del medio ambiente en México.

SEMARNAT. 2005. Indicadores básicos del desempeño ambiental de México.

SEMARNAT y CONAFOR. 2009. Programa de pago por servicios ambientales. México.

SEMARNAT y CONAFOR. 2010. El pago por servicios ambientales como instrumento de conservación. México.

Servicio Meteorológico Nacional. 2000. Normales Climatológicas 1971-2000. <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL15132.TXT>. Consultado en junio de 2013.

Toledo V.M. 2010. La biodiversidad de México. Inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Fondo de Cultura Económica. México.

UAEM. 2002. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Subcuenca Amanalco–Valle de Bravo. Universidad Autónoma del Estado de México, Gobierno del Estado de México.

Malezas de México. 2009. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico>. Consultado en septiembre de 2013.

Vidal de los Santos E. y J. Franco. 2009. Impacto ambiental: una herramienta para el desarrollo sustentable. AGT Editor. México. 411 pp.

Winograd M., R.N. Fernández y A. Farrow. 1998. Tools for making decisions in Latin America and the Caribbean: Environmental Indicators and Geographical Information Systems. International Center for Tropical Agriculture and United Nations Environment Programme. Colombia y México. 63 pp.

Zamorano de Haro, P. 2009. La flora y fauna silvestres en México y su regulación. Procuraduría Agraria. México.

10 ANEXOS

10.1 ANEXO 1

**Formato de encuesta para los visitantes del parque ecoturístico “Presa El Llano”,
Villa del Carbón, Edo. de México.**

I. DATOS GENERALES

Edad: _____ Sexo: (F) (M)

Lugar de procedencia: _____

Ocupación: _____

¿Cuál ha sido su nivel máximo de estudios?

- | | |
|---------------|---------------------------------------|
| a) Primaria | c) Bachillerato |
| b) Secundaria | d) Licenciatura o técnica equivalente |

II. USO Y APROVECHAMIENTO DEL MEDIO

¿Con que frecuencia visita el parque ecoturístico “Presa El Llano”?

¿Con que fin visita el parque?

¿Qué actividades realiza en el parque?

¿Utiliza algún recurso natural de la zona?

- a) Sí
- b) No

Si su respuesta fue sí, diga cuales (ej. leña, plantas medicinales, hongos)

La basura que genera ¿Qué destino tiene?

¿Trae automóvil?

- a) Sí
- b) No

III. VALORACIÓN DEL MEDIO Y SERVICIOS

¿Cree que es importante conservar los recursos naturales de la localidad?

¿Cómo calificaría la calidad de "Presa el Llano"?

- a) Buena
- b) Regular
- c) Mala

¿Qué opina de la vigilancia y seguridad del lugar?

- a) Es buena
- b) Es regular
- c) Es mala

¿Qué cambios desearía que se implementaran en el parque o que sugerencias tiene para mejorar y mantener este lugar?

10.2 ANEXO 2

FOTOGRAFÍAS

Actividades recreativas que se realizan en “Presa El Llano”



Paseo a caballo



Caminata



Recreación en el río



Pesca



Cabañas



Paseo en lancha



Campismo en temporada vacacional



Campismo en temporada baja

Infraestructura y servicios que se ofrecen en el parque “Presa El Llano”



Caseta de cobro



Letrero del proyecto ecoturístico



Letrero ubicado en la entrada del parque



Letrero ambiental en donde se invita a denunciar la tala ilegal



Se observa un fragmento de los caminos empedrados que se encuentran alrededor del parque



Se muestra uno de los puentes que sirven para cruzar algunos fragmentos del río



Botes de basura (únicamente se encuentran en la entrada)



Sanitarios



Estacionamiento improvisado (se observa al fondo)



Plataformas hechas a base de piedra y concreto utilizadas para el campismo (cuentan con toma de agua y asaderos)



Bancas y palapas colocadas en áreas de campismo



Puestos de comida

Fauna encontrada en el área de estudio



Oncorhynchus mykiss (trucha arcoíris)



Lithobates tlacoci (rana)



Sceloporus aeneus (lagartija)



Sceloporus anahuacus (lagartija)



Sceloporus grammicus (lagartija)



Thamnophis scalaris (Culebra de agua)



Peromyscus boylii (Ratón orejón)



Haemorhous mexicanus (Carpodaco doméstico)



Cyanocitta stelleri (Chara copetona)



Junco phaeonotus (Junco ojilumbre mexicano)



Turdus migratorius (Zorzal pechirrojo)



Melospiza melodía (Gorrión melódico)



Pheucticus melanocephalus (Picogruaso pechicafé)



Myioborus miniatus (Pavito gorjigris)



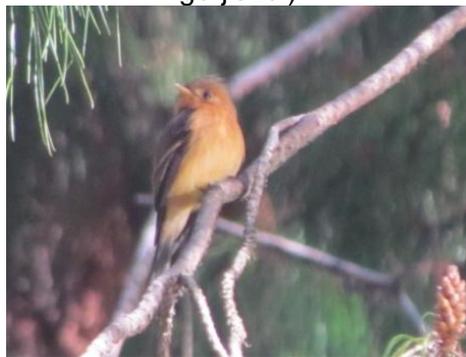
Lampornis clemenciae (Chupaflor gorjazul)



Cardellina rubra (Chipe rojo)



Sayornis nigricans (Mosquero negro)



Mitrephanes phaeocercus (Mosquerito copetón)



Chloroceryle americana (Martín pescador menor)

Flora encontrada en el área de estudio



Cirsium ehrenbergii



Berberis moranensis



Oenothera rosea



Phytolacca icosandra



Solanum cervantesii



Castilleja tenuiflora



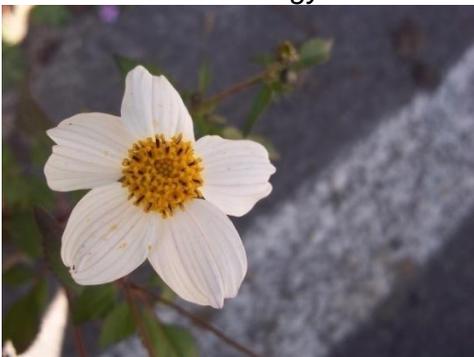
Cestrum anagryis



Geranium seemannii



Symphoricarpos microphyllus



Bidens pilosa



Piqueria trinervia



Achillea millefolium

10.3 ANEXO 3

Listado de la flora identificada en el parque ecoturístico “Presa El llano”

Nombre común; Usos: c= comestible, cv= cerca viva, f= forrajero, m= medicinal, ma=maderable, o= ornamental; Estrato: A= arbóreo, ar= arbustivo, H= herbáceo, C=cultivo; Estado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010: R= Rara, A= Amenazada, Pr= Protección especial. Estado de acuerdo con la Lista Roja de la IUCN: LC=Preocupación menor.

Familia Género/Especie	Nombre común	Estrato	Maleza	Usos	NOM-059-2010	IUCN
Asteraceae						
<i>Achillea millefolium</i>	Plumbajillo, mil en rama	H	*	m (tos, dolor de cabeza, trastornos gastrointestinales)/o		
<i>Baccharis conferta</i>	Escobilla	ar		m (trastornos digestivos, calambres)		
<i>Bidens anthemoides</i>	Mozotillo	H	*			
<i>Bidens ferulifolia</i>	Bidens, verbena amarilla	H		o		
<i>Bidens pilosa</i>	Té de milpa, acahual blanco	H				
<i>Bidens triplinervia</i>	Acahual cimarrón, aceitilla	H		f		
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	Cardo santo	H		m (tos, pulmonía)		
<i>Cosmos bipinnatus</i>	Girasol morado, mirasol	H	*	m (tos)/o		
<i>Erigeron delphinifolius</i>	Chalchuán	H	*			
<i>Eupatorium porriginosum</i>		ar				
<i>Eupatorium glabratum</i>	Hilo, hierba del golpe	ar				
<i>Galinsoga parviflora</i>	Estrellita	H	*	f		
<i>Gnaphalium stramineum</i>	Gordolobo	H	*	m (dolor de estómago, cólicos, empacho)		
<i>Piqueria trinervia</i>	Hierba de San Nicolás, hierba del tabardillo	H		m (trastornos gastrointestinales, fiebre, resfriado)/o		
<i>Sabazia humilis</i>	Mariposilla	H	*			

<i>Senecio angulifolius</i>		ar		
<i>Senecio barba-johannis</i>	Barba de San Juan de Dios	ar		
<i>Senecio sanguisorbae</i>	Rabanillo	H		
<i>Senecio prenanthoides</i>	Hoja flecha	H		
<i>Siegesbeckia jorullensis</i>	Flor de la araña	H	*	
<i>Stevia elatior</i>		H		m
<i>Stevia rhombifolia</i>		H		
<i>Stevia serrata</i>	Chile burro, cola de borrego	H		m (trastornos digestivos)
<i>Stevia tomentosa</i>		H		
<i>Tagetes foetidissima</i>		H	*	m/f
<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león	H	*	c/m (problemas de hígado y vesícula biliar)/f
Berberidaceae				
<i>Berberis moranensis</i>	Acebo, palo amarillo	ar		m (padecimientos de los ojos, reumas)
Betulaceae				
<i>Alnus arguta</i>	Aile	A		m (fiebre)/ma
Boraginaceae				
<i>Borago officinalis</i>	Borraja	H		c/m (afectaciones respiratorias, fiebre, padecimientos renales)
<i>Hackelia mexicana</i>		H		
Campanulaceae				
<i>Lobelia gruina</i>	Flor de maría, lobelia	H	*	
Brassicaceae				
<i>Brassica campestris</i>	Flor de pájaro, flor de nabo	H	*	c
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Flor de nabo, nabo cimarrón, rabanillo	H	*	c/f
Caprifoliaceae				
<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	ar		m (resfriado, tos)/o

<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	Perlita, perilla	ar			
Caryophyllaceae					
<i>Cerastium nutans</i>		H	*		
<i>Drymaria cordata</i>	Oreja de ratón	H		c/m (antiinflamatorio)	
<i>Stellaria nemorum</i>	Alahual, estrellita	H			
Commelinaceae					
<i>Commelina coelestis</i>	Hierba del pollo	H	*	m (hemorragias, fiebre)	
Cupressaceae					
<i>Cupressus lindleyi</i>	Cedro, cedro blanco, ciprés	A		m (tos, dolor de cabeza)/ma/o	LC
<i>Juniperus deppeana</i>	Cedro, Tlascal	A		f/m (fiebre, dolor)/cv/ma	LC
Fabaceae					
<i>Trifolium mexicanum</i>	Trébol	H	*		
<i>Vicia faba</i>	Haba	C		m	
Fagaceae					
<i>Quercus castanea</i>	Encino	A		m/ma	
<i>Quercus laurina</i>	Encino	A		ma	
<i>Quercus rugosa</i>	Encino	A		c/ma	
Geraniaceae					
<i>Erodium cicutarium</i>	Alfilerillo, peine de bruja, aguja de pastor	H	*	f/m (trastornos digestivos, fiebre)	
<i>Geranium seemannii</i>	Pata de león	H	*	f/m (dolor estomacal, cólicos, dolor de muelas)	
Hydrophyllaceae					
<i>Phacelia platycarpa</i>	Espuelas	H	*	m (inflamación y dolor de estómago)	
Juncaceae					
<i>Juncus effusus</i>	Tulillo	H			LC
Lamiaceae					
<i>Salvia cardinalis</i>	Salvia roja			m (somnífero)/o	

<i>Salvia elegans</i>	Salvia roja	H		m (somnífero, dolor estomacal)/o	
<i>Prunella vulgaris</i>		H		m (trastornos gastrointestinales)	
Liliaceae					
<i>Smilax moranensis</i>	Salsaparrilla blanca	H		m (expectorante, diurético, antiinflamatorio)	
Loganiaceae					
<i>Buddleia cordata</i>	Tepozán , tepozán blanco	A		m (lesiones de la piel, fiebre, trastornos gastrointestinales)	
Lythraceae					
<i>Cuphea aequipetala</i>	Hierba del cáncer, alcáncer	H	*	m (padecimientos o dolores que provoca el cáncer)	
Onagraceae					
<i>Fuchsia thymifolia</i>	Aretillo de monte, perilla	ar		m (tos, diarrea)	
<i>Lopezia racemosa</i>	Alfilerillo, perilla, zancudo	H	*	f	
<i>Oenothera laciniata</i>		H			
<i>Oenothera rosea</i>	Agua de azahar	H	*	m (lesiones de la piel, desinflamante, analgésico)/o	
Orchidaceae					
<i>Spiranthes</i> sp		H			
Oxalidaceae					
<i>Oxalis stipulata</i>		H			
Phytolaccaceae					
<i>Phytolacca icosandra</i>	Jaboncillo, mazorquilla	H	*	m (padecimientos de la piel, caspa, analgésico)	
Pinaceae					
<i>Abies religiosa</i>	Oyamel	A		o/ma	LC
<i>Pinus montezumae</i>	Pino	A		ma	LC
<i>Pinus patula</i>	Pino	A		ma	LC
Poaceae					
<i>Aegopogon cenchroides</i>		H	*		

<i>Briza rotundata</i>		H		f
<i>Hordeum jubatum</i>	Cebadilla	H	*	
<i>Panicum bulbosum</i>		H		
<i>Panicum lepidulum</i>		H		
<i>Trisetum virlettii</i>		H		
<i>Zea mays</i>	Maíz	C		c/f
Polygalaceae				
<i>Monnina xalapensis</i>	Palo de la mula, hierba de la mula	ar		m (dolor de cabeza, cólicos)
Polygonaceae				
<i>Polygonum punctatum</i>	Venenillo, chilillo	H	*	m (lesiones de la piel, quemaduras)
<i>Rumex</i> sp	Lengua de vaca	H	*	c/f/m
Polypodiaceae				
<i>Adiantum andicola</i>	Cilandrillo	H		m (anticonceptivo)
<i>Asplenium</i> sp	Helecho	H		
<i>Cheilantes</i> sp	Helecho	H		
<i>Pleopeltis</i> sp	Helecho	H		
<i>Polypodium</i> sp	Helecho	H		
Rosaceae				
<i>Acaena elongata</i>	Cardillo, pegarropa	ar		
<i>Alchemilla procumbens</i>	Chinilla, pata de león	H		m (antidiarreico, úlceras, fiebre)
<i>Fragaria mexicana</i>	Fresa silvestre	H		
<i>Prunus serótina</i>	Capulín	A		c/m (tos, diarrea)/ma
<i>Rubus schiedeanus</i>	Zarzamora	ar		
Rubiaceae				
<i>Galium uncinatum</i>	Pegarropa, cuajaleche	H		
Salicaceae				
<i>Salix</i> sp	Sauce	A		

Saxifragaceae

Ribes affine Capulincillo ar

Scrophulariaceae

Castilleja arvensis Cresta de gallo, cola de borrego H * m (tos)

Castilleja tenuiflora Cola de borrego H * m (tos)/o

Mimulus glabratus H

Sibthorpia pichinchensis Solariega H

Penstemon campanulatus Tarritos, jarritos H * m (empacho, tos)

Solanaceae

Cestrum anagyris ar m (dolor de cabeza)

Solanum cervantesii Hierba del perro, hierbamora, veneno de perro ar m (fiebre)

Umbelliferae

Eryngium carlinae Hierba del sapo H m (problemas renales)

Hydrocotyle ranunculoides Ombligo de Venus H

Urticaceae

Urtica dioica Ortiga, mala mujer H * c/m (reumas)

Verbenaceae

Verbena bipinnatifida Alfombrilla H * m (fiebre, caspa)/o