



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO Y
VALORACIÓN DE LA ZONA "COLA DE
CABALLO" EN EL PARQUE ESTATAL
SIERRA DE GUADALUPE, TULTITLÁN,
ESTADO DE MÉXICO**

TRABAJO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

JOSÉ LUIS OJEDA GUZMÁN



ASESOR: Dr. JOSÉ LUIS VIVEROS LEGORRETA

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO 2023



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 mis padres. Por ser el pilar inquebrantable de lo que soy como persona y como profesionalista, por siempre estar para mí cuando necesito un consejo. Sus palabras son un tesoro para mí, los amo.

A mi madre por su amor y apoyo incondicional durante toda la vida

A mi padre por el gran amor que me tiene y por forjarme como un hombre de bien.

A mis hermanos: Xóchitl, Carlos y Fer quienes llevaron alegría a la casa desde que llegaron a nuestra vida.

A mí amada compañera de campo que ahora se llama vida; por su ímpetu, amor, paciencia, comprensión, y apoyo para concluir este trabajo. Es un regalo de la vida saber que estas a mi lado, te amo Maguito (Azu).

A las grandes amistades que logré recabar durante la carrera, son parte de mi corazón: Charly, Jorgito, Nalle, Bichi. Hicieron de la carrera algo maravilloso.

Al Dr. José Luis Viveros Legorreta por aceptar ser mi asesor después de la odisea que viví; su apoyo incondicional, motivación y consejos se ven reflejados en la culminación de este trabajo. Le estaré eternamente agradecido.

A Kary y Chrys por ser grandes amistades que han sabido motivarme y apoyarme para concluir este trabajo

A la FES Iztacala, a la Carrera de biología y todos los profesores que tuve oportunidad de aprender un poco de cada uno, haber estudiado Biología fue como un sueño.

DEDICATORIA

*Hasta el cielo, donde se encuentra mi querido profesor el **Maestro Jonathan Franco López**, no nos alcanzó el tiempo para ver finalizado este trabajo, pero es completamente suyo. Ya nos hemos de encontrar y festejaremos con los tragos que nos quedaron pendientes.*

A mis hermanos, que les sirva de inspiración para superarse cada día y ser mejores personas, hijos y parejas.

A mi pequeña sobrina Dulce, que su inocencia, dulzura y amor no se lo apague nadie

ÍNDICE GENERAL

.....	1
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE INDICADORES.....	7
I. RESUMEN	8
II. INTRODUCCIÓN	10
III. ANTECEDENTES	13
IV. OBJETIVOS.....	15
V. ÁREA DE ESTUDIO	16
5.1 CLIMA	19
5.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	20
5.3 EDAFOLOGÍA	21
5.4 HIDROLOGÍA.....	22
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
7.1 FLORA	25
7.2 FAUNA	29
7.3 ENCUESTAS.....	34
7.4 INDICADORES AMBIENTALES	36
7.5 MATRIZ DE IMPACTOS TIPO LEOPOLD	37
7.6 MATRIZ DE RESISTENCIA	45
7.7 REDES DE SORENSEN.....	49
7.8 MODELO DPSIR.....	53
VIII. CONCLUSIONES	58
IX. PROPUESTAS PARA LA PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN	59
X. ANEXOS.....	60
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Ubicación y colindancia del municipio de Tultitlán	14
2	Ubicación y delimitación territorial donde se encuentra la Sierra de Guadalupe	15
3	Distribución y área de estudio en el PESG.	16
4	Clima del PESG	17
5	Geología del PESG	18
6	Edafología del PESG	19
7	Porcentaje de vegetación nativa e inducida en el PESG	23
8	Fauna presente en el PESG	27
9	Rango de edad de los visitantes	32
10	Porcentaje de visitantes por sexo en el parque	32
11	Procedencia de los visitantes	32
12	Frecuencia de visitas al parque	32
13	Actividades que realizan los visitantes	33
14	Servicios que requiere el parque	34
15	Flora que extraen los visitantes de PESG	38
16	Fauna que atacan los visitantes del PESG	38
17	Vegetación después de un incendio en el PESG	39
18	Residuos generados en el PESG	39
19	Zonas de agricultura en el PESG	40
20	Zonas de ganadería en el PESG	40
21	Áreas con vandalismo en el PESG	41
22	Residuos de leña en el PESG	41
23	Reforestación con vegetación inducida en el PESG	42
24	Combate a incendios en el PESG	42
25	Modelo general DPSIR	51

ÍNDICE DE TABLAS

1	Abreviaturas y definición de las diferentes categorías de protección en la NOM 059 SEMARNAT	23
2	Listado de vegetación nativa, y <i>status</i> en el que se encuentra en la NOM 059 SEMARNAT en el PESG	24
3	Listado de vegetación inducida, y <i>status</i> en el que se encuentra en la NOM 059 SEMARNAT en el PESG	26
4	Listado de aves presentes en el PESG y <i>status</i> en el que se encuentran en la NOM-059-SEMRNAT	28
5	Listado de anfibios presentes en el PESG y <i>status</i> en el que se encuentran en la NOM-059-SEMRNAT	29
6	Listado de reptiles presentes en el PESG y <i>status</i> en el que se encuentran en la NOM-059-SEMRNAT	30
7	. Listado de mamíferos presentes en el PESG y <i>status</i> en el que se encuentran en la NOM-059-SEMRNAT	31
8	Impactos presentados en las redes, se incluye probabilidad, magnitud e importancia	49
9	Ramas, Probabilidad de ocurrencia por rama, impacto total e impacto pesado de cada rama	50

ÍNDICE DE INDICADORES

1	Matriz tipo Leopold	37
2	Matriz de Resistencia	44
3	Redes de Sorensen	48
4	Modelo	51

I. RESUMEN

Nuestro país enfrenta el reto de atender una serie de problemas ambientales que podrían constituir serios obstáculos para alcanzar la sustentabilidad. El cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la escasez y contaminación de los recursos hídricos y los problemas de la calidad del aire son algunos de los más importantes. La necesidad de actuación se vuelve urgente si se toma en cuenta que muchos de estos problemas trascienden la esfera ambiental.

Los servicios ambientales son esenciales para la vida, y se deben utilizar de forma razonable ya que proporcionan beneficios a la sociedad, por eso es importante conocer el estado en que se encuentran. En este sentido un diagnóstico ambiental contribuye a la base de la toma de decisiones en materia de política ambiental y permite a la sociedad conocer cuáles son los principales retos que enfrenta, así como avances alcanzados. Al mismo tiempo que se encarga de detectar las problemáticas de algún lugar mediante la utilización de indicadores ambientales.

El diagnóstico ambiental se basa fundamentalmente en la detección de factores clave y sus puntos críticos en el ambiente biofísico y socioeconómico. 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.

Tultitlán cuenta con un diagnóstico ambiental incompleto debido a la carencia de datos, tanto socioeconómicos como de biodiversidad, propuestas o alternativas de solución a los problemas ambientales que presenta, además que los diagnósticos se deben actualizar constantemente ya que las condiciones socioeconómicas y ambientales no permanecen estáticas. Además, se ha reconocido que los estudios ambientales municipales carecen de información que permita un adecuado manejo de los recursos, se ha propuesto llevar a cabo diagnósticos a menor escala, empezando por comunidades pequeñas.

Por estas razones se realizó un diagnóstico ambiental en la localidad de “Cola de Caballo” del Área Natural Protegida Parque Estatal Sierra de Guadalupe, en el municipio de Tultitlán, Estado de México, lo que permite contar con herramientas y estrategias para obtener una buena conservación, protección y aprovechamiento de los recursos ambientales perteneciente al PESG.

El trabajo se llevó a cabo en cuatro fases distintas. En la primera fase, se realizó la delimitación precisa del área de estudio. En la segunda fase, se procedió a recopilar información relevante para el proyecto. La tercera fase involucró la ejecución del trabajo en campo. Finalmente, la cuarta fase comprendió el análisis y procesamiento de datos en un entorno de laboratorio o gabinete.

Los listados (florístico y faunístico) fueron revisados conforme a los criterios establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-059 Secretaría de medio ambiente y recursos naturales

(2010), que aborda la protección ambiental de las especies nativas de flora y fauna silvestres en México.

Los indicadores ambientales empleados en este trabajo fueron los siguientes:

Matriz de impactos tipo Leopold, dichos impactos se clasificaron en significativos y no significativos, la Matriz dio como resultado 290 impactos, de los cuales 33 resultaron impactos negativos y 14 resultaron impactos positivos.

Matriz de resistencia: Para realizar esta matriz se tomaron en cuenta las actividades generadoras de impactos de la matriz tipo Leopold. Estos impactos fueron extracción de flora, extracción de fauna, incendios, generación de residuos, agricultura, ganadería, vandalismo, extracción de leña, reforestación y control de incendios

Redes de Sorensen: Para la elaboración de las redes de Sorensen se tomaron las actividades generadoras de impacto significativo obtenido de los resultados de las matrices de Leopold y de Resistencia.

Para evidenciar la situación ambiental, las consecuencias y la propuesta de soluciones se utilizó el modelo DPSIR

II. INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales son componentes físicos y biológicos tangibles e intangibles que se utilizan para satisfacer necesidades en la sociedad, en las que se incluye las de carácter económico, social, las que ayudan a mejorar la salud, entre otras (Bassols, 1980). El aumento constante de la mancha urbana se manifiesta por el surgimiento desordenado de los asentamientos irregulares, que propician un crecimiento súbito de la demanda de servicios humanos difíciles de satisfacer por las autoridades, lo que se refleja en problemas de salud y en la presión de los recursos naturales (Martínez, 1992) y (Cedillo *et al.*, 2007).

El manejo de recursos naturales se ha vuelto un tema importante a nivel mundial, siendo la problemática principal el uso inadecuado de estos, la cual se debe a diversas causas, y tiene efectos de gran importancia como la pérdida de la biodiversidad, aumento en la intensidad y mayor frecuencia de desastres naturales, erosión del suelo, degradación de los recursos forestales, entre otras. Por consecuencia de esto, resulta cada vez más urgente la necesidad de tomar acciones contundentes para eficientizar el manejo de los recursos naturales y evitar en lo mayor posible su degradación, (SEMARNAT, 2003).

Nuestro país enfrenta el reto de atender una serie de problemas ambientales que podrían constituir serios obstáculos para alcanzar la sustentabilidad en el futuro. El cambio climático, la pérdida de los ecosistemas terrestres y acuáticos y de su biodiversidad, la escasez y contaminación de los recursos hídricos y los problemas de la calidad del aire son algunos de las más importantes. La necesidad de actuación se vuelve urgente si se toma en cuenta que muchos de estos problemas trascienden la esfera ambiental y afectan aspectos sociales tan importantes como la salud o la seguridad alimentaria. (SEMARNAT, 2016).

Para evitar que sigan creciendo los problemas ambientales se han llevado a cabo iniciativas internacionales que proponen medidas para evitar y mejorar la cantidad y calidad de los recursos naturales, entre estos se encuentran la consideración de aspectos como los servicios ecosistémicos, ambientales o de otro tipo (Borrego y Hernández, 2014).

Los servicios ambientales son esenciales para la vida, se deben utilizar de forma razonable. Son cuatro tipos de servicios ambientales: de abastecimiento, regulación, apoyo y culturales (Rodríguez *et al.*, 2014).

Abastecimiento: Son los beneficios materiales que las personas obtienen de los ecosistemas como agua, alimentos, medicinas y materias primas. Para muchas poblaciones estos servicios representan su forma de subsistencia, por lo que su valor es mayor que si los comercializarán.

Soporte: Entre los servicios de regulación están el clima y la calidad del aire, el secuestro y almacenamiento de carbono, la moderación de fenómenos naturales, el tratamiento de aguas residuales, la prevención de la erosión y conservación de la fertilidad de suelos, el control de plagas, la polinización y regulación de los flujos del agua. Para muchas personas son

invisibles y se dan por sentados; sin embargo, cuando se ven afectados, como la calidad del aire o el suelo, las consecuencias son importantes y en algunos casos resulta difícil de reparar.

Apoyo: Los ecosistemas proporcionan espacios vitales para la flora y la fauna. También conservan una diversidad de plantas y animales de complejos procesos que sustentan los demás servicios ecosistémicos.

Culturales: Los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas se denominan servicios culturales. Comprenden la inspiración estética, la identidad cultural, el sentimiento de apego al terruño y la experiencia espiritual relacionada con el entorno natural. En este grupo se incluyen las actividades recreativas y para el turismo. (SEMARNAT, 2021).

Los servicios ambientales del bosque (SAB) son los beneficios que todas las personas reciben de los diferentes ecosistemas forestales, ya sea de manera natural o por medio de su manejo sostenible, (CONAFOR, 2015) e influyen directamente en el mantenimiento de la vida, generando beneficios y bienestar para las personas y las comunidades (SEMARNAT, 2003).

En México se define a los servicios ambientales en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) como los factores que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como: la provisión de agua en calidad y cantidad, la captura de carbono, contaminantes y componentes naturales, la generación de oxígeno, el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales, la modulación o regulación climática, la protección de la biodiversidad de los ecosistemas y formas de vida, la protección y recuperación de los suelos, el paisaje y la recreación (Bulás, 2003). Para ser concretos los servicios ambientales son beneficios intangibles que otorgan beneficios de gran importancia como tener aire limpio, un buen clima o simplemente un paisaje bello (Ruiz y Sayer, 2007).

Debido a que estos servicios proporcionan beneficios a la sociedad, es importante conocer el estado en que se encuentran (Navarro, 2015). En este sentido un diagnóstico ambiental contribuye en la base de la toma de decisiones en materia de política ambiental y permite a la sociedad conocer cuáles son los principales retos que enfrenta, así como avances alcanzados de acuerdo con el Gobierno del Estado de Aguascalientes (2009) y SEMARNAT (2003), al mismo tiempo que se encarga de detectar las problemáticas de algún lugar mediante la utilización de indicadores ambientales (CONABIO, 2020).

El diagnóstico ambiental se basa fundamentalmente en la detección de factores clave y sus puntos críticos en el ambiente biofísico y socioeconómico. 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 según Aguilar (2013) y Ramírez (2017).

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, al mismo tiempo que ofrece el conocimiento del estado ambiental del 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 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.
- ✓ Facilitar la puesta en marcha de los sistemas de participación ciudadana y marcar el punto de partida para el desarrollo (Juárez, 1999).

Tultitlán cuenta con un diagnóstico ambiental incompleto debido a la carencia de datos, tanto socioeconómicos como de biodiversidad, propuestas o alternativas de solución a los problemas ambientales que presenta, además que los diagnósticos se deben actualizar constantemente ya que las condiciones socioeconómicas y ambientales no permanecen estáticas. Además, se ha reconocido que los estudios ambientales municipales carecen de información que permita un adecuado manejo de los recursos, se ha propuesto llevar a cabo diagnósticos a menor escala, empezando por comunidades pequeñas (Campos, 2007).

Por estas razones es importante realizar un diagnóstico ambiental en la localidad de “Cola de Caballo” del Área Natural Protegida Parque Estatal Sierra de Guadalupe, en el municipio de Tultitlán, Estado de México, lo cual permitirá contar con herramientas y estrategias para obtener una buena conservación, protección y aprovechamiento de los recursos ambientales perteneciente al municipio de Tultitlán.

III. ANTECEDENTES

La cercanía del Estado de México con la Ciudad de México ha llevado a ser la entidad más poblada en los últimos tiempos, esto ha repercutido de manera negativa en la disponibilidad y vulnerabilidad de los recursos Naturales, también ha promovido la creación de instrumentos de planeación basados en la dinámica poblacional. En 1999 se decretó en Programa de Ordenamiento Territorial del Estado de México (POETEM) como una herramienta de planeación ambiental. En el que indica que en el municipio de Tultitlán el uso de suelo predominante es Área Natural Protegida con una fragilidad máxima (Secretaría de Ecología, 1999).

El caótico y acelerado crecimiento de la ciudad de México y área metropolitana han llevado a un cambio profundo de las características físicas y ambientales de la cuenca del Valle de México. Las serranías que se encuentran en las cercanías se encuentran rodeadas de áreas urbanas, industriales y/o de extensas áreas agrícolas. Tal es el caso de la Sierra de Guadalupe (Méndez de la Cruz *et al.*, 1992).

La Sierra de Guadalupe, se encuentra dentro del sistema montañoso del mismo nombre que constituye el último fragmento de extensión considerable de recursos naturales y áreas cubiertas al norte de la Ciudad de México y forma una barrera natural contra la contaminación y degradación del ambiente, por estas razones se convierte en una de las reservas bióticas del Valle de México más importantes. (Cedillo *et al.*, 2007).

En 1976 fue decretado como Parque Estatal, con una superficie de 6,322.50 Ha., la justificación para tener este decreto fue: reforestación, recreación, mejoramiento del ambiente, control de escurrimientos pluviales, incremento de la absorción del agua, prevención de inundaciones y erosión de suelos y por último prevención de asentamientos humanos Paniagua (2016). En 1978 fue decretado por segunda vez como parque y se amplió la superficie a 1,003.8 Ha. al integrar las áreas de los ejidos de Santa María Cuauhtepac, San Matero Cuauhtepac y San Francisco Chilpan, ubicados en el municipio de Tultitlán (Secretaría de Ecología, 1999).

En los últimos 15 años más del 10% del área del parque se ha deteriorado de manera acelerada por el crecimiento de la mancha urbana y la inexistencia de un plan de manejo de recursos naturales, para minimizar este problema se requieren acciones (Cedillo *et al.*, 2007). Dentro del parque, se encuentran diferentes asociaciones vegetales que incluyen bosque de encino, matorral xerófilo y pastizales.

A través del análisis de una matriz tipo Leopold, se lograron identificar un total de 393 interacciones entre diversos elementos, y de estas interacciones, se observaron 69 impactos que resultaron significativos. Entre estos impactos, se destacó que la urbanización generó el mayor número de consecuencias negativas en el entorno (Reyes, 2013).

Tener conocimiento de la diversidad que se encuentra en un área protegida ayuda a tener un buen manejo, ya que de él se pueden obtener diferentes recursos alimenticios, económicos y servicios ambientales que son fundamentales como la captura de contaminantes (Prevotchkova y Oggioni, 2014).

Los habitantes aledaños al parque provocan deterioro sobre los tres componentes principales del equilibrio ambiental: suelo, agua y vegetación, con la extracción ilegal, modificación del hábitat y alteraciones hidrológicas de acuerdo con Rojas (2013) y Campos (2007). Para evitar la disminución del bienestar de la población, producida por las limitaciones tras implementar un programa de conservación es importante conocer las condiciones sociales y económicas de estas, así como también de los factores que puedan influir en la rentabilidad de actividades económicas que estén produciendo la degradación forestal (Borrego y Hernández, 2014).

IV. OBJETIVOS

GENERAL

- Realizar un diagnóstico ambiental de la localidad 'Cola de Caballo' en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, ubicado en el municipio de Tultitlán.

PARTICULARES

- ✓ Recopilar listados florísticos y faunísticos iniciales en el área de estudio.
- ✓ Determinar el *status* de conservación de las especies identificadas en conformidad con los criterios establecidos en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.
- ✓ Identificar los principales procesos y acciones que causan degradación ambiental en la zona.
- ✓ Formular propuestas para la protección y restauración de la zona, con relación a los problemas ambientales identificados.

V. ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Tultitlán se ubica geográficamente entre los paralelos 19°33' y 19°41' de latitud norte; y los meridianos 99°04' y 99°11' de longitud oeste, a una altitud de 2,200 y 3,000 msnm. Colinda al norte con los municipios de Cuautitlán y Tultepec; al sur con la Ciudad de México; al este con Tonatitla, Jaltenco y Coacalco; al oeste colinda con los municipios de Cuautitlán Izcalli y Cuautitlán México y su extensión territorial es de 71.1 Km² (Figura 1) (Ayuntamiento de Tultitlán, 2016).



Figura 1. Ubicación y colindancia del municipio de Tultitlán.

Tultitlán es uno de los municipios que muestra deficiencias en cuanto espacios de esparcimiento, y áreas habilitadas para ello, presentan faltas de reforestación y mantenimiento, tal es el caso de la Sierra de Guadalupe, que además de estas carencias se encuentra invadida por asentamientos irregulares (Ayuntamiento de Tultitlán, 2016).

La Sierra de Guadalupe se encuentra en el interior de la cuenca de México como una especie de “centroide”, su contorno se asemeja a una herradura abierta hacia el suroeste, ocupa una totalidad de 100 Km² aproximadamente, la cumbre más alta alcanza poco más de 3,000 m. de altitud. Es considerada Área Natural Protegida (ANP), la extensión territorial se encuentra desde la delegación Gustavo A. Madero en la Ciudad de México y los municipios de Ecatepec, Coacalco, Tultitlán y Tlalnepantla en el Estado de México (Figura 2) (Rzedowski, 2005).

La Sierra de Guadalupe se encuentra en las coordenadas extremas 19°37'00'' y 19°37'20'' latitud Norte, y a los 99°11'20'' y 99°03'00'' longitud Oeste. En 1923 fue declarada como “Zona de Protección Forestal” y en 1976 se decretó “Parque Estatal”, actualmente es administrado por la Secretaría de Ecología (1999).

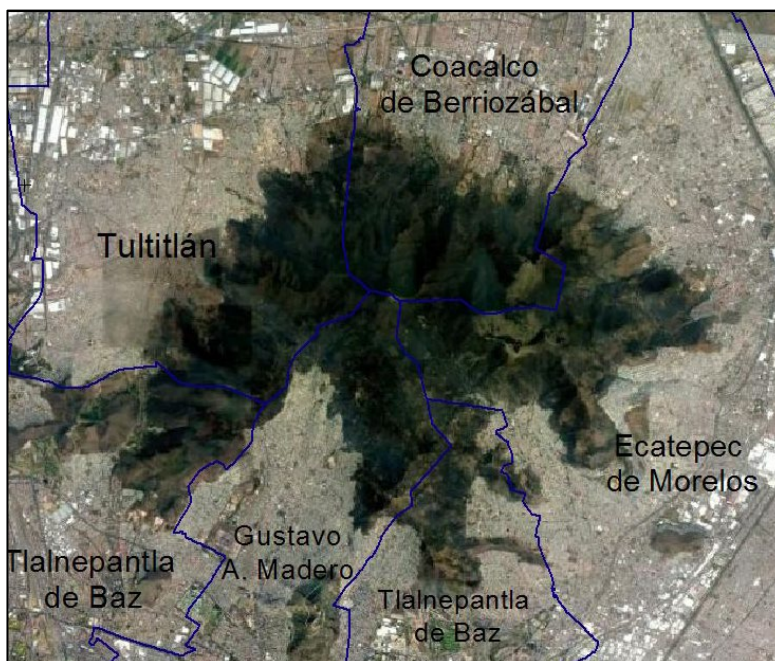


Figura 2. Ubicación y delimitación territorial donde se encuentra la Sierra de Guadalupe.

La Sierra de Guadalupe fue declarada “Zona de Protección Forestal” en 1923 y en 1976 se decretó Parque Estatal, administrado por el gobierno del Estado de México. El límite del parque está definido en gran parte por la cota de 2,350 m.s.n.m. y por los límites de crecimiento urbano (Paniagua, 2016).

El parque Estatal Sierra de Guadalupe (**PESG**) es un área natural protegida localizada en la región hidrológica del Alto Río Pánuco, en la cuenca del río Moctezuma al Norte de la Ciudad de México. (Cedillo *et al.*, 2007). De acuerdo con el Gobierno del Estado de México (2015),

cuenta con una superficie de 6,322.50 Ha., la cual está distribuida en los municipios de Coacalco (24%), Ecatepec (34%), Tlalnepantla (21%) y Tultitlán (21%). (Figura 3a).

La localidad “Cola de caballo” se encuentra en las coordenadas 19°36’06” y 19°35’06” Norte y 99°08’53”, 99°08’41” Oeste (Figura 1.) comprende un área de 37 Km² y se ubica dentro del Parque Estatal Sierra de Guadalupe en el límite del municipio de Tultitlán y Tlalnepantla (Cedillo *et al.*, 2007).

La ficha técnica del Parque Estatal Sierra de Guadalupe (Gobierno del Estado de México, 2016) indica que la infraestructura que presenta el parque es la siguiente:

- Tres torres de observación, 6 arcos de acceso, 14 casetas y 32 Km de circuito vial.
- “Centro ecoturístico y de Educación Ambiental Sierra de Guadalupe” (Coacalco), el cual contiene aulas para talleres, sala de exposiciones, sanitarios, enfermería, exhibidor de venados, invernadero didáctico-demostrativo, módulo ecoturístico, oficinas sede del Sistema Telemático de Monitoreo Ambiental
- Jardín botánico (Parque Ecológico Ehecat, Ecatepec). Este contiene aulas para talleres, salas de exposición y área demostrativa.
- Centro de educación Ambiental Integral Sierra de Guadalupe (Tlalnepantla), en este se encuentra un jardín botánico, sala de exposiciones, aulas de talleres y exhibiciones.

El área de estudio se encuentra en la subcuenca “El tesoro y la Huerta” en el Suroeste del parque y presenta un área de 23.6 Ha en el municipio de Tultitlán y corresponde a la localidad “Loma Pelada - La Ahorcada” y “Cola de Caballo” la pendiente en esta zona es superior al 11% y se encuentra a una altura máxima de 2,700 msnm (Figura 3 b).

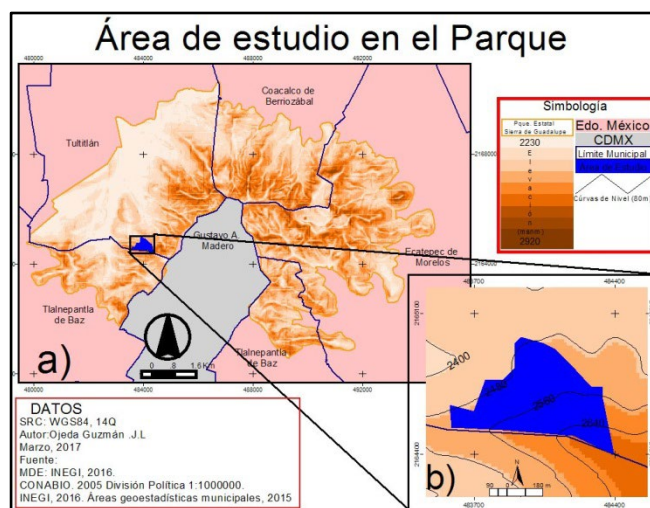


Figura 3. Distribución y área de estudio en el PESG. a): distribución Geográfica del parque estatal sierra de Guadalupe. b): área de estudio en los límites del municipio de Tultitlán y Tlalnepantla.

5.1 CLIMA

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García, el clima predominante en el parque es templado subhúmedo c(w0) (w)b(i') g (Figura 4), con lluvias durante el verano y un porcentaje de precipitación invernal menor al 5% de promedio anual. El régimen pluvial medio anual oscila entre 699 y 800 mm y la temperatura media anual fluctúa entre los 12 y 16 °C. El mes de mayor precipitación es junio y el que presenta menor es febrero. Enero es el mes el más frío con 13.1°C y junio el más cálido con 18.8°C. Los vientos dominantes provienen del noroeste y noreste, entre septiembre y diciembre, y febrero a marzo con una velocidad máxima de 11 Km/Hr. Además de la presencia de vientos alisios provenientes del noroeste y vientos locales denominados brisas montaña-valle (Paniagua, 2016).

La Sierra de Guadalupe funciona como una muralla de contención de diversos contaminantes y de partículas suspendidas totales que provienen de los automotores y zonas industriales ubicadas principalmente en Tlalnepantla, Tultitlán y Ecatepec. (Cedillo *et al.*, 2007) y (Gobierno del estado de México, 20015).

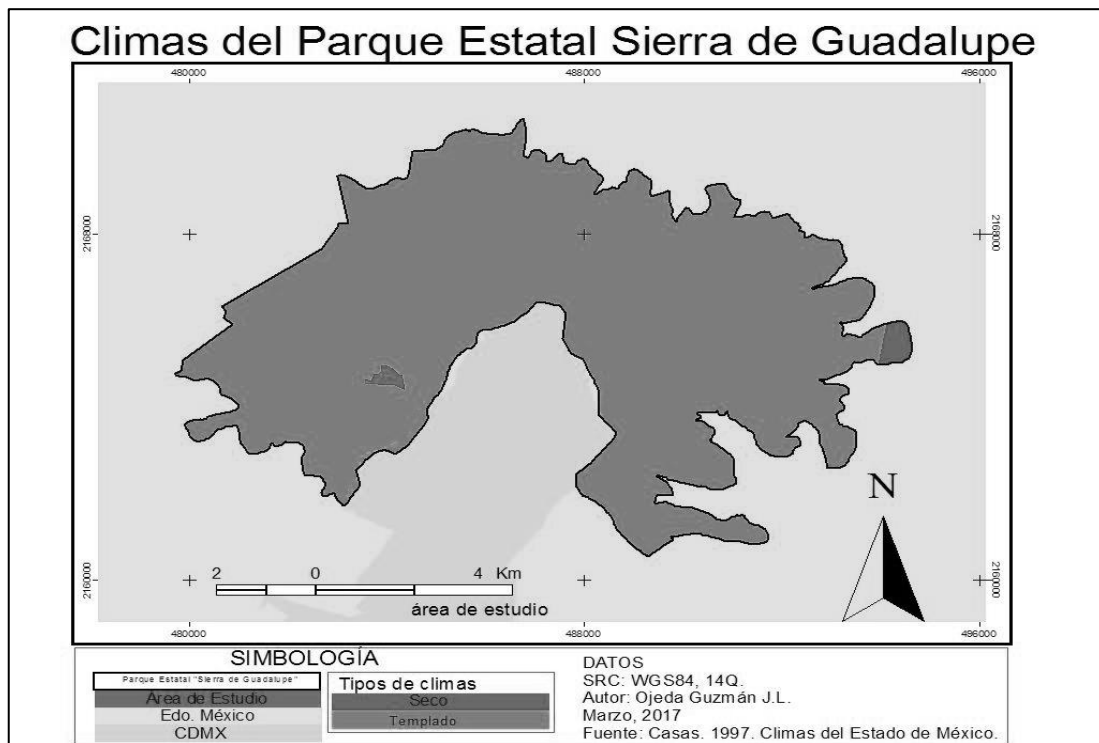


Figura 4. Clima del PESG.

5.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La sierra de Guadalupe se formó esencialmente de dos tipos de actividad volcánica, la primera en que los procesos explosivos fueron de gran intensidad y representan las etapas iniciales de los edificios mayores los cuales culminaron con procesos extrusivos. El segundo presentó derrames de lava (procesos efusivos), escasos de corta extensión (Cedillo *et al.*, 2007).

Presenta un escudo de origen volcánico con suelo de rocas ígneas extrusivas, que muestran dos horizontes minerales que descansan sobre rocas riolíticas y andesíticas consolidadas y cuenta con un área importante de captación de agua que filtran y abastecen los mantos acuíferos de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Las rocas predominantes son las Andesitas con un alto contenido de Sílice (Figura 5.) (Secretaría de Ecología, 1999).

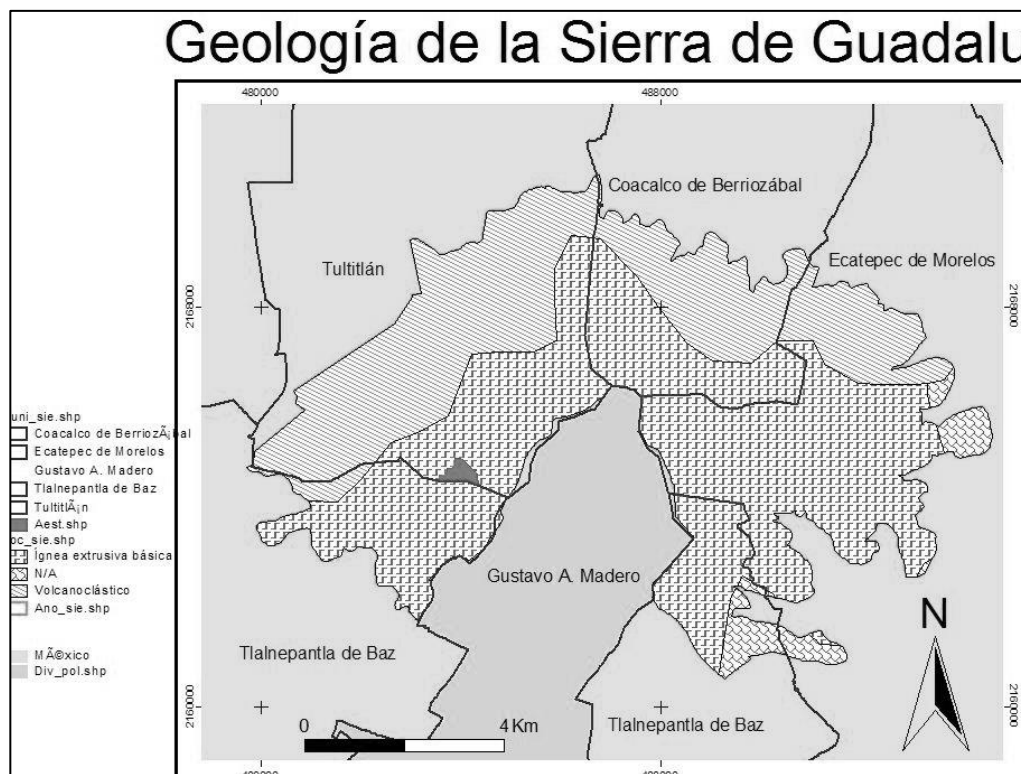


Figura 5. Geología del PESG

5.3 EDAFOLOGÍA

Existen dos tipos de suelo predominantes en la Sierra de Guadalupe los de tipo Feozems, haplico y Leptosol lítico, y en menor escala el Fluvisol éutrico, estos tipos de suelo presentan un espesor menor de 40cm de profundidad, con una pendiente mínima de 15% a más de 45%, con una pedregosidad de regular a abundante (Paniagua, 2016).

Los suelos son poco profundos y contienen gran cantidad de rocas originales (Andesitas), siendo ricos en minerales como hierro y magnesio con abundantes feldespatos (plagioclasas de calcio y sodio) (Figura 6.), que se intemperizan con rapidez produciendo una elevada cantidad de arcilla y hierro libre, tienden a ser de color café a pardo por el contenido de hierro. (Secretaría de Ecología, 1999).

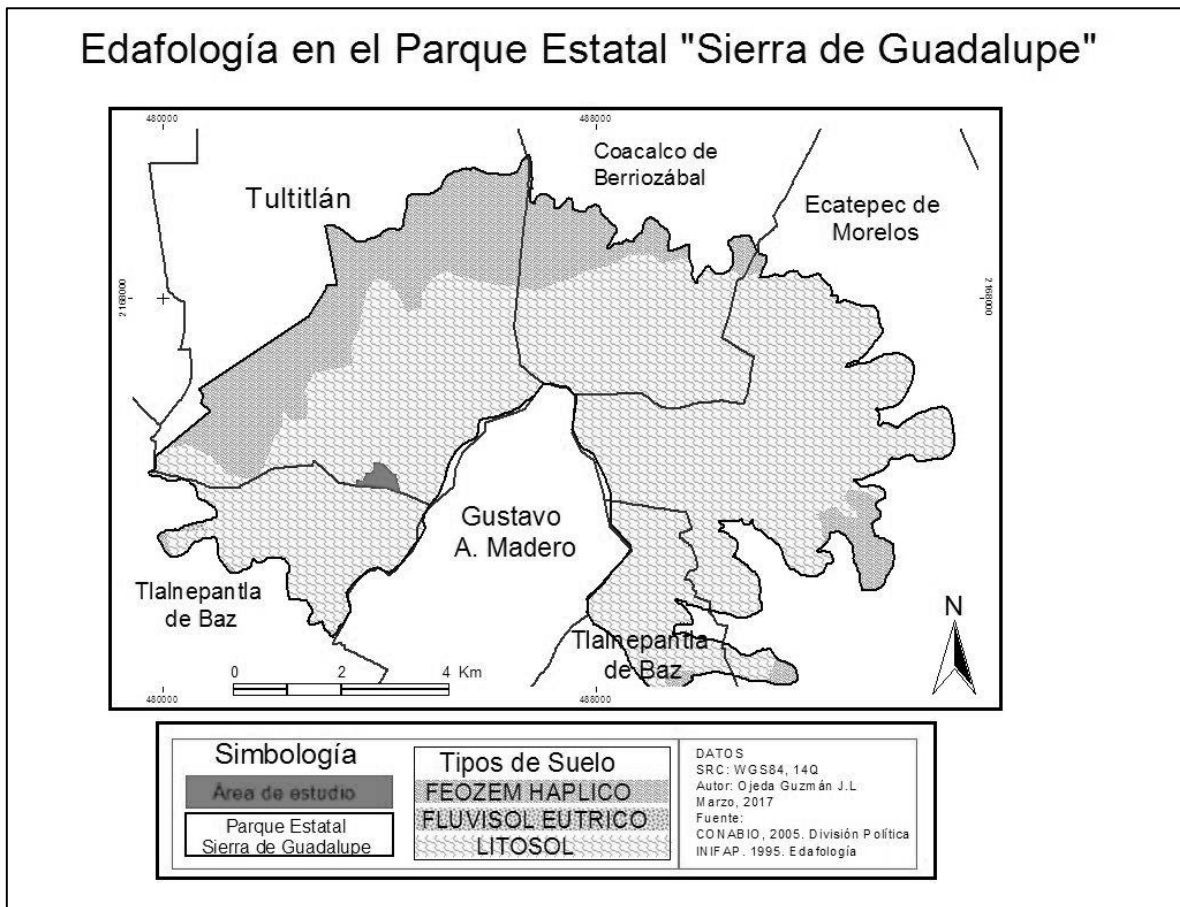


Figura 6. Edafología del PESG.

5.4 HIDROLOGÍA

El agua representa un recurso escaso y es necesario manejar adecuadamente para favorecer la infiltración, retención y recarga de acuíferos, disminuir los escurrimientos torrenciales, evitar inundaciones en zonas urbanas y pérdida de suelo. La dinámica del agua está influenciada por factores geológicos, biológicos y antropogénicos, el agua se concentra en los períodos de verano - otoño, cuando se establece en el Golfo de México el sistema de vientos alisios. La zona de recarga de acuíferos se localiza primordialmente en la línea del parteaguas que divide la parte de la Sierra de Guadalupe, entre el Distrito Federal y el Estado de México (Paniagua, 2016).

La estructura litológica y la topografía de pendientes escarpadas influyen predominantemente en las relaciones precipitación – escurrimiento - infiltración, ya que los suelos presentan poca permeabilidad, es mayor el poder de escurrimiento que el de la infiltración y retención, esto acompañado de la escasa vegetación y uso de suelo inadecuado da como resultado los problemas que se presentan en las zonas urbanas aledañas (Lugo y Salinas, 1996)

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en cuatro fases distintas. En la primera fase, se realizó la delimitación precisa del área de estudio y se obtuvieron los permisos necesarios de las autoridades del Parque. En la segunda fase, se procedió a recopilar información relevante para el proyecto. La tercera fase involucró la ejecución del trabajo en campo. Finalmente, la cuarta fase comprendió el análisis y procesamiento de datos en un entorno de laboratorio o gabinete.

Recopilación de información

En esta fase se llevó a cabo la recopilación y revisión bibliográfica, a partir de la cual se obtuvo información detallada acerca del parque. Se realizaron consultas enlistados florísticos y faunísticos, cartas edafológicas e hidrológicas, revistas científicas, libros, páginas web, mapas cartográficos y cartas topográficas. Además, se consideraron aspectos como la geología, edafología, uso del suelo, potencial del área y datos socioeconómicos. De esta manera, se logró una ampliación significativa en la disponibilidad de información.

Trabajo de campo

Se llevaron a cabo inspecciones semanales en el área de estudio desde septiembre de 2016 hasta mayo de 2017. Para la creación del listado florístico, se llevó a cabo una recolección mediante un muestreo dirigido y se aplicó el método botánico tradicional. Este enfoque involucra la prensa y el secado individual de cada espécimen, los cuales se etiquetaron con la fecha y el nombre del recolector. Posteriormente, se trasladaron al herbario de la facultad para su identificación.

Para la creación del listado faunístico, se realizó observación en senderos, brechas, madrigueras, y otros hábitats. Se utilizaron las guías de aves de Peterson y Chalif (1994), la clave de la Universidad de Texas (2008) para anfibios y reptiles, y el manual de Rastros de Mamíferos Silvestres de México (Aranda, 2012). Además, se entrevistó a visitantes, pobladores y al personal del parque para enriquecer ambos listados.

Una vez completados los listados, se verificó el *status* de protección de cada especie, tanto vegetal como animal, de acuerdo a la NOM-059 Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (2010).

En paralelo con las recolecciones, se llevaron a cabo encuestas entre los visitantes del parque y el personal que trabaja en él. Estas encuestas tenían como objetivo obtener una comprensión de la percepción de los participantes sobre el parque, sus actividades y la gestión de residuos sólidos.

Trabajo de Gabinete

La fase de trabajo de gabinete incluyó la consolidación de la información de las encuestas y las observaciones en una lista de verificación basada en el modelo de Leopold (1971) y una Matriz de Presión – Estado – Impacto - Respuesta (DPSIR) desarrollada por Domingo (2002), siglas en inglés de "Driving force – Pressure – State – Impact - Response", también utilizada por la Agencia Europea de Medio Ambiente. Se construyó una matriz de causa-efecto siguiendo el enfoque de Leopold, donde las acciones generadoras de impacto se registraron y se evaluaron como significativas o no significativas. Estos datos se incorporaron en la matriz de resistencia, y a través de redes de Sorensen se identificaron las interacciones entre las acciones causales y los factores ambientales afectados. La metodología DPSIR propuesta por Chirino (2008) se aplicó a las acciones que generan alteraciones ambientales, con el fin de proponer estrategias para mitigar los impactos identificados.

Finalmente, se elaboró un listado de propuestas y recomendaciones para reducir las alteraciones ambientales causadas por las actividades que ejercen presión en el sitio. Para la creación de la cartografía, se utilizó información de diversas bases de datos proporcionadas por el INEGI (2020), procesadas con el software ArcView 3.1.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los listados fueron revisados conforme a los criterios establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-059 Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (2010), que aborda la protección ambiental de las especies nativas de flora y fauna silvestres en México. Esta normativa define las categorías de riesgo y las especificaciones para la inclusión, exclusión o modificación de especies en la lista de especies en riesgo. Los detalles de estas categorías se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Abreviaturas y definición de las diferentes categorías de protección en la NOM 059 SEMARNAT

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
P	Peligro de Extinción
A	Amenazada
Pr	Sujeta a protección especial
E	Probablemente extinta en medio silvestre
Ne	No se encuentra en la norma

7.1 FLORA

A través de la combinación de la colecta de muestras y la recopilación bibliográfica, se logró obtener un total de 67 especies descritas. De este conjunto, 84% está compuesto por vegetación nativa, específicamente 56 especies, mientras que el 16% restante corresponde a vegetación inducida (Figura 7), equivalente a 11 especies. Este resultado de especies obtenidas es igual al dato de Cara en 2018, salvo que en este trabajo se clasificaron por especies nativas e inducidas.

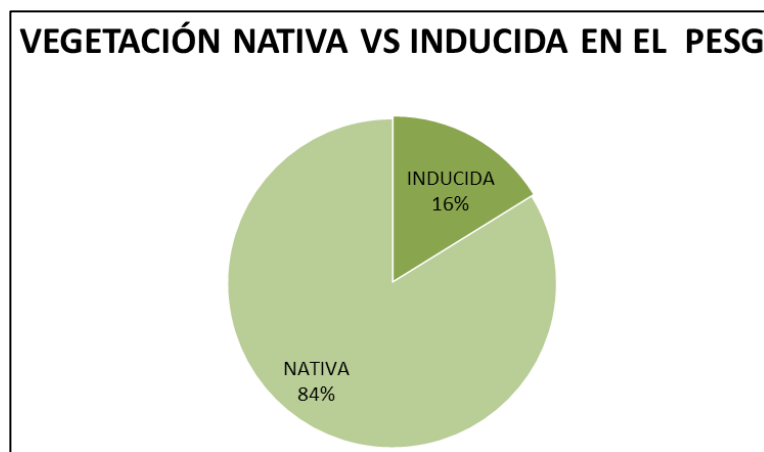


Figura 7. Porcentaje de vegetación nativa e inducida en el PESG.

Dentro de la vegetación nativa, se identificaron tres especies catalogadas como "amenazadas", ocho especies consideradas "sujetas a protección especial". El grupo restante de 57 especies no se encuentra clasificado en ninguna categoría de protección (Tabla 2).

En la Sierra de Guadalupe algunas localidades aisladas y con exposición al sur existen pequeños bosques de *Bursera cuneata* (Cuajilote), en otros sitios se localizan vestigios de bosque de *Ipomoea murucoides* (Cazahuate). La superficie que ocupan estas comunidades es muy reducida, pero son de interés por representar probables reliquias del bosque tropical caducifolio, que debe haber existido en otras épocas en la cuenca (Rzedowsky, 2005).

Tabla 2. Listado de vegetación nativa y *status* en el que se encuentra en la NOM 059 SEMARNAT en el PESG

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	STATUS	ORIGEN
**** <i>Biznaga</i>	<i>Mammillaria aureiseps</i>	A	Nativa
Biznaga	<i>Mammillaria erectacantha</i>	PR	Nativa
** Biznaga	<i>Stenocactus abvallatus</i>	PR	Nativa
Cazahuate	<i>Ipomea sp</i>	NE	Nativa
** Cedro Blanco	<i>Cupressus lusitanica</i>	PR	Nativa
** Cempasúchil	<i>Tagetes sp</i>	PR	Nativa
Chilillo	<i>Poligonum glabru</i>	NE	Nativa
Choconostle	<i>Opuntia imbricata</i>	NE	Nativa
Copal	<i>Bursera cuneata</i>	NE	Nativa
Cuajilote Amarillo	<i>Bursera sp</i>	NE	Nativa
Doradilla	<i>Sellaginella sp</i>	NE	Nativa
Encinilla	<i>Quercus laeta</i>	NE	Nativa
Encino	<i>Quercus deserticola</i>	NE	Nativa
Encino	<i>Quercus rugosa</i>	NE	Nativa
Encino Blanco	<i>Quercus mexicana</i>	NE	Nativa
Encino Chilillo	<i>Quercus crassipes</i>	NE	Nativa
Escoba	<i>Bacharis conferta</i>	NE	Nativa
Gordolobo	<i>Gnaphalium sp</i>	NE	Nativa
**** Heno	<i>Tillandsia sp</i>	A	Nativa
Hierba De Pollo	<i>Commelina coelestris</i>	NE	Nativa
Huisache	<i>Acacia shaffneri</i>	NE	Nativa
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	NE	Nativa
Limpia Tuna	<i>Zaluzania augusta</i>	NE	Nativa
Lirio Azteca	<i>Sprekela formosissima</i>	NE	Nativa
Maguey	<i>Agave sp</i>	NE	Nativa
Maguey Pulquero	<i>Agave sp</i>	NE	Nativa
Manzanita	<i>Arbutus xalapensis</i>	NE	Nativa
Membrillo	<i>Amelanchier denticulata</i>	NE	Nativa
Membrillo Cimarrón	<i>Cotoneaster sp</i>	NE	Nativa
Mezquite	<i>Prosopis juliflora</i>	NE	Nativa
Mezquite	<i>Prosopis juliflora</i>	NE	Nativa

Nopal	<i>Opuntia imbricata</i>	NE	Nativa
Nopal	<i>Opuntia lasiacantha</i>	NE	Nativa
Nopal	<i>Opuntia streptacantha</i>	NE	Nativa
Nopal	<i>Opuntia tunicata</i>	NE	Nativa
Palo Amarillo	<i>Berberis moranensis</i>	NE	Nativa
Palo Dulce	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	NE	Nativa
Pega Ropa	<i>Mentzelia hispida</i>	NE	Nativa
**Pino	<i>Pinus leiophylla</i>	PR	Nativa
**Pino	<i>Pinus patula</i>	PR	Nativa
**Pino Piñonero	<i>Pinus cembroides</i>	PR	Nativa
**Pino Real	<i>Pinus montezumae</i>	PR	Nativa
Retama	<i>Cassia tomentosa</i>	NE	Nativa
Romerillo	<i>Verbesina virgata</i>	NE	Nativa
Sangre de dragón	<i>Jatropha spathulata</i>	NE	Nativa
****Sotol Verde	<i>Dasyilirion lusitanica</i>	A	Nativa
Tejocote	<i>Crataegus mexicana</i>	NE	Nativa
Tepozán	<i>Buddleia americana</i>	NE	Nativa
Tepozán	<i>Buddleja cordata</i>	NE	Nativa
Tepozán	<i>Buddleja parviflora</i>	NE	Nativa
Tepozán	<i>Buddleja sessiliflora</i>	NE	Nativa
Trompetilla	<i>Bouardia ternifolia</i>	NE	Nativa
Uña De Gato	<i>Mimosa acanthocarpa</i>	NE	Nativa
Uña De Gato	<i>Acacia sp</i>	NE	Nativa
Yerba Del Negro	<i>Gaudichaudia cynanchoides</i>	NE	Nativa
Yuca	<i>Yucca filifera</i>	NE	Nativa

La vegetación inducida abarca el 16% del total (11 especies), de las cuales ninguna se encuentra sujeta a alguna categoría de protección (Tabla 3). En el estrato arbóreo, se observa una predominancia de diversas especies de eucaliptos, los cuales fueron introducidos en los primeros intentos de reforestación. La vegetación inducida representa el 16% (11 especies), de las cuáles ninguna se encuentra bajo alguna categoría de protección. El estrato arbóreo está predominado por diferentes especies de eucaliptos, los cuales fueron introducidos en los primeros intentos de reforestación (Cara, 2018).

Tabla 3. Listado de vegetación inducida y *status* en el que se encuentra en la NOM 059 SEMARNAT en el PESG

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	STATUS	ORIGEN
Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>	NE	Inducida
Ciprés Panteonero	<i>Cupressus sempervirens</i>	NE	Inducida
Girasol Morado	<i>Cosmos bipinnatus</i>	NE	Inducida
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	NE	Inducida
Eucalipto Azul	<i>Eucalyptus globulus</i>	NE	Inducida
Eupatorio	<i>Eupatorium sp</i>	NE	Inducida
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>	NE	Inducida
Jarilla	<i>Senecio salignus</i>	NE	Inducida
Pino De Monterrey	<i>Pinus radiata</i>	NE	Inducida
Pino Lacio	<i>Pinus pseudostrobus</i>	NE	Inducida
Pirúl	<i>Schinus molle</i>	NE	Inducida

En el área de estudio, el estrato arbóreo está mayormente conformado por especies inducidas, tales como *Eucalyptus globulus*, varias especies de *Pinus* y *Cupressus*. Estas especies fueron introducidas en los inicios de los esfuerzos de reforestación. Sin embargo, en la actualidad, las reforestaciones se están llevando a cabo utilizando especies como *Casuarina equisetifolia* (Rojas, 2013). Esta práctica, en gran medida, no contribuye significativamente a la restauración de las condiciones originales del entorno.

Por otra parte, en el estrato arbustivo, las especies nativas son dominantes, entre las que se encuentran el huizache (*Acacia farnesiana*), varias especies del género *Opuntia* y la Yuca (*Yucca filifera*). Estas especies autóctonas desempeñan un papel importante en el equilibrio del ecosistema local (Roque, 2016).

7.2 FAUNA

La diversidad de fauna en el parque es limitada, resultado de diversas variables que han ocasionado la transformación y pérdida del hábitat original (Méndez *et al.*, 1992). Mediante exploraciones llevadas a cabo en senderos, brechas, caminos y madrigueras, además de entrevistas realizadas a diversos sectores de la población local, y con el respaldo de información bibliográfica, se ha logrado documentar un total de 71 especies de vertebrados en el área.

Las aves presentan mayor número de especies con 46% (33 especies) del total, le siguen los reptiles con 30% (21 especies), los mamíferos representan el 14% (10 especies) y por último los anfibios con el 10% (7 especies) (Figura 8).

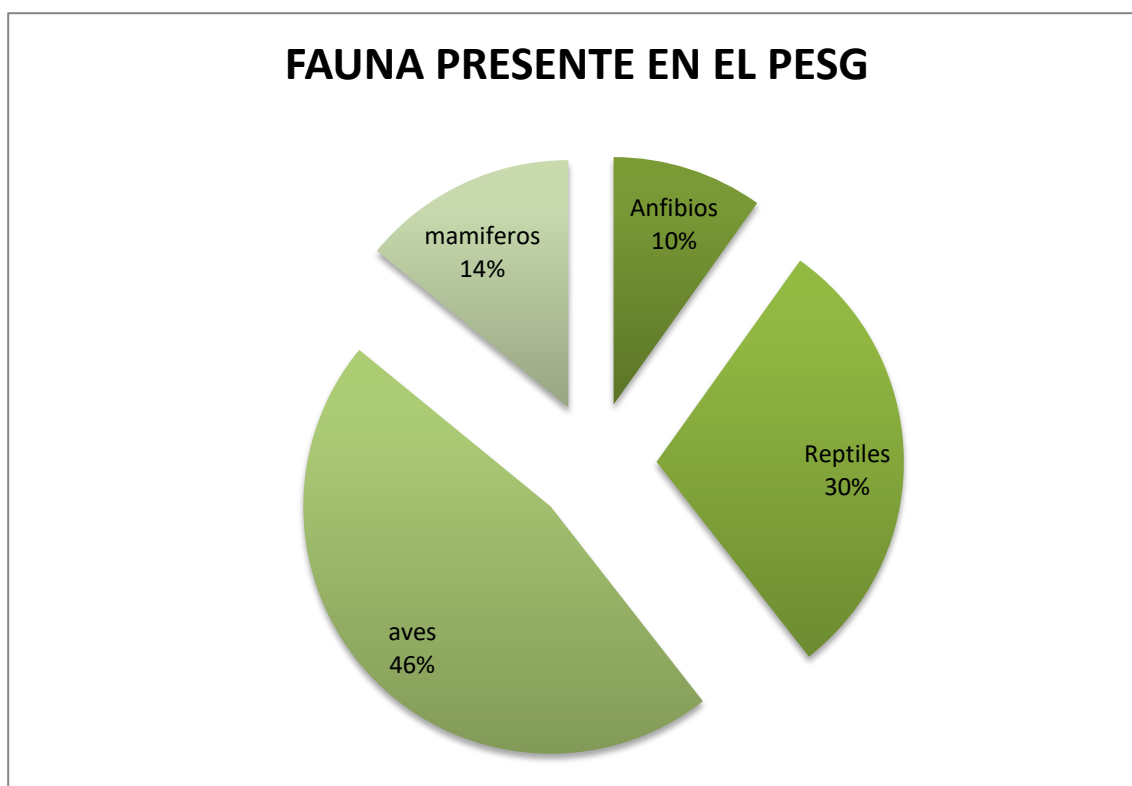


Figura 8. Fauna presente en el PESG.

Aves

El grupo de las aves es el de mayor presencia en la zona, se pueden observar desde los lugares que presentan mayor degradación antrópica hasta aquellas donde la vegetación es más densa.

De un total de 30 especies registradas, 11 se encuentran en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-010 (Tabla 4), una en la categoría “Probablemente extinta en vida silvestre”, una más en “Peligro de extinción” y nueve como “Sujetas a protección especial”.

Tabla 4. Listado de aves presentes en el PESG y *status* en el que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	STATUS NOM-059- SEMARNAT-2010
**Águila colirrufa	<i>Buteo jamaicensis</i>	Pr
**Aguililla rojinegra	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Pr
**Cardenal	<i>Cardinalis cardinalis</i>	Pr
Chipe de Townsend	<i>Dendroica townsendi</i>	Ne
Chipe de Wilson	<i>Wilsonia Pusilla</i>	Ne
**Codorniz	<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Pr
Colibrí rojiazul	<i>Lampornis clemenciae</i>	Ne
**Colibrí	<i>Cynanthus latirostris</i>	Pr
Colibrí Penacho azul	<i>Colibrí thalassinus</i>	Ne
Correcaminos	<i>Geococcyx californianus</i>	Ne
Cuitlacoche	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Ne
Gorrión	<i>Spizella atrogularia</i>	Ne
Gorrión domestico	<i>Passer domesticus</i>	Ne
Halcón cernicalo	<i>Falco sparverius</i>	Ne
Lechuza	<i>Tyto alba</i>	Ne
Mosquero amarillo	<i>Empidonax flavescens</i>	Ne
**Mosquero de balsas	<i>Xenotriccus mexicanus</i>	Pr
Pájaro azul	<i>Aphelocoma coerulescens</i>	Ne
Paloma huilota	<i>Zenaida macroura</i>	Ne
Pico mexicano	<i>Picoides scalaris</i>	Ne
Pinzón	<i>Carpodacus mexicanus</i>	P
Rascadorcito coronirufo	<i>Melzone kieneri</i>	Ne
Reinita gris	<i>Dendroica nigrescens</i>	Ne
Reinita roja	<i>Cardellina rubra</i>	Ne
****Salta Pared	<i>Thryomanes bewickii</i>	E
**Solitario dorsipardo	<i>Myadestes occidentalis</i>	Pr
**Tecolotito	<i>Otus asio</i>	Pr
Tortolita	<i>columbina inca</i>	Ne
Verdín de las Praderas	<i>Dendroica discolor</i>	Ne
Víreo antojillo	<i>Vireo solitarius</i>	Pr

Anfibios

La colecta de anfibios fue escasa, se amplió con búsqueda bibliográfica y los resultados se muestran en la Tabla 5.

De las siete especies identificadas, se destaca que la rana (*Rana tlaloci*) se encuentra catalogada en la categoría de "especie en peligro de extinción". Por otro lado, tanto la rana silbadora (*Eleutherodactylus grandis*) como el Sapo excavador (*Rhinophrynus dorsalis*) se encuentran clasificados como "especies sujetas a protección especial".

Tabla 5. Listado de anfibios presentes en el PESG y *status* en el que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	STATUS NOM-059-SEMARNAT-2010
Salamandra tigre	<i>Ambystoma tigrinum</i>	Ne
Rana ladadora	<i>Craugastor augusti</i>	Ne
Rana silbadora	<i>Eleutherodactylus grandis</i>	Pr
Rana verde	<i>Hyla eximia</i>	Ne
**Rana	<i>Rana tlaloci</i>	P
**Sapo excavador	<i>Rhinophrynus dorsalis</i>	Pr
Sapo mosquero	<i>Spea hammondi</i>	Ne

Reptiles

Se obtuvo un total de 18 especies, de las cuales 11 se encuentran bajo alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Por otra parte, la mayoría de las lagartijas registradas no se encuentran en ningún *status* en la misma norma (Tabla 6).

Tabla 6. Listado de reptiles presentes en el PESG y *status* en el que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	STATUS NOM-059-SEMARNAT- 2010
Camaleón	<i>Phrynosoma orbiculare</i>	Ne
**Cascabel	<i>Crotalus molossus</i>	Pr
**Cascabel	<i>Crotalus aquilus</i>	Pr
**Cascabel cola negra	<i>Crotalus nigrescens</i>	Pr
****Cascabel Pigmea	<i>Crotalus ravus</i>	A
****Culebra	<i>Thamnophis scalaris</i>	A
Culebra de collar	<i>Diadophis punctatus</i>	Ne
****Culebra listonada	<i>Thamnophis eques</i>	A
**Culebra rayada	<i>Salvadora bairdi</i>	Pr
****Culebra sorda mexicana	<i>Phituophis deppei</i>	A
Culebrita gris	<i>Conopsis nasus</i>	Ne
**Escorpión	<i>Barisia imbrincata</i>	Pr
Huico Pinto	<i>Cnemidphorus gularis</i>	Ne
**Lagartija de barda	<i>Sceloporus grammicus</i>	Pr
Lagartija de collar	<i>Sceloporus torquatus</i>	Ne
Lagartija espinosa	<i>Sceloporus spinosus</i>	Ne
Lagartija espinosa de collar	<i>Sceloporus scalaris</i>	Ne
**Tortuga Pecho quebrado	<i>Kinosternon hirripes</i>	Pr

Mamíferos

Los mamíferos registrados son de talla pequeña, esto se debe a que han desaparecido grandes extensiones de vegetación y con ello la migración de las especies, en la Tabla 7, se muestran los mamíferos registrados, sin embargo, de las especies reportadas ninguna encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Estos datos son similares a los reportados por Roque (2016), quien tuvo un total de 7 especies de mamíferos.

Tabla 7. Listado de mamíferos presentes en el PESG y *status* en el que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	STATUS NOM-059-SEMARNAT-2010
Ardilla	<i>Sciurus aureogaster</i>	Ne
Conejo castellano	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Ne
Coyote	<i>Canis latrans</i>	Ne
Gato montés	<i>Linx rufus</i>	Ne
Mapache	<i>Procyon lotor</i>	Ne
Ratón	<i>Liomys irratus alleni</i>	Ne
Tlacuache	<i>Didelphis virginiana</i>	Ne
Tuza	<i>Pappogeoinys tylorhiinus</i>	Ne
Zorrillo	<i>Mephitis macruora</i>	Ne

7.3 ENCUESTAS.

El municipio de Tultitlán pertenece al área Metropolitana de la Ciudad de México y presenta una densidad poblacional muy grande y una planeación del suelo incorrecta, lo cual ha resultado en un mal aprovechamiento de los recursos y problemas de contaminación graves (Campos, 2007), por tal motivo se realizaron encuestas (Anexo 1) a un total de 40 visitantes con un mínimo de edad de 15 años, esto con el fin de conocer la percepción que tienen sobre el parque, el lugar de procedencia, las actividades que realizan, los servicios que consideran necesarios, además de conocer las acciones generadoras de impacto.

Para la edad se delimitaron tres rangos, el primero de 15 a 30 años (41%) (Figura 9), el segundo de 31 a 45 años (24%) y el último de 46 a 67 años (31%). El porcentaje de visitantes del sexo femenino es ligeramente mayor (52%) al masculino (48%) (Figura 10).

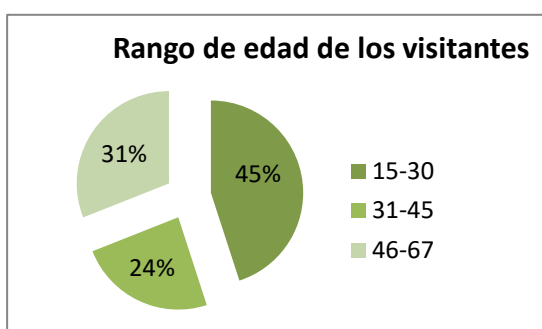


Figura 9. Rango de edad de los visitantes.

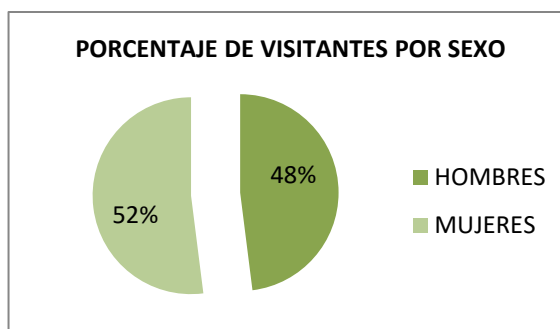


Figura 10. Porcentaje de Visitantes por sexo.

Se identificó que los visitantes son mayoritariamente originarios de los municipios en los que comprende el parque con un 93% y un pequeño número de visitantes proviene del municipio de Izcalli con el 7% como se muestra en la Figura 11, esto se debe a la cercanía de dicho municipio con el parque. La frecuencia con que visitan el parque al año va desde 1 a 4 (45%) hasta 15, por otra parte, el 27% de los encuestados indicó que era la primera vez que visitaban el parque (Figura 12).

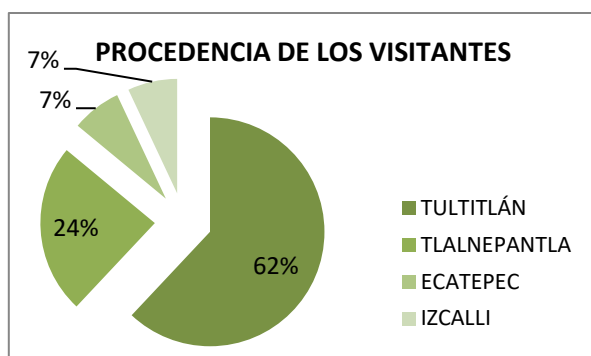


Figura 11. Procedencia de los visitantes.

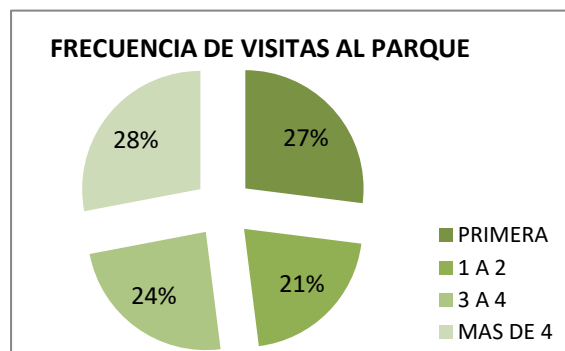


Figura 12. Frecuencia de visitas al parque.

Para conocer las acciones generadoras de impacto que pudieran generar los visitantes se les preguntó respecto a las actividades que realizan en el parque: el 49% hacen convivencia familiar, 22% disfrutan de la naturaleza, 29% realizan otras actividades como hacer ejercicio (caminar o correr) o montañismo (Figura 13). En cuanto a los servicios que hacen falta en el parque, el 43% indicaron que hacen falta áreas de sanitarios, mayor cantidad de botes en todas las áreas, el 41% hicieron referencia a la falta de mantenimiento a diferentes áreas del parque como a caminos, a los sanitarios existentes o señalizaciones, el 16% indicaron que hace falta mayor vigilancia (figura 14).



Figura 13. Actividades que realizan los visitantes.

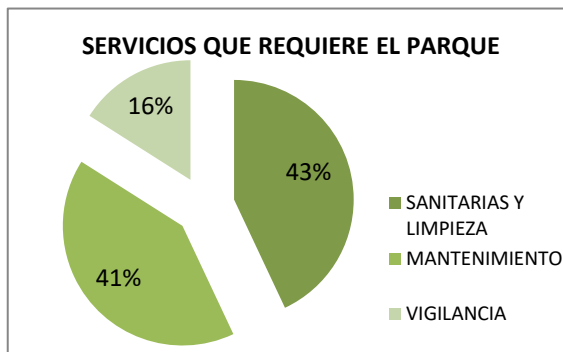


Figura 14. Servicios que requiere el parque.

7.4 INDICADORES AMBIENTALES

Se han desarrollado indicadores para entender, describir y analizar distintos fenómenos como el clima, la pérdida de suelo y el riesgo de especies, entre muchos otros, pero el tema es amplio y ha sido abordado por diferentes instituciones, con diferentes conceptos (SEMARNAT, 2017).

Una de las definiciones más conocidas y aceptadas es la de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la cual establece que 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 (Moreno, 2014).

Los indicadores ambientales se han utilizado a nivel internacional, nacional, regional, estatal y local para diversos fines entre los que destacan: servir como herramienta para informar sobre el estado del medio ambiente, evaluar el desempeño de la política ambiental y comunicar los procesos en la búsqueda del desarrollo sostenible. Los indicadores deben ser válidos, económicos, pertinentes, suficientes y accesibles (Mendoza, 2015).

Esto significa que deben reunir y servir para la mayoría de las siguientes condiciones:

- Responder con precisión al dominio de preocupación que se pretenda evaluar.
- Simplicidad de interpretación.
- Poseer costo relacionado con las posibilidades económicas y con el beneficio de que la información se pueda extraer.
- Medir la calidad del medio en una fecha determinada.
- Registrar su evaluación en el tiempo acumulado.
- Comparar la evolución de diversos sectores del medio, teniendo como objetivo mejorar la eficacia y equidad de la afectación de los recursos. (Juárez, 1999).

La interpretación de los indicadores seleccionados se facilita al considerar los métodos que nos ayudan a identificar, caracterizar y evaluar los impactos ambientales y que pueden incluir listas de chequeo (listado simple, listado descriptivo, etc.), métodos matriciales (Matrices causa - efecto ponderadas, Matriz de Leopold, entre otras). Que han sido ampliamente utilizados debido a que permiten la comparación de eventos aparentemente incomparables, el cual consiste en la confrontación de un listado vertical de parámetros ambientales (Ramos, 2004).

7.5 MATRIZ DE IMPACTOS TIPO LEOPOLD

La Matriz de Leopold fue el primer método que se estableció para las evaluaciones de impacto ambiental, fue desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de los Estados Unidos para evaluar inicialmente los impactos asociados con proyectos mineros (Leopold *et al.*, 1971). Posteriormente su uso se fue extendiendo a los proyectos de construcción de obras. El método se basa en el desarrollo de una matriz al objeto de establecer relaciones causa - efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto (Ramos, 2004).

Esta matriz puede ser considerada como una lista de control bidimensional. En una dimensión se muestran las características individuales de un proyecto (actividades, propuestas, elementos de impacto, etc.), mientras que en otra dimensión se identifican las categorías ambientales que pueden ser afectadas. Su utilidad principal es como lista de chequeo que incorpora información cualitativa sobre relaciones causa y efecto, pero también es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación (Reyes, 2013).

El método de Leopold está basado en una matriz de 100 acciones que pueden causar impacto al ambiente representadas por columnas y 88 características y condiciones ambientales representadas por filas. Como resultado, los impactos a ser analizados suman 8,800. Dada la extensión de la matriz se recomienda operar con una matriz reducida, excluyendo las filas y las columnas que no tienen relación con el proyecto (Ramos, 2004).

Con base en las observaciones en campo, además de las encuestas realizadas se identificaron las acciones generadoras de impacto en el área, las cuales se agruparon en cinco categorías:

- **Urbanización:** incluye la extracción de flora y fauna, modificación del hábitat, incendios, generación de residuos, y la inclusión ilegal de vehículos.
- **Actividades productivas:** en este rubro se incluye la agricultura, ganadería y el comercio.
- **Actividades recreativas:** que incluyen la convivencia familiar, vandalismo y ciclistas.
- **Recursos:** sólo se incluyeron la extracción de leña y de rocas.
- **Actividades de Manejo:** conservación de fauna y flora, reforestación y control de incendios.

Los elementos impáctales se agruparon en tres grupos:

- **Físicos:** suelo y agua.
- **Biológicos:** vegetación y fauna.
- **Estéticos:** paisaje.

Los impactos se clasificaron en significativos y no significativos, esto determinado de la siguiente manera: sí se encontraron en un rango de +6 a +10 y de -6 a -10 se tomaron como impactos significativos, los que se encontraron fuera de este rango se clasificaron como impactos no significativos, de este modo la Matriz dio como resultado un total de 290 impactos, de los cuales 33 resultaron impactos negativos y 14 resultaron impactos positivos, el resto (243) fueron impactos no significativos. Estos datos son semejantes con los reportados por Reyes (2013) quien tuvo 393 impactos totales y los que más destacaron fueron los de urbanización al igual que este trabajo.

Los habitantes aledaños al parque provocan deterioro sobre los tres componentes principales del equilibrio ambiental: suelo, agua y vegetación, con la extracción ilegal, modificación del hábitat y alteraciones hidrológicas, estos datos son obtenidos de forma similar por Rojas (2013) y Campos (2007) quienes afirman que los componentes que sufren mayor deterioro son suelo, agua y vegetación.

MATRIZ TIPO LEOPOLD MAGNITUD (-10 A -1 Y DE +1 A +10) IMPORTANCIA (0 A 10) SIN INTERACCIÓN (*)				ACTIVIDADES IMPACTANTES																	
				URBANIZACIÓN				PRODUCTIVAS			RECREATIVAS			RECURSOS		MANEJO					
				EXTRACCIÓN DE FLORA	EXTRACCIÓN DE FAUNA	MODIFICACIÓN DEL HÁBITAT	INCENDIOS	GENERACIÓN DE RESIDUOS	INCLUSIÓN ILEGAL DE VEHÍCULOS	AGRICULTURA	GANADERÍA	COMERCIO	CONVIVENCIA FAMILIAR	VANDALISMO	CICLISTAS	EXTRACCIÓN DE LEÑA	EXTRACCIÓN DE ROCAS	CONSERVACIÓN DE FLORA Y FAUNA	REFORESTACIÓN	CONTROL DE INCENDIOS	
ELEMENTOS IMPACTABLES	FÍSICOS	SUELO	FORMACIÓN DEL TERRENO	-5/7	*	-5/7	-3/6	*	-4/5	-5/7	-4/6	-1/6	-2/7	*	*	-6/8	-6/8	4/7	6/8	6/8	
			PERMEABILIDAD	-3/4	*	-4/8	*	*	-4/6	-5/6	-4/7	-1/6	-1/6	*	*	-1/6	-3/7	4/6	5/7	5/7	
			CARGA ORGÁNICA	-7/7	-3/6	-6/7	-5/8	*	-5/7	-5/7	-4/7	*	*	*	*	-6/7	-1/5	4/6	6/7	6/8	
	Biológicos	AGUA	RECARGA DE MANTOS ACUÍFEROS	-3/9	*	-5/7	*	*	-3/7	-5/7	-1/6	*	*	*	*	-2/6	-2/8	4/7	5/8	5/7	
			VEGETACIÓN	ABUNDANCIA	-6/6	-4/5	-6/6	-5/6	-1/7	-4/6	-4/7	-3/6	-4/7	-3/6	-1/7	-1/5	*	-2/6	5/6	6/8	6/7
				DIVERSIDAD	-6/8	-5/6	-5/6	-5/7	-2/7	-4/7	-4/6	-2/7	-3/7	-2/5	-2/6	-2/5	*	-3/8	4/6	5/7	7/8
		DISTRIBUCIÓN		-6/6	-6/7	-3/7	-6/7	-5/6	-5/7	-4/6	-3/8	-5/7	-1/5	-2/6	-1/6	*	-2/8	4/6	6/7	5/7	
		ESPECIES BAJO PROTECCIÓN		-5/7	*	-5/8	-5/6	-1/6	-3/7	-5/7	-4/7	-2/6	-1/5	-2/8	-1/6	*	-1/7	4/7	3/6	4/6	
		PERDIDA DE LA COBERTURA VEGETAL		-3/6	*	-4/8	-6/7	-1/6	-5/7	-5/8	-4/7	-1/6	-2/6	-3/6	-3/7	-2/6	-4/6	5/5	4/6	5/6	
		ARBOLES		-2/7	*	*	-4/6	-1/7	-1/5	-4/6	-2/7	*	-5/7	-6/8	-2/6	*	-1/7	5/8	6/7	6/8	
		ARBUSTOS		*	*	*	-6/7	-1/6	-1/5	-4/7	-4/6	*	-1/6	-4/6	-1/6	*	-4/8	4/7	3/5	7/8	
		HIERBAS		-5/7	-3/6	-6/8	-6/7	-2/5	-4/7	-5/7	-6/7	-2/5	-4/5	*	-3/6	*	-4/7	4/6	4/6	4/6	
		FAUNA	DIVERSIDAD	-2/6	-6/7	-1/7	-4/6	-4/6	-4/7	-4/7	*	-2/6	-3/6	*	-1/8	-2/5	-2/8	5/6	5/6	5/6	
			ABUNDANCIA	-2/7	-6/6	-1/8	-3/5	-3/6	-4/6	-5/6	*	-1/5	-2/5	*	-2/6	-1/6	-1/8	4/6	4/6	4/7	
			DISTRIBUCIÓN	-2/7	-6/7	-2/7	-3/6	-4/5	-5/6	-5/6	*	-2/7	-3/7	*	-3/6	-1/7	-1/7	5/7	6/7	4/6	
			BAJO PROTECCIÓN	*	-7/7	*	-3/7	-2/5	-4/6	-4/6	*	-1/5	-2/6	*	-2/7	-1/7	-2/6	3/6	4/7	4/6	
			MODIFICACIÓN	-5/7	-4/6	-3/5	-4/6	-6/7	-5/6	-6/8	-3/7	-3/6	-1/7	-2/5	-3/5	-4/5	-3/6	4/7	4/7	5/7	
			PERDIDA DE LA CALIDAD	-6/6	-4/5	-3/7	-5/8	-6/8	-4/7	-6/7	-2/5	-3/7	-3/6	*	-5/6	-5/6	-1/7	5/7	5/6	5/6	
		ESTÉTICO	PAISAJE	NATURAL	-5/6	-5/6	-4/7	-6/7	-6/9	-6/8	-6/7	-6/7	-6/7	-6/8	-4/7	-4/7	-5/8	5/6	6/7	7/8	
				ARTIFICIAL	-1/3	-4/5	*	-4/5	-6/7	-5/6	-4/7	-2/5	-3/7	-2/6	-5/8	-2/5	-2/6	-4/7	5/6	4/7	4/6
Impactos significativos negativos				5	5	3	5	4	1	3	2	0	0	2	0	2	1	0	0	0	
Impactos significativos positivos				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7		
Impactos no significativos				13	8	13	13	12	19	13	14	16	18	8	16	11	19	20	13	13	
Total de impactos				18	13	16	18	16	20	20	16	16	18	10	16	13	20	20	20	20	

ACTIVIDADES DE URBANIZACIÓN

Extracción de flora

Esta actividad cuenta con cinco impactos significativos negativos, además es demandante, ya que las personas utilizan las plantas con diferentes fines: los nopales (*Opuntia sp*) (Figura 15) como alimento y venta, especies a las que se le atribuyen propiedades medicinales como el Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) y Yerba de negro (*Gaudichaudia cynanchoides*). Por último, existe la extracción con fines de ornato, tal es el caso de las Biznagas (*Mammillaria sp*), que además se encuentran en la categoría de especie sujeta a protección especial (Rojas, 2013).



Figura 15. Flora que extraen los visitantes de PESG.

Extracción de fauna

Esta actividad cuenta con cinco impactos significativos negativos, se realiza principalmente en las especies que se encuentran en alguna categoría de la NOM-059, Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (2010), como es el caso de las víboras de cascabel (*Crotalus sp.*), que son sacrificadas principalmente para comer la carne, a la que se le atribuye propiedades anticancerígenas, además de que las personas las atacan cuando las encuentran en el camino por temor a ser mordidas (Figura 16).



Figura 16. Fauna que atacan los visitantes del PESG.

Incendios

Esta actividad presentó cinco impactos significativos negativos. En este caso se pudo observar que ocurren de manera natural y de manera intencional (Figura 17).

Los incendios forestales constituyen una de las causas significativa de la pérdida en la mayoría de los recursos, además hace especial énfasis en la fauna y vegetación, ya que se provoca la disminución de especies en cada uno, por otra parte, Rojas (2013) menciona que además de la parte negativa, los incendios propician el renuevo de la cobertura vegetal, aumentando la biomasa.



Figura 17. Vegetación después de un incendio en el PESG.

Generación de residuos

Esta actividad cuenta con cuatro impactos significativos negativos, de los cuales la belleza estética es la que más se ve afectada.

La contaminación del suelo se presenta con mayor notoriedad en las zonas dedicadas a la recreación, no obstante, se encuentra en todas las áreas de la zona de estudio, los residuos más comunes son botellas de plástico, latas de comida, botellas de bebidas embriagantes y prendas de vestir (Figura 18), esto, la presencia de los desechos en todo el parque hace que se deteriore la belleza del lugar.



Figura 18. Residuos generados en el PESG.

ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Agricultura

Esta actividad presenta tres impactos significativos negativos que recaen principalmente sobre la vegetación (Figura 19), pero esta actividad está a punto de desaparecer no solo del parque, sino también del municipio, ya que la población económicamente activa prefiere dedicarse a otro tipo de actividades (Reyes, 2013).



Figura 19. Zonas de agricultura en el PESG.

Ganadería

Esta actividad presenta dos impactos significativos negativos, se realiza principalmente en zonas de pastizal inducido y en áreas de poca dimensión, el ganado observado y el impacto que genera se observa principalmente en los componentes de la vegetación (Figura 20).



Figura 20. Zonas de ganadería en el PESG.

ACTIVIDADES RECREATIVAS

Vandalismo

Esta actividad presenta dos impactos significativos negativos. Durante la fase de trabajo de campo se pudo comprobar que esta actividad se encuentra distribuida ampliamente en toda la zona de estudio, esto afecta principalmente la vegetación, como el caso de los árboles, los cuales están marcados con pintura, además los agaves y algunas nopaleras presentan heridas provocadas con objetos punzocortantes (Figura 21).



Figura 21. Áreas con vandalismo en el PESG.

RECURSOS

Extracción de leña

Esta actividad presentó dos impactos significativos negativos, esto se debe a que las personas buscan leña alrededor del área de recreación (Figura 22).



Figura 22. Residuos de leña en el PESG.

ACTIVIDADES DE MANEJO

Reforestación

Esta actividad presenta siete impactos significativos positivos y es de las más importantes que se realizan ya que es una actividad incluyente sociedad- empresa-parque que genera grandes beneficios, ya que aumenta la calidad del aire, además con esto se fomenta la aproximación de aves y diversos animales a las inmediaciones (Figura 23).



Figura 23. Reforestación con vegetación inducida en el PESG.

Control de incendios

Esta actividad presentó un total de 13 impactos de los cuáles siete son impactos significativos positivos, el parque cuenta con brigadas especiales para el combate y control de incendios en la temporada de secas, los cuáles se encargan de la prevención principalmente y cuando los incendios ya estas se dedican a atacarlos provocando el ahogamiento del fuego (Figura 24).



Figura 24. Combate a incendios en el PESG.

7.6 MATRIZ DE RESISTENCIA

El método de resistencia es considerado un método para la evolución de inventarios, además considera las resistencias para cada uno de los elementos e incluye:

- **El grado de resistencia.** Esto se refiere a la obstrucción o permisión de la realización del impacto. Se considera como una actividad con obstrucción en la que perjudique de alguna manera la integridad de los componentes más importantes del ecosistema, tomando en cuenta a las especies de flora y fauna que se encuentran bajo algún grado de protección incluidas en la NOM-059, Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (2010), es decir aquellas en peligro de extinción, amenazadas o en riesgo; hasta el grado de resistencia considerado como muy débil, en el cual el impacto es muy poco significativo y no altera o perjudica de algún modo la integridad ambiental.
- **Perturbación del elemento.** Mide la probabilidad de daño a los elementos ambientales evaluados en alto, medio o bajo; sobre todo de aquellas actividades o circunstancias no periódicas pero que pueden ser de excepcional gravedad
- **Magnitud del impacto.** Informa sobre la dilución de la intensidad del impacto en el mosaico espacial y puede ser localizado o extensivo en relación con el área de influencia del impacto. Debido a la existencia de este mosaico, este no siempre tendrá relación lineal con la distancia a la fuente de impacto.
- **Carácter de impacto.** Esto hace referencia a su consideración con respecto al estado previo a la acción e indica si la pérdida de calidad en el factor ambiental puede ser recuperable o irrecuperable, tomando en cuenta la posibilidad o imposibilidad de retomar a la situación previa a la actividad, de esta manera se habla de impactos reversibles o irreversibles.
- **Importancia del impacto.** Describe la suma de las evaluaciones de las acciones generadoras de impactos identificados para la zona, determinándolos como mayor, medio, menor y nulo (Rodríguez *et al.*, 2014).

Para realizar esta matriz se tomaron en cuenta las actividades generadoras de impactos significativos (Con un mínimo de dos impactos significativos) de la matriz tipo Leopold. Estos impactos fueron extracción de flora, extracción de fauna, incendios, generación de residuos, agricultura, ganadería, vandalismo, extracción de leña, reforestación y control de incendios (Rodríguez *et al.*, 2014). Los resultados obtenidos son similares a los de Roque (2016) quien tuvo como acciones generadoras de impacto principales la extracción de recursos, urbanización y pastoreo (ganadería).

MATRIZ DE RESISTENCIA		Grado de Resistencia (GR)							Perturbación del Elemento (PE)			Magnitud del elemento (ME)			Importancia del Impacto (II)			Característica del impacto (CI)	
Simbología: GR: Ñ PE: P ME: M II: i CI: C Impacto positivo: +																			
Actividad generadora de impacto	Elemento afectado	OBSTRUCCIÓN	MUY GRANDE	GRANDE	MEDIA	DÉBIL	MUY DÉBIL	ALTA	MEDIO	BAJO	REGIONAL	LOCAL	PUNTUAL	MAYOR	MEDIO	MENOR	REVERSIBLE	IRREVERSIBLE	
urbanización	Extracción de flora	Suelo		Ñ					P			M			i			C	
		Flora	Ñ							P		M			i			C	
		Fauna	Ñ							P	M				i			C	
	Extracción de fauna	Flora	Ñ							P	M				i			C	
		Fauna	Ñ							P	M				i			C	
	incendios	Flora		Ñ					P			M			i			C	
		Fauna			Ñ				P			M			i			C	
	Generación de residuos	Fauna			Ñ				P				M		i			C	
		Paisaje				Ñ			P			M			i			C	
	Productiva	agricultura	Fauna		Ñ				P				M		i			C	
Paisaje				Ñ				P				M		i			C		
ganadería		Flora		Ñ				P			M			i			C		
		Fauna		Ñ					P			M			i			C	
recreativas	vandalismo	Flora		Ñ				P			M			i			C		
		Paisaje				Ñ			P		M			i			C		
Recursos	Extracción de leña	Suelo				Ñ			P		M			i			C		
Manejo	reforestación	Flora	Ñ+						P	i	M			i			C		
		Fauna	Ñ+						P	i	M			i			C		
		Paisaje				Ñ+				P	i	M			i			C	
	Control de incendios	Suelo	Ñ+						P	i	M				i			C	
		Flora	Ñ+						P	i	M				i			C	
		Fauna	Ñ+						P	i	M				i			C	
		Paisaje		Ñ+					P	i	M				i			C	

Extracción de flora y fauna

Debido a que algunas especies se encuentran dentro de la NOM-059 Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (2010), el impacto puede ser irreversible y la perturbación del elemento es media y baja, con una magnitud regional principalmente. La pérdida de especies provoca un desequilibrio ambiental, disminuyendo la diversidad del lugar, además la pérdida de vegetación provoca la erosión del suelo y daños materiales en temporada de lluvias por deslaves (Lugo, 1996).

Incendios

La mayoría de los incendios ocurren en la temporada más seca del lugar como en los meses de febrero a mayo (Cara, 2018), el daño de dicha actividad puede llegar a ser irreversible y se ve principalmente reflejado en la vegetación además que al momento de quemarse la vegetación se emiten grandes cantidades de contaminantes a la atmósfera.

Ganadería

Esta actividad presenta un grado de obstrucción muy grande en la flora y fauna además de que puede llegar a ser irreversible.

Reforestación y control de incendios

Estas actividades cuentan con valores positivos, a pesar de los intentos de reforestación no han sido del todo correctos en años anteriores al introducir especies exóticas, que sí bien han ayudado a crear nichos para la fauna no ayudan a reestablecer las condiciones originales del lugar, por otro lado en los últimos meses se han realizado reforestaciones con especies de mayor característica como el maguey pulquero (*Agave sp*) en cuanto al control de incendios se observa previo a la temporada de secas la formación de brechas rompe fuego y atención inmediata a los incendios activos por parte del personal (Cara, 2018).

Extracción de flora y fauna

Debido a que algunas especies se encuentran dentro de la NOM-059 Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (2010), el impacto puede ser irreversible y la perturbación del elemento es medio y bajo, con una magnitud regional principalmente. La pérdida de especies provoca un desequilibrio ambiental, disminuyendo la diversidad del lugar, además la pérdida de vegetación provoca la erosión del suelo y daños materiales en temporada de lluvias por deslaves (Lugo, 1996).

Incendios

La mayoría de los incendios ocurren en la temporada más seca del lugar de febrero a mayo (Reyes, 2013), el daño de dicha actividad puede llegar a ser irreversible y se ve

principalmente reflejado en la vegetación además que al momento de quemarse la vegetación se emiten grandes cantidades de contaminantes a la atmósfera.

Ganadería

Esta actividad presenta un grado de obstrucción muy grande en la flora y fauna además de que puede llegar a ser irreversible.

Reforestación y control de incendios

Estas actividades cuenta con valores positivos, a pesar de los intentos de reforestación no han sido del todo correctos en años anteriores al introducir especies exóticas, que sí bien han ayudado a crear nichos para la fauna no ayudan a reestablecer las condiciones originales del lugar, por otro lado en los últimos meses se han realizado reforestaciones con especies de mayor característica como lo es el maguey pulquero, en cuanto al control de incendios se realiza previo a la temporada de secas la formación de brechas rompe fuego y atención inmediata a los incendios activos por parte del personal (Cara, 2018).

7.7 REDES DE SORENSEN

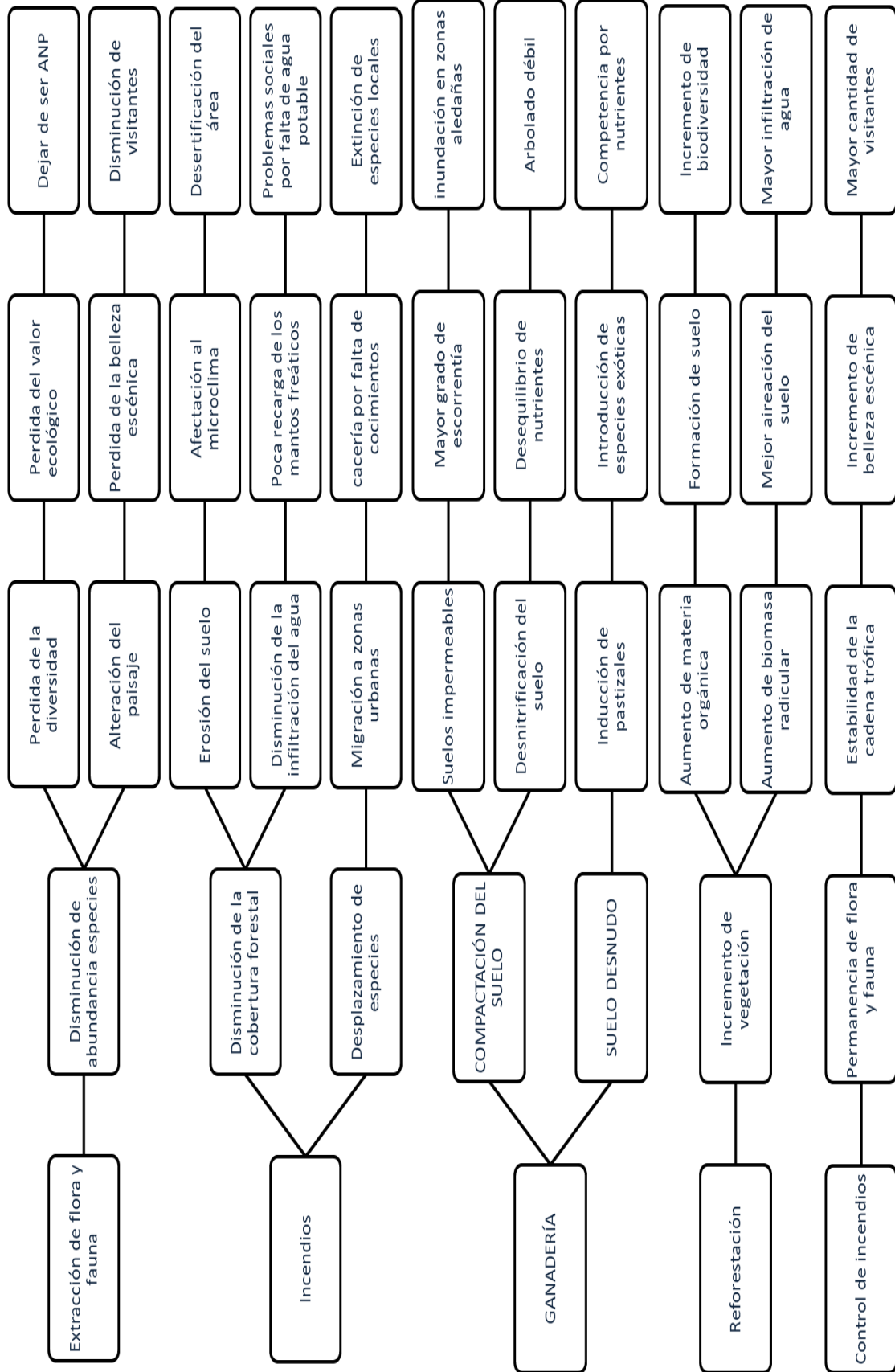
Las características que se evalúan en este modelo son: el grado de resistencia, que consta de tres puntos: obstrucción (muy grande, grande, media, débil y nula); perturbación del impacto (alto, mediano, débil); la magnitud del impacto (regional, local y puntual): Característica del impacto (Reversible o Irreversible), dependiendo de la magnitud del impacto se determina la importancia del impacto que podría ser mayor, medio, menor o nulo (Guzmán, 2021).

Las redes se construyen a partir de la lista de las actividades del proyecto para establecer la relación de tipo causa-condición-efecto y tienen como finalidad reconocer una serie de impactos mayores en una acción de proyección futura. En esta red se expresan los mayores impactos adicionando efectos secundarios, terciarios, cuaternarios, etc. (Guzmán, 2021).

Posteriormente se estima la probabilidad de ocurrencia asignando un valor de 0 a 1, donde 0 no es probable el que el evento ocurra y 1 es el 100% de que el evento ocurra. Se asigna una magnitud de -10 a +10 y se incorpora un criterio de importancia de 0 a 10, donde 0 indica que la importancia es irrelevante y 10 indica lo contrario, lo que quiere decir que es altamente significativa. La importancia y magnitud se miden subjetivamente en una escala de 0 a 10 de forma similar al método de Leopold (López, 2019).

Este tipo de redes son valiosas porque abordan al ambiente como un sistema complejo en el cual una acción causa una o más condiciones de cambio ambiental que a su vez produce uno más condiciones de cambios subsecuentes y que finalmente resultaran en uno o más efectos terminales (López, 2020).

Para la elaboración de las redes de Sorensen se tomaron las actividades generadoras de impacto significativo obtenido de los resultados de las matrices de Leopold y de Resistencia, los cuáles fueron: Extracción de flora y fauna, incendios, ganadería, reforestación y control de incendios.



ANALISIS DE LA RED DE SORENSEN

En la Tabla 8, se enlistan los impactos presentados en las redes con valor de probabilidad de ocurrencia, magnitud e importancia.

Tabla 8. Impactos presentados en las redes, se incluye probabilidad, magnitud e importancia

Clave	Impacto	Probabilidad de ocurrencia	Magnitud	Importancia
A	Extracción de flora y fauna	0.9	-7	8
A.1	Disminución de la ab. De especies	0.5	-6	6
A.1.1	Pérdida de la diversidad	0.3	-6	8
A.1.1.1	Pérdida del valor ecológico	0.3	-7	7
A.1.1.1.1	Dejar de ser ANP	0.2	-4	8
A.1.2	Alteración del paisaje	0.2	-7	8
A.1.2.1	Perdida de la belleza escénica	0.1	-6	9
A.1.2.1.1	Pérdida de visitantes	0.1	-5	6
B	Incendios	1	-6	7
B.1	Disminución de la cobertura forestal	0.8	-6	7
B.1.1	Erosión del suelo	0.8	-7	8
B.1.1.1	Perdida de microclimas	0.4	-5	7
B.1.1.1.1	Desertificación del área	0.4	-7	8
B.1.2	Disminución de la infiltración del agua	0.5	-8	9
B.1.2.1	Poca recarga de los mantos freáticos	0.4	-8	9
B.1.2.1.1	Problemas sociales por falta de agua	0.4	-7	8
B.2	Desplazamiento de especies	0.3	-7	8
B.2.1	Migración a zonas urbanas	0.3	-8	8
B.2.1.1	Cacería por falta de conocimiento	0.1	-8	9
B.2.1.1.1	Extinción de especies locales	0.1	-9	9
C	Ganadería	0.9	-6	7
C.1	Compactación del suelo	0.7	-5	7
C.1.1	Suelos impermeables	0.5	-5	6
C.1.1.1	Mayor grado de escorrentía	0.4	-7	7
C.1.1.1.1	Inundación de zonas aledañas	0.4	-8	8
C.1.2	Desnitrificación del suelo	0.3	-6	8
C.1.2.1	Desequilibrio de nutrientes	0.3	-7	7
C.1.2.1.1	Arbolado débil	0.2	-8	8
C.2	Suelos desnudos	0.2	-6	7
C.2.1	Inducción de pastizales	0.2	-7	8
C.2.1.1	Introducción de especies exóticas	0.1	-6	7
C.2.1.1.1	Competencia por nutrientes	0.1	-7	7
D	Reforestación	0.7	6	8
D.1	Incremento de vegetación	0.6	7	8
D.1.1	Aumento de materia orgánica	0.5	7	8

D.1.1.1	Mayor cantidad de suelo	0.4	8	9
D.1.1.1.1	Incremento de biodiversidad	0.3	9	9
D.1.2	Aumento de biomasa radicular	0.3	7	8
D.1.2.1	Mejor aireación del suelo	0.1	6	8
D.1.2.1.1	Mayor infiltración del agua	0.1	8	9
E	Control de incendios	0.9	6	8
E.1	Permanencia de flora y fauna	0.7	8	8
E.1.1	Estabilidad de la cadena trófica	0.5	7	8
E.1.1.1	Incremento de la belleza escénica	0.4	9	9
E.1.1.1.1	Mayor cantidad de visitantes	0.3	6	8

Tomado los datos anteriores como referencia se obtuvieron los cálculos de probabilidad de ocurrencia, impacto total de la rama e impacto pesado y por último se calculó el impacto ambiental esperado (Tabla 9).

Tabla 9. Ramas, Probabilidad de ocurrencia por rama, impacto total e impacto pesado de cada rama.

Rama	Probabilidad de ocurrencia por rama	Impacto total de la rama	Impacto pesado
A.1.1.1.1	0.0081	-221	-1.7901
A.1.2.1.1	0.0009	-232	-0.2088
B.1.1.1.1	0.1024	-231	-23.6544
B.1.2.1.1	0.064	-284	-18.176
B.2.1.1.1	0.0009	-315	-0.2835
C.1.1.1.1	0.0504	-220	-11.088
C.1.2.1.1	0.01134	-238	-2.69892
C.2.1.1.1	0.00036	-231	-0.08316
D.1.1.1.1	0.0252	313	7.8876
D.1.2.1.1	0.00126	280	0.3528
E.1.1.1.1	0.0378	297	11.2266
IMPACTO AMBIENTAL ESPERADO			-38.51588

De la red construida se generaron 11 ramas, las cuáles obtuvieron un impacto pesado negativo de **-38.51**. Este resultado muestra que la extracción de flora y fauna, los incendios y la ganadería generan un impacto negativo sobre los componentes del PESG

Para evidenciar la situación ambiental, las consecuencias y la propuesta de soluciones se utilizó el modelo **DPSIR** (Driving Forces-Pressures-State-Impacts-Respond).

7.8 MODELO DPSIR

El modelo **DPSIR** (Driving Forces-Pressures-State-Impacts-Respond) también conocido como **Modelo Fuerza Directriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta** es una derivación del modelo de Presión-Estado-Respuesta (Chirino *et al.* 2008). A continuación, se Muestra el esquema general y cada uno de los elementos del modelo DPSIR:

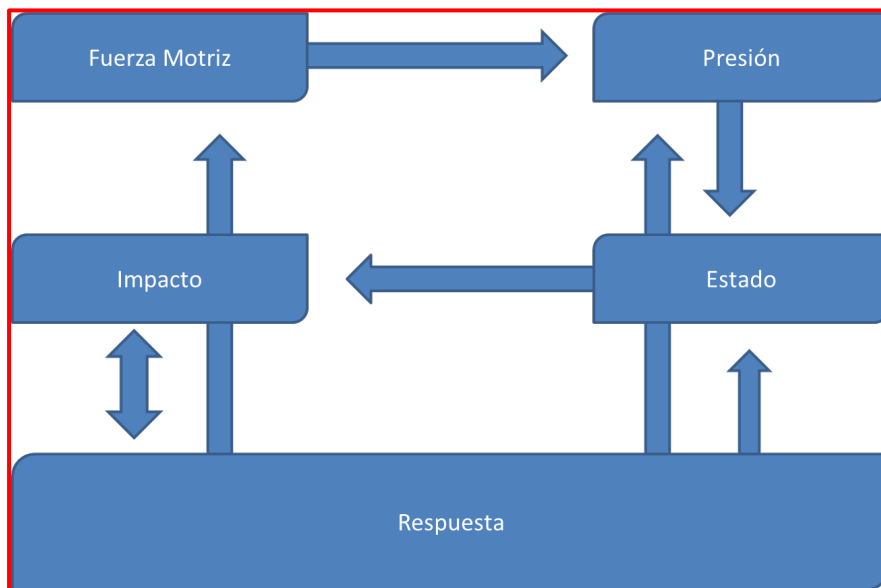


Figura 25. Modelo general DPSIR.

Fuerza motriz: son los factores que influyen las variables relevantes. Una fuerza motriz es una necesidad.

- **Presión:** describen las variables que directamente causan problemas ambientales.
- **Estado:** Muestran el estado actual del medio ambiente. Como resultado de las presiones, el estado del medio ambiente se ve afectado; es decir la calidad de los diferentes sectores ambientales (aire, agua, suelo, etc.) en relación con las funciones que cumplen.
- **Impacto:** Describen los efectos de los cambios de estado. Los cambios pueden causar impactos económicos o medioambientales sobre el funcionamiento de los ecosistemas.
- **Respuesta:** Demuestra los esfuerzos de la sociedad-gobierno para solucionar los problemas (Kristensen, 2004).

Este esquema supone también una relación causal entre los diferentes componentes de los sistemas sociales, económicos y ambientales.

Modelo D.P.S.I.R (Fuerza Motriz Presión Estado Impacto Respuesta)

FUERZA MOTRIZ (D)	PRESIÓN (P)	ESTADO (S)	IMPACTO (I)	RESPUESTA (R)
Urbanización	Extracción de flora y fauna	<p>La extracción de flora y fauna es una actividad realizada principalmente por habitantes con cercanía a la Sierra y tiene diversos fines:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consumo. en este caso la flora es la que presenta mayor afectación • Ornato. El grupo de las cactáceas es el que presenta mayor vulnerabilidad • Mascotas. En este caso el grupo de las aves y los reptiles presentan mayor grado de extracción., También se observa que en algunos casos a los reptiles los matan para obtener la piel y la carne, a la que se le atribuye propiedades curativas sin fundamento científico. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pérdida de la biodiversidad ➤ Disminución de la abundancia ➤ Afectación en las interacciones ecológicas ➤ Alteración en la estética del paisaje 	<p>Código para la biodiversidad del Estado de México (Art.2.3) Se considera de orden público e interés social el cuidado de los sitios necesarios para asegurar la biodiversidad, el mantenimiento e incremento de recursos de flora y fauna silvestre. (Art. 2.96) Los parques estatales se constituirán de representaciones biogeográficas a nivel estatal, a uno o más ecosistemas que tengan importancia por su belleza escénica, valor científico, de flora y fauna.</p> <p>Ley de Desarrollo Sustentable y protección al ambiente del Estado de México (Art. 45) Las reservas estatales se constituirán en áreas biogeográficas relevantes a nivel estatal, Representativas de ecosistemas no alterados significativamente.</p> <p>Ley de Parques Estatales y Municipales (Art. 20) El Estado preservará e incrementará la fauna y flora, así como áreas básicas que lleven a restaurar el equilibrio ecológico. (Art. 28) La flora y fauna de los parques gozarán de protección especial Dentro del perímetro y zonas aledañas a los parques quedando establecidas modalidades y restricciones para construcciones, explotaciones o industrias cuya actividad genere polución, ruidos o residuos que perjudiquen la belleza estética, flora y fauna silvestre de los parques</p> <p>Ley orgánica de administración pública (Art. 32bis) A la SEMARNAT corresponde establecer con participación que corresponda a otras autoridades Aplicar, vigilar y estimular el cumplimiento de las NOM's y programas relacionados sobre la preservación y restauración del medio ambiente, flora y fauna</p>

				<p>Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Art. 11) La federación podrá realizar convenios o acuerdos de coordinación con el fin de que asuman la facultad de la protección de la flora y fauna</p> <p>Ley general de Vida silvestre Los municipios y entidades adoptarán las medidas de trato digno y respetuoso a la fauna silvestre</p> <p>Ayuntamiento de Tultitlán, 2016 (Art. 83). La protección a la biodiversidad y el mejoramiento del medio ambiente se considera como máxima prioridad en la ejecución de planes, programas, etc. a cargo del ayuntamiento, garantizando a toda persona el derecho de vivir en un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.</p>
	incendios	<p>Los incendios en el parque se atribuyen a diferentes razones</p> <ul style="list-style-type: none"> • La temporada de secas. En esta temporada el material potencialmente combustible arde con mayor velocidad, además los vientos son un factor importante para que se propague con mayor rapidez • Descuidos. Se debe a que en las zonas de recreación dentro del parque cuentan con asaderos que en ocasiones los visitantes dejan prendidos 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pérdida de la cobertura forestal ➤ Migración de especies ➤ Pérdida de la diversidad de flora y fauna ➤ Erosión del suelo 	<p>Código para la biodiversidad del Estado de México (Art. 2.151) Los incendios serán objeto de programas de emergencia y contingencias ambientales. (Art. 3.55) Compete a PROBOSQUE establecer la planificación, coordinación y ejecución de las medidas de prevención, detección, combate y extinción de los incendios forestales</p> <p>Ley Forestal (Art. 45) La secretaría impondrá multas a quien por obligación no prevenga o combata los incendios forestales</p> <p>NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA (2007) Establece especificaciones y restricciones del uso de fuego en zonas forestales</p>

Actividades Productivas	Ganadería	<p>Esta actividad puede provocar el cambio de unos de suelo en diversas regiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La ganadería es una actividad productiva ya que de esto obtienen un bien económico a la hora de vender los animales. • Los habitantes aledaños al Parque llevan el ganado a pastorea al interior, se observó la presencia de ganado caprino y ovino 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Compactación del suelo ➤ Pérdida de la vegetación nativa ➤ Disminución de renuevos ➤ Inducción de pastizales ➤ Competencia con la fauna nativa ➤ Compactación del suelo 	<p>Código para la biodiversidad del Estado de México Las autoridades en coordinación con la Secretaría prestarán oportunamente a propietarios la asesoría técnica necesaria para participar en la conservación y sostenibilidad en el aprovechamiento de la vida silvestre y su hábitat</p> <p>Ley general de desarrollo forestal sustentable Se excluyen de terrenos de aptitud preferencialmente forestal aquellos que, sin sufrir degradación permanente, puedan ser usados en agricultura y ganadería</p> <p>NOM-020 RECNAT (2001) Establece los procedimientos y lineamientos para la rehabilitación, mejoramiento y rehabilitación de terrenos forestales de pastoreo</p>
Manejo	Reforestación	<p>La reforestación es una presión de impacto positivo y una medida de mitigación puntual para contrarrestar los efectos de la deforestación, además que ayuda a mejorar la belleza estética del paisaje</p> <p>Además de ir orientada a la restauración del lugar</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Regeneración de la cubierta vegetal ➤ Incremento de captura de contaminantes ➤ Retorno de especies desplazadas ➤ Disminución de la erosión del suelo ➤ Formación de suelo 	<p>Ley de Parques estatales y municipales (Art. 18) Refiere que se promoverán trabajos de reforestación para mejorar el ambiente</p> <p>Código para la biodiversidad del estado de México (Art. 2,3.XI) Es de orden público e interés social la implementación de programas de forestación y reforestación, además que el ejecutivo Estatal promoverá el Fondo para Proyectos ambientales que estará destinado a impulsar el desarrollo forestal como la reforestación</p>
	Control de incendios	Esta actividad se realiza principalmente en	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estabilidad de la cubierta forestal 	<p>Código para la biodiversidad del Estado de México (Art. 3.14) Indica que es de obligación municipal</p>

		<p>las temporadas de secas y existen brigadas especiales para el combate de incendios.</p> <p>Los trabajadores se dedican a desmalezar zonas de alta vulnerabilidad de incendios</p> <p>Permite la formación de suelos y evita la migración de la fauna a zonas urbanas</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Evita la migración de fauna ➤ Disminución de emisión de contaminantes a la atmosfera ➤ Regeneración de suelo 	<p>participar y coadyuvar en los programas de prevención y combate de incendios. (Art. 3.17) Provoque organizará campañas permanentes para el combate y control de incendios. PROBOSQUE elaborará un plan de protección de ecosistemas Forestales contra incendios donde deberá establecer mecanismos de prevención, detección y combate de incendios forestales.</p> <p>Ley general de desarrollo forestal sustentable (Art.5) Es atribución de la secretaría supervisar y coordinar acciones para el combate y control de incendios forestales</p>
--	--	---	--	---

VIII. CONCLUSIONES

- ✓ El manejo de los recursos naturales es un tema que cada vez tiene mayor notoriedad a nivel mundial por los servicios ambientales que ofrecen por lo que es urgente la necesidad de tomar acciones contundentes para mejorar este manejo.
- ✓ Debido a que los servicios ambientales proporcionan beneficios a la sociedad es importante conocer el estado en el que se encuentran, en este sentido el diagnóstico ambiental es de vital importancia.
- ✓ Respecto a la flora presente en la Sierra de Guadalupe se observó que las especies nativas de biznagas se encuentran en algún *status* en la NOM 059 Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (2010).
- ✓ La fauna en el parque es reducida y esto se debe a las variables que han transformado y perdido el hábitat original, la poca cultura que existe de respeto a la fauna entre otras
- ✓ La zona concurrida principalmente para convivencia familiar, deporte y disfrutar de la naturaleza.
- ✓ En este trabajo se abordaron dimensiones físicas, biológicas, sociales y económicas, que dio como resultado la identificación de las acciones generadoras de impactos.
- ✓ Para poder disminuir los impactos ambientales negativos se requiere de una adecuada implementación de las políticas existentes y aplicables a la zona.

IX. PROPUESTAS PARA LA PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN

Con los resultados obtenidos en este diagnóstico ambiental del área “Cola de Caballo” se presentan las siguientes iniciativas para mejorar la situación ambiental del área:

- ✓ Incrementar la señalización de los caminos, senderos y áreas de recreación.
- ✓ Dar mantenimiento a la infraestructura presente en el área y sus alrededores (palapas, sanitarios, contenedores de residuos, etc.).
- ✓ Monitorear la zona delimitante para evitar la construcción de viviendas dentro de la zona.
- ✓ Incrementar la cantidad de personal designada a la vigilancia del área.
- ✓ Incrementar la vigilancia con el fin de evitar extracción de flora y fauna del lugar.
- ✓ Promover la inclusión de las empresas presentes en el municipio de Tultitlán con el fin de reforestar la zona.
- ✓ Incrementar los listados florísticos y faunísticos de la zona con el fin de identificar especies en alguna categoría de peligro en la NOM-059 Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (2010).
- ✓ Crear planes de reforestación con especies nativas.
- ✓ Habilitar edificio aledaño a la zona con el fin de promover la educación ambiental en los pobladores y visitantes.

X. ANEXOS.



Encuesta a los Visitantes
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Iztacala
Carrera de Biología



Fecha: 18 / 03 / 17

1 Sexo: M F

Edad 42

2 Lugar en donde vive Colonia El Tesoro Tlaxtlalan Edo Mex.

3 ¿Con qué frecuencia visita el parque? 2 veces al año.

4 ¿Qué actividades realiza aquí? convivencia familiar.

5 ¿Cree que eso afecta al lugar? ¿Porque? no.

6 ¿Los servicios en el parque son suficientes? ¿Por qué? No, porque la gente no sabe darle el uso.

7 Desde su punto de vista. ¿Qué servicios hacen falta en el Parque?

- Sanitario
- Botes de basura
- Letreros informativos
- Áreas de recreación
- Vigilancia
- Mantenimiento a los caminos

8 En el Parque ¿Dónde coloca la basura? Me la llevo a mi casa.

9 ¿Considera que es importante la conservación y protección del lugar? ¿Por qué?

Si porque es un lugar tranquilo para la familia.

10 Durante su visita, ¿Se lleva a su casa algo de lo siguiente?

11 Plantas o hierbas ¿Cuáles y para qué? no.

12 Animales (aves, arañas, lagartijas, etc.) ¿Cuáles y para qué?

no

13 Leña, tierra, piedras no

14 Sabe de animales y plantas que existen aquí ¿Cuáles?

no

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. L. (2023) Diagnóstico ambiental y una aproximación a la valoración de los servicios ambientales de la Barranca Calacoaya, en Atizapán de Zaragoza, Estado de México. Tesis de licenciatura FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Aranda, S.J. M. (2012). Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Ayuntamiento de Tultitlán, (2016). Bando Municipal: población, territorio y gobierno. Gaceta municipal. México.
- Bassols, B. (1980). Recursos Naturales de México: una visión histórica, México Cenzontle.
- Borrego, A., Hernández, R. (2014). Desarrollo de comunidades rurales y degradación de los recursos forestales en la región de occidente de México. Economía Informa. 1(386):1-30.
- Bulás. M. J. A. (2003). Los Servicios Ambientales y el Fondo Forestal Mexicano. Recuperado el 22 de septiembre del 2023, [https://www.fao.org/3/XII/0922C2.htm#:~:text=El%20Fondo%20Forestal%20Mexicano%20entiende,que%20brinden%20dichos%20recursos%20\(pago](https://www.fao.org/3/XII/0922C2.htm#:~:text=El%20Fondo%20Forestal%20Mexicano%20entiende,que%20brinden%20dichos%20recursos%20(pago)
- Campos, R. A. (2007). Diagnóstico ambiental en las inmediaciones de la col. Ampliación San Marcos, en la Sierra de Guadalupe. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Cara, G. I. (2018). Diagnóstico ambiental y aproximación a la valoración de servicios ambientales, en la Cañada del Encinar, Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Coacalco, Estado de México. . Tesis de Licenciatura. FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Cedillo, A.O.L., Rivas, S.M.A., Rodríguez. C.F.N. (2007). El Área natural protegida sujeta a conservación ecológica “Sierra de Guadalupe”. Sistemas Ambientales 1(1):1-14.
- Chirino, E., Abad, J., Bellot, J. (2008). Uso de indicadores de presión-estado-respuesta en el diagnóstico de la Comarca de Marina Baixa, SE, España. Ecosistemas (1):107-114.
- Código para la biodiversidad del estado de México. 2008.
- CONABIO. (2016). Servicios ambientales. Recuperado el 16 de agosto de 2019. <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/serviciosam.html>.
- CONABIO. (2020). Biodiversidad Mexicana: Servicios ambientales. Recuperado el 16 de agosto de 2021. <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/serviciosam.html>

CONAFOR. (2015). Servicios ambientales. Recuperado el 22 de septiembre de 2023. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/servicios-ambientales-27810>

Domingo, G.O. (2002). Evaluación de impacto ambiental, un instrumento preventivo para la gestión ambiental. 2ª (ed). México. Mundi-prensa.

Gobierno del Estado de Aguas Calientes, (2009). Sistema de Indicadores Ambientales del Estado de Aguas Calientes. Recuperado el 20 de enero del 2019. <http://www.aguascalientes.gob.mx/imac/Gestionmunicipal/indicadores.aspx>.

Gobierno del Estado de México, (2015). Ficha técnica Parque estatal Sierra de Guadalupe. Recuperado el 22 de septiembre del 2023. <https://1library.co/document/qv100rdq-parque-estatal-denominado-sierra-de-guadalupe.html>.

Guzmán, A. J. (2021). Diagnóstico ambiental del Lago Espejo de los Lirios en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

INEGI, (2020). Áreas Geoestadísticas Municipales, Recuperado el 22 de septiembre de 2023. <https://www.inegi.org.mx/app/ageeml/>.

Juárez, S. (1999). Diagnóstico ambiental de la actividad agrícola en el poblado de Tenopalco, Estado de México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw. B. B., Balsley. J. R. 1971. A procedure for evaluating environmental impact. Geological Survey Circular.

Ley de Parques Estatales y Municipales. 2001. Toluca de Lerdo. Decreto 41

Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México. 2001. Toluca de Lerdo. Decreto 41.

Ley general de desarrollo forestal sustentable. 2022. Ciudad de México. DOF 28-04-2022

Ley general de vida silvestre. 2021 Ciudad de México. DOF 20-05-2021

Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. 2023. Ciudad de México. DOF 08-05-2023.

Ley orgánica de la administración pública federal. 2023. Ciudad de México. DOF 03-05-2023

López, A, A. (2019). Diagnóstico ambiental de la localidad "Magdalena Jaltepec", en el municipio de Magdalena Jaltepec, Oaxaca, México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

López, A. E. (2020). Diagnóstico ambiental y una aproximación a la valoración de los servicios ambientales de la localidad San Jerónimo, municipio el Arenal, Hidalgo. . Tesis de Licenciatura. FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Kristensen, P. (2004). The DPSIR Framework. National environment Research Institute. Kenya.

Lugo H., Salinas, M. A. (1996). Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la Ciudad de México) y su relación con peligros naturales. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 13(2) 240-251.

Martínez, C. E. (1992). Recursos naturales, biodiversidad, conservación y su uso sustentable. Botánica y fitosociología 1:11-18

Méndez, C., Camarillo, R., Villagrán, S.C., Aguilar, C. (1992) Observaciones sobre el *status* de los anfibios y reptiles de la Sierra de Guadalupe y Distrito Federal- Estado de México. Serie. Zool. 63(2) 249-156.

Mendoza, M. T. (2015). Diagnóstico ambiental del Centro de Conservación e Investigación en San Cayetano Edo de México. Tesis de licenciatura. FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Moreno, D.M., 2014. Diagnóstico ambiental del parque ecoturístico Presa el Llano, villa del Carbón, Estado de México. Tesis de Licenciatura FES Iztacala UNAM.

Navarro, R. I. 2015. Diagnóstico ambiental de las comunidades ejido del socorro, san Sebastián Xhala y Parque industrial Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México y su aplicación en un modelo de educación ambiental. Tesis de licenciatura. FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Paniagua, F. C. (2016). Revisión bibliográfica del estado de conservación del área natural protegida “Parque Estatal Sierra de Guadalupe”. Tesis de Licenciatura. ENCB. Instituto Politécnico Nacional.

Prevotchkova, M., Oggioni, J. (2014). Global and Mexican analytical review of the state of the art on ecosystem and environmental services: A geographical approach. Inv. Geográficas 1(85)47-65.

Peterson, R.T., Chalif. E.L. Aves de México: guía de campo: identificación de todas las especies encontradas en México, Guatemala, Belice y El Salvador. 2a Ed. México.

Ramírez, G. J. (2017). Diagnóstico ambiental de la localidad de Agua Zarca, Municipio de Juchitán, Guerrero. Tesis de licenciatura. FES Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Ramos, S. A. N. 2004. Metodologías matriciales de evaluación ambiental para países en desarrollo: Matriz de Leopold y Método Mel-Enel. Tesis de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Reyes. R. B. 2013. Diagnóstico ambiental de la sierra de Guadalupe en las inmediaciones del parque residencial Coacalco, Estado de México. Tesis de Licenciatura. UNAM. FES Iztacala México.

Rodríguez, G.M.L., López, B.J., Vela, C.G. 2011. Indicadores ambientales biofísicos a escala detallada para la planeación territorial en Milpa Alta, Centro de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 1(80) ,21-35

Rodríguez, G.M.L., López, B.J., Vela, C.G. 2014. Desarrollo de comunidades rurales y degradación de recursos forestales en la región. Occidente de México. Economía informa. 1(386) 16-30.

Rojas, P. G. 2013. Diagnóstico ambiental del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Tlaxiaco, Estado de México. Tesis de Licenciatura FES. Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Roque, P. J. (2016). Diagnóstico Ambiental de las inmediaciones del Parque Ecológico Ehecatl del municipio de Ecatepec de Morelos. Tesis de Licenciatura. UNAM. FES Iztacala México.

Ruiz, P.M., García, F.C., Sayer. J.A. (2007) Los Servicios ambientales de los bosques. Ecosistemas. 16(3)81-90.

Rzedowski. G.C.J., Rzedowski. 2005. Flora fanerogámica del valle de México 2ª (ed.) México. Instituto nacional de Ecología

Secretaría de Ecología, (1999). Programa de Manejo del Parque Estatal “Sierra de Guadalupe”. Gaceta del Gobierno, Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de México.1 (26) 1-36.

Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (2001) NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SEMARNAT-2001, Que establece los procedimientos y lineamientos que se deberán observar para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos forestales de pastoreo.

Secretaría de medio ambiente y recursos naturales, Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo, rural pesca y alimentación (2007) Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007, Que establece las especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario.

SEMARNAT. 2003. Introducción a los servicios ambientales. Recuperado el 16 de agosto del 2018. <http://conanp.gob.mx/acciones/programa.php>

SEMARNAT, (2016). Conjunto básico del desempeño Ambiental. Recuperado el 22 de mayo de 2020 http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores16/conjuntob/00_conjunto/marco_conceptual2.html,

SEMARNAT, 2017. Marcos conceptuales de indicadores ambientales. Recuperado el 15 de enero de 2019. http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores14/conjuntob/00_conjunto/marco_conceptual2.html

SEMARNAT, (2021). Servicios ambientales o ecosistémicos, esenciales para la vida. Recuperado el 30 de marzo de 2023 <https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/servicios-ambientales-o-ecosistemas-esenciales-para-la-vida?idiom=es>

Universidad de Texas. 2008. Anfibios y reptiles de México: claves ilustradas para su identificación Estados Unidos de América.