



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL

LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

**“ESTRATEGIAS INTERNACIONALES Y NACIONALES EN EL
ESTABLECIMIENTO DE LAS ÁREAS NATURALES
PROTEGIDAS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA

AIDÉ NATALI LUGO ÁLVAREZ

DIRECTORA DE TESIS
DRA. EN C.A. Y R.N. RUTH MORENO BARAJAS



TOLUCA, ESTADO DE MEXICO

AGOSTO, 2023

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	6
ANTECEDENTES	9
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
JUSTIFICACIÓN	20
CAPÍTULO 1. MARCO CONCEPTUAL.....	22
1.1. FUNDAMENTOS GEOLÓGICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN ÁREA PROTEGIDA	22
1.2. CARACTERÍSTICAS BIOGEOGRÁFICAS DE LAS ZONAS PRIORITARIAS	32
1.2.1. DISEÑO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.....	36
1.3. FUNDAMENTOS ECOLÓGICOS EN SITIOS PRIORITARIOS DE CONSERVACIÓN	41
1.4. ANTECEDENTES SOBRE EL ESTABLECIMIENTO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.	51
CAPITULO 2. MARCO DE REFERENCIA	56
2.1. EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN).	56
2.2. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS INTERNACIONALES Y SUS CATEGORÍAS.....	60
2.3. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE COMPETENCIA FEDERAL	62
2.4. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE COMPETENCIA ESTATAL.....	65
CAPÍTULO 3. MÉTODO Y RESULTADOS.	70
3.1. ECOLÓGICO.....	71
3.1.1. Fauna.....	71
3.1.2. Vegetación.	72
3.2. BIOGEOGRAFÍA.	73
3.3. GEOLÓGICO.....	73
RESULTADOS	75
3.4. IMPORTANCIA ECOLÓGICA.	75
3.4.1. Fauna.....	75
3.4.2. Herpetofauna (Anfibios y Reptiles).....	76
3.4.3. Aves	79

3.4.4. Mamíferos	81
3.4.5. Peces	84
3.4.6. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA FAUNA EN EL ESTADO DE MÉXICO	87
3.4.7 Vegetación	90
3.5. IMPORTANCIA BIOGEOGRÁFICA.	100
3.5.1. Regiones Biogeográficas de México y del Estado de México	100
3.5.2. Provincias del Estado de México.	102
3.6. IMPORTANCIA GEOLÓGICA	109
3.6.2. Geología del Estado de México.	111
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	120
CONCLUSIONES	127
REFERENCIAS	129

Índice de Diagramas.

Diagrama 1. Valores de la Geo conservación en Áreas Protegidas.....	25
Diagrama 2. Principios para el Establecimiento de Áreas Protegidas.....	27
Diagrama 3. Principales Usos para Evaluar un Geo Sitio.....	29
Diagrama 4. Estrategias de Buen manejo de Zonas Biogeográficas.....	39
Diagrama 5. Sistema de Reserva para Proteger Áreas.....	50
Diagrama 6. Componentes del Estado de México, México, 2015.....	69
Diagrama 7. Metodología, 2023.....	71

Índice de Imágenes.

Imagen 1. Mapa que Indica todas las Islas.....	34
Imagen 2. Modelo Clásico de Meta población.....	35
Imagen 3. Tamaño Adecuado para Estableces Reservas.....	38
Imagen 4. Corredores Biológicos en México.....	40
Imagen 5. Manada de Lobos en el Parque Yellowstone.....	47
Imagen 6. Búho Moteado.....	48
Imagen 7. Reserva Natural Isla Inner Farne, Costa Inglesa.....	52

Imagen 8. Parque Nacional Yellowstone, Estados Unidos.....	53
Imagen 9. Parque Nacional Desierto de los Leones, México.....	53
Imagen 10. Localización del Estado de México.....	67

Índice de Cuadros.

Cuadro 1. Áreas Protegidas y Manejadas en Diversas Regiones Geográficas del Mundo.	59
Cuadro 2. Áreas Naturales Protegidas Registradas, 2002.....	61
Cuadro 3. Diversidad de Anfibios del Estado de México, México, 2009.....	77
Cuadro 4. Diversidad de Reptiles del Estado de México, México, 2009.....	78
Cuadro 5. Diversidad de Aves del Estado de México, México, 2009.....	80
Cuadro 6. Diversidad de los Mamíferos del Estado de México, 2009.....	81
Cuadro 7. Municipios con Mayor Riqueza de Especies de Mamíferos en el Estado de México, 2009.....	82
Cuadro 8. Estado de Conservación de los Peces del Estado de México, México, 2009..	86
Cuadro 9. Categorías de Riesgo de las Especies del Estado de México, México,2021...	88
Cuadro 10. Superficie Forestal por Formación a nivel municipal (Hectáreas). Estado de México, 2014.....	91
Cuadro 11. Formaciones de Cobertura Vegetal en el Estado de México, 2014.....	94
Cuadro 12. Subprovincias del Eje Neovolcánico Transversal, 2019.....	105
Cuadro 13. Biodiversidad de las Regiones Biogeográficas del Estado de México, México.....	108
Cuadro 14. Principales Volcanes y Elevaciones del Estado de México, 2017.....	109
Cuadro 15. Estratigrafía de la Provincia del Eje Neovolcánico Transversal, Estado de México, 1981.....	112
Cuadro 16. Estratigrafía de la Provincia de la Sierra Madre del Sur, Estado de México, 1981.....	116

Índice de Mapas.

Mapa 1. Regiones Biogeográficas. 2013.....	36
Mapa 2. Ecosistemas del Estado de México, México, 2022.....	75
Mapa 3. Anfibios del Estado de México, México, 2021.....	77

Mapa 4. Reptiles del Estado de México, México, 2021	78
Mapa 5. Aves del Estado de México, México, 2021	80
Mapa 6. Mamíferos del Estado de México, México, 2018.....	83
Mapa 7. Ictiofauna del Estado de México, México, 2018.....	86
Mapa 8. Vegetación del Estado de México. 2014.....	93
Mapa 9. Regiones Biogeográficas del Estado de México.....	100
Mapa 10. Fisiografía del Estado de México, 2001. México.....	104
Mapa 11. Provincia de Cuenca Hidrográfica en el Estado de México, 1990, México....	107
Mapa 12. Volcanes del Estado de México.....	110
Mapa 13. Geología del Estado de México, 1983, México.....	119

Índice de Graficas.

Grafica 1. Áreas Naturales Protegidas en Latinoamérica.....	59
Grafica 2. Áreas Naturales Protegidas Federales, México, 2023.....	64
Grafica 3. Superficie de las Áreas Naturales Protegidas por cada categoría, México, 2023.....	65
Grafica 4. Áreas Naturales Protegidas del Estado de México, 2019.....	66
Grafica 5. Administración de las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México, 2019.....	66

INTRODUCCIÓN

A nivel internacional de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), las Áreas Naturales Protegidas fueron creadas como estrategia de protección de las cuencas hidrográficas que aseguraban la provisión de agua para la actividad agrícola y los asentamientos humanos, o como lugares escénicamente atractivos, también otro motivo fue por la iniciativa de sociedades tradicionales que desean mantener sus modos de vida o preservar sus tierras, y finalmente para la conservación de la diversidad biológica de los recursos naturales, este último punto es la estrategia más efectiva para el establecimiento de áreas naturales protegidas legalmente, gobernadas por leyes y reglamentos que permiten el uso tradicional y comercial de la comunidad, así como de recreación, investigación científica y preservación del hábitat (Primack, 2001).

A nivel nacional la primer Área Natural Protegida con decreto fue el “Desierto de los Leones” con el propósito de proteger 14 manantiales que abastecen de agua a la Ciudad de México, más adelante se incluyeron funciones sociales, así como también limitaciones y regulaciones para el aprovechamiento de los recursos naturales (CONANP, 2011). México cuenta con 187 áreas naturales protegidas administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegida (CONANP) (CONANP. 2023). Mientras a nivel estatal, el Estado de México cuenta con 90 áreas naturales protegidas con base en el prontuario de la Comisión Estatal de Parque Naturales y de la Fauna (CEPANAF), siendo el estado con mayor número de áreas protegidas del país (CEPANAF, 2022).

Los elementos que la UICN sugiere se consideren para la creación de las áreas protegidas son características ecológicas, biogeográficas y geológicas, ya que estas características nos permitirán identificar zonas prioritarias para su conservación y protección de la diversidad biológica. A partir del endemismo de especies de flora y fauna, se encuentren en alguna categoría de conservación como la de amenaza o riesgo, paisajes únicos, estructuras geológicas relevantes que nos muestran la historia y evolución del Planeta y la importancia ecológica que ayuda el buen funcionamiento de los ecosistemas.

Por lo anterior el objetivo general de este trabajo fue analizar los fundamentos ecológicos, biogeográficos y geológicos que se deben considerar en el establecimiento de la Áreas Naturales Protegidas mediante la revisión de los criterios que se establecen a nivel internacional y nacional para identificar los sitios prioritarios de conservación en las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México.

Para ello, se realizó la revisión y análisis de literatura especializada y mapas cartográficos con el objetivo de identificar sitios prioritarios en donde se concentra las especies de flora y fauna, estructuras geológicas importantes para la entidad y la conectividad que hay entre cada área natural protegida de la entidad, dar a conocer las estrategias de acuerdo con estos criterios.

Los resultados que se obtuvieron muestran que las zonas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, en base a los datos obtenidos en la investigación se identificaron que estas principales ANP tienen una notable concentración en las que se encuentran en la zona centro y norte del estado, en el centro se encuentran las ANP que son Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Parque Nacional Bosencheve, Área Natural Protegida denominada Zona Protectora Forestal Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Parque el Salto de Chihuahua, Parque Monte Alto, Parque Natural de Recreación Popular denominado Sierra de Nanchititla, Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, Parque Hermenegildo Galeana, Lagunas de Zempoala, Corredor Biológico Chichinautzin, Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla La Marquesa, Desierto del Carmen o de Nixcongo y el Parque Ecológico y Recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacan, y al norte en el Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala la Bufo, denominado Parque Otomí – Mexica, Parque Natural de Recreación Popular denominado El Ocotil, Parque Estatal denominado Santuario del Agua Sistema Hidrológico Presa Huapango y el Parque Estatal para la Protección y Fomento del Santuario del Agua Laguna de Zumpango. De acuerdo con los programas de conservación se obtuvo el total de número de especies de vertebrados de cada área natural protegida que son los anfibios con 47 especies, reptiles 59 especies, aves 344 especies y mamíferos con 60 especies, que se encuentra en una superficie de

633, 050. 92 has. Por lo que se concluye de acuerdo con los objetivos específicos donde se hizo una revisión, identificó y se analizó las características de cada ANP, que tenemos que realizar estrategias de conservación y protección que ayuden a preservar las características biológicas, biogeográficas y sus procesos evolutivos y geológicos primordiales de estas ANP, lo que fomentaría la investigación científica, cultural y educativo, a partir de este estudio se tome en cuenta estas características para el establecimiento de nuevas áreas naturales protegidas.

ANTECEDENTES

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) realizó un plan de acción en 1982 en Bali con el fin de reconocer la necesidad de conservar los ecosistemas con el objetivo de ampliar una red de parques nacionales y áreas protegidas que cubran todas las regiones. Se está haciendo una evaluación de todas las regiones del mundo para analizar la importancia de conservación y necesidad de acción. Con esta información se clasifican los países de acuerdo con sus necesidades de conservación (Primack, 2001).

Una nueva iniciativa de conservación realizada por la WWF, la cual utiliza los criterios como: riqueza de especies, niveles de endemismo, peculiaridad taxonómica, procesos ecológicos o evolutivos únicos y la rareza del tipo de hábitat para identificar 233 ecorregiones de primera prioridad para la conservación. Estas ecorregiones son conocidas como Global 200, buscan la protección equilibrada entre los ecosistemas y los otros tipos de hábitats que están distribuidos en las diferentes regiones biogeográficas del planeta. Estas regiones tienen biotas únicas y diversas que han sido menos considerados en los esfuerzos de conservación (Primack, 2001).

Para evaluar la efectividad de los programas de conservación se debe contrastar las prioridades de la biodiversidad con las áreas protegidas existentes y propuestas. Esta diferencia permite identificar gaps o vacíos en la preservación de la biodiversidad y que necesitan designar nuevas áreas naturales protegidas.

A nivel internacional estos programas de conservación tienen como objetivo proteger ejemplares representativos de todas las comunidades biológicas, mientras que a nivel nacional o regional cuando los tipos de ecosistemas más importantes están incluidos en un sistema de áreas protegidas, la diversidad biológica es protegida efectivamente (Primack, 2001).

Se ha propuesto crear reservas para proteger todos los tipos de vegetación, con superficies suficientemente grandes que abarquen a todas las poblaciones viables para su conservación.

El análisis a través de los sistemas de información geográfica (SIG) facilita identificar las áreas críticas que deben ser incluidas dentro del sistema de parques nacionales. La serie de imágenes en el tiempo revelan patrones de fragmentación y destrucción del hábitat que necesitan atención urgente (Primack, 2001).

Las migraciones estacionales son importantes ecológicamente para el ecosistema puesto que generan interrelaciones entre las comunidades. La movilidad estacional se debe considerar fundamentalmente para la conservación de los paisajes. Por ejemplo, el quetzal es un ave frugívora que realiza migraciones altitudinales. Sus movimientos estacionales han ayudado a evaluar el diseño de un área protegida en Costa Rica de acuerdo con su capacidad de proteger a los migrantes estacionales (Primack, 2001).

Se marcaron y monitorearon a 26 individuos incluyendo a ocho recapturados durante un periodo de 3 años. Se monitorearon las aves marcadas cada año desde su área de nidificación que se encuentra sobre los 1,500 m de altitud, en todos los casos se dividen en dos migraciones separadas que se dirigían hacia dos localidades de hábitats de bosque de menor altitud en las pendientes del Pacífico y del Atlántico de las montañas Tilarán en el mismo país (Primack, 2001).

El primer movimiento que realizaron fue hacia abajo en la pendiente del Pacífico entre 1,000 y 1,400 m, en donde permanecieron durante tres o cuatro meses en fragmentos de bosque sin protección.

Regresaron a través de sus áreas de reproducción hacia las localidades en la pendiente del Atlántico entre 500 y 1,000 m, donde, permanecieron de dos a tres meses. Posteriormente regresaron al área de nidificación para la temporada de reproducción.

Existen 11 zonas de vida en Costa Rica sobre los 500 m que constituyen el límite de la distribución del quetzal. Estas poblaciones se reproducen fundamentalmente en la zona vital del bosque lluvioso montano bajo.

Los datos colectados en este estudio de George V. N. Powell y Robin Bjork demuestran que las interconexiones biológicas entre varios hábitats más importantes en Mesoamérica. Las problemáticas que se encuentran actualmente son en la falta de

protección de los hábitats a la pendiente del Pacífico lo que provoca que los quetzales y otros migrantes altitudinales disminuyan en número y eventualmente se extingan a medida que los hábitats naturales remanentes del Pacífico sean eliminados. Con esta problemática se deben hacer esfuerzos para expandir la protección a estos hábitats a través de un establecimiento de áreas protegidas o mediante programas cooperativos de conservación de bosques con propietarios de las tierras (Primack, 2001).

Es importante resaltar que para el establecimiento de un área protegida se debe considerar las características geológicas de la zona, por lo que en el siguiente estudio de caso donde se busca identificar zonas prioritarias de geo conservación y darle importancia a este criterio.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) realizó un estudio sobre la geo conservación en áreas protegidas, muchas de las áreas protegidas son declaradas por su valor de geo patrimonio, este valor incluye a uno de los primeros parques del mundo que es el parque Yellowstone en Estados Unidos, algunas áreas protegidas son sitios de tipo global o regional para las etapas en la historia de la Tierra, los crono horizontes en las rocas representan los límites de los diferentes periodos geológicos. Otros ejemplos de eventos importantes en los procesos geológicos y la evolución de los continentes y de los océanos, es sobre la colisión entre las placas tectónicas de India y Eurasia para crear el Himalaya y la meseta tibetana. Mientras otras áreas protegidas son declaradas por su importancia en la investigación, como las secuencias de rocas invertidas resultado de las colisiones entre placas tectónicas y el cabalgamiento o falla inversa que se da que los estratos más antiguos se desplazan sobre los estratos más jóvenes, un ejemplo de esta actividad se encuentra en la zona de cabalgamiento de Moine en Escocia. Muchas otras son importantes en las áreas protegidas porque sus fósiles muestran etapas clave en la evolución de la vida en la Tierra, como Burgess Shale en los parques nacionales Yoho y Kootenay, Columbia Británica, Canadá (Crofts, 2019).

Otro elemento importante para el establecimiento de las áreas protegidas es que se encuentre minerales, lo que refleja una evolución geoquímica. Son importantes por sus

procesos geológicos actuales, ejemplos son la separación de placas tectónicas en Islandia, o el desarrollo de accidentes geográficos glaciales en la Península Antártica (Crofts, 2019).

Además, muchas áreas protegidas son declaradas debido a que sus rasgos geológicos y geomorfológicos son visual y escénicamente dominantes en el paisaje, y muy a menudo tienen un significado icónico en la historia cultural del área y la nación. Ejemplos de esto son las Montañas Doradas del Altái en la Federación Rusa, la montaña Bogd Khan en Mongolia y el Parque Nacional de Triglav en Eslovenia. Muchos componentes de la geodiversidad también tienen un significado cultural directo, como las cuevas que conservan pinturas e inscripciones u otros valores sagrados de períodos antiguos de la ocupación humana (Crofts, 2019).

En un caso de estudio realizado en México, particularmente en la Península de Baja California, se analizará las áreas prioritarias de geo conservación, y se determinara las áreas prioritarias de geo conservación (APG) las cuales tienen un alto potencial para la conservación por su riqueza, endemismo y micro – endemismo. La Península se debe fundamentalmente al desarrollo de los movimientos tectónicos, se caracteriza por el predominio del relieve, regiones volcánicas cuaternarias, tales como volcanes alineados y sobrepuestos que crean grandes elevaciones, creados de lava, sobre todo en la vertiente occidental, con diferente grado de disección vertical y la erosión fluvial originado por el levantamiento en la costa oriental de la Península.

Esta investigación aplico métodos y materiales para identificar zonas de alto potencial para geo conservación, los métodos que se utilizaron son: la regionalización y la tipología físico-geográfica, la cual es un método universal para ordenar, organizar y clasificar la superficie terrestre, que es utilizado en estudios geográficos expresados en la cartografía del paisaje. La clasificación del paisaje natural a nivel regional se divide en dos vías que son la regionalización físico-geográfica o por medio de la tipología físico-geográfica (Álvarez, et al, 2013).

Con lo anterior, se presentó la metodología de riqueza y endemismo de las plantas ubicadas en la península, para localizar donde hay mayor concentración de plantas

endémicas, estas se reconocen como indicadores para la planificación y diseño de áreas naturales protegidas. Además, con estas variables se utilizaron los análisis de regresión lineal y de correlación para definir la relación entre estas variables. Se estimaron dos modelos, el primero que es la regresión lineal para los distritos y regiones, se obtuvo un resultado positivo entre la riqueza y el endemismo, mientras que en el segundo modelo que se dio a nivel regional donde también identifiqué una correlación positiva, pero entre la relación de riqueza y micro – endemismo (Álvarez, et al, 2013).

El siguiente paso de la metodología es la relación de la riqueza, endemismo y micro – endemismo, se hizo una sobreposición de la información de las categorías de riqueza y endemismo y con base en los resultados se caracterizaron las regiones y distritos, con esta combinación proporcionó como resultado un mapa cartográfico, con esta información se permitió establecer las áreas de geo conservación en el territorio (Álvarez, et al, 2013).

En resultado de este caso de estudio muestra que el potencial del territorio peninsular de geo conservación es muy alta, esto de acuerdo con la distribución de la riqueza, endemismo y del micro – endemismo en los distritos y regiones físico – geográficos y por último se debería incluir en las políticas ambientales, consideradas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la categoría de geo conservación.

Con este análisis sobre la geo conservación en la Península de Baja California y sus métodos para identificar zonas prioritarias, presenta relación con las características biogeográficas, por lo que, en el siguiente caso de estudio realizado por Exequiel y Riemann en el año 2013, se explican las características biogeográficas para localizar zonas prioritarias y los endemismos de las especies.

Este estudio analiza sobre el endemismo vegetal y espacios naturales protegidos en la Península de Baja California, México, donde uno de los criterios importantes para asignar áreas protegidas de alta prioridad es el endemismo, es decir, especies locales, ecorregionales y nacionales, son especies que tienen una distribución restringida esto se

debe a las características latitudinales, los patrones climáticos, la topografía, la ubicación y la geología que generan patrones únicos de distribución de especies de la región. Sin embargo, una alta riqueza de especies endémicas puede no corresponder a una alta riqueza de especies. En México esta asociación entre diversidad y especies endémicas es más notable en vertebrados, un ejemplo de esto es que en el país tiene una clara disociación entre la riqueza de especies y el endemismo, donde un bosque tropical tiene una gran riqueza de especies en el suroeste, pero no tiene especies endémicas, mientras que en las zonas templadas y ecorregiones áridas del norte se encuentran una alta riqueza de plantas endémicas (Exequiel, 2005).

Es por ello que en las zonas áridas y en los ecosistemas templados se debería considerar al endemismo para el establecimiento de zonas protegidas, ya que por ejemplo Wiggins (1980), describió a 2,934 especies de plantas, de las cuales el 20% de las plantas son endémicas de la península (Exequiel, 2005).

Un alto número de especies endémicas en una región es posible gracias al resultado de dos procesos que favorece la especiación biológica:

1. La heterogeneidad del paisaje, este proceso se refiere a la variedad de ecosistemas que hay en la región, lo que favorece a identificar zonas prioritarias y
2. El aislamiento de la península de baja california, las especies endémicas que tienen una distribución restringida en la península y que están determinados por sus patrones biogeográficos.

Los límites y ecotonos entre zonas de limitada lluvia influyó en los procesos adaptativos que dieron origen a las neo endemias (son taxones recientes y restringidos) del pleistoceno en la región, alternativamente, las paleo endémicas (taxones antiguos, restringidos y aislados en una zona geográfica) del terciario se deben a la estabilidad y presencia climática a largo plazo de las regiones cercanas al océano pacífico (Noguera, 2017).

En la península de Baja California, como ya se mencionó tiene un importante índice de endemismos, se han determinado 14 decretos de protección de áreas. Varios de sus

pronunciamientos declaran grandes reservas forestales que fueron creadas por motivos distintos a la conservación de la biodiversidad, además no se llevan a la práctica y no se encuentran bien definidos los polígonos. Actualmente se encuentra 65.725 km² bajo el régimen de protección, esto incluye a 6 reservas de la biosfera, 2 parques nacionales, uno de área de protección de flora y fauna y 2 parques nacionales marinos, del total de las áreas protegidas, el 85.3% son ambientes terrestres, representando el 39.5% del total del suelo en el área (Exequiel, 2005).

Los métodos que se usaron para identificar que especies endémicas que pueden ubicarse en áreas protegidas y también de las que no se encuentran bajo protección, fue a través de la literatura, así como de herbarios nacionales e internacionales, además de la definición biogeográfica de la península y los límites políticos entre Baja California y Baja California Sur.

Se utilizaron mapas topográficos a una escala 1:250,000 sobre los taxones y su ubicación geográfica que se obtuvo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para obtener cuatro mapas; el primero la topografía de la península; segundo los sitios de referencia de los taxones; tercero los límites de las áreas protegidas decretadas y cuarto, las cinco principales regiones fitogeográficas (Exequiel, 2005).

Los cuatro mapas, se superponen para identificar las áreas de brecha o regiones endémicas desprotegidas.

Los resultados muestran la existencia de 3,789 especies existentes, de estas el 20% son endémicas de la península y de las islas adyacentes, tres cuartas partes de las plantas autóctonas tienen distribución afuera del territorio y el 6% son especies introducidas (Exequiel, 2005).

Asimismo, solo 567 de los taxones se encuentran en las áreas naturales protegidas, que son las reservas de la biosfera el Vizcaíno y Sierra de la Laguna y la reserva de biosfera Alto Golfo de California (Exequiel, 2005).

Para lograr la conservación exitosa de taxones raros y endémicos es necesario tener en cuenta la distribución de regiones ricas en endemismo, estas regiones deben ser de alta

prioridad para la creación de nuevas áreas protegidas, especialmente si las áreas centrales de nuevas reservas deben tener un alto nivel de protección (Exequiel, 2005).

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los fundamentos ecológicos, biogeográficos y geológicos que se deben considerar en el establecimiento de las Áreas Naturales Protegidas en el Estado de México?

Objetivo General

Analizar los fundamentos ecológicos, biogeográficos y geológicos que se deben considerar en el establecimiento de la Áreas Naturales Protegidas mediante la revisión de los criterios que se establecen a nivel internacional y nacional para identificar los sitios prioritarios de conservación en las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México.

Objetivos Específicos

- Realizar una revisión de los fundamentos ecológicos, biogeográficos y geológicos para el establecimiento de las Áreas Naturales Protegidas en el Estado de México, mediante el análisis de literatura especializada.
- Identificar las características de importancia ecológica, biogeográfica y geológica de las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México, mediante la revisión y análisis de literatura especializada.
- Analizar cuales Áreas Naturales Protegidas del Estado de México se pueden considerar sitios prioritarios de conservación bajo los criterios ecológicos, biogeográficos y geológicos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel nacional se han decretado 187 Áreas Naturales Protegidas, los aspectos que se consideraron para el establecimiento de estas zonas en el país fueron principalmente para conservar sus ecosistemas, su belleza natural, normar y racionalizar las actividades productivas, el valor histórico y cultural, monumentos arqueológicos, por sus formaciones geológicas, gran valor científico, por sus servicios ambientales, restauración, protección y recuperación del ecosistema, conservación de la cubierta vegetal e hidrología, por su atractivo turístico, proteger y manejar corredor biológico, repoblación, desarrollo de especies endémicas, amenazadas y en peligro de extinción y que constituyan una fuente de ingresos económicos. Estos criterios se tomaron en cuenta para la creación de las categorías de áreas naturales federales.

Por otra parte, en el Estado de México se decretaron 90 Áreas Naturales Protegidas demostrando que es la entidad con mayor número en el país, los aspectos que se consideraron para establecer estas áreas fueron; por la importancia biológica, conservación, proteger, restaurar y aprovechar los recursos naturales, la belleza escénica, atractivo turístico, conservación de suelos y cubierta vegetal, patrimonio ecológico, identidad cultural y fomento a la investigación científica y educación ambiental. Aunque también se menciona que uno de los criterios es la gran riqueza de fauna silvestre y la importancia geológica, esto no se refleja en los objetivos de los programas de conservación y manejo. Una problemática es que en algunas de estas áreas protegidas no se han implementado planes de manejo por falta de datos y que existen inconsistencias que no permiten que se cumplan con los objetivos, debido que solo cuentan con 62 programas de manejo (prontuario) al 2023, por lo tanto, no se reportan inventarios de biodiversidad y las problemáticas asociadas no se atienden a través de acciones y estrategias concretas.

Pocas de las áreas naturales protegidas se han decretado por las características ecológicas, biogeográficas y geológicas, y de los objetivos establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) que son la conservación de la composición, estructura, función y procesos evolutivos, diversidad de paisajes y

especies, conservar rasgos relevantes geológicos y de importancia cultural, científica y espiritual (Dudley, N., 2008).

Cuando no se cumplen estos criterios se presentan problemáticas que llevan a que se pierda características geológicas, ecológicas y biogeográficas relevantes, esto es ocasionado por la fragmentación de los ecosistemas, pérdida de exposiciones y formaciones geológicas únicas, pérdida de especies de flora y fauna y disminución de los servicios ambientales que satisfacen a la población.

Todos estos factores no permiten que se cumpla los objetivos de conservación y protección de las áreas naturales protegidas, así como generan obstáculos para identificar y descubrir nuevas áreas y lograr el establecimiento de una área protegida de acuerdo con fundamentos ecológicos, biogeográficos y geológicos que nos proporcionara un campo para la investigación científica y educación ambiental, generar buenas prácticas de gestión para preservar la biodiversidad y llegar a un desarrollo sustentable.

JUSTIFICACIÓN

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) resalta que para lograr el establecimiento de un área natural protegida e identificar áreas prioritarias es fundamental considerar sus características ecológicas, biogeográficas y geológicas, la conservación de estos aspectos atribuye como un recurso científico y educativo que contribuye al conocimiento de la historia y procesos evolutivos del planeta.

Las áreas protegidas pueden ser importantes para conservar valores del patrimonio estético, cultural y espiritual que son importantes para el apoyo en la biodiversidad y en las funciones de los ecosistemas de las cuales provee de bienes y servicios ambientales, que beneficia directa e indirectamente a la sociedad que reciben del entorno natural y del buen funcionamiento de los ecosistemas.

Sin embargo, para que las zonas protegidas se puedan conservar a perpetuidad es fundamental que desde el momento de su decreto se consideren las características ecológicas, como es el caso de Costa Rica, donde se estableció una zona prioritaria mediante el análisis de las migraciones estacionales y altitudinales realizadas por el ave frugívora quetzal y así poder conservar este aspecto de su historia de vida. En el caso de Baja California, México donde se evaluaron las zonas prioritarias a través de los procesos geológico-evolutivos de la península y su biodiversidad.

Sin embargo, diversas ANP en México y en el Estado de México se decretan considerados muchas veces aspectos político administrativos o de manejo forestal, para el caso particular del Estado de México se presenta una gran riqueza de flora y fauna, importantes formaciones geológicas que dan cuenta de los procesos de la formaciones geológicas y la biodiversidad de la entidad, y que trasciende en la diversidad cultural, así como la relevancia de la investigación científica y la educación ambiental.

Hay pocos estudios que analicen de manera integral las características geológicas, ecológicas y biogeográficas para el establecimiento de las ANP o de las zonas prioritarias ya decretadas, un estudio de caso para el estado de México es el de Vertebrados en las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México. Análisis de registros de bases de

datos, donde se reportan sitios prioritarios en 30 ANP que al parecer corresponden a un corredor biológico (Moreno, et al., 2021), sin embargo, hace falta integrar al análisis de las causas de la presencia de esa biodiversidad.

Por lo anterior, con el presente trabajo de investigación se busca analizar y discutir la importancia de considerar los procesos que dieron origen a la biodiversidad que se encuentra en las zonas protegidas que fueron decretadas en el Estado de México y así destacar aquellas que son importantes zonas prioritarias de conservación de la biodiversidad de acuerdo con lo que establece la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

CAPÍTULO 1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. FUNDAMENTOS GEOLÓGICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN ÁREA PROTEGIDA

Los fundamentos geológicos para las zonas prioritarias son la historia y la evolución de la Tierra, los procesos geológicos y geomorfológicos, la variedad de rocas, minerales, fósiles, sedimentos y suelos que conforman la geodiversidad, durante el proceso se va relacionando con la biodiversidad para crear un área protegida.

La función de muchas áreas naturales protegidas depende de la comprensión de los procesos no biológicos por los que se ha decretado un área protegida, que están operando en el momento actual y que estos procesos puedan tener influencia en el futuro. Por otro lado, el área natural protegida puede tener muchas características geológicas relevantes, que son de interés para los visitantes, así como también pueden representar peligros significativos que deben de ser abordados por profesionales. Dar la importancia de la conexión que hay con la geo conservación y la conservación de la biodiversidad (Crofts, R, et al., 2020).

Es necesaria la geo conservación porque no existen medias especiales para su cuidado, se dice que las formas de la tierra y las rocas son razonables y no están sujetas a cambios o daños por la actividad humana, a largo plazo dichas actividades si causan algún tipo de impacto. La geodiversidad y el geo patrimonio, sin duda, es parte del patrimonio natural de la tierra, pero en comparación con la biodiversidad su conservación y gestión comenzaron recientemente a considerarse de manera más estructurada. Actualmente existen varios acuerdos y convenciones como la Convención del Patrimonio Mundial de la UNESCO y el programa de Geoparques Globales de la UNESCO, que incluyen la geo conservación (Crofts, R, et al., 2020).

Hoy en día, existe poca conciencia en la sociedad sobre la importancia de proteger los procesos y características geológicas y geomorfológicas para sus valores de patrimonio geológico, el papel de la geodiversidad es en el apoyo a la biodiversidad y las funciones y servicios de los ecosistemas.

Para lo que significa la geo conservación en las áreas protegidas, es necesario explicar conceptos clave para poder facilitar el alcance de las prioridades a todas las personas, a las instituciones y a los tomadores de decisiones para lograr la importancia que merece el tema. Dichos conceptos clave se desarrollan a continuación:

Geodiversidad: Es la variedad de rocas, minerales, fósiles, formas tierra, sedimentos, suelos, junto con los procesos naturales que los forman y alteran. Incluye características y procesos geológicos, geomorfológicos pasados y presentes que registran la historia de la Tierra, la evolución de las formas de vida representadas en el registro geológico, incluidas las plantas, los animales y sus hábitats. Los elementos de la geodiversidad proporcionan la base para la vida en la Tierra y mantienen el capital natural y los servicios de los ecosistemas. (Crofts, R, et al., 2020).

Geo patrimonio: Comprende aquellos elementos y características de la geodiversidad de la Tierra, ya sea individualmente o en combinación, que se considera que tienen un valor significativo por razones intrínsecas, científicas, educativas, culturales, espirituales, estéticas, ecológicas o del ecosistema y, por lo tanto, merecen conservación. El geo patrimonio constituye un legado del pasado que debe mantenerse en el presente y transmitirse en beneficio de las generaciones futuras (Crofts, R, et al., 2020).

Es importante apreciar la gama de elementos que componen el geo patrimonio in situ. Entre ellos se encuentran:

- Exposiciones rocosas que son únicas o representativas de determinados procesos geológicos o etapas de la evolución de la Tierra, ya sea a nivel global o en regiones concretas;
- Formas terrestres que son formas únicas, clásicas o representativas que surgen de procesos particulares en el presente o en el pasado (por ejemplo, la glaciación);
- Sistemas activos (por ejemplo, ríos, desiertos, glaciares y suelos); o
- Conjuntos de todos estos componentes.

Geo conservación: Se define como "la conservación de la geodiversidad por sus valores intrínsecos, ecológicos y (geo) patrimoniales" (Sharples, 2002). Esencialmente, la geo

conservación en las áreas protegidas es la práctica de conservar, mejorar y promover el conocimiento de la geodiversidad y el geo patrimonio. Por lo tanto, la geo conservación se ocupa principalmente de la conservación de características y/o elementos que tienen un valor geológico o geomorfológico especial. La geo conservación puede contribuir a mantener la biodiversidad y el funcionamiento de ecosistemas sanos, así como a la conservación del geo patrimonio (Crofts, R. et al., 2020).

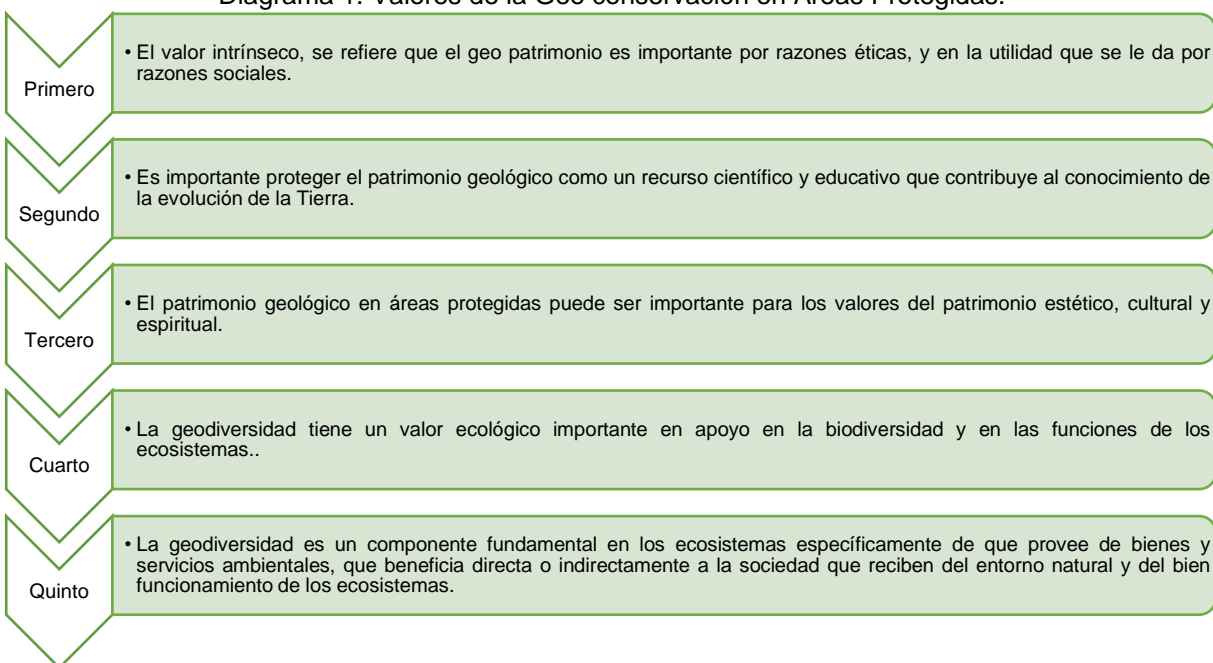
El siguiente concepto fue desarrollado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en el año 2020.

Geo sitio: El término "geositio" se utiliza para referirse a cualquier sitio que tenga un único rasgo o una variedad de rasgos y procesos geológicos o geomorfológicos que merezcan ser protegidos por su valor científico. El término "geositios" es la abreviatura de sitios geológicos o sitios geomorfológicos.

Al final uniendo todos los términos de manera jerárquica se establece: La geodiversidad es la totalidad de la naturaleza abiótica, de la que algunos elementos tienen un valor significativo que requiere su conservación, denominado geo patrimonio, que se gestiona en geo sitios, que son áreas formalmente protegidas o son "áreas conservadas", bajo la etiqueta genérica de geo conservación (Crofts, R. et al., 2020).

El objetivo de la geo conservación en áreas protegidas es conservar el geo patrimonio y la geodiversidad localizados en geo sitios. Se describen cinco valores básicos de la geo conservación para asegurar que se entienda y reconozca en la práctica. En el diagrama 1 se explican los cinco valores para la geo conservación en las áreas protegidas:

Diagrama 1. Valores de la Geo conservación en Áreas Protegidas.



Fuente: Crofts, R.*, Gordon, J.E., Brilha, J., Gray, M., Gunn, J., Larwood, J., Santucci, V.L., Tormey, D., and Worboys, G.L. (2020). Guidelines for geoconservation in protected and conserved areas. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 31. Gland, Switzerland: IUCN. *Corresponding author roger.dodin@btinternet.com. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-031-En.pdf>

La relación entre la geodiversidad y la biodiversidad es esencial para el término de ecosistema. El término “conserva el escenario de la naturaleza” se basa en la flora y fauna que para este término se identifican como los “actores” y la geodiversidad es el “escenario” en donde se desenvuelven. Para conseguir la conservación de la biodiversidad se considera que una de las mejores maneras de conseguirla es conservando el escenario.

Para el establecimiento de nuevas áreas protegidas y conservadas para la geo conservación se crearon nueve principios generales (Crofts, R. et al., 2020).

El principio uno: es en reconocer los múltiples valores del geo patrimonio y la geodiversidad, debe estar incluido en la gestión de las áreas protegidas.

Principio dos: la geo conservación para sea efectiva se requiere de un enfoque sistemático que involucre todos los aspectos de la identificación, evaluación, gestión y seguimiento del sitio.

Es necesario realizar inventarios de los intereses del patrimonio geológico y una evaluación de sus valores, seguido de una gestión eficaz de la conservación y monitoreo, el alcance a las partes interesadas para la mejora de la conciencia y la educación.

El principio tres: la gestión de los recursos naturales se debe solo “trabajar con la naturaleza”, permitiendo que los procesos operen con toda su gama de variabilidad. Se debe permitir que los sistemas y procesos naturales mantengan las tasas y magnitudes naturales de cambio y su capacidad de evolucionar interrumpidamente en su mayor parte o en todo su rango de variabilidad.

Principio cuatro: los sistemas y procesos naturales se basan en un conocimiento sólido y gestionarse de manera integrada. La gestión de la conservación en los sistemas activos debe basarse en la comprensión de los procesos abióticos subyacentes. Por lo tanto, se debe evitar hacer el manejo en un sistema natural aislado de los demás elementos, la gestión de efectos de conectividad y las dependencias entre los diferentes sistemas. Identificar los patrones de la geodiversidad y el vínculo con la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas.

Principio cinco: dentro de las estrategias de la geo conservación se debe incluir la evaluación de vulnerabilidad y riesgos. Estas estrategias deben incluir una evaluación de vulnerabilidad del sitio y la resistencia a una variedad de presiones humanas y cambios naturales.

Principio seis: se deben reconocer los inevitables cambios naturales, ninguno de los elementos del entorno natural es estático y los cambios se producirán de manera natural.

Principio siete: hay que evaluar los efectos del cambio climático global y actuar de la mejor manera posible dando un enfoque basado en riesgo para ayudar a priorizar los sitios y las características para monitorear.

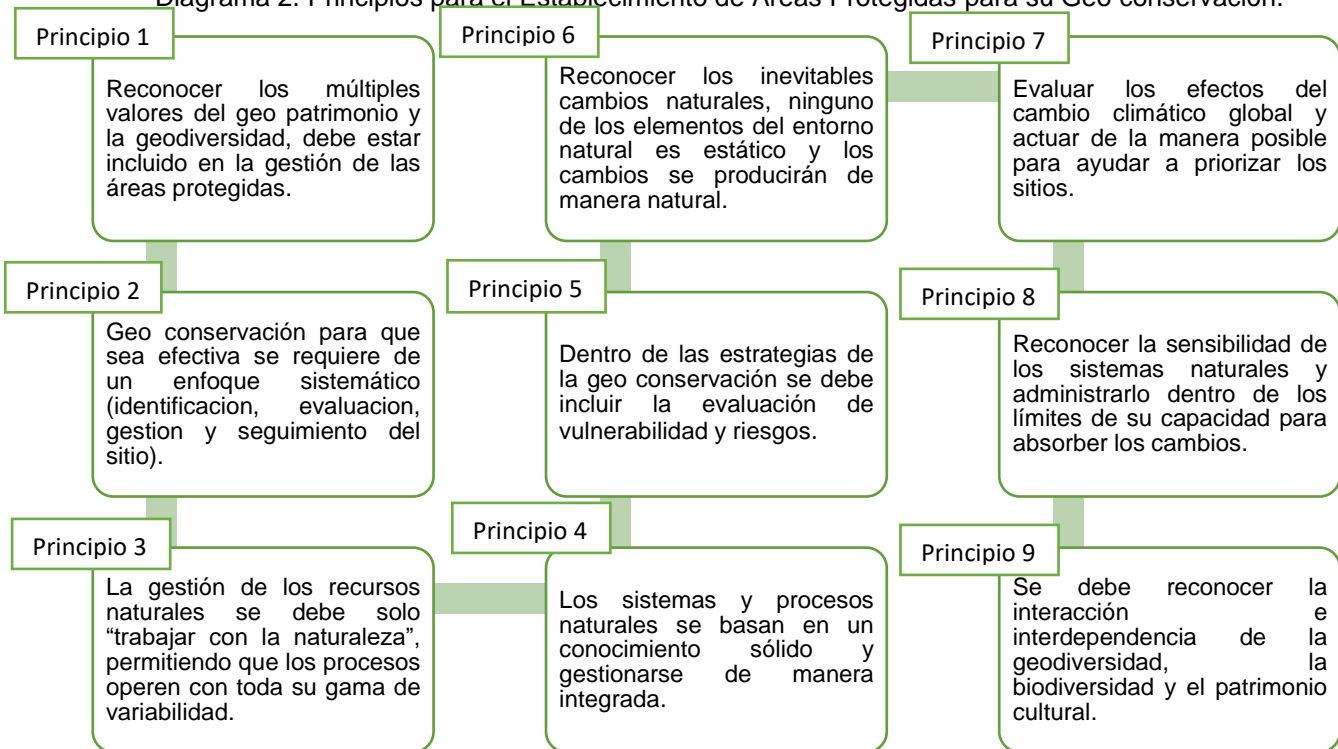
Principio ocho: los sistemas naturales deben gestionarse dentro de los límites de su capacidad para absorber cambios, es decir, se reconoce la sensibilidad de los sistemas naturales y administrarlo dentro de los límites de su capacidad para absorber los cambios,

cada sistema es diferente en cuanto, cual susceptible puede ser, porque puede ver sistemas que su resistencia es alta a los cambios y otros que su resistencia es baja.

Principio nueve: se debe reconocer la interacción e interdependencia de la geodiversidad, la biodiversidad y el patrimonio cultural. Muchos sitios que protegen a la biodiversidad a la vez tienen una dependencia a la geodiversidad que es la base para la vida en la Tierra y de los servicios ecosistémicos, mientras que en otros sitios hay una interrelación entre los elementos abióticos y bióticos.

En el diagrama 2 se explica los principios para el establecimiento de las áreas protegidas ya mencionados anteriormente:

Diagrama 2. Principios para el Establecimiento de Áreas Protegidas para su Geo conservación.



Fuente: Crofts, R.*, Gordon, J.E., Brilha, J., Gray, M., Gunn, J., Larwood, J., Santucci, V.L., Tormey, D., and Worboys, G.L. (2020). Guidelines for geoconservation in protected and conserved areas. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 31. Gland, Switzerland: IUCN. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-031-En.pdf>

Se crean pasos y protocolos para el establecimiento de áreas protegidas y conservadas para la geo conservación que alcanza en una escala nacional, regional y local donde no

existen o no se han establecido de manera sistemática. Los pasos clave para el desarrollo de una estrategia de geo conservación para crear un área protegida conlleva en un inventario, evaluación, gestión, protección del sitio, monitoreo, interpretación y por último la promoción (Crofts, R. et al., 2020).

Se realiza un marco donde se identifica, categoriza, evalúa y se seleccionan geo sitios que necesitan conservación de todos los niveles, que va desde lo internacional hasta el nivel local. Se determina una serie de tres pasos para lograr los objetivos que son:

1. Definir el propósito y la escala operativa;
2. Aplicar el método de inventario más apropiado de manera rigurosa; y
3. Determinar los criterios de evaluación del sitio.

Los geos sitios se identifican de acuerdo con su valor científico, al igual que los valores educativos, espirituales, culturales y estéticos pueden ayudar a proporcionar información para localizar un geo sitio que se deba conservar (Crofts, R. et al., 2020).

Los sitios de referencia son aquellos donde se estudian a las rocas y sus propiedades que determinan periodos de tiempo particulares o eventos de la historia de la Tierra que tienen prioridad para la geo conservación.

Están los sitios que tienen características únicas o destacadas geológicas particulares, es decir, que se encuentran estratos rocosos raros o sobresaliente, depósitos, formas de la tierra o procesos geomorfológicos. Se encuentra los sitios que son considerados con valor de patrimonio geológico serán representativos de la historia geológica de una región o país (Crofts, R. et al., 2020).

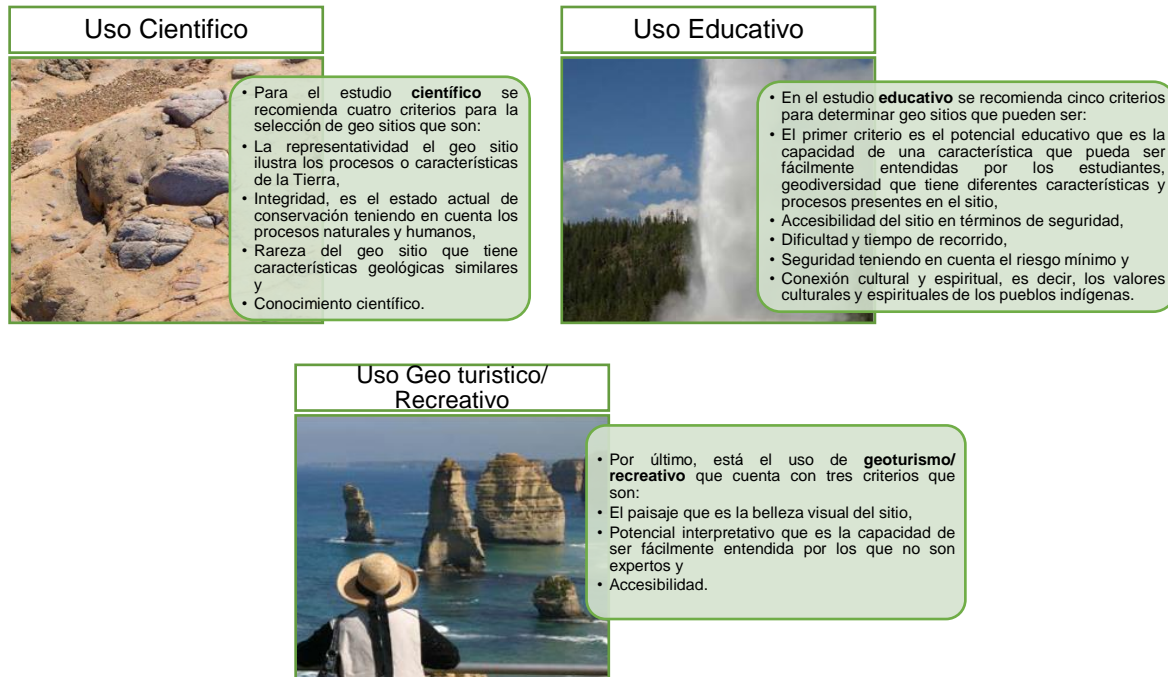
La realización de inventarios del patrimonio geológico en áreas protegidas es de suma importancia para lograr la conservación, se deben hacer inventarios completos para todos los elementos del patrimonio geológico como la geología, geomorfología y suelos para el área protegida de la región o país dependiendo de la escala de operación (Crofts, R. et al., 2020).

El primer paso para realizar un inventario es en definir un objetivo en función del tipo, valor y uso de patrimonio geológico. Los siguientes pasos son en aplicar el método,

identificar el tipo de valor, criterios para la selección de sitio (uso científico, uso educativo y uso geo turístico), lista de sitios con caracterización completa, gestión de sitios, protección legal conservación interpretación vigilancia, con estos criterios se tiene un inventario completo para garantizar que todos los elementos clave del patrimonio geológico estén identificados y protegidos. Los geos sitios determinan el tipo de uso permitido (Crofts, R. et al., 2020).

Para evaluar un geo sitio cuenta con tres principales usos que son: científico, educativo y geo turístico/ recreativo. Estos puntos se muestran en el diagrama 3, que explican en cada punto para determinar un geo sitio.

Diagrama 3. Principales Usos para Evaluar un Geo Sitio.



Fuente: Crofts, R.*, Gordon, J.E., Brilha, J., Gray, M., Gunn, J., Larwood, J., Santucci, V.L., Tormey, D., and Worboys, G.L. (2020). Guidelines for geoconservation in protected and conserved areas. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 31. Gland, Switzerland: IUCN. *Corresponding author roger.dodin@btinternet.com. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-031-En.pdf>

Establecidos estos criterios se puede proporcionar un método comparativo que permita identificar y categorizar sistemáticamente regiones, áreas, geo sitios o características de importancia del patrimonio geológico en todas las escalas (Crofts, R. et al., 2020).

Adicionalmente un marco o plan de acción nacional pueden ayudar a implementar estrategias amplias para la geo conservación, estableciendo objetivos y acciones de alto nivel que demuestran que los inventarios y mapeos del patrimonio geológico que informan la planificación del uso de la tierra (Crofts, R. et al., 2020).

Un plan de acción de geodiversidad se basa en un inventario para determinar los requisitos de gestión para diferentes elementos. El plan de acción define metas y objetivos claros a largo plazo, establece metas y acciones medibles a corto plazo para conservar y mejorar la geodiversidad y el patrimonio geológico de un área en particular, e identifica los recursos humanos y financieros necesarios para lograrlos. Dichos planes también pueden ayudar a la integración de la geodiversidad y el patrimonio geológico en la gestión de la conservación de diferentes categorías de áreas protegidas (Crofts, R. et al., 2020).

Para incorporar la geo conservación en los planes de manejo de las áreas protegidas, después de realizar un inventario y de seleccionar el sitio, se requiere de dos etapas:

1. Análisis de las necesidades de conservación, estas comprenden la evaluación de uso, carácter y amenazas del sitio; y
2. Planificación y ejecución de la conservación

Estas dos etapas establecen seis requisitos clave que deben abordarse para la incorporación de la geo conservación en la preparación de planes de manejo integrales y así como también a su incorporación en los planes de manejo del área protegida (Crofts, et al., 2020).

Se realiza un inventario y documentación del geo sitio que incluyen exposiciones rocosas, formas de tierra y suelo, abarca una variedad de escalas geográficas, pequeños afloramientos rocosos y paisajes. Esta documentación debe ser detalladamente para catalogar y mapear las características dentro del geo sitio, esto generalmente se logrará en una combinación de estudios de campo y fotografías hechas por especialista, la información debe ser accesible y entendible por el personal no especializado en el tema (Crofts, R. et al., 2020).

Se requiere de objetivos de gestión claros para los diferentes tipos de interés del patrimonio geológico y sus usos potenciales, para lograr cumplir con los objetivos se debe incluir aspectos como la visión de condiciones favorables, identificar los factores que pueden afectar la condición y se debe especificar los atributos medibles. También se debe de incluir en los objetivos es el monitoreo periódico de las áreas protegidas de geo conservación, es esencial para establecer la condición y el estado de las características, si hay cambios y si se está cumpliendo con los objetivos (Crofts, R. et al., 2020).

Las áreas protegidas con muchos valores que coincidentemente también incluyen geo patrimonio se pueden encontrar en cualquier categoría de áreas protegidas establecidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Para el monitoreo de geo sitios, es necesario la selección de indicadores después de que se haya tomado decisiones sobre la información que se va a utilizar. Los indicadores deben ser específico, medibles, alcanzables, relevantes y oportunos (Crofts, R. et al., 2020).

Los procesos naturales operan en la superficie terrestre como la erosión, transporte y depósitos de sedimentos, estos procesos naturales también deben ser protegidos. Sin embargo, las actividades humanas pueden tener un impacto en estos procesos. La geo conservación debe tratar de devolver los procesos a su rango natural de variación a través de la gestión sostenible de la tierra (Crofts, R. et al., 2020).

Las amenazas de mayor preocupación son los impactos inducidos por el hombre que son la destrucción de sitio, fragmentación de las características del geo sitio, pérdida de visibilidad, pérdida de acceso, interrupción de los procesos naturales, contaminación, pérdida de naturalidad e impactos visuales (Crofts, R. et al., 2020).

La geodiversidad sustenta una amplia diversidad de hábitats en una amplia gama de escalas temporales y espaciales. De acuerdo con investigaciones se observó que las plantas vasculares se ubican en áreas montañosas en los trópicos húmedos y subtrópicos que contienen alta biodiversidad, en la parte local y regional, la geo diversidad respalda la heterogeneidad del hábitat que surge de las características del sustrato físico, las

propiedades del suelo, los procesos geomorfológicos y formas de relieve, efectos topográficos en el microclima, la disponibilidad del agua y los regímenes de perturbación continuos y episódicos. Como resultado, la diversidad de hábitats y la riqueza de especies suelen ser mayores en áreas de gran heterogeneidad geológica y geomorfológica (Crofts, et al., 2020).

La geo conservación en áreas protegidas es, por lo tanto, crucial para sustentar especies vivas y hábitats, tanto para mantener el entorno o “escenario” como los procesos naturales, necesarios para la diversidad de hábitats y las funciones ecológicas. Esto es particularmente relevante para el diseño y la gestión de áreas protegidas en el contexto del cambio climático, ya que la geodiversidad puede proporcionar un grado de resiliencia y permitir la supervivencia de las especies a través de la disponibilidad de mosaicos ambientales, corredores y rangos de altitud adecuados que brindan una gama de macro y micro refugios. Por lo tanto, integrar la conservación de la geodiversidad y la biodiversidad es vital no solo para desarrollar redes de áreas protegidas que sean representativas de diferentes ecosistemas y hábitats, sino también para apoyar la gestión de la biodiversidad en áreas protegidas individuales (Crofts, R. et al., 2020).

En la geodiversidad también es importante la diversidad de hábitats que tengan una amplia gama de escalas temporales y espaciales, ya que también sustentan la heterogeneidad del paisaje, por lo que es importante estudiar estas características, por lo que en el siguiente apartado se analizara las características biogeográficas de las zonas prioritarias.

1.2. CARACTERÍSTICAS BIOGEOGRÁFICAS DE LAS ZONAS PRIORITARIAS

Las características biogeográficas de las zonas prioritarias se verán la distribución geográfica de la flora y fauna en el territorio, especialmente cumpliendo con los componentes de endemismo y origen evolutivo, así como los aspectos climáticos y altitudinales que influyen en las poblaciones y en el territorio.

La biogeografía es la disciplina de la biología que estudia la distribución de los seres vivos; el análisis de los patrones de distribución de los organismos se lleva a cabo mediante diferentes métodos como la Panbiogeografía que recolecta las áreas de distribución de un taxon en particular en mapas y la Areografía que estudia las áreas de distribución de los taxones en relación con su descripción, comparación y análisis. (Contreras, 2006), los cuales ayudan a identificar la distribución geográfica de la flora y fauna en cada región, esto va a depender de las características del territorio y de su origen evolutivo.

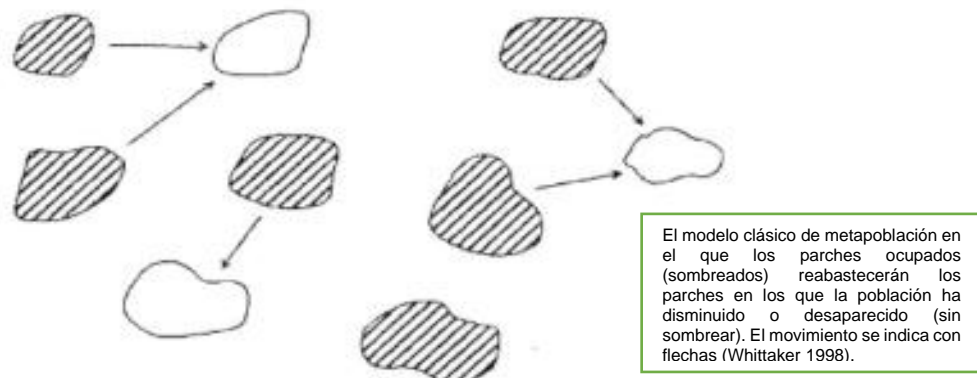
Una de las ramas que estudia la biogeografía es la Biogeografía de islas, se aplica bajo el supuesto de que los parques son islas de hábitat rodeadas por grandes extensiones de terreno poco hospitalarios, que es una forma más eficiente de diseñar áreas protegidas para la protección de la diversidad biológica (Yu, Angela, 2001).

Otro elemento que compone la biogeografía de isla es la topografía que está determinada principalmente por los orígenes geofísicos, las zonas se dividen en dos que son las oceánicas y las continentales. Las zonas continentales son las que están conectadas al continente, debido a esta conexión tienen una estructura geológica similar al continente cercano. Esta topografía similar da como resultado la proliferación de flora y fauna similares (Yu, Angela, 2001).

Las zonas oceánicas suelen estar aisladas y es posible que nunca haya estado conectado con la masa terrestre continental. Estas se dividen en tres tipos de islas oceánicas: las islas de la dorsal oceánica, las islas de puntos calientes y las islas individuales de los arcos de islas, las islas dorsales y de puntos calientes son islas volcánicas que fueron formadas por volcanes en el fondo del mar y las islas de arcos también tienen origen volcánico, pero también involucra la colisión de placas continentales y oceánicas (Yu, Angela, 2001).

Este fenómeno tiene implicaciones importantes para la biota de la isla porque una amplia gama de gradientes altitudinales y atributos ecológicos asociados permiten la

Imagen 2. Modelo Clásico de Meta población.



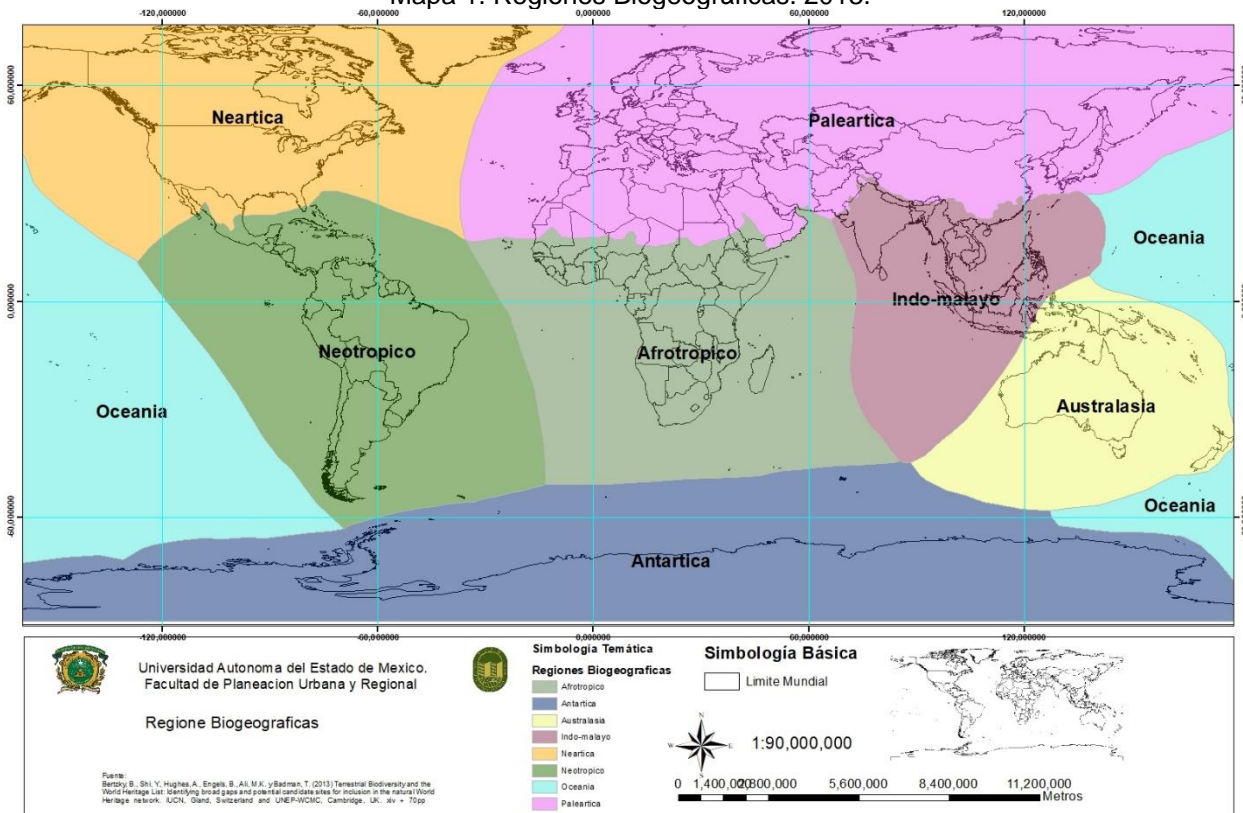
Fuente: Yu, Angela D.; Lei, Simon A. 2001. Equilibrium theory of island biogeography: A review. In: McArthur, E. Durant; Fairbanks, Daniel J., comps. Shrubland ecosystem genetics and biodiversity: proceedings; 2000 June 13-15; Provo, UT. Proc. RMRS-P-21. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 163-171.

Utilizando la teoría de biogeografía de islas. La relación teórica entre el número de especies y el área de una región, al menos el 10% de la extensión original del hábitat natural se debe mantener para conservar el 50% de las especies originales del hábitat.

El 10% de hábitat terrestre puede estar repartido de diferentes maneras: una sola área continua, varias áreas pequeñas discontinuas, dos grandes bloques conectados, etc. La distribución espacial, la fragmentación y la forma de las áreas protegidas determinan su utilidad con fines de conservación. En base a este estudio se crearon las regiones biogeográficas que fueron identificadas originalmente por el ornitólogo inglés Philip L. Sclater (1829-1913), el botánico alemán H.G Adolf Engler (1844-1930) y el naturalista inglés Alfred Russell Wallace (1823-1913), contribuyeron grandemente a la biogeografía con su libro “La Distribución Geográfica de los Animales” en 1876 (CONABIO,2020).

Al principio se identificaron seis regiones: Paleártica (Europa y Asia), Neártica (Norteamérica), Neotropical (México, Centro y Sudamérica), Etiópica (África), India (Sureste de Asia, Filipinas, Indonesia) y Australiana (Australia y Nueva Guinea). Actualmente se reconocen ocho: se añadió Oceanía (Polinesia, Fiji y Micronesia) y Antártica (CONABIO, 2020). En el mapa 1 de Regiones Biogeográficas se muestra la ubicación de las ocho regiones establecidas en el mundo.

Mapa 1. Regiones Biogeográficas. 2013.



Fuente: Elaboracion Propia con Datos de Bertzky, B., Shi, Y., Hughes, A., Engels, B., Ali, M.K. y Badman, T. (2013) Terrestrial Biodiversity and the World Heritage List: Identifying broad gaps and potential candidate sites for inclusion in the natural World Heritage network. IUCN, Gland, Switzerland and UNEP-WCMC, Cambridge, UK. xiv + 70pp

1.2.1. DISEÑO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Según la teoría de meta poblaciones se considera el tamaño de las áreas protegidas y la conectividad que hay entre cada área, así como sus interacciones que existen entre cada especie que se encuentre en esa reserva.

Es necesario conocer en detalle la distribución de las áreas protegidas en la región, su geometría e interconexión mediante corredores de hábitat.

En cuanto el tamaño adecuado para las reservas se ha debatido si la riqueza de especies es máxima en una reserva natural grande o en varias reservas pequeñas de igual área total (Primack, 2001).

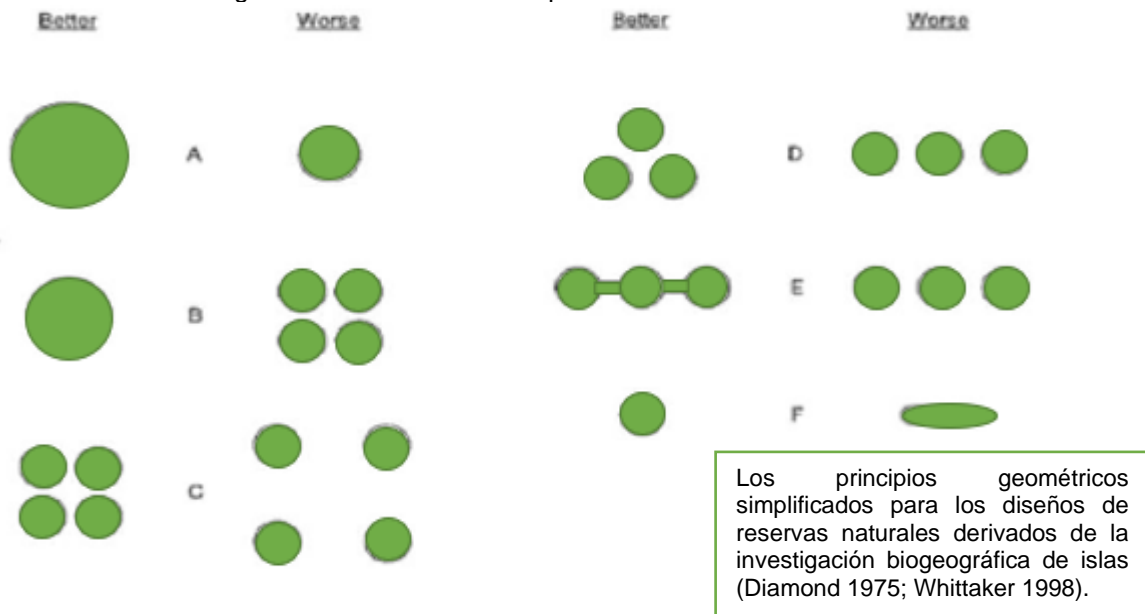
En una reserva grande se argumenta que estas minimizan los efectos de borde, tienen más especies y mayor diversidad de hábitats que las reservas pequeñas. Cuando el interés radica en los grandes mamíferos, solo una reserva extensa tiene el número suficiente de especies grandes, en baja densidad y de distribución amplia para mantener las poblaciones en largo plazo. Las tasas de extinción han sido muy bajas o nulas en los parques en más de 1,000 km², mientras que han sido mucho mayores en parques con menos de 1,000 km² (Primack, 2001).

Una vez que un parque alcanza un cierto tamaño, el número de nuevas especies agregadas con cada incremento de área comienza a disminuir. Para este caso, la creación de un segundo parque grande, como también de un tercer o cuarto parque más alejado, puede ser una estrategia más efectiva para la protección de especies adicionales (Primack, 2001).

Por otro lado, en las reservas pequeñas, estas están bien ubicadas, pueden incluir gran variedad de tipos de hábitats y más poblaciones de especies raras que en una reserva grande en la misma área. La creación de múltiples reservas, incluso pequeñas, disminuye las posibilidades de catástrofes, tales como especies invasoras, plagas o incendios que podrían destruir una especie completa en el caso de que todas las especies se localizan en una única reserva grande (Primack, 2001).

En la imagen 3 se muestra mediante figuras el adecuado diseño y tamaño para establecer reservas.

Imagen 3. Tamaño Adecuado para Establecer Reservas.



Los principios geométricos simplificados para los diseños de reservas naturales derivados de la investigación biogeográfica de islas (Diamond 1975; Whittaker 1998).

Fuente: Yu, Angela D.; Lei, Simon A. 2001. Equilibrium theory of island biogeography: A review. In: McArthur, E. Durant; Fairbanks, Daniel J., comps. Shrubland ecosystem genetics and biodiversity: proceedings: 2000 June 13-15; Provo, UT. Proc. RMRS-P-21. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 163-171.

El consenso actual señala que el tamaño “ideal” de la reserva depende de los grupos de organismos en consideración y otras circunstancias ecológicas e históricas. En general, se acepta que las reservas grandes son más apropiadas para mantener muchas especies debido al mayor tamaño de las poblaciones y mayor variedad de hábitats. Sin embargo, las reservas naturales protegidas bien manejadas son valiosa, particularmente para la protección de muchas especies de plantas, invertebrados y pequeños vertebrados (Primack,, 2001).

La opción de un diseño ideal para el tamaño y la forma de las áreas protegidas raramente existe. Hay que aceptar entonces el manejo de especies en reservas pequeñas cuando los terrenos circundantes no están disponibles para propósitos de conservación (Primack, 2001).

Además, las reservas pequeñas localizadas cerca de zonas pobladas pueden ser usadas para desarrollar programas de educación en conservación y centros de estudio de la naturaleza.

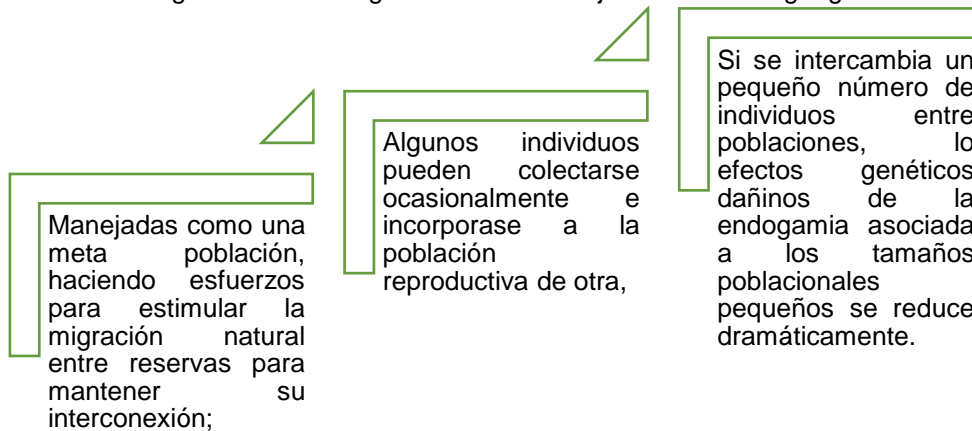
Las poblaciones pequeñas pueden ser vulnerables a la extinción debido a fluctuaciones ambientales. La evidencia sugiere que se necesitan poblaciones de al menos varios cientos de individuos reproductivos para asegurar la variabilidad en el largo plazo para lograr la preservar las especies (Primack, 2001).

Si hay más de una población de una especie rara dentro de la reserva natural, aumentará la probabilidad de supervivencia de la especie, ya que, si una población se extingue, la especie permanece en la reserva y puede potencialmente recolonizar su antiguo espacio (Primack, 2001).

Las poblaciones pequeñas de especies raras en reservas naturales aisladas y dispersas pueden ser inviables. Existen varias estrategias para facilitar la supervivencia de estas poblaciones.

En el diagrama 4 se explican las estrategias para lograr el buen manejo de las zonas biogeográficas:

Diagrama 4. Estrategias de Buen manejo de Zonas Biogeográficas.



Fuente: Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., & Dirzo, R. &. (2001). Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas. Mexico: Fondo de Cultura Económica.

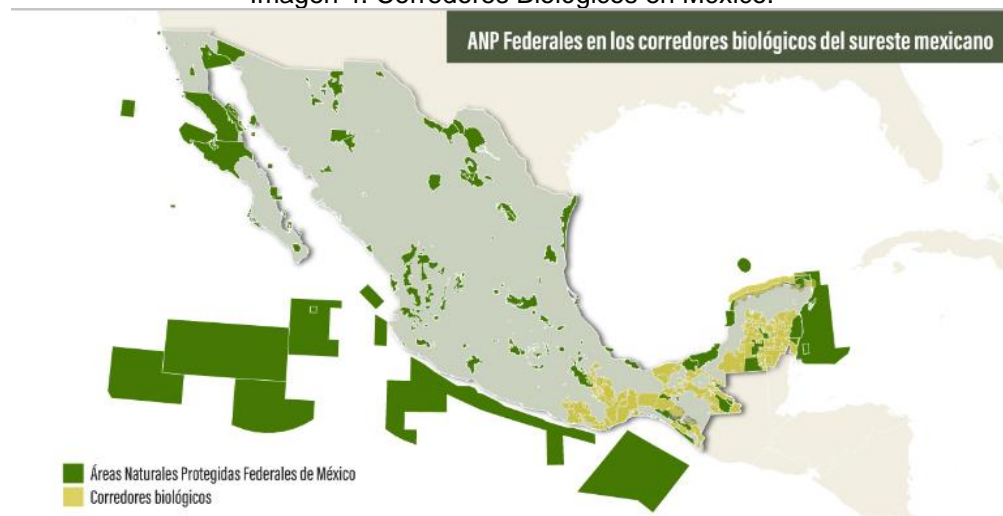
Un aspecto difícil se presenta en tratar con las necesidades de las especies que requieren áreas extensas y que no pueden tolerar perturbación humana. La protección de hábitat de tales especies, a menudo grandes o conspicuas y también llamadas especies indicadoras o paraguas, proveerá protección adecuada para otras especies.

Hay consensos en que los parques deberían diseñarse para minimizar los efectos de borde, en las áreas protegidas se presentan diferentes diseños y formas que dependerá de cada una para minimizar los daños del borde por ejemplo las áreas circulares minimizan la relación borde/área, y el centro se encuentra más lejos del borde que en otros diseños, los parques largos y lineales tienen la mayor cantidad de borde y todos los puntos del parque están cercanos a alguno. Para parques cuadrados tienen un mejor diseño que un rectángulo alargado de igual área. En la realidad raramente han sido implementadas estos diseños debido a que a la mayoría de los parques tienen formas irregulares por la adquisición de la tierra es normalmente un problema de oportunidad más que de diseño (Primack, 2001).

Otra forma para preservar a las especies son los corredores de hábitat que permiten la dispersión de plantas y animales de una reserva a otra, facilitando el flujo de genes y colonizando sitios adecuados. Ayudan a preservar animales que migran estacionalmente a diferentes hábitats para obtener alimento, ya que podrían morir si están en una zona única. Este principio permite que se unan las reservas debido a los corredores de movimiento (Primack, 2001).

Muchos de los corredores se encuentran a lo largo de los cursos del agua que pueden ser hábitats biológicamente importantes y su mantenimiento es probablemente valioso. En la imagen 4 se muestra el mapa de México donde se ubican los corredores biológicos.

Imagen 4. Corredores Biológicos en México.



Fuente: CONABIO, (2022). ¿Qué es un corredor biológico? Recuperado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/que-es-corredor>

Principalmente el diseño de reservas ha sido desarrollado considerando principalmente plantas y animales terrestres. Mientras su aplicabilidad en reservas naturales acuáticas, donde los mecanismos de dispersión son menos conocidos, se requiere mayor investigación. Se requiere particular atención sobre el control de la contaminación, debido a sus amplios y profundos efectos destructivos (Primack, 2001).

Un paisaje de parches grandes con efectos mínimos de borde es por lo general favorecido por los biólogos de la conservación, puesto que mitiga los efectos de la matriz alterada. Mientras que los manejadores de vida silvestre están interesados en maximizar la abundancia de ciertos animales de caza, han favorecido a los bordes de hábitat, donde la productividad primaria es a menudo elevada y donde la presencia de alimento de dos tipos de hábitat favorece la abundancia de ciertas aves y mamíferos (Primack, 2001).

La conservación de la diversidad biológica no consiste en la inclusión de tantas especies como sea posible dentro de las reservas naturales pequeñas, sino en la protección de las comunidades biológicas y ecosistemas, en especial de aquellos en peligro de desaparecer (Primack, 2001).

Para el diseño de las áreas naturales protegidas debemos tener en cuenta las dinámicas de las especies y las interacciones que hay en su hábitat, por lo que en el siguiente apartado se explicara los fundamentos ecológicos en sitios prioritarios de conservación.

1.3. FUNDAMENTOS ECOLÓGICOS EN SITIOS PRIORITARIOS DE CONSERVACIÓN

Los fundamentos ecológicos para las zonas protegidas son el tipo de especies, dinámicas, el estado en que se encuentran las especies y las interacciones de especies y hábitat, que generara indicadores de biodiversidad que nos muestra el nivel de conservación de las zonas protegidas.

La mejor estrategia para la protección de la diversidad biológica es el establecimiento de áreas protegidas legalmente, gobernadas por leyes y reglamentos que permiten el uso tradicional y comercial de la comunidad, así como de recreación, investigación científica y preservación del hábitat. Una vez establecidas las áreas protegidas para alcanzar sus

propósitos se genera un compromiso político y financiero para el buen funcionamiento (Primack, 2001).

En cuanto a la conservación marina se ha quedado postergada respecto a la terrestre, debido a que las provincias biogeográficas para el ambiente marino son más difíciles que para el terrestre, esto determina que son menos conocidos, los límites son menos definidos y la dispersión de larvas y adultos es más amplia. Se han hecho esfuerzos internacionales para proteger la diversidad biológica marina en cada una de las provincias biogeográficas. Se establecieron parques marinos que tienen una comparación con los parques terrestres (Primack, 2001).

La protección de especies de invertebrados y peces comerciales y el mantenimiento de espacios de recreación y pesca, son de las principales razones económicas para el establecimiento de las reservas. Desafortunadamente solo existen en papel por lo que no reciben protección contra la sobreexplotación y la contaminación del agua (Primack, 2001).

Para evaluar la efectividad del sistema de áreas protegidas se debe considerar el conocimiento actual de la distribución de la riqueza y endemismo florísticos de los bosques. La proporción de área regional protegida esta inversamente relacionada con la riqueza florística y endemismo genérico (Primack, 2001).

Estos parques y reservas están ubicados en áreas de escasa productividad o mayor estrés ambiental como: selección por su belleza escénica, territorios remotos y reconstrucciones del paleoclima y periodo glaciario (Primack, 2001).

Las zonas que son más ricas biológicamente del bosque templado están en gran medida fuera de la extensión del sistema de los parques y reservas que son las áreas agroforestales y concentraciones urbanas.

La razón de la efectividad de las áreas protegidas es en las concentraciones de las especies que ocurren en lugares particulares de paisaje como son: las gradientes altitudinales, yuxtaposiciones, de diferentes formaciones geológicas, zonas geológicas

antiguas, zonas con abundancia de recursos naturales (corrientes y ojos de agua en hábitat áridos, cavernas y arboles huecos y afloramientos salinos) (Primack, 2001).

Se encuentran grandes extensiones de tipos de hábitat uniformes, pero también hay solo pequeñas áreas de tipos de hábitats raros.

Por lo tanto, para la protección de la diversidad biológica no dependerá tanto de la preservación de grandes áreas de tipo común de hábitats sino de incluir a áreas representativas de todo tipo de hábitats en un sistema de áreas protegidas.

Es necesario distribuir nuevos parques nacionales con el objetivo de cubrir los tipos más importantes de vegetación y comunidades biológicas. De acuerdo con estos ejemplos se muestra que las áreas protegidas bien seleccionadas incluyen más especies de un país (Primack, 2001).

El número existente de especies en un parque es un indicador importante de su potencial porque radica en su capacidad para mantener las poblaciones de especies a largo plazo.

Se debe establecer prioridades para lograr la conservación de la diversidad biológica, pero se cuenta con recursos naturales, humanos y financieros insuficientes para evitar la pérdida de las comunidades biológicas. El desafío radica en minimizar las pérdidas en esta situación de recursos limitados (Primack, 2001).

Los indicadores nos ayudan a identificar zonas prioritarias para su conservación de la diversidad biológica, gracias a ellos nos muestran los cambios de las condiciones ambientales, presencia de contaminantes, variaciones en las poblaciones y la distribución y riqueza de especies. En los siguientes párrafos se explica los indicadores ecológicos, tipos de indicadores y por último se explica los criterios para establecer prioridades de conservación.

Los indicadores ecológicos más comúnmente utilizados son las **especies sucedáneas (del inglés surrogate species)**, las cuales han sido empleadas con diferentes funciones, desde señalar cambios ambientales o poblacionales, hasta atraer la atención pública para el desarrollo de programas de conservación. Se han propuesto muchos tipos de especies

sucedáneas, siendo las más conocidas las **especies claves, carismáticas, únicas e indicatoras** (Isasi, 2011). Se muestra los tipos de indicadores:

Las especies indicatoras son aquellas que por sus características (sensibilidad a perturbación o contaminantes, distribución, abundancia, dispersión, éxito reproductivo, entre otras) pueden ser utilizadas como estimadoras de los atributos o estatus de otras especies o condiciones ambientales (Isasi, 2011).

Las especies indicatoras pueden ser clasificadas, según su uso, en aquellas que señalan cambios ambientales o indicatoras de salud ecológica, las que señalan cambios en las poblaciones o indicatoras poblacionales, y las que señalan áreas de alta riqueza de especies o indicatoras de biodiversidad.

Las **especies indicatoras de cambios ambientales** han sido definidas como aquellas que se encuentran altamente relacionadas con condiciones ambientales particulares, por lo que su presencia señala la existencia de dicha condición. Inicialmente fueron utilizadas para evaluar la presencia de contaminantes o sustancias tóxicas en el ambiente, como es el caso del uso de líquenes, invertebrados y peces (Isasi, 2011).

Las **especies indicatoras poblacionales** son aquellas que permiten estimar las variaciones poblacionales de otras especies con las que coexiste, gracias a sus propias variaciones producto de perturbaciones ambientales. Han sido ampliamente utilizadas en la evaluación de especies pertenecientes a un mismo gremio o grupo funcional, o especies relacionadas por algún factor, como la relación depredador-presas (Isasi, 2011).

Las **especies indicatoras de biodiversidad** son aquellas cuyos patrones de distribución están relacionados con áreas de alta riqueza de especies, por lo que se les considera como un estimador del número de especies o taxones con las que se halla en simpatría. Existen muchos ejemplos del uso de especies o grupos de especies indicatoras de biodiversidad, entre las que destacan aves, mariposas, escarabajos, briofitas, y plantas. Ejemplo de especies indicatoras de biodiversidad es el escarabajo *Osmoderma eremita*, cuya presencia está altamente relacionada con la presencia y riqueza de otras especies de escarabajo (Isasi, 2011).

Después de reconocer los indicadores ecológicos, se establecen los criterios para establecer las prioridades de conservación:

Especies Únicas: Son la comunidad biológica integrada fundamentalmente por especies endémicas, tienen mayor prioridad de conservación que una especie de amplia distribución. Taxonómicamente únicas que constituyen singulares representantes de su género o familia. Tienen características genéticas individuales que la distinguen de otras poblaciones, por lo que tendrá mayor prioridad para la conservación.

Un ejemplo de especies únicas es el conejo Teporingo o conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*), es una de las especies endémicas de México, esta especie se ubica en las laderas de los volcanes del Valle de México con una población que se estima en siete mil ejemplares, esto debido a la fragmentación de su hábitat (SEMARNAT, 2020).

Grado de Amenaza: Las especies en peligro de extinción y las comunidades biológicas amenazadas con la destrucción inminente también tienen prioridad (Primack, 2001).

Por ejemplo, el Murciélago Platanero (*Musonycteris Harrisoni*) es endémico de México, se encuentra restringido a las selvas bajas caducifolias (SBC) de la vertiente del Pacífico y de la cuenca del río Balsas. Sólo se ha registrado para 6 estados mexicanos: Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Estado de México y Morelos.

Se considera raro, con densidades locales bajas y restringidas a < 1 700 msnm. Se ha reportado para menos de 25 localidades y el número de capturas es siempre menor a pocas decenas. En México se considera en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010) y a nivel internacional, se considera una especie vulnerable (Orozco, et al, 2013).

Utilidad: Las especies con valor actual o potencial para los humanos tienen mayor valor de conservación que las especies que no tienen uso evidente para las personas. Comunidades biológicas tales como los manglares y bosques en laderas montañosas proveen servicios ecosistémicos críticos y pueden tener mayor prioridad de protección (Primack, 2001).

Especies Clave: Inicialmente se consideraban como especies clave, aquellas cuya actividad genera un efecto sobre otras especies de la comunidad que excede considerablemente el esperado según su biomasa o abundancia, es decir, que son especies que controlen dominantes potenciales y proveedores de recursos (Isasi,. 2011).

Un ejemplo de especie de este criterio es en la conservación del Puma (*Puma concolor*) y del Lobo (*Canis lupus*) demandan esfuerzos fuera de las áreas protegidas, aun cuando experiencias recientes demuestran el papel fundamental de estos depredadores como especie clave en el mantenimiento de la estructura y composición de las comunidades.

Con la destrucción del ecosistema del bosque ha afectado fuertemente a un grupo importante de los bosques antiguos, este grupo son los depredadores. Puesto que cumplen un papel fundamental ya que mantienen el equilibrio de las poblaciones de herbívoros y por lo tanto la salud del ecosistema (Primack, 2001).

Cuando los lobos fueron eliminados del ecosistema, las poblaciones de ciervos y otros ungulados aumentaron a tal punto que impedían la regeneración de la vegetación, esto ha generado la alteración de la fisonomía del ecosistema de bosque; en vez de un bosque complejo con árboles y plantas, arbustos y herbáceas, se encontraba un ecosistema simplificado compuesto por arboles viejos y pasto (Primack, 2001).

En los años ochenta algunos lobos alcanzaron el norte de los Estados Unidos y en 1986 se registró la primera reproducción de lobos en Montana. Por lo que fue celebrada la recuperación de las poblaciones ya que una recolonización natural tomaría años y la reintroducción de lobos era urgente. En 1995 el Departamento de Vida Silvestre en Estados Unidos libero en las montañas de Yellowstone e Idaho 66 lobos que fueron capturados en Canadá (Primack, 2001).

No obstante, a su importancia en las interacciones ecológicas, su reintroducción al área no ha sido bien recibida por los ciudadanos, en particular por los ganaderos, quienes temen por la vida de su ganado. Por lo que se ha generado problemáticas respecto a este tema. En la imagen 5, es una fotografía hecha por National Park Service, en el

Parque Nacional de Yellowstone, se capturo en fotografía a una manada de lobos (Primack, 2001).

Imagen 5. Manada de Lobos en el Parque Yellowstone.

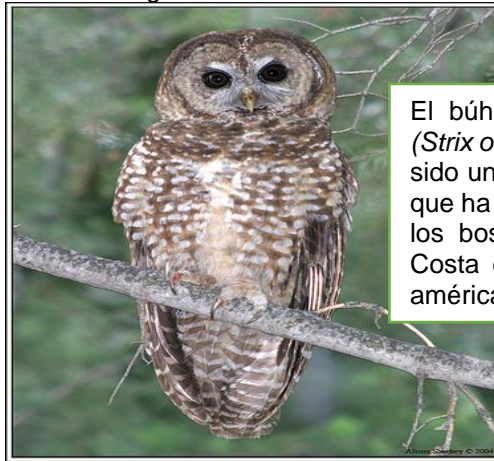


Fuente: National Geographic España, (2020). La exitosa reintroducción del lobo en el Parque Nacional de Yellowstone. Recuperado de: https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/actualidad/exitosa-reintroduccion-lobo-parque-nacional-yellowstone_13386

Otros depredadores, aunque más pequeños que los grandes carnívoros, también tienen requerimientos especiales para la conservación, es decir, tienen que estar en la presencia de hábitats específicos. Un ejemplo es el Búho Moteado (*Strix occidentalis caurina*), que representa un caso emblemático para la conservación de los bosques antiguos (Primack, 2001). La distribución, abundancia y viabilidad de los búhos moteados están ligadas a la existencia de bosques maduros, de antiguo crecimiento, ambas especies que son el *Strix Rufipes* o Concón y *Strix Occidentalis* presentan similitudes respecto a características estructurales de hábitat, tamaño del ámbito de hogar y uso de presas. La edad del bosque y la incidencia de ocupación está fuertemente correlacionada (Primack, 2001).

Ambos búhos son similares en cuanto a sus requerimientos de habita, pero igual confrontan la acelerada perdida de su hábitat, hecho que está reduciendo el número de la comunidad de búhos y sea difícil su supervivencia. En la imagen 6 se muestra una fotografía de la especie del Búho Moteado (*Strix occidentalis caurina*) (Primack, 2001).

Imagen 6. Búho Moteado.



El búho moteado del norte (*Strix occidentalis caurina*) ha sido una especie carismática que ha contribuido a proteger los bosques antiguos de la Costa del Pacífico de Norte América.

Fuente: Buho Moteado (*Strix occidentalis caurina*). Fotografía hecha por CONABIO. Recuperado de: <https://www.naturalista.mx/taxa/19959-Strix-occidentalis>

Junto al puma y al lobo, ilustran algunos de los complejos problemas para el establecimiento de áreas protegidas adecuadas para la conservación de estas especies clave (Primack, 2001).

Estas especies son consideradas como **especies carismáticas** que ayudan a la conservación debido de que por ellos han creado parques nacionales para proteger a esta megafauna carismática que atrae la atención del público, sirven como “Paraguas” ya que protegen a otras especies y mantienen los procesos ecosistémicos.

La identificación de áreas de alta prioridad de conservación es el primer paso en el desarrollo de planes de supervivencia para especies individuales (Primack, 2001).

Se ha argumentado que las comunidades y ecosistemas deben ser blanco principal de la conservación, por sobre las especies individuales, es decir, que el gasto para la protección de una zona amenazada preservar más especies en el tiempo que hacer esfuerzos de conservación intensivos para salvar solo una especie conspicua. La conservación del ecosistema no solo protege especies, sino que a menudo tiene una base económica fácilmente comprensible (Primack, 2001).

Los biomas terrestres son tipos de ecosistemas relacionados por la estructura y características de su vegetación, cada uno de los cuales mantienen comunidades biológicas únicas. Para establecer prioridades de conservación, La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), el World Conservation Monitoring Centre, Birdlife International y otros organismos intentan identificar áreas claves para la preservación: Gran diversidad biológica, Altos niveles de endemismo, Bajo amenaza inmediata de extinción de especies y Destrucción de hábitat (Primack, 2001).

Existen áreas que han sido menos afectadas por la actividad humana, menor densidad poblacional y es poco probable que en un futuro sean desarrolladas. Estas zonas son las únicas donde los mamíferos podrán sobrevivir en la naturaleza. Estas áreas silvestres se pueden mantener como controles para estudiar las comunidades biológicas sin la mínima presencia humana. En el trópico se ha identificado tres áreas silvestres que se consideran como prioritarias para la conservación que se encuentran en Sudamérica, África y Asia (Primack, 2001).

Se ha visto que algunos organismos se pueden utilizar como indicadores de diversidad biológica cuando no existen datos específicos disponibles acerca de una comunidad completa. Por ejemplo, la diversidad de aves puede utilizarse como un buen indicador de la diversidad de una comunidad (Primack, 2001). Los patrones de los organismos no son iguales en sus patrones geográficos de diversidad, se han identificado áreas de Colombia y Ecuador con las mayores concentraciones de especies de aves y se ha propuesto la protección de este sitio. La protección de sitios con plantas en peligro también protegería muchas especies de animales en peligro en una pequeña porción del área total del país.

Los datos identificados por la IUCN nos arrojan registros de especies endémicas en zonas que no tienen protección por lo que es evidentemente que requieren medidas urgentes de conservación, y que son sitios potenciales para nuevas reservas naturales (Primack, , 2001).

Todo esto se identificó por los indicadores de diversidad biológica que en este caso fue las concentraciones de aves con rangos restringidos también llamados Endemic Bird Areas (EBAS).

En el diagrama 5 se analizaron tres posibles sistemas de reservas que se crearon para proteger áreas protegidas:

Diagrama 5. Sistema de Reserva para Proteger Áreas.



Fuente: Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., & Dirzo, R. &. (2001). Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas. Mexico: Fondo de Cultura Económica.

Seleccionando las áreas complementarias se logra la protección de todas las especies de aves y se obtiene, probablemente, la estrategia más efectiva de conservación. Las áreas complementarias pueden seleccionarse de acuerdo con especies adicionales o hábitats representativos que no están protegidos. La ventaja de este enfoque es que cada área protegida adicional se agrega al conjunto de la diversidad biológica protegida (Primack, 2001).

En muchos países no se cuenta con datos necesarios para la identificación de centros de diversidad que todavía no están organizadas. Grupo de biólogos reúnen conocimiento identificando localidades que debieran protegerse, también realizan talleres para discutir y proponer sitios prioritarios para la conservación que se pueden presentar en forma de libros (Primack, 2001).

En áreas escasamente conocidas es necesario enviar a un grupo de biólogos para realizar inventarios para establecer un área protegida. Los gobiernos internacionales y nacionales determinan sus propias prioridades, muchos países están en proceso o han preparado planes ambientales para conservación de las áreas protegidas, una vez señaladas las prioridades de conservación, los recursos y el personal pueden ser manejados adecuadamente hacia los problemas críticos mundiales (Primack, 2001).

Para lograr el establecimiento de una zona protegida es necesario conocer la historia y orígenes del establecimiento de las áreas naturales protegidas, por lo que en el siguiente apartado se explica los antecedentes de las áreas protegidas.

1.4. ANTECEDENTES SOBRE EL ESTABLECIMIENTO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

La historia de las áreas naturales protegidas comienza desde unos dos mil años en la India que se tenían unas áreas para conservación, mientras en Europa se registró el año más antiguo que data del año 680 D.C, cuando el monje Cuthbert de Lindisfarne declaró a la Isla Inner Farne en el Mar del Norte en la costa inglesa como una “reserva natural”. En 1780 el rey de Francia y el Príncipe-Obispo de Basilea designaron una zona de “jurisprudencia igual y uniforme”, donde se adoptaban los principios de Ordenanza Forestal Frances que se orientaba a la conservación de 1669. En Mesoamérica, los incas, mayas y mexicas realizaron diversas acciones para proteger áreas relevantes. Por ejemplo, los mayas vincularon su desarrollo con el bosque, basando sus prácticas agrícolas, hortícolas y forestales en el pluricultivo. En México, el rey Nezahualcoyotl fundó el primer jardín botánico en Texcoco en el siglo XV (Chavarria, et al, 2019).

Imagen 7. Reserva Natural Isla Inner Farne, Costa Inglesa.



Englands Coast. Recuperado de: <https://englandscoast.com/es/listing/farne-islands>

Pero no fue hasta el 1 de marzo de 1872 se decretó la primera área natural protegida en el mundo denominado Parque Nacional de Yellowstone en los Estados Unidos, que fue creado con el fin de conservar estrictamente la vida silvestre, debido a la extinción de la paloma pasajera y la disminución de las manadas del bisonte americano que estaba a punto de la extinción, a partir de este acontecimiento dio paso a todo el mundo a la conservación de áreas con distintos fines, que durante el siglo XX se han creado aproximadamente 30, 000 áreas protegidas a nivel mundial y actualmente hay 120, 000 cubriendo una extensión de 21, 000, 000 km² de tierra y mar; mientras que América Latina y el Caribe cubren a cerca de 2, 000 de áreas protegidas que cubren 2, 400, 000 km² (Chavarria, et al, 2019).

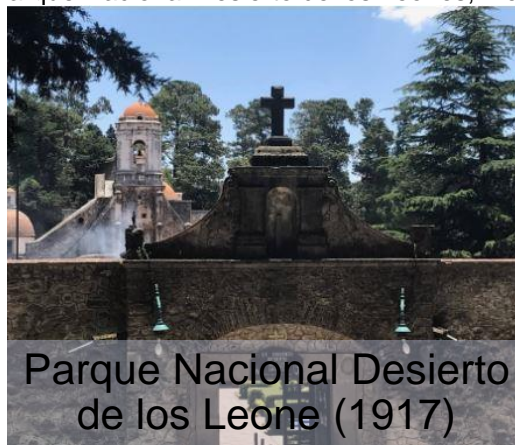
Imagen 8. Parque Nacional Yellowstone, Estados Unidos.



Yellowstone National Park (United States of America) © OUR PLACE the World Heritage Collection

Mientras en México la creación de las áreas naturales protegidas empezó a finales del siglo XIX, exactamente en el año 1876 con la protección del Desierto de los Leones con el propósito de proteger los 14 manantiales que abastecen de agua a la Ciudad de México. Pero no fue hasta el 1917 se dio el concepto de función social que establecen regulaciones y limitaciones para el aprovechamiento de los recursos naturales, por esta base se decretó el Desierto de los leones que fue el primer Parque Nacional. Otro propósito de las áreas es en la protección de las cuencas, el valor escénico y ambiental (CONANP, 2011).

Imagen 9. Parque Nacional Desierto de los Leones, México.



SEMARNAT, 2018. Desierto de los Leones. México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/desierto-de-los-leones>

En los años setenta donde la conservación se enfoca en la biodiversidad y como complemento los servicios ambientales y por otra parte se incorpora las comunidades humanas a través del modelo de las reservas de la biosfera (CONANP, 2011).

En las próximas dos décadas, con base a los esfuerzos de todos los sectores de la sociedad, académicas, instituciones y organizaciones de la sociedad civil se logró reactivar la creación de las Áreas Naturales Protegidas. A principios de los noventa se da la primera institucionalización de la gestión ambiental en general y de la conservación ecológica (CONANP, 2011).

En 1911 solo existían 13 áreas naturales protegidas en México, el número y extensión han crecido rápidamente; para el año 2011 se han registrado 27,188 áreas naturales, abarcando 24, 236, 478.69 km². En México en 1932 el número de áreas protegidas creció a 23 que equivale el 1% del territorio nacional, hasta llegar a 176 áreas con una extensión de 25, 387,972 ha para el año 2011, que significó un aumento del 11.54% del territorio nacional (Cortés, et al, 2014).

En 1971 se firmó en la ciudad de Ramsar, Irán, el primer tratado de conservación de los humedales que se llama Convención de Humedales de Importancia Internacional. Se hizo por la creciente pérdida y degradación de los humedales y de las aves acuáticas, este tratado entro en vigor en 1975, pero no fue hasta 1986 que México se adhirió a este convenio, que a través de la CONANP se atiende 138 sitios en el país, cubren una superficie de casi nueve millones de hectáreas, estas incluyen: manglares, pastos marinos, humedales de alta montaña, arrecifes de coral, oasis, sistemas cársticos y sitios con especies amenazadas. Entre los años 2000 y 2010 la CONANP había inscrito 130 humedales con 1, 938, 876 ha al Convenio Ramsar (Cortés, et al, 2014).

En el año 1992 en la Cumbre de la Tierra, México en el marco de la Agenda 21 se sumó a importantes compromisos para hacer efectiva la voluntad que los decretos de las Áreas Naturales Protegidas habían representado en papel durante 75 años (CONANP, 2011).

Con el objetivo de lograr una mayor efectividad de conservación y una mayor cobertura institucional, a partir del año 2002 la CONANP diseño un proceso de regionalización de

las áreas protegidas que dividió al país en nueve regiones: 1. Región Península de California y Pacífico Norte, 2. Región Norte y Sierra Madre Occidental, 3. Región Noreste y Sierra Madre Oriental, 4. Región Frontera Sur, Istmo, Pacífico Sur, 5. Región Centro y Eje Neovolcánico, 6. Región Occidente y Pacífico Centro, 7. Región Noroeste y Alto Golfo de California, 8. Región Planicie Costera y Golfo de México, 9. Región Península de Yucatán y Caribe Mexicano (Cortés, et al, 2014).

Analizando los antecedentes de las áreas naturales protegidas, en base a su historia y durante el proceso se fueron creando un sistema de clasificación de áreas naturales protegidas, esto desarrollado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), estas categorías se explicarán en el siguiente apartado.

CAPITULO 2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LA UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN)

La razón de que las primeras áreas naturales se establecieron fue para proteger las cuencas hidrográficas que aseguraban la provisión de agua para la actividad agrícola y los asentamientos humanos, o como lugares escénicamente atractivos. Las áreas protegidas se establecen de diversas formas, los mecanismos más comunes son la acción del gobierno y la adquisición de terrenos, aunque si bien la legislación y la compra de terrenos no aseguran la preservación, que constituye un fundamento para lograrlo (Primack, 2001).

Otro motivo del establecimiento de las áreas protegidas es por iniciativa de sociedades tradicionales que desean mantener sus modos de vida o preservar sus tierras. En varios países se han comenzado a reconocer los derechos de las sociedades tradicionales. Tal suceso es ocurrido después de conflictos legales, este caso provoca luchas por los derechos locales (Primack, 2001).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) realizó un sistema de clasificación para áreas protegidas de acuerdo con el uso humano bajo hasta intensivo sobre el hábitat. Este sistema de clasificación de ANP se usó en México.

El grado de influencia humana sobre las comunidades biológicas es variable:

- Menor (-): se encuentran las regiones remotas como bosques lluviosos amazónicos.
- Mayor (+): cultivos agrícolas intensivos, ciudades y lagos artificiales.

Las regiones más remotas son más susceptibles a la contaminación del aire, el aumento de nivel de Dióxido de Carbono (CO₂) y el calentamiento global ya que afectan a la biota, mientras que en los sistemas artificiales es posible que los remanentes de la biota original puedan permanecer y prosperar (Primack, 2001).

Se establece que un área de conservación se debe hacer un compromiso entre la protección de la diversidad biológica y el funcionamiento del ecosistema, que satisfaga las necesidades del gobierno y la comunidad a largo plazo.

Cuando se planifica la protección de un área, las decisiones de deben tomar de acuerdo con la intensidad de perturbación humana potencialmente permitida. Esto quiere decir que se requiere de protección adicional si las actividades estén dañando aspectos importantes de la diversidad biológica. Cuando se permite tener gran rango de alteración humana se conserva un rango de biodiversidad más estrecho (Primack, 2001).

En el siguiente listado de clasificación de áreas protegidas según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), se ordena de acuerdo con su uso humano bajo del hábitat hasta usos intensivos:

1. Reservas Naturales Estrictas y Áreas Silvestres: Estas reservas protegen organismos y procesos naturales sin la presencia de la actividad humana. Tiene como objetivo mantener ejemplos representativos de la diversidad biológica para el estudio científico, educación, monitoreo y mantenimiento de la variabilidad genética.
2. Parques Nacionales: Se establecen por ser áreas de belleza natural y escénica de importancia nacional e internacional, es de uso científico y recreativo.
3. Monumentos Nacionales: Áreas pequeñas que preservan áreas naturales únicas o de interés histórico- ecológico especial.
4. Santuarios de Vida Silvestre Manejados y Reservas Naturales: Son similares a las reservas naturales estrictas, pero a diferencia se puede requerir de alguna manipulación humana que permite mantener características de la comunidad ecológica.
5. Áreas Protegidas y Paisajes Marinos: Incorporan la interacción entre la gente y el ambiente a través de uso tradicional no destructivo de los recursos naturales que incluyen áreas de pastoreo, huertos frutales, aldeas de pescadores y oportunidad para el turismo.

6. Áreas Protegidas con Manejo de Recursos: Se permite la producción sustentable de los recursos naturales que incluye: agua, vida silvestre, pastos para el ganado, madera, turismo y pesca, de forma que asegure la preservación de la diversidad biológica. Son áreas grandes que incluyen usos tradicionales y modernos.

(Primack, 2001)

Las cinco primeras se definen como verdaderas áreas protegidas, principalmente por sus hábitats que son manejados fundamentalmente para su conservación. Una definición estricta incluye las primera cuatro categorías.

Las áreas de la última no son manejadas para la conservación de la diversidad biológica en primer lugar, sino que este se convierte en objetivo secundario.

Estas áreas manejadas pueden ser significativas, son más grandes en superficie que las áreas protegidas y contienen la mayoría de las especies originales.

2.1.1. Áreas Naturales Protegidas Manejadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

En 1994 habían sido creadas, al menos en papel, acerca de 8,600 áreas protegidas en todo el mundo, cubriendo alrededor de ocho millones de Km². Esto representa solo el 6% de la superficie del planeta. El parque más grande del mundo se encuentra en Groenlandia y cubre 972,000 Km² que representa el 12% del total del área protegida. Solo el 3% de la superficie de la Tierra está estrictamente protegidas por las reservas científicas y parque nacionales (Primack, 2001).

En el cuadro 1 se explica el número de áreas y el porcentaje total de las áreas protegidas y áreas manejadas por la IUCN.

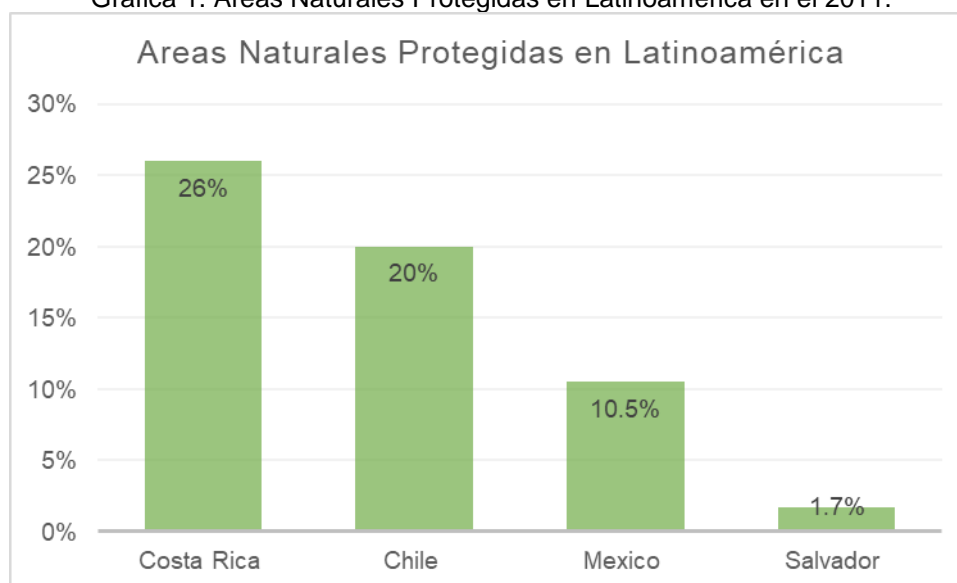
Cuadro 1. Áreas Protegidas y Manejadas en Diversas Regiones Geográficas del Mundo.

Región	Áreas Protegidas (Categoría IUCN I-V)			Áreas Manejadas (Categoría IUCN VI)		
	Numero de Áreas	Tamaño (Km ²)	Porcentaje Total	Numero de Áreas	Tamaño (Km ²)	Porcentaje Total
África	704	1 388 930	4.6%	1 562	746 360	2.5%
Asia	2,181	1 211 610	4.4%	1 149	306 290	1.1%
Norte y Centroamérica	1,752	2 632 500	11.7%	243	161 470	0.7%
Sudamérica	667	1 145 960	6.4%	679	2 279 350	12.7%
Europa	2,177	455 330	9.3%	143	40 350	0.8%
Ex – U.S.S.R.	218	243 300	1.1%	1	4 000	0%
Oceanía	920	845 040	9.9%	91	50 000	0.6%
Total	8,619	7 922 660	5.9%	3 868	3 588 480	2.7%

Fuente: Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., & Dirzo, R. &. (2001). Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas. México: Fondo de Cultura Económica.

La cobertura de las áreas protegidas varía entre países, dentro de Latinoamérica el porcentaje de áreas protegidas es: Costa Rica 26%, Chile 20%, México 10.5% y El Salvador 1.7%. En la gráfica 1, donde se representa los porcentajes de las áreas protegidas que se abarcan en Latinoamérica (Elbers, J, 2011).

Grafica 1. Áreas Naturales Protegidas en Latinoamérica en el 2011.



Fuente: Elbers, J. (Editor) (2011). Las áreas protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro. Quito, Ecuador, UICN, 227 p.

Es importante mencionar que aumento en los años 70 y principios de los años 80 el establecimiento de las áreas protegidas, pero hubo una disminución durante los 80 esto refleja la disminución de la voluntad política de los ciudadanos y gobiernos para designar más áreas protegidas. Las áreas protegidas no podrían llegar a cubrir gran parte de la superficie del planeta, esto se debe a que hay otras necesidades de la sociedad que se requiere el uso intensivo de las tierras (Primack, 2001).

Por último, después de conocer y describir las categorías creadas por la UICN y las áreas protegidas que son manejadas por esta institución, es necesario saber en qué países cuentan con áreas protegidas y cuanta superficie abarca en el planeta, esta información se desarrolla en el siguiente apartado.

2.2. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS INTERNACIONALES Y SUS CATEGORÍAS

Para entender la importancia que tienen las Áreas Naturales Protegidas para el Mundo, es necesario poner la definición de que es una área protegida, de acuerdo con la definición establecida por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) una área protegida es: “Un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados”(Dudley, N. 2008).

Las áreas naturales protegidas que están registradas a nivel mundial según la UICN y el Centro de Monitoreo de la Conservación Ambiental del PNUMA, actualmente hay 202,467 áreas, que cubren casi 20 millones de km² lo que es un 14.7% de las tierras del Planeta, excluyendo a la Antártida (UICN, 2016).

La tasa con mayor protección del territorio corresponde a los países de América Latina y el Caribe, con unos 5 millones de Km², mientras que Brasil abarca un mayor número de áreas, lo que significa que es aproximadamente la mitad de la extensión lo que es 2,47 millones km² (UICN, 2016).

La tasa con menor protección se ubica en Medio Oriente con una extensión de 119, 000 km². En temas de biodiversidad menos del 20% de áreas claves están completamente en áreas protegidas (UICN, 2016).

Las áreas protegidas internacionales utilizan el sistema de clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) desarrollo un cuadro donde están registradas las áreas naturales protegidas en el mundo, se muestra cuantas áreas hay en cada país, la superficie que abarca en el territorio. En el cuadro 2 se muestra las áreas protegidas en cada país, superficie en hectáreas y porcentaje que abarca cada área en el mundo.

Cuadro 2: Áreas Naturales Protegidas Registradas, 2002.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS REGISTRADAS									
Sistema Nacional de Protección				Sistema Internacional de Protección ³					
País	Total, de áreas protegidas ¹ (Categorías de la IUCN) ²			Reservas de la Biosfera		Sitios que son patrimonio mundial ⁴		Humedales de importancia internacional	
	Número	Superficie (miles de hectáreas)	Porcentaje de superficie territorial	Número	Superficie (miles de hectáreas)	Número	Superficie (miles de hectáreas)	Número	Superficie (miles de hectáreas)
Alemania	1 398	9 620	26.9	14	⁵ 1 559	1	1	31	673
Argentina	147	4 909	1.8	7	2 235	3	⁵ 861	7	1 000
Australia ⁶	3 727	54 250	7.0	12	5093	13	42 297	53	5 249
Brasil	519	37 513	4.4	2	29 699	3	⁵ 1 974	5	4 537
Camerún	18	2 098	4.4	3	850	1	526	na	na
Canadá	3 083	90 702	9.1	8	1 512	8	⁵ 10 664	36	13 051
Chile	87	14 142	18.7	7	2 407	0	0	7	100
China	407	59 840	6.2	16	2 645	7	352	7	588
Corea del Sur	30	684	6.9	1	39	0	0	2	1
Costa Rica	85	723	14.2	2	729	3	⁵ 592	9	246
Cuba	81	1 909	17.2	6	1 384	1	42	na	na
Egipto	16	794	0.8	2	2 456	0	0	2	106
España	328	4 240	8.4	16	1 008	4	⁵ 110	38	158
Estados Unidos ⁸	3 063	123 120	13.1	44	20 838	12	⁵ 9 741	17	1 178
Final India	260	1 867	4.0	2	770	0	0	11	101
Francia ⁸	1 341	7 437	13.5	8	⁵ 832	2	⁵ 23	15	579
India	493	14 312	4.4	0	0	5	292	6	193
Japón	96	2 561	6.8	4	117	2	28	11	84
Kenia	50	3 507	6.0	5	891	2	300	2	49
Madagascar	40	1 121	1.9	1	140	1	152	2	53
México⁹	128	17 421	8.9	11	5 393	2	899	6	1 095
Reino Unido ⁸	515	5 000	20.4	13	47	4	11	140	664

Rusia	219	52 907	3.1	20	23 386	5	17 343	35	10 324
-------	-----	--------	-----	----	--------	---	--------	----	--------

¹ Se refiere a la suma de áreas protegidas de al menos 1 000 hectáreas.

² La IUCN clasifica las áreas protegidas en cinco categorías: I) Reservas científicas y reservas naturales estrictas; II) Parques nacionales y estatales; III) Monumentos naturales; IV) Reservas naturales y santuarios de vida silvestre; y V) Paisajes marinos y terrestres protegidos.

³ Las áreas que se reportan derivan de la suscripción de acuerdos internacionales; incluyen las superficies de los sistemas nacionales de protección, pero no necesariamente todas las áreas protegidas del sistema nacional.

⁴ Se trata de áreas consideradas de relevancia mundial por sus características naturales, culturales, o ambas.

⁵ Incluye sitios compartidos por dos o más países vecinos.

⁶ La extensión de las áreas puede incluir componentes marinos que lleven a cifras elevadas en el porcentaje de tierra protegida.

⁷ Incluye un sitio en Hong Kong.

⁸ Excluye áreas protegidas en sitios protegidos a través de acuerdos globales sobre territorios de ultramar (Guadalupe, Islas Caimán, etc.)

⁹ La información del Sistema Nacional de Protección es para 2001 (Semarnat, 2002); la restante es de la fuente internacional que se reporta.

na: No

aplica.

nd: No disponible.

Nota: La fuente no especifica año de la información.

Fuente: Diversas fuentes citadas en: The World Resources Institute *et al.*, **World resources, 2000-01**, Oxford University Press, Nueva York, 2000.

Semarnat, Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas, México 2002.

Fuente: SEMARNAT (2002), Áreas Naturales Protegidas Registradas. Obtenido de https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_07_Perfil_internacional/data_perfil_internacional/CuadroIII.7.4.2.htm

Conociendo los datos del número de áreas naturales protegidas que hay en cada país y sus categorías, en el siguiente apartado nos enfocaremos en las áreas protegidas en México y en el Estado de México.

2.3. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE COMPETENCIA FEDERAL

En el caso de las áreas naturales protegidas en México, en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) las define como “Las zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley”. (LGEEPA, 2022)

De acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), estas áreas se dividen en 6 categorías que son:

- Reservas de la Biosfera: Son zonas representativas de una o dos ecosistemas que no se encuentran alteradas significativamente por el hombre, se requiera ser preservadas y restauradas, donde se habitan especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. Las reservas se dividen en dos zonas; la primera es la zona núcleo donde solo se permiten las actividades de investigación científica y

educación ambiental y la segunda en la zona de amortiguamiento se permite las actividades productivas realizadas por las comunidades.

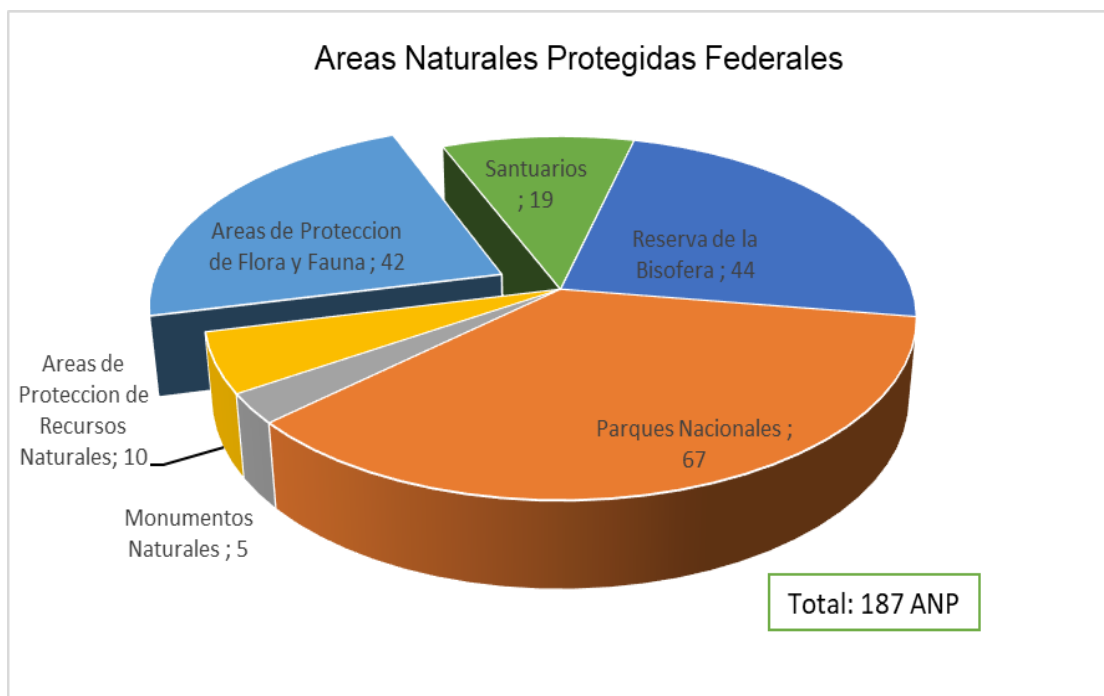
- Parques Nacionales: Zonas de una o dos ecosistemas que lo representa su belleza escénica, su valor científico, educativo, de recreo, su valor histórico, por la flora y fauna, se puede realizar actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales.
- Áreas de Protección de Flora y Fauna: Son áreas que contienen hábitats de cuyo equilibrio y preservación depende de la existencia de las especies de flora y fauna silvestres. Se pueden realizar actividades de preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio, investigación y aprovechamiento sustentable de las especies.
- Santuarios: Se establecen en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora y fauna, o por la presencia de especies, subespecies o hábitat de distribución restringida. Permiten actividades de investigación, educación y recreación.
- Áreas de Protección de Recursos Naturales: Están destinadas a la preservación y protección del suelo, cuencas hidrográficas, aguas y en general los recursos naturales que se encuentran localizados en terrenos forestales. Las actividades que se pueden hacer es la preservación, protección y aprovechamiento sustentable.
- Monumentos Naturales: Consiste en lugares u objetos naturales, que, por su carácter singular, interés estético, valor histórico o científico, se incorporan a un régimen de protección. Actividades para realizar es la preservación, investigación, educación y recreación.

(CONANP, 2021)

Cabe resaltar que el país se encuentra en el límite entre dos regiones biogeográficas que son la neártica y la neotropical, lo que contribuye a su gran riqueza natural (CONABIO, 2020).

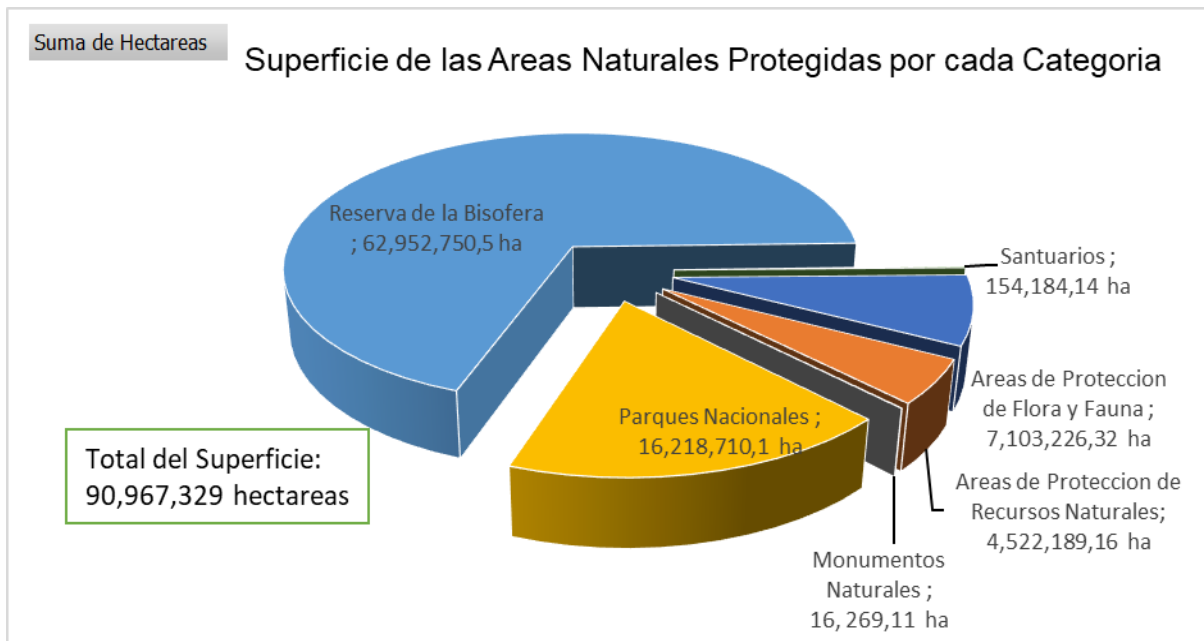
A nivel federal se han decretado 187 áreas naturales protegidas con una área de 90,962,486 hectáreas de las cuales se dividen en 6 categorías que son la Reserva de la Biosfera que tiene un número de 44 reservas que abarca una extensión de 62,952,750,5 ha, Parques Nacionales que tienen un número de 67 parques con una extensión de 16,218,710,1 ha, Monumentos Naturales contiene un número de 5 monumentos con una extensión de 16, 269,11 ha, Áreas de Protección de Recursos Naturales son 10 áreas con una extensión de 4,522,189,16 ha, Áreas de Protección de Flora y Fauna tiene un número de 42 áreas con una extensión de 7,103,226,32 ha y por último se encuentran los Santuarios que son 19 con una extensión de 154,184,14 ha (CONANP, 2023). En las gráficas 2 y 3 se muestran las categorías y las superficies de cada área natural protegida de México.

Gráfica 2: Áreas Naturales Protegidas de Competencia Federal, México, 2023.



Fuente: Elaboración Propia con Datos de CONANP, 2023.

Grafica 3: Superficie de las Áreas Naturales Protegidas por cada Categoría, México, 2023.



Fuente: Elaboración Propia con Datos de CONANP, 2023.

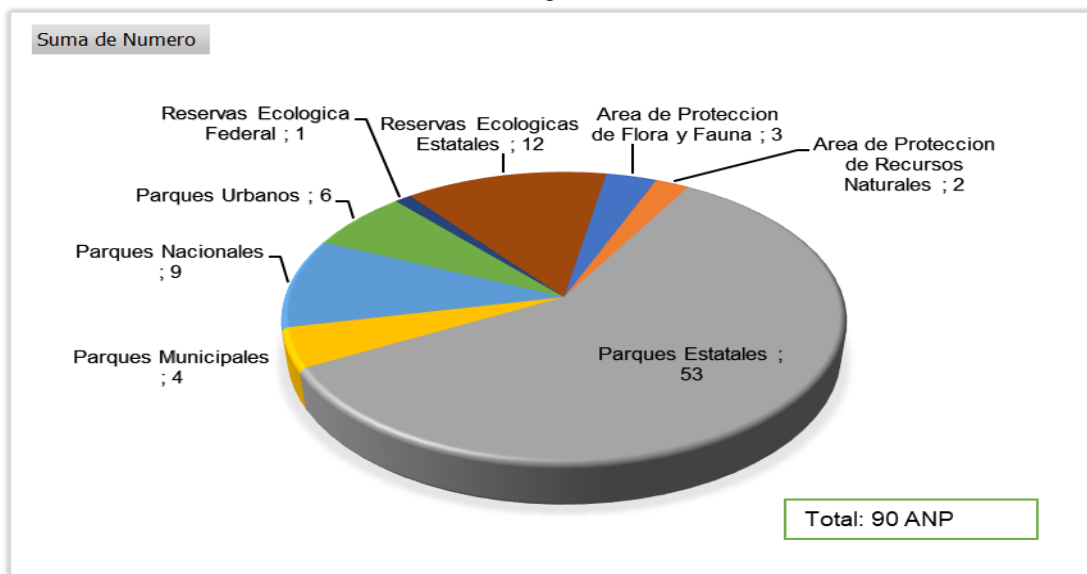
2.4. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE COMPETENCIA ESTATAL.

Mientras que, en el Estado de México, de acuerdo con fuentes oficiales actualmente se han registrado 90 áreas protegidas registradas en el Estado de México, abarca 999,661.62 ha del territorio, que representa un 44.45% del territorio estatal, de estas áreas se dividen en dos caracteres, la primera es de carácter federal, 15 áreas lo administra la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la segunda es de carácter estatal, 75 áreas están a cargo de la Comisión Estatal Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF) (CEPANAF, 2022).

Del total de las áreas protegidas que abarcan en el territorio, se dividen en 8 categorías que son: 9 Parques Nacionales, 53 Parque Estatales, 12 Reservas Ecológicas Estatales, 4 Parques Municipales, 6 Parques Urbanos, una Reserva Ecológica Federal, 3 Área de Protección de Flora y Fauna, 2 Área de Protección de Recursos Naturales (CEPANAF, 2022).

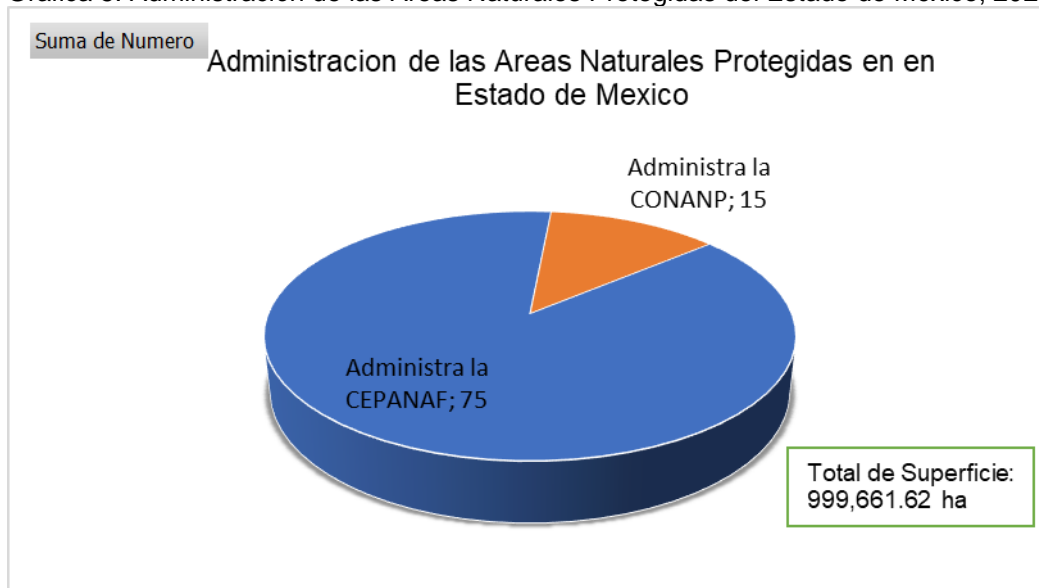
En la gráfica 4 y 5 se explica la administración y el número de las categorías de las áreas protegidas en el Estado de México para el año 2022:

Grafica 4: Áreas Naturales Protegidas del Estado de México, 2022.



Fuente: CEPANAF. (junio de 2022). Áreas Naturales Protegidas. Obtenido de https://cepanaf.edomex.gob.mx/ubicacion_areas_naturales_protegidas

Grafica 5: Administración de las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México, 2022



Fuente: CEPANAF. (junio de 2022). Áreas Naturales Protegidas. Obtenido de https://cepanaf.edomex.gob.mx/ubicacion_areas_naturales_protegidas

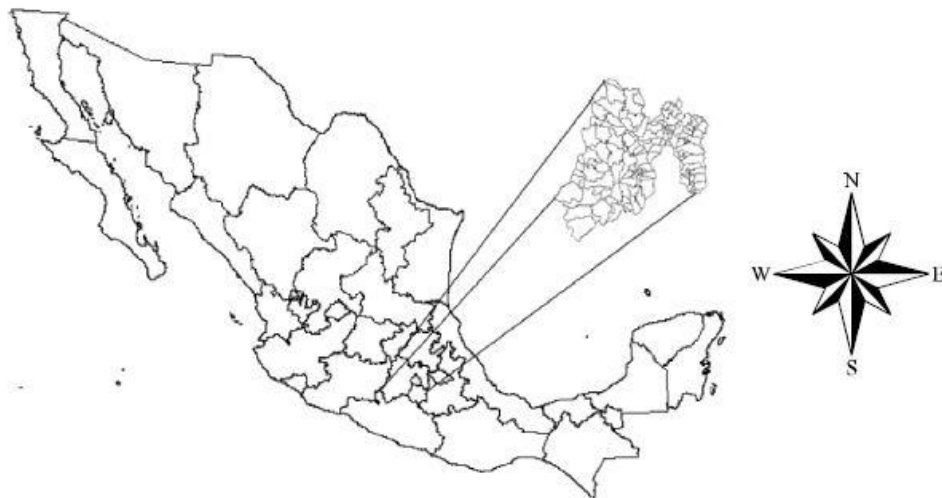
Con base en los datos e información obtenidos de diferentes fuentes sobre los criterios para el establecimiento de áreas protegidas a nivel internacional y nacional, es necesario

reconocer que, para localizar sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad, se necesita de un análisis y revisión de medios como la literatura, reportes, gráficas y mapas y **visitas a los sitios** para al final determinar mediante estas herramientas en donde se encuentra la mayor concentración de vegetación relevante, fauna silvestre, regiones biogeográficas, conexión entre las reservas para un mejor flujo de genética y características geológicas, todas estas características ayuda identificar zonas prioritarias para protección y conservación de la biodiversidad. También es importante mencionar que otro instrumento que ayuda al establecimiento de áreas protegidas ya sea a nivel internacional y nacional, es mediante las leyes y políticas del país para la protección de las áreas naturales y de los recursos naturales con el fin de lograr un equilibrio entre la sociedad y el medio ambiente para así fomentar el desarrollo sustentable en todas las esferas.

2.5. CONTEXTUALIZACIÓN

El Estado de México se localiza al centro de la República Mexicana, entre las coordenadas $20^{\circ} 17' 00''$ N, $18^{\circ} 20' 00''$ S de latitud norte y $98^{\circ} 35' 00''$ E, $100^{\circ} 37' 00''$ O de longitud oeste, colinda al norte con los estados de Querétaro e Hidalgo; al este con Puebla y Tlaxcala; al sur con Morelos, Guerrero y Ciudad de México; y al oeste con Guerrero y Michoacán de Ocampo (SEMARNAT, 2015).

Imagen 10. Localización del Estado de México.

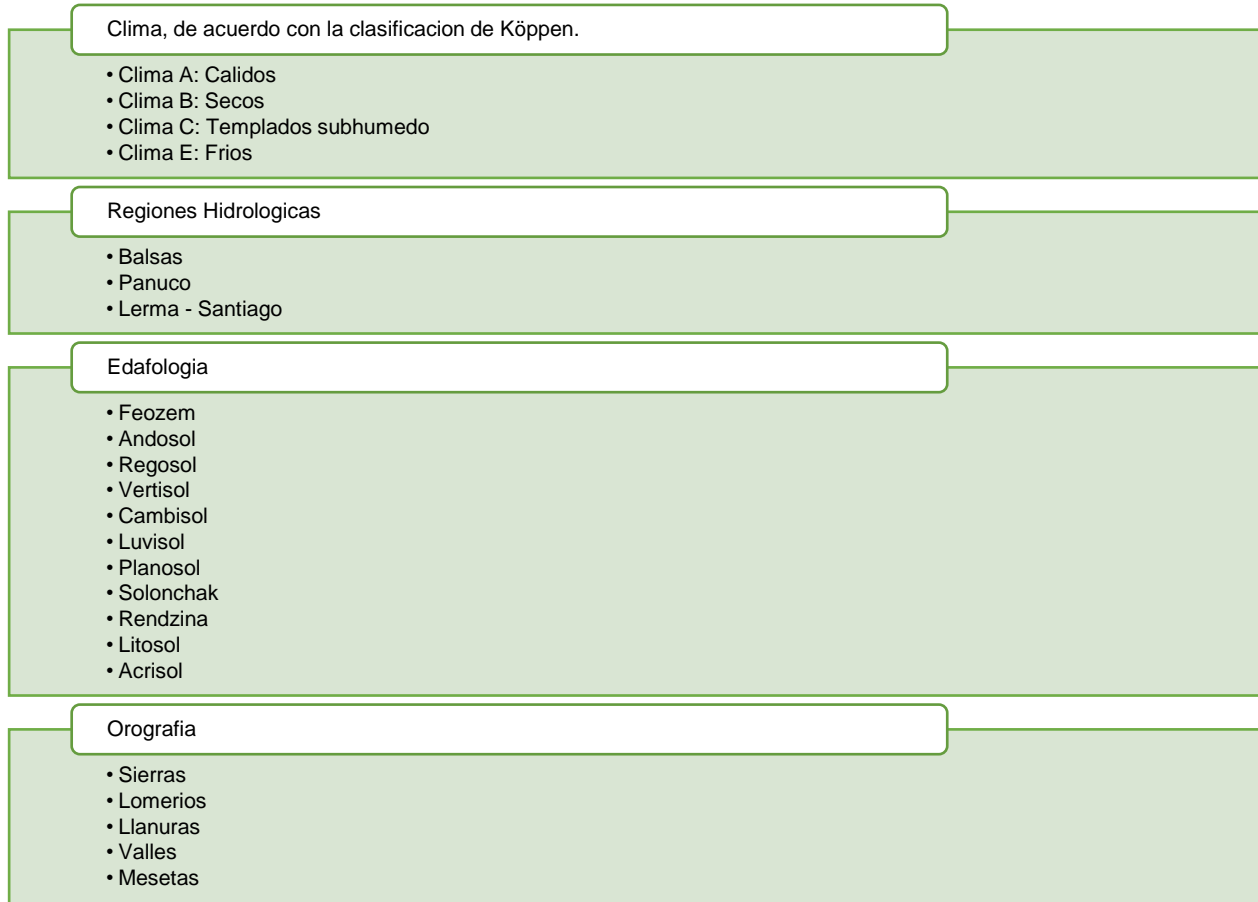


Fuente: Elaboración Propia con Datos de INEGI (2010).

En el Estado de México tiene una extensión de 2, 222,657.8 hectáreas, lo que equivale un poco más de 1.1% del territorio nacional, debido a sus características particulares de ubicación geográfica, gradiente altitudinal, topografía, relieve, formaciones geológicas, tipos de suelo y variaciones climáticas, ha favorecido la creación de una amplia heterogeneidad de condiciones ambientales y de hábitat que permite mantener una alta diversidad de ecosistemas y especies. Estas condiciones se deben a que el territorio se encuentra entre dos regiones (Neártica y Neotropical) y también es cruzada por el Eje Neovolcánico Transversal, por lo que estas propician al enriquecimiento natural de la biodiversidad, ya que aporta especies de flora y fauna típicas de cada una de ellas y el intercambio de especies a través de los procesos migratorios. Como resultado de estos movimientos, se ha generado nuevas variantes de ecosistemas terrestres, así como las combinaciones especies vegetales del territorio (SEMARNAT, 2015).

En el diagrama 6 se describe las características que componen el Estado de México, lo que favorece a los ecosistemas en la entidad y el establecimiento de áreas naturales protegidas.

Diagrama 6. Componentes del Estado de México, México, 2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, C. (2015). Inventario Estatal Forestal y de Suelos - Estado de México 2014 (Primera ed.). México. Secretaría de Finanzas y Planeación del Gobierno del Estado de México e Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral. (1993). Atlas General del Estado de México (Primera Edición ed.). México: Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral. Obtenido de <https://observatorio.edomex.gob.mx/sites/observatorio.edomex.gob.mx/files/files/ATLAS-T2.pdf>

La biodiversidad del Estado de México es variada, tiene características heterogéneas de clima, orografía, hidrografía y diversidad de suelos que favorecen el desarrollo de múltiples formas de vida, que resulta beneficio para las actividades humanas y que son primordiales para el mantenimiento del equilibrio ecológico (SEMARNAT, 2015).

CAPÍTULO 3. MÉTODO Y RESULTADOS

Con el fin de alcanzar con los objetivos propuestos en la investigación del tema “Estrategias Internacionales y Nacionales en el Establecimiento de las Áreas Naturales Protegidas”, se realizará una revisión de información y análisis documental, en revisar registros de base de datos, literatura, reportes y en la elaboración de mapas donde se distribuye la riqueza de biodiversidad que nos permitirá analizar mejor la situación actual de las áreas naturales protegidas en el Estado de México como también localizar puntos específicos donde se cumplan las características de importancia ecológica, biogeográfica y geológica, que den como resultado zonas prioritarias.

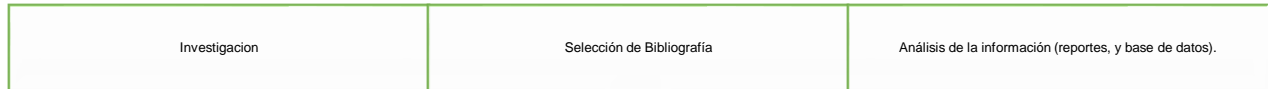
La elección de estas fuentes de información se debió que estas cuentan con información precisa y puntal de la distribución y riqueza de la biodiversidad en la entidad

Para la obtención de la información cartográfica se utilizara los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geográfica (INEGI), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), a través del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) del año 2021 y el Inventario Estatal Forestal y de Suelos, a través del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF) del año 2014, y para la elaboración de los mapas se utilizará el software ArcGIS ArcMap versión 10.4.1, con referencia espacial: Universal Transverse de Mercator UTM: 14N DATUM: WGS84 y a una escala de 1:900,000.

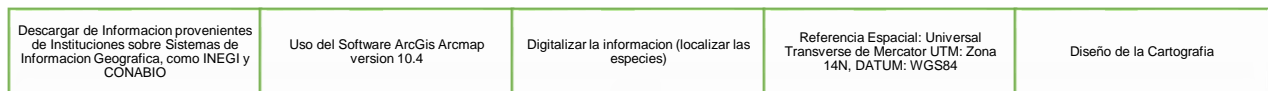
En el diagrama 7 se enlista los pasos que se utilizaron para el desarrollo de esta investigación:

Diagrama 7. Metodología, 2023.

Paso 1. Revisión de Literatura



Paso 2. Elaboración de Cartografía Temática



Paso 3. Resultados



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente apartado se presentará los pasos para la obtención de la información sobre la importancia ecológica, biogeográfica y geológica del Estado de México, así como también del análisis de la biodiversidad que se encuentra en la entidad.

3.1. ECOLÓGICO

3.1.1. Fauna

Se realizó una revisión literaria del libro “La Diversidad Biológica del Estado de México. Estudio de Caso”, elaborado por los compiladores: Gerardo Ceballos, Rurik List, Gloria Garduño, Rubén López Cano, María José Muñozcano Quintanar, Enrique Collado y Jaime Eivin San Román, año 2009, donde se explica los conceptos, características, distribución geográfica en la entidad, amenazas y conservación de la fauna del Estado de México (Ceballos , et al, 2009).

Se analizó la información del portal de geo información del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), es un portal de información geográfica donde se

puede consultar, visualizar y descargar cartografía temática sobre biodiversidad que ha sido recopilada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), para el caso de estudio se descargó la información sobre la distribución potencial y registros de presencias de la fauna silvestre (CONABIO, 2021). En base a esta información se elaborarán mapas temáticos de la distribución de la biodiversidad.

También se utilizó la información del libro “Atlas de Fauna y Flora del Estado de México”, elaborado por el coordinador Gerardo Jorge Ceballos González, Enrique Leopoldo Islas Flores año 2018, para identificar la distribución de la biodiversidad en la entidad, donde la información se digitalizo para la elaboración de los mapas de fauna (Ceballos González, Islas Flores, 2018).

Se utilizó la escala 1:900,000, utilizando el software ARGIS versión 10.4.1, donde se agregarán las capas de fauna, peces, anfibios, reptiles, aves, áreas naturales protegidas, límite estatal y limite nacional, para obtener un panorama más amplio.

3.1.2. Vegetación

El análisis de los datos de distribución de vegetación en el Estado de México, se realizó una revisión de cuadros y mapas cartográficos elaborados por el Inventario Estatal Forestal y de suelos del año 2014, elaborado por el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF) que es un instrumento político forestal que fue implementado y diseñado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), que procesa, analiza y divulga la información de los ecosistemas forestales, así como el uso, estado y tendencias de los ecosistemas forestales (CONAFOR, 2020)

También se hizo una revisión literaria del libro “La Diversidad Biológica del Estado de México. Estudio de Caso”, elaborado por los compiladores: Gerardo Ceballos, Rurik List, Gloria Garduño, Rubén López Cano, María José Muñozcano Quintanar, Enrique Collado y Jaime Eivin San Román, año 2009, donde se explica los conceptos, características, distribución geográfica en la entidad, amenazas y conservación de los bosques del Estado de México (Ceballos , et al, 2009).

El siguiente paso, se utilizó información de mapas cartográficos de recursos forestales a una escala 1:900,000, elaborado por el Inventario Estatal Forestal y de suelos del año 2014, realizado por el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF). Se analizó donde hay mayor o menor distribución de la vegetación en la entidad y la conexión entre cada área forestal. El programa que se utilizó para agregar los datos será del software ARGIS versión 10.4.1, donde se agregaran las capas de vegetación, cuerpos de agua y el límite estatal, para tener un panorama más amplio para la obtención de información más certera.

3.2. BIOGEOGRAFÍA

Para determinar las zonas biogeográficas en que se encuentra el Estado de México, en qué áreas hay mayor abundancia de especies de flora y fauna, para esto se realizó una revisión literaria del artículo de “Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo” del autor Juan J. Morrone del año 2019.

La siguiente información que se utilizó para el análisis del tema es la información cartográfica para una mejor visualización de las regiones biogeográficas de México. Esta información fue obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) del “Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos” y de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) de las “Cuencas Hidrológicas”

Estos mapas se elaboraron a una escala 1:900,000, utilizando el software ARGIS versión 10.4.1, donde se agregarán las capas de regiones biogeográficas, fisiográficas, modelo digital de elevaciones, áreas naturales protegidas, límite estatal y límite nacional, para obtener un panorama más amplio.

3.3. GEOLÓGICO

Se utilizó tres fuentes de información para el desarrollo de análisis sobre el componente geológico, el primer fuente de información que se analizó fue la página de internet que tiene como nombre “Volcanes de México” del Servicio Geológico Mexicano del año 2017, la segunda referencia fue el artículo “Síntesis Geográfica del Estado de México” del

Instituto Nacional de Estadística y Geografía del año 1981 y la tercera fuente de información que se utilizó fue de la página de internet del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), con el nombre de “Relieve” del año 2022.

El siguiente paso que se realizó fue en la búsqueda de información cartográfica para la elaboración de los mapas geológicos, esta información fue obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) del “Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos”, para el caso del mapa geológico del Estado, mientras en la elaboración del mapa de Volcanes del Estado, se obtuvo mediante el Modelo de Elevaciones hecha por el INEGI. Será a una escala 1:900,000, utilizando el software ARGIS versión 10.4.1, donde se agregarán las capas de geología, volcanes, áreas naturales protegidas, límite estatal y límite nacional, para obtener un panorama más amplio.

Después de la descripción de los pasos a seguir de esta investigación, se mostrarán los resultados obtenidos durante este proceso.

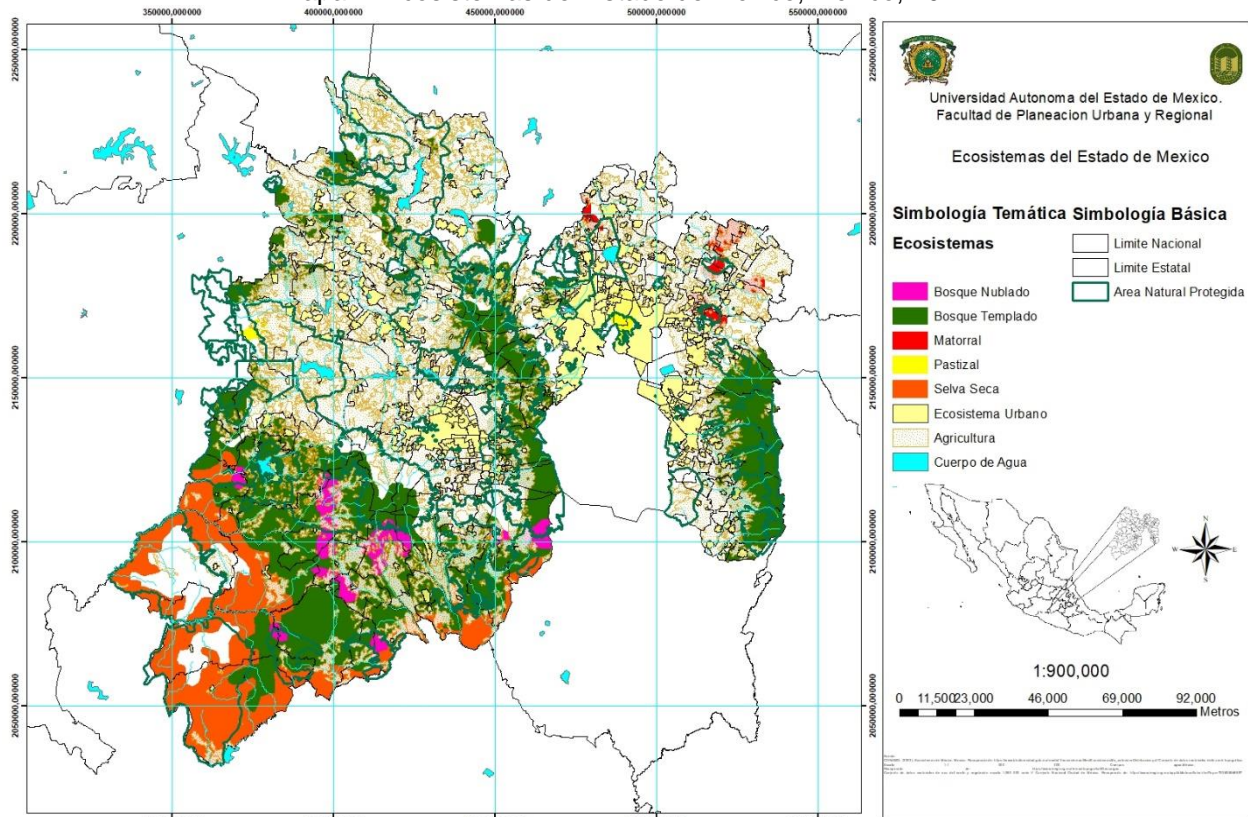
RESULTADOS

3.4. IMPORTANCIA ECOLÓGICA

3.4.1. Fauna

En el mapa 2 de ecosistemas del Estado de México se presentan los tipos de ecosistemas que se encuentran en el territorio como son los ecosistemas terrestres que lo conforman por bosques templados, selvas, matorrales y pastizales y ecosistemas acuáticos que son los ríos y lagos. Dentro de estos ecosistemas se encuentra la fauna que es muy importante para estos sistemas, ya que se pueden ver las relaciones entre los seres vivos y el entorno, también se consideran indicadores del estado de los ecosistemas y que gracias a ellos se establezcan nuevas zonas protegidas. En este apartado se hablará de la biodiversidad que conlleva los anfibios, reptiles, aves, peces, mamíferos y vegetación de la entidad.

Mapa 2. Ecosistemas del Estado de México, México, 2022.



Fuente: CONABIO, (2022). Ecosistemas de México. México. Recuperado de: https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/ecosistemas/files/EcosistemasMx_extensionDistribucion.pdf Conjunto de datos vectoriales de la serie topográfica.
Escala 1:1 000 000. Cuerpos agua, México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/topografia/#Descargas>.
Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000 serie V Conjunto Nacional Ciudad de México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825568597>

3.4.2. Herpetofauna (Anfibios y Reptiles)

Los anfibios (ajolotes, ranas y sapo), son vertebrados de agua, muestran una mayor dependencia a los cuerpos de agua y ambiente terrestre, organismos ectotérmicos lo que significa que su temperatura corporal depende del ambiente, su piel es húmeda, permeable, vascularizada lo que le permite respirar por la piel y tienen glándulas venenosas que contienen toxinas y secreciones irritantes activas (Ceballos , et al, 2009).

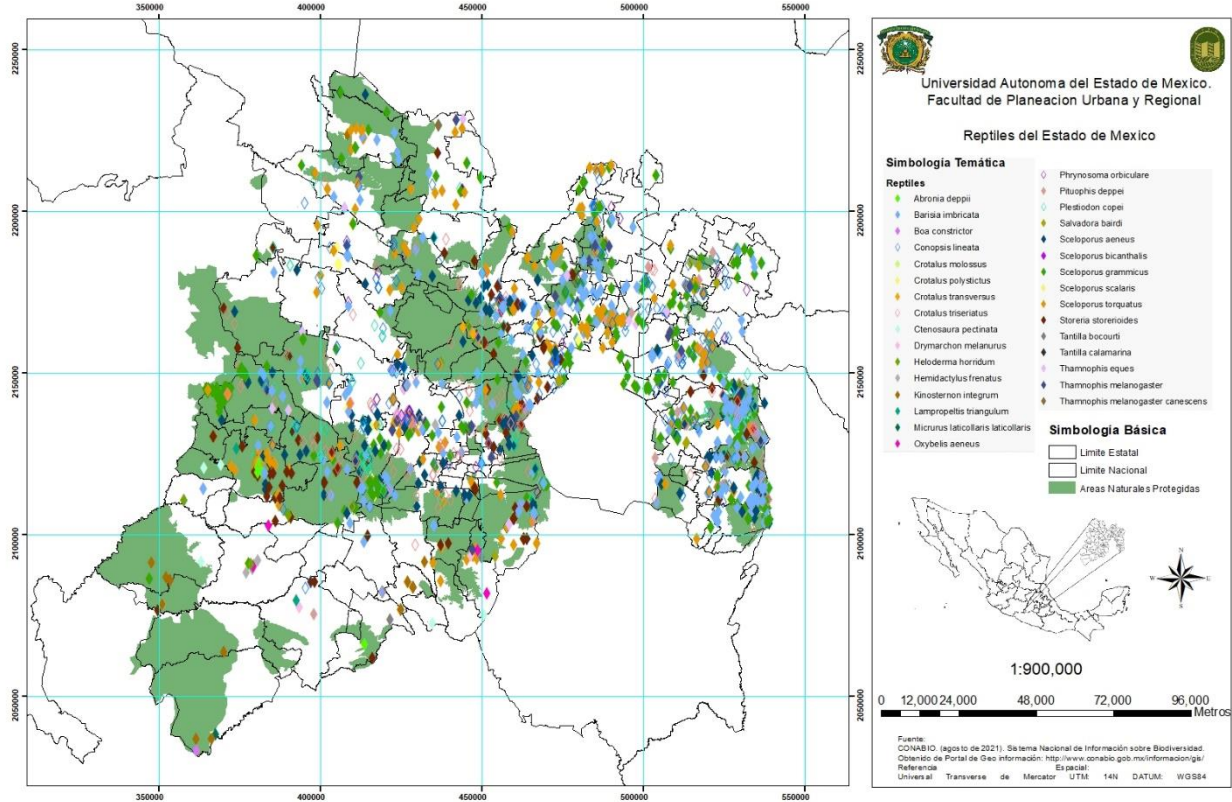
Los reptiles (tortugas, lagartijas, iguanas, serpientes y cocodrilos), son vertebrados terrestres, su piel tiene escamas y se muda periódicamente.

En el Estado de México posee una gran diversidad de estos grupos, tiene 51 especies de anfibios y 93 reptiles, a pesar de contar con el 1% del territorio nacional. En el Estado de México se encuentran en zonas con vegetación en buen estado como bosques, selvas, pastizales, humedales, tulares y otros tipos de vegetación, aunque algunos anfibios y reptiles se pueden encontrar en algunas áreas de cultivo. Su importancia ecológica es que en anfibios y algunos reptiles son controladores de plagas (Ceballos , et al, 2009).

En el caso de la herpetofauna del parque Sierra Nanchititlan, es el municipio del estado más estudiado en cuanto a temas de biodiversidad. En las últimas décadas se publicaron trabajos que mencionan especies de herpetofauna: en estos trabajos se registraron 23 especies que no eran conocidas para el Estado de México, 11 corresponde a bejucos (Aguilar, et al, 2005).

En el mapa 3 y 4 se visualiza de acuerdo con el mapa que muestra la distribución de los anfibios y reptiles que se encuentran en el territorio.

Mapa 4. Reptiles del Estado de México, México, 2021.



Fuente: CONABIO. (agosto de 2021). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Obtenido de Portal de Geo información: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> Referencia Espacial: Universal Transverse de Mercator UTM: 14N DATUM: WGS84

En el siguiente cuadro 4 se presenta la diversidad de reptiles que habitan en el Estado de México.

Cuadro 4. Diversidad de Reptiles del Estado de México, México, 2009

Ordenes	Familias	Géneros	Especies	Especies Endémicas	Especies Amenazadas
Squamata (Lagartijas e Iguanas)	8	13	37	1	11
Squamata (Serpientes Venenosas)	6	26	53	0	27
Testudines	2	2	3	0	3
Total	16	41	93	1	41

Fuente: Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López Cano, R., Muñozcano Quintanar, M., Collado, E., & San Román, J. (2009). La Diversidad Biológica del Estado de México. Estudio de Caso. México: Colección Mayor. Estado de México: Patrimonio de un Pueblo. Recuperado de: https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documents/Ciga/Libros2011/EEB_EDOMEX_baja.pdf

En el Estado de México existen cuatro especies endémicas de anfibios que son del género: *Ambystoma* (*A. bombypelum*, *A. granulatum*, *A. leorae* y *A. lermaense*), en el

caso de los reptiles solo se encuentra una especie endémica que es *Sceloporus sugillatus*. En relación con las especies endémicas regionales, existen 49 especies, aproximadamente el 50%, 74 especies son exclusivas del país (Ceballos , et al, 2009).

3.4.3. Aves

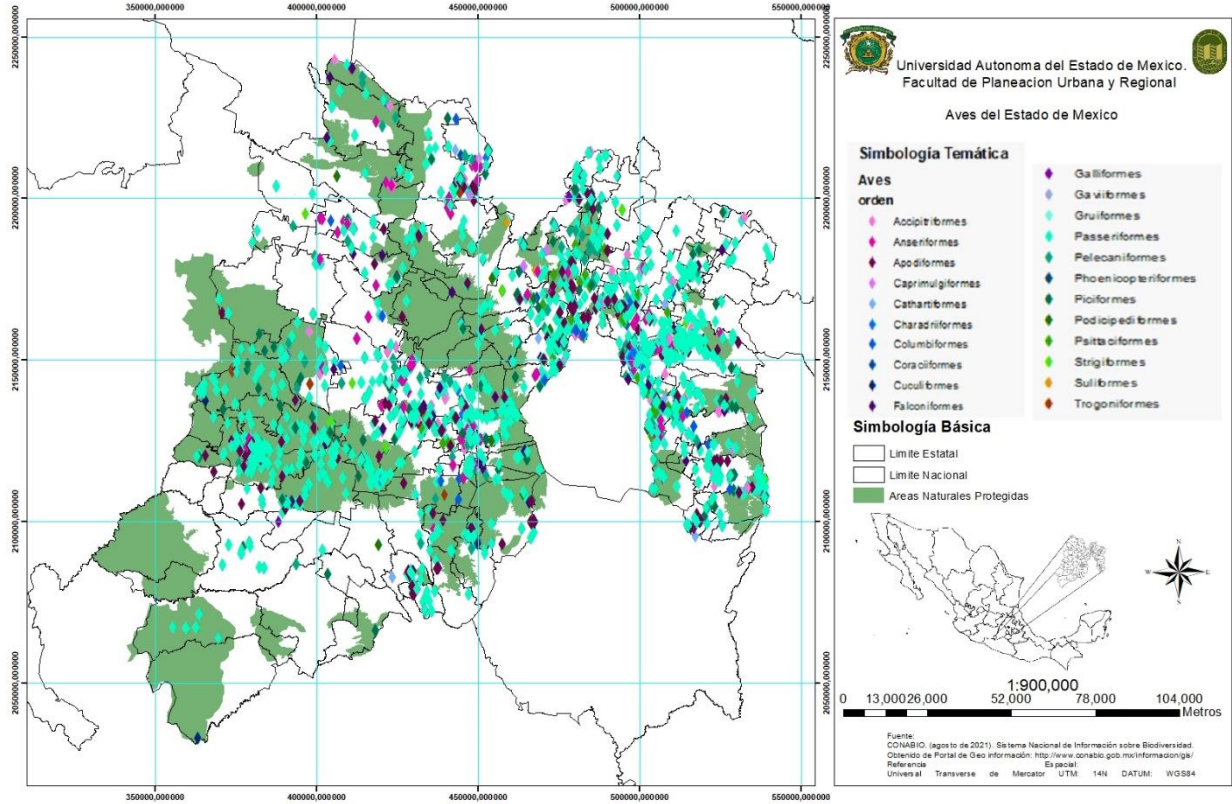
Las aves son vertebrados con capacidad para el vuelo debido a que sus huesos y pluma son muy ligeros, flexibles y fuertes. Son especies migratorias, el 51% de las aves de Canadá y Estados Unidos pasan o permanecen hasta nueve meses desde otoño hasta la primavera (Ceballos , et al, 2009).

La diversidad de especies de aves se encuentra en donde existe vegetación original como: bosques de pino, pino – encino, bosque mesófilo, selvas bajas, matorrales, y en los humedales, también con la presencia de cuerpos de agua permanentes o estacionales, pero prefieren aquellos con vegetación acuática nativa (Ceballos , et al, 2009).

Se registró que solo 4,333 contaron con coordenadas, que corresponde a 432 especies que se localizan en 263 localidades. Se encontró que estos estudios fueron realizados en localidades que se ubican en el Eje Neovolcánico.

Importancia ecológica son polinizadoras, consumidoras, algunas comen semillas, otras son frugívoras y son dispersoras de semillas. En el mapa 5 se muestra la distribución de las aves del Estado de México.

Mapa 5. Aves del Estado de México, México, 2021.



Fuente: CONABIO. (agosto de 2021). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Obtenido de Portal de Geo información: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> Referencia Espacial: Universal Transverse de Mercator UTM: 14N DATUM: WGS84

En el estado se encuentran 457 especies de aves, 255 géneros y 62 familias, de las cuales 40 son especies endémicas de la región, también se encontraron con 54 especies que se encuentran en categoría de riesgo (Ceballos , et al, 2009). En el cuadro 5 se muestra la diversidad de aves que cuenta la entidad.

Cuadro 5. Diversidad de Aves del Estado de México, México, 2009

Orden	Familia	Genero	Especies	Especies Endémicas	Especies en Riesgo
Anseriformes	1	10	21	1	1
Galliformes	2	5	5	3	2
Gaviiformes	1	1	1	0	0
Podicipediformes	1	4	4	0	1
Pelecaniformes	3	4	5	0	0
Ciconiiformes	3	13	16	1	0
Falconiformes	2	13	23	0	14
Gruiformes	2	7	9	0	5

Charadriiformes	5	20	40	0	1
Columbiformes	1	5	9	0	0
Psittaciformes	1	2	2	0	2
Cuculiformes	1	5	7	0	0
Strigiformes	2	11	19	1	8
Caprimulgiformes	1	3	6	0	1
Apodiformes	2	20	28	3	2
Trogoniformes	1	1	3	1	0
Coraciiformes	2	3	3	0	0
Piciformes	1	5	11	3	2
Passeriformes	30	123	245	27	17
Total	62	255	457	40	54

Fuente: Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López Cano, R., Muñozcano Quintanar, M., Collado, E., & San Román, J. (2009). La Diversidad Biológica del Estado de México. Estudio de Caso. México: Colección Mayor. Estado de México: Patrimonio de un Pueblo. Recuperado de: https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/EEB_EDOMEX_baja.pdf

3.4.4. Mamíferos

En el estado se encuentran 125 especies, 77 géneros y 21 familias, que representan un 26% de los mamíferos terrestres del país. Los roedores y murciélagos son los órdenes con mayor diversidad, con 72% registradas en el estado, el siguiente orden que contribuye con un número importante son los carnívoros, se registraron 18 especies (Ceballos, et al, 2009). En el cuadro 6 se muestra la diversidad de mamíferos que cuenta la entidad.

Cuadro. 6. Diversidad de los Mamíferos del Estado de México, 2009.

Ordenes	Familias	Géneros	Especies	Especies Endémicas
Didelphimorphia	1	2	2	1
Cingulata	1	1	1	0
Pilosa	0	0	0	0
Primates	0	0	0	0
Lagomorpha	1	3	6	2
Soricomorpha	1	3	6	4
Chiroptera	6	29	48	5
Carnivora	5	16	18	0
Perissodactyla	0	0	0	0
Artiodactyla	2	2	2	0
Rodentia	4	21	42	21
Total	21	77	125	33

Fuente: Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López Cano, R., Muñozcano Quintanar, M., Collado, E., & San Román, J. (2009). La Diversidad Biológica del Estado de México. Estudio de Caso. México: Colección Mayor. Estado de México: Patrimonio de un Pueblo. Recuperado de: https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/EEB_EDOMEX_baja.pdf

Se registraron 14 especies endémicas al eje Neovolcánico y 12 especies se comparten con las selvas bajas del pacífico (Ceballos , et al, 2009).

Se presenta 93 especies que tienen una combinación de elementos neárticos, neotropicales o especies compartidas, 27 son de amplia distribución, 36 se comparten con Norteamérica, 19 con Sudamérica y 11 con Mesoamérica.

Se ha encontrado registros de mamíferos en 83 municipios, de los cuales 61 tienen registradas de 1 a 10 especies, 9 tienen de 11 a 20, 9 de 21 a 30 y solo 4 con más de 31 especies. Los municipios con mayor registro de especies son: Ixtapaluca con 44, Tejupilco con 40 y Ocuilan con 35 especies, en el siguiente cuadro 7 se muestra la riqueza de especies de estos municipios (Ceballos , et al, 2009).

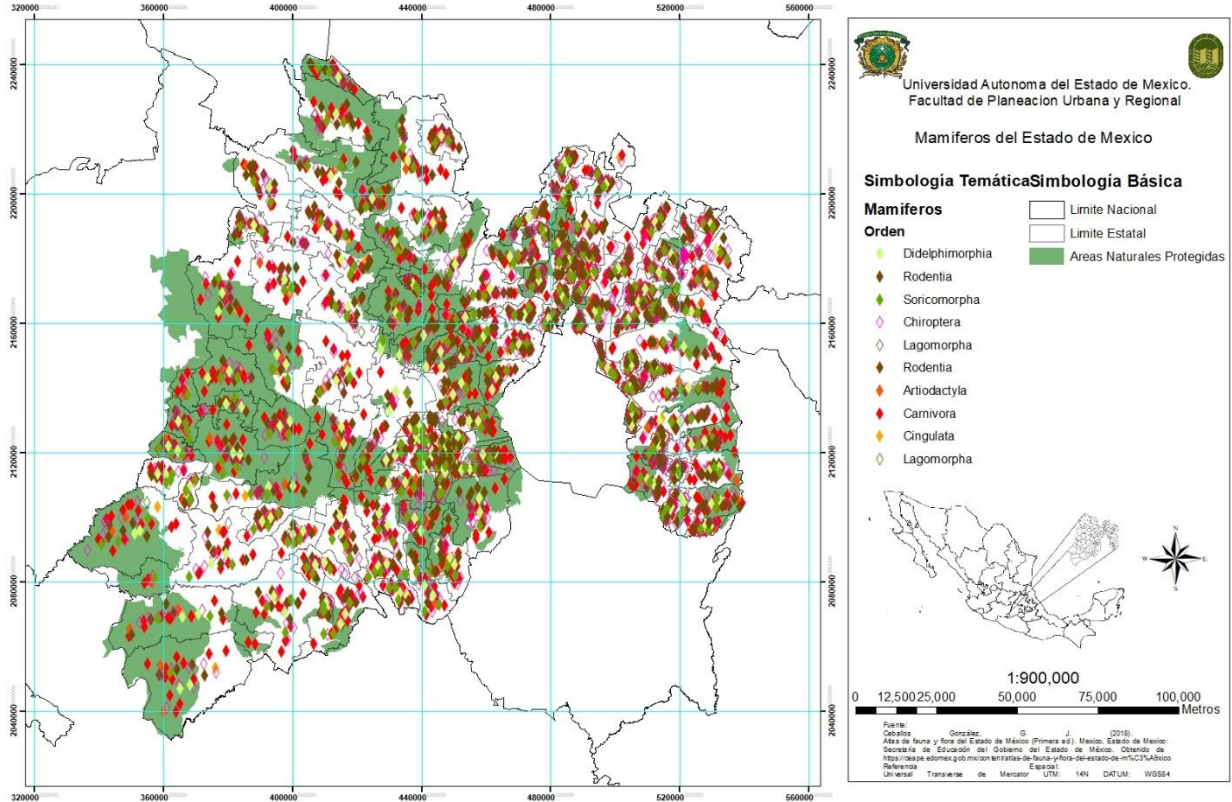
Cuadro 7. Municipios con Mayor Riqueza de Especies de Mamíferos en el Estado de México, 2009.

Municipio	Área (km2)	No. de especies	No. de registros	No. de localidades
Ixtapaluca	267.7	44	100	31
Tejupilco	1, 385.5	40	64	10
Ocuilan	324.5	35	101	25

Fuente: Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López Cano, R., Muñozcano Quintanar, M., Collado, E., & San Román, J. (2009). La Diversidad Biológica del Estado de México. Estudio de Caso. México: Colección Mayor. Estado de México: Patrimonio de un Pueblo. Recuperado de: https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/EEB_EDOMEX_baja.pdf

En el mapa 6 se presenta la distribución de los mamíferos en los municipios del Estado de México, se puede visualizar claramente la localización de las especies en la entidad.

Mapa 6. Mamíferos del Estado de México, México, 2018.



Fuente: Ceballos González, G. J, Islas Flores, E. L (2018). Atlas de fauna y flora del Estado de México (Primera ed.). México, Estado de México: Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México. Obtenido de <https://ceape.edomex.gob.mx/content/atlas-de-fauna-y-flora-del-estado-de-m%C3%A9xico> Referencia Espacial: Universal Transverse de Mercator UTM: 14N DATUM: WGS84

Se presenta en el estado de México las especies que son representativas en cuatro órdenes que son: Soricomorpha, Chiroptera, Rodentia y Lagomorpha, encontrándose que el orden de Rodentia se encuentra en las dos regiones, siendo donde hay una muy alta proporción de las especies endémicas provenientes del Eje Neovolcánico que equivale un 40%, mientras que, una alta proporción de un 12% de las especies endémicas del orden Chiroptera son provenientes del Pacífico (Ceballos , et al, 2009).

Las especies con una distribución a menor altitud son de afinidades tropicales que van de 540 a los 1, 700 msnm y se encuentran en la Depresión del Balsas; mientras que las especies de distribución a mayor altitud, alrededor de los 4, 300 msnm, son de afinidades templadas y se localizan en los volcanes (Ceballos , et al, 2009).

El mayor número de especies se concentra en altitudes intermedias (1, 901 a 3, 500 msnm). De hecho, las localidades en el intervalo altitudinal entre 1, 500 a 1, 700 msnm presentan mezclas muy interesantes de especies de afinidades templadas y tropicales (Ceballos , et al, 2009).

Habitán en las vegetaciones de: bosques de coníferas, bosques de encinos, selvas bajas, matorrales xerófilos, pastizales y hábitat acuático, Bosques Templados donde alberga gran cantidad de número de mamíferos debido en gran parte a su mayor extensión, Selvas bajas es la zona con comunidades más ricas en especies de mamíferos, similar a los bosques de encino, en las que se han registrado 65 especies, Bosque de coníferas se encuentran 58 especies y Matorral xerófilo con 56 especies y 5 en los hábitats (Ceballos , et al, 2009).

Se encontraron especies endémicas en Bosques de encino en donde se encuentran 17 especies, Bosques de coníferas hay 13 especies, Selva baja 11 especies, Pastizales 8 especies y Matorral 5 especies (Ceballos , et al, 2009).

Especies en Peligro de Extinción se ubicaron en Bosques de pino 6 especies, Bosques de encino 6 especies, Pastizal 5 especies, Selva baja 4 especies y Matorral desértico 4 especies (Ceballos , et al, 2009).

En especies Amenazadas se encontraron en Bosques de pino y encino se encuentran 3 especies, Matorral desértico 2 especies, Selva baja 1 especie, Pastizal 1 especie y Hábitats acuáticos 1 especie (Ceballos , et al, 2009).

3.4.5. Peces

La ictiofauna del Estado de México se encuentra ubicada dentro de las cuencas de los ríos Panuco, Balsas y Lerma. A su compleja historia geológica que su superficie ha tomado diversas formas dentro de la gradiente ambiental, que ha favorecido en la creación de un gran número de ríos y cuerpos de agua, donde se alojan grupos de peces que tienen diferentes orígenes, que pueden ser peces de origen neotropicales como lo son los cíclidos y pecílidos, así como las especies neárticas como los ciprínidos y grupos autóctonos como los goodeidos y aterinidos (Méndez, F, et al, 2001).

Se elaboró un listado de especies de peces para saber su estado actual y distribución de las especies, así como el análisis de la cuenca y el número de especies (Méndez, F, et al, 2001).

Como resultado de estos listados, se elaboró una base de datos con 414 registros de colectas de peces en el Estado, realizadas desde el año 1950 hasta el 2000 (Méndez, F, et al, 2001).

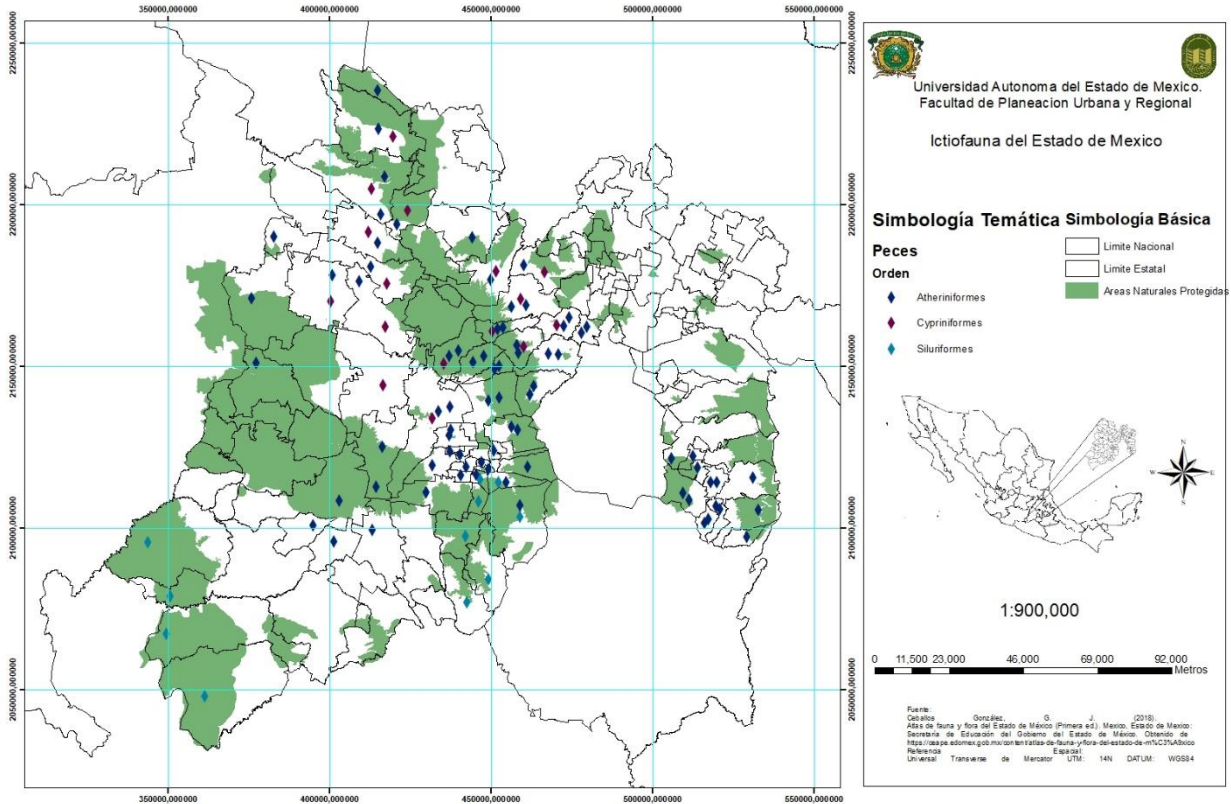
Se recopilaron 35 colectas para la Cuenca del Balsas, 207 para la Cuenca de Lerma y 171 para Cuenca de Panuco, realizada por José Fernando Méndez Sánchez, Eduardo Soto Galera, Joel Paulo Maya y María Adelina Hernández Hernández para su investigación de ictiofauna del Estado de México.

En total se han registrado 25 especies para la entidad: 18 especies son nativas ubicadas en cuatro familias y 8 especies introducidas.

En la cuenca de Balsas se encontraron 7 especies nativas, en la cuenca de Lerma 12 especies nativas y para la Cuenca de Panuco se localizaron 10 especies.

En el país hay 18 especies nativas, para el Estado de México hay 7 especies nativas, en la Cuenca de Balsas 2 especies, el Alto de Lerma son 3 especies, 4 especies a la Cuenca Panuco y en Lerma – Santiago son 7 especies (Méndez, F, et al, 2001). Una representación con imagen sobre la situación de la ictiofauna del Estado de México se muestra en el mapa 7 de distribución de los peces en la entidad.

Mapa 7. Ictiofauna del Estado de México, México, 2018.



Fuente: Ceballos González, G. J. Islas Flores, E. L., (2018). Atlas de fauna y flora del Estado de México (Primera ed.). México, Estado de México: Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México. Obtenido de <https://ceape.edomex.gob.mx/content/atlas-de-fauna-y-flora-del-estado-de-m%C3%A9xico>
Referencia Espacial: Universal Transverse de Mercator UTM: 14N DATUM: WGS84

La conservación de los peces en la entidad se encuentra en un estado crítico, ya que tres especies se encuentran extintas, cuatro en peligro de extinción, dos amenazadas, cuatro con su distribución restringida y cuatro extirpadas (Ceballos , et al, 2009). En el siguiente cuadro 8 se explica el estado de conservación de los peces nativos del Estado de México.

Cuadro 8. Estado de Conservación de los Peces del Estado de México, México, 2009.

Familia	Especie	Estado de Conservación
Cyprinidae		
	<i>Hybopsis boucardi</i>	Amenazada (NOM 059 2001).
	<i>Hybopsis calientis</i>	Extirpado del Estado de México (Díaz-Pardo et al., 1993; Soto-Galera et al., 1991).
	<i>Notropis sallei</i>	Distribución disminuida (Díaz-Pardo et al., 1993; Soto-Galera et al., 1991).
	<i>Algansea barbata</i>	En peligro de extinción (NOM 059 2001). Probablemente extinta.

	<i>Alganacea tincella</i>	Extirpado del Estado de México (Díaz-Pardo et al., 1993; Soto-Galera et al., 1991).
	<i>Evarra bustamantei</i>	Extinta (UICN, 2007)
	<i>Evarra eingenmanni</i>	Extinta (UICN, 2007)
	<i>Evarra tlahuacensis</i>	Extinta (UICN, 2007)
	<i>Yuriria alta</i>	Extirpado del Estado de México (Díaz-Pardo et al., 1993; Soto-Galera et al., 1991).
Ictaluridae		
	<i>Ictalurus balsanus</i>	Aparentemente estable.
Goodeidae		
	<i>Allophorus robustus</i>	Extirpado del Estado de México (Díaz-Pardo et al., 1993; Soto-Galera et al., 1991).
	<i>Girardinichthys multiradiatus</i>	Vulnerable (UICN, 2007). Distribución disminuida (Díaz-Pardo et al., 1993; Soto-Galera et al., 1991).
	<i>Girardinichthys viviparus</i>	En peligro de extinción (NOM 059 2001; UICN, 2007).
	<i>Goodea atripinnis</i>	Tolerante, mantiene su distribución (Díaz-Pardo et al., 1993; Soto-Galera et al., 1991).
	<i>Ilyodon whitei</i>	En peligro de extinción (UICN, 2007)
	<i>Skiffia lermæ</i>	Distribución disminuida (Díaz-Pardo et al., 1993; Soto-Galera et al., 1991). Amenazada (NOM 059 2001).
Atherinopsidae		
	<i>Chirostoma jordani</i>	Mantiene su distribución (Soto-Galera et al., 1991 y Díaz-Pardo et al., 1993)
	<i>Chirostoma riojai</i>	En peligro de extinción (NOM 059 2001). Distribución disminuida (Díaz-Pardo et al., 1993; Soto-Galera et al., 1991).

Fuente: Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López Cano, R., Muñozcano Quintanar, M., Collado, E., & San Román, J. (2009). La Diversidad Biológica del Estado de México. Estudio de Caso. México: Colección Mayor. Estado de México: Patrimonio de un Pueblo. Recuperado de: https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/EEB_EDOMEX_baja.pdf

3.4.6. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA FAUNA EN EL ESTADO DE MÉXICO

En el artículo “Vertebrados en las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México. Análisis de Registros de Bases de Datos” de los autores Rogel Fajardo, Isidro, Moreno Barajas, Ruth y Colindres Jardón, Isidro, se explica las categorías de riesgo de cada especie que habita en la entidad, estas están clasificadas de acuerdo con la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, en el cuadro 9 se enlistan las especies y su categoría de riesgo.

Cuadro 9. Categorías de Riesgo de las Especies del Estado de México, México, 2021.

Anfibios	UICN	NOM	Reptiles	UICN	NOM	Aves	UICN	NOM	Mamíferos	UICN	NOM
<i>Ambystoma Lermaense</i>	CR	Pr	<i>Aspidocelis Costata</i>	LC	Pr	<i>Anas Plavryncho s. Dzi</i>		A	<i>Bassariscus Astatus</i>	LC	
<i>Ambystoma Leolare</i>	CR	A	<i>Aspidocelis Depeii</i>	EN	A	<i>Accipter Cooperii</i>		Pr	<i>Cryptotis Alticola</i>		Pr
<i>Ambystoma granulosum</i>	CR	Pr	<i>Barisia Imbricata</i>	LC	Pr	<i>Asio Flammeus</i>		Pr	<i>Cratogeomys s. Fumosus</i>	LC	A
<i>Ambystoma Mexicanum</i>	CR	P	<i>Crotalus Culminatus</i>	Sin datos		<i>Ara Militar</i>	VU	P	<i>Choeronycteris Mexicana</i>	NT	A
<i>Ambystoma Rivularis</i>		A	<i>Conopsis Biserialis</i>	LC	A	<i>Catharus Frantzi</i>		A	<i>Enchistenes Hartii</i>	LC	Pr
<i>Ambystoma Altamirani</i>	EN	A	<i>Conopsis Lineata</i>			<i>Cyrtonyx Montezumae</i>	LC	Pr	<i>Lepus Californicus</i>	LC	
<i>Bufo Marmoreus</i>	LC		<i>Crotalus Triseriatus</i>	LC		<i>Cinclus Mexicanus</i>		Pr	<i>Leptonvcteris s. Yerbabuena e.</i>	NT	Pr
<i>Bufo Occidentalis</i>	LC		<i>Crotalus Aquilus</i>	LC	Pr	<i>Falco Rufigularis</i>	LC		<i>Megasorex Gigas</i>	LC	A
<i>Chiropterotriton Chiropterus</i>	CR	Pr	<i>Ctenosaura Pectinata</i>	A		<i>Falco Peregrinus</i>		Pr	<i>Romerolagus s. Dzi</i>	EN	P
<i>Eleuterodactylus Maurus</i>		Pr	<i>Crotalus Durissus</i>	LC	Pr	<i>Glaucidium Gnome</i>	LC		<i>Sorex Saussurei</i>	LC	
<i>Eleuterodactylus Occidentalis</i>	DD		<i>Crotalus Ravus</i>	LC	A	<i>Herpetotheres Cachinnans</i>	LC		<i>Puma Yagouaroundi</i>		A
<i>Eleuterodactylus Nitidus</i>			<i>Plestiodon Brevirostris</i>	LC		<i>Melanotis Caerulescens</i>	LC		<i>Leopardus Pardalis</i>		A
<i>Dryophytes Plicatus (Hyla plicata)</i>		A	<i>Heloderma Horridum</i>	VU	A	<i>Parbuteo Unicinctus</i>	LC	Pr	<i>Leopardus Wiedii</i>		A
<i>Plectrohyla Bistincta</i>	LC	Pr	<i>Kinosternon Integrum</i>	LC	Pr	<i>Progne Sinaloae</i>	VU	Pr	<i>Panthera Onca</i>		A
<i>Exerodonta Smaragdina</i>	LC	Pr	<i>Kinosternon Hirtipes</i>	LC	Pr	<i>Streptoprocne Semicollaris</i>	LE	Pr			
<i>Rana Forsteri</i>	LC	Pr	<i>Leptodeira Maculata</i>	LC	Pr	<i>Tityra Semifasciata</i>	LE				
<i>Lithobates Montezumae</i>		Pr	<i>Lampropeltis s. Triangulum</i>		A	<i>Vireo Nelsoni</i>	LE	Pr			
<i>Lithobates Neovolcanicus</i>	NT	A	<i>Phrynosoma s. Orbiculare</i>	LC	A	<i>Tachybaptus s. Dominicus (p)</i>					
<i>Pseudoeurycea Belli</i>	VU	A	<i>Pituophis Depeii</i>	LC	A	<i>Chondrohierax Uncinatus</i>		Pr			
<i>Pseudoeurycea Leposa</i>	LC	A	<i>Plestiodon Copei</i>	LC	Pr	<i>Megascops Seductus</i>		A			

<i>Pseudoerycea Robertsi</i>	CR	A	<i>Phituophis Lineaticolis</i>			<i>Glaucidium Palmarum</i>	A			
<i>Rana Zwevfely</i>	LC		<i>Rhadinaea Esperia</i>	LC	Pr	<i>Asio Stygius</i>	A			
<i>Syrhophus anastidaitoru. m.</i>	VU	Pr	<i>Sceloporus Aeneus</i>	LC		<i>Nyctiphrynus Mcleodii</i>	Pr			
			<i>Sceloporus Bicanthalis</i>	LC		<i>Oporornis Tolmiei</i>	A			
			<i>Salvadora Bairdi</i>	LC	Pr	<i>Dendrotyx Macroura</i>	A			
			<i>Sceloporus Grammicus</i>	LC	Pr					
			<i>Thamnophis s.</i>	LC	A					
			<i>Crytopsis</i>							
			<i>Thamnophis s. Eques</i>	LC	A					
			<i>Thamnophis s. Critopsis</i>	LC	A					
			<i>Thamnophis s. Scaliger</i>	VU	A					
			<i>Heloderma Horridum</i>		A					
			<i>Boa constrictor</i>		A					
			<i>Imperator</i>							
			<i>Crotalus durissus</i>		P					
			<i>Culminatus</i>							
			<i>Lampropelti s. Triangulum arcifera</i>		A					

Fuente: Rogel-Fajardo, Isidro, & Moreno-Barajas, Ruth, & Colindres-Jardón, Isidro (2021). Vertebrados en las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México. Análisis de registros de bases de datos. Quivera. Revista de Estudios Territoriales, 23 (2), 131-147.[fecha de Consulta 27 de Abril de 2022]. ISSN: 1405-8626. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40168622007>

Simbología

Listado Rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

CR – En peligro crítico

EN – En peligro

LC – Preocupación menor

VU – Vulnerable

NT – Casi amenazado

DD – Datos insuficientes

NOM-059-SEMARNAT-2010

Simbología

Pr – Prioritario

A – Amenazado

P – Peligro de extinción

3.4.7 Vegetación

En el territorio es posible encontrar un mosaico muy diverso de ecosistemas, entre los cuales se incluye las siguientes formaciones forestales: coníferas, coníferas y latifoliadas, latifoliadas, bosque mesófilo, selvas bajas, otras asociaciones, zonas áridas, otras áreas forestales, áreas forestales perturbadas y áreas no forestales.

De los 125 municipios del estado, 15 municipios presentan seis formaciones forestales distintas y otros 29 municipios tienen cinco, 8 municipios no presentan áreas forestales y 10 adicionales cuenta con una formación forestal (SEMARNAT, 2015).

La superficie forestal de la entidad ocupa 1, 065,366.9 hectáreas, que equivale a 47.1% de la extensión total del territorio. En esta superficie se incluyen las áreas de pastizal y áreas degradadas que están representadas como áreas forestales perturbadas, la suma de estas dos áreas da un total de 175,190.18 ha, que equivale a 7.9% de la superficie. La formación con mayor cobertura es el bosque de coníferas con 21.2 % de la superficie forestal y 10.1% de la superficie total de la entidad. En los tipos de vegetación, los bosques de encino (BQ) tienen la mayor extensión con un 19.8% de la superficie (SEMARNAT, 2015).

Los municipios que aportan mayor superficie forestal son: Tlatlaya, Luvianos, Amatepec, Tejupilco y Sultepec, que acumulan un 28.8%. Entre los municipios que cuentan con más superficie forestal con respecto a la superficie total municipal son: Jilotzingo con 81.3% de la superficie municipal, mientras que Luvianos, Tlatlaya, Sultepec, San Simón de Guerrero y Zampahuacan cuenta con más de 70% de su superficie con cobertura forestal (SEMARNAT, 2015).

En el cuadro 10 se muestra la superficie de los principales municipios que tienen mayor área de formaciones forestales, por tipo de vegetación representado en hectáreas, en la que se divide en bosque de coníferas (bosque de cedro, oyamel, pino y táscate), coníferas y latifoliadas (bosque de pino – encino y bosque de encino – pino), latifoliadas (bosque de encino), bosque mesófilo (bosque mesófilo de montaña), selvas bajas (selva baja caducifolia), otras asociaciones (palmar natural y bosque cultivado), zonas áridas

(matorral crasicaule y matorral desértico rosetófilo), otras áreas forestales (tular, vegetación helofila hidrófila, pastizal halófilo y pradera de alta montaña), áreas forestales perturbadas (áreas degradadas y pastizal inducido) y áreas no forestales (SEMARNAT, 2015).

Cuadro 10. Superficie Forestal por Formación a nivel municipal (Hectáreas). Estado de México, 2014.

Formación	Superficie total	Superficie forestal		Coníferas								Coníferas y latifoliadas					
		Primaria	Secundaria	BB		BA		BP		BJ		BPQ		BQP			
				Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria		
Tlatlaya	78,588.70	12,722.80	56,343.78	-	-	-	-	11.65	435.52	-	-	-	-	4,073.12	-	1,009.53	1,994.57
Luvianos	69,971.30	25,485.55	36,752.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,643.40	2,996.94	6,775.40	4,206.04
Amatepec	63,379.32	13,544.43	48,685.41	-	-	-	-	1,341.35	1,008.08	-	-	-	-	3,823.10	284.83	17.78	1,273.00
Tejupilco	66,548.58	8,697.86	50,275.63	-	-	-	-	1,364.53	-	-	-	-	-	827.65	3,781.26	1,190.70	5,131.09
Sultepec	56,389.22	13,036.22	40,829.67	-	-	-	-	99.82	209.99	-	437.28	-	-	7,544.09	4,329.50	3,126.40	1,207.72
Jilotzingo	11,575.42	7,224.17	2,828.48	-	-	2,119.12	274.44	236.28	-	-	-	-	-	934.27	-	561.74	-
San Simón de Guerrero	13,016.21	6,512.27	4,536.07	-	-	-	-	2,598.54	62.36	-	-	-	-	2,181.94	2,293.16	273.03	-
Zumpahuacán	20,151.00	562.22	15,924.12	-	-	-	-	1.78	81.06	344.90	3,418.95	17.76	3.97	-	-	-	300.66

Latifoliadas		Bosque mesófilo		Selvas bajas		Otras asociaciones		Zonas áridas			Otras áreas forestales				Áreas forestales perturbadas		Áreas no forestales
BQ		BM		SBC		VPN	BC	MC	MDR	VT	VHH	PH	VW	DEG	PI		
Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria	Primaria	Primaria	Primaria	Secundaria	Primaria	Primaria	Primaria	Primaria	Secundaria	Secundaria		
2,517.32	4,465.68	-	-	3,730.85	38,357.51	805.31	575.02	-	-	-	-	-	-	51.57	11,038.93	9,522.12	
4,261.04	9,178.75	-	-	10,194.87	11,260.05	-	610.84	-	-	-	-	-	-	79.94	9,031.01	7,733.02	
7,641.13	10,479.34	29.06	-	404.89	17,698.87	-	287.12	-	-	-	-	-	-	6.44	17,934.85	1,149.48	
4,594.76	8,532.31	-	-	332.10	9,718.88	-	388.12	-	-	-	-	-	-	165.54	22,946.55	7,575.09	
452.59	14,078.75	951.11	-	550.69	8,015.91	-	311.52	-	-	-	-	-	-	18.14	12,532.38	2,523.33	
1,496.53	1,908.91	-	-	-	-	-	1,876.23	-	-	-	-	-	-	-	645.13	1,522.77	
909.11	624.36	479.76	-	-	11.24	-	69.89	-	-	-	-	-	-	69.97	1,474.98	1,967.87	
181.36	1,319.36	-	-	-	8,999.98	-	16.42	-	-	-	-	-	-	123.44	1,676.70	3,664.66	

Fuente: SEMARNAT, C. (2015). Inventario Estatal Forestal y de Suelos – Estado de México 2014 (Primera ed.). México.

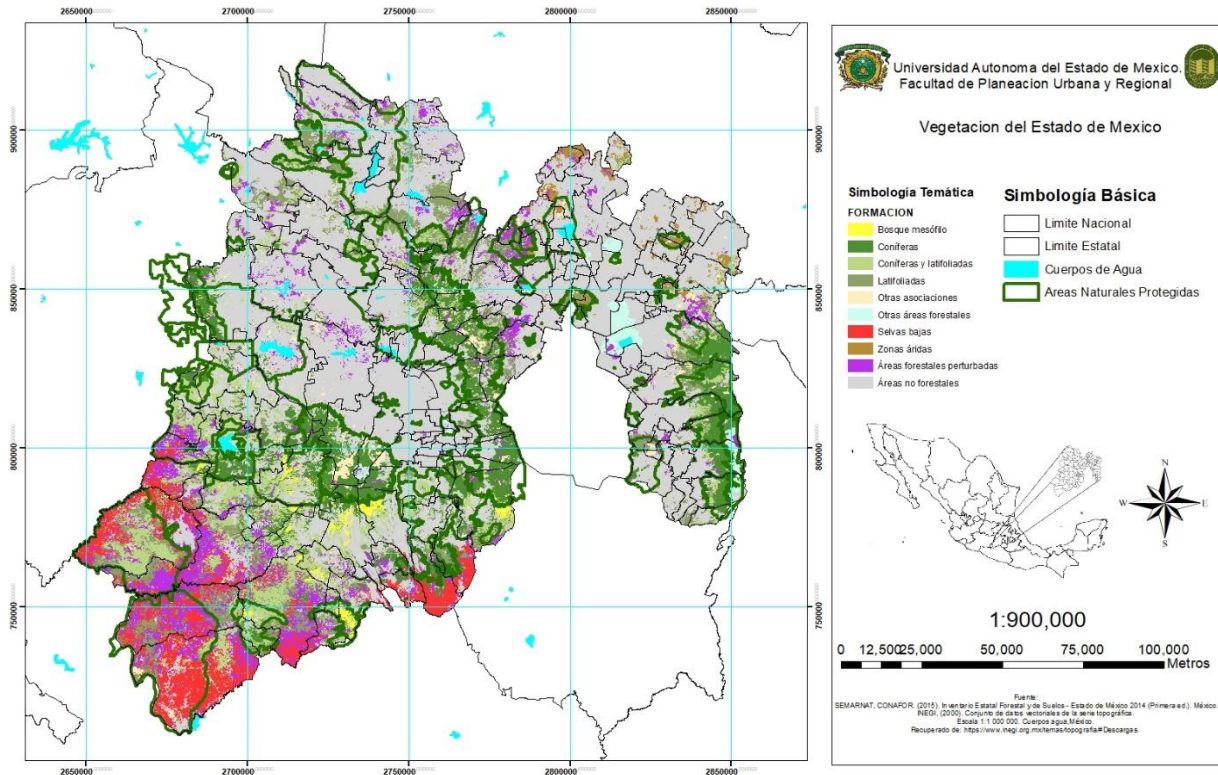
La estructura de las formaciones indica la composición y el estado actual en que se encuentran los tipos de vegetación y sus características, en relación con la superficie original, también nos proporciona información sobre la abundancia, diversidad y distribución de especies en las diferentes zonas en que se ubican (SEMARNAT, 2015). Durante el tiempo se ha desarrollado un estado sucesional que significa que son las transformaciones o el grado de cambio que presenta una comunidad vegetal con respecto a su condición original, estos cambios se deben principalmente por el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, en el Estado de México su uso es para fines agrícolas y energéticos. La superficie de la vegetación primaria que se encuentra en la entidad ocupa un 46%, mientras que las selvas bajas tienen un menor porcentaje de formaciones de cobertura vegetal primaria con solo un 15.2% de la vegetación original, y las latifoliadas cuentan con un 29.2%. Para la vegetación secundaria ocupa un 72.1% de la superficie, la vegetación secundaria que existe es arbustivo, con el tiempo se puede generar una formación vegetal similar a la original si se le realiza un manejo adecuado (SEMARNAT, 2015).

El bosque mesófilo y las zonas áridas son formaciones que conservan la vegetación original en casi toda su extensión, con más del 90% de la superficie. Las zonas áridas son las formaciones menos afectadas. Mientras que las áreas forestales perturbadas se concentran un 171,110.9 ha de áreas con presencia de vegetación herbácea y 4,449.6 ha de áreas con vocación forestal que se encuentran erosionadas y desprovistas de vegetación.

En el mapa 8 se indica las formaciones de cobertura vegetal en el Estado de México, donde se puede apreciar donde hay una mayor concentración de vegetación en la parte del centro a sur del estado, la vegetación que se ubica en esta zona es: el bosque de coníferas, bosque mesófilo, bosque de coníferas y latifoliadas, bosque latifoliadas, selvas bajas, áreas forestales perturbadas, otras asociaciones y otras áreas forestales. Mientras que del centro al norte del estado hay pocas zonas de vegetación como el bosque de coníferas, coníferas y latifoliadas y latifoliadas estas se encuentran divididas y en pequeñas zonas, la formación que predomina son las áreas no forestales, áreas

forestales perturbadas y otras asociaciones. En la parte este de la entidad hay pequeñas zonas áridas, áreas no forestales y una zona de bosque de coníferas y bosque de latifoliadas.

Mapa 8. Vegetación del Estado de México. 2014



Fuente: SEMARNAT, CONAFOR. (2015). Inventario Estatal Forestal y de Suelos – Estado de México 2014 (Primera ed.). México. INEGI, (2000). Conjunto de datos vectoriales de la serie topográfica. Escala 1:1 000 000. Cuerpos agua, México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/93opografia/#Descargas>.

En el cuadro 11 se explica cada formación de vegetación que se encuentra en el Estado de México, se menciona sus características de la formación, la altitud en que se ubica, su extensión de la superficie y su distribución donde se encuentra la mayor área de zonas forestales en la entidad.

Cuadro 11. Formaciones de Cobertura Vegetal en el Estado de México, 2014.

Formación	Descripción	Altitud	Extensión	Distribución
<p>Bosque de Coníferas</p> <p>Número de Especies de fauna: 58</p> <p>Especies Endémicas de Fauna: 13</p> <p>Especies en Peligro de Extinción: 6</p>	<p>Se le llama así debido por la forma de sus frutos o conos, o pináceas pertenecen a las gimnospermas (plantas sin flores) y se caracterizan por ser arboles de alturas sobresalientes que alcanzan una altura de 22 a 50 m según la especie (Ceballos , et al, 2009).</p> <p>Crece en la zona montañosa de la entidad, constituye la vegetación arbórea de clima templado – frío o frío, forman masa puras o mezcladas, con especies del mismo género o con latifoliadas (arboles de hojas anchas), por lo general, con encinos (<i>Quercus spp</i>), pino, oyamel, cedro, táscate, madroños, tepozanes y sauces, entre otros (Ceballos , et al, 2009).</p> <p>La densidad forestal es un indicador del estado que guardan las poblaciones arbóreas.</p> <p>La formación de bosque de coníferas se derivan varios tipos de vegetación, se encuentra la presencia de una o varias especies de los géneros Pinus, Abies, Cupressus, Juniperus, Picea y Pseudotsuga (SEMARNAT, 2015).</p>	<p>Principalmente también se localizan en elevaciones superiores a los 2,350 msnm hasta cerca de los 4,000 msnm en las partes altas de las regiones montañosas a lo largo de la Sierra Madre Occidental, Oriental y Eje Neovolcánico (SEMARNAT, 2015).</p>	<p>La superficie del bosque de coníferas que está dentro de la entidad tiene una extensión de 225,355.1 ha, que es un 10.1% de la superficie estatal y 21.2% de la superficie forestal presente en la entidad. Esta formación se encuentra representada en 57.3% por bosques de pino (BP), seguido por bosques de oyamel (BA) con un 35.2%. La formación presenta 166,828.8 ha con vegetación primaria, que equivale un 74% de la superficie. En el estado esta formación es la más extensa y representa en mayor medida la superficie forestal (SEMARNAT, 2015).</p>	<p>Los municipios que tienen mayor extensión de bosque de coníferas son Temascaltepec, Ocuilan, Valle de Bravo y San José del Rincón, entre todas suman 55,108.9 hectáreas que equivale un 24.5% de la superficie total de la formación en la entidad (SEMARNAT, 2015).</p>
<p>Coníferas y Latifoliadas.</p> <p>Especies Amenazadas: 3</p>	<p>Son comunidades arboleadas en las que conforma las especies de los géneros de Pinus y Quercus, se presentan en una zona de transición entre los bosques de pino y encino, debido a que los bosques de coníferas se encuentran a mayores altitudes que los bosques de latifoliadas. Prefieren los climas templados subhúmedos</p>	<p>Esta formación prospera en condiciones ambientales hasta los 3,400 msnm, pero también en elevaciones entre 1,500 y 3,000 msnm (SEMARNAT, 2015)</p>	<p>Cubre una superficie de 209,358.8 hectáreas, que equivale a un 19.7% de la superficie forestal de la entidad. Las formaciones de la entidad están representadas por los bosques de pino – encino (BPQ), con un</p>	<p>Los municipios con la mayor extensión de estos bosques son Luvianos, Sultepec, Temascaltepec y Valle de Bravo, en conjunto contienen 61,487.9 hectáreas, es decir un 29.4% de la extensión de la formación a nivel</p>

			68.3% y bosques de encino – pino (BQP) con un 31.7% de la superficie.	estatal (SEMARNAT, 2015).
<p>Bosque de Latifoliadas.</p> <p>Número de Especies de fauna: 65</p> <p>Especies Endémicas de Fauna: 17</p> <p>Especies en Peligro de Extinción: 6</p>	<p>Son típicas de las zonas montañosas de México, estas están representados por los bosques de encinos, aunque también incluye a los bosques de galería. Se distribuyen en climas templados subhúmedos, está por debajo del nivel altitudinal de los bosques de coníferas; también se pueden desarrollar en climas más cálidos o en condiciones semiáridas, donde hay una reducción de la altura del estrato arbóreo (SEMARNAT, 2015).</p>	<p>En la entidad, está en el rango altitudinal de los bosques de encinos que se encuentra entre los 1,500 y los 3,000 msnm, en laderas que están expuestas y con pendientes pronunciadas, que son someros y rocosos profundos. En algunas áreas su distribución se encuentra a lo largo de las cañadas hacia ambientes más templados, áridos o tropicales (SEMARNAT, 2015).</p>	<p>La formación latifoliada en la entidad que está representada por bosques de encino (BQ), cuales cubren un 9.6% de la superficie total de la entidad y tiene una extensión de 210,981.1 hectáreas que representa un 19.8% del área forestal del Estado de México.</p>	<p>Los bosques de encino se distribuyen en 90 municipios; los de mayor porcentaje de área de formación son: Amatepec con 8.6%, Sultepec 6.9%, Luvianos 6.4% y Tejupilco con 6.2% (SEMARNAT, 2015).</p>
<p>Bosque Mesófilo</p>	<p>El bosque mesófilo de montaña es propio de climas húmedos de altura, su composición vegetal la cual le confiere la condición de bosque perennifolio. Su límite altitudinal no depende de la temperatura, pero sí de la humedad. Una característica de las zonas donde se desarrolla esta formación son las frecuentes neblinas y la constante humedad atmosférica (SEMARNAT, 2015).</p>	<p>Se desarrolla en regiones con relieve accidentado y con laderas con pendiente marcada. En la entidad, la distribución de esta formación es limitada. Se desarrolla en algunas cañadas y laderas, con una distribución</p>	<p>El bosque mesófilo presente en el estado tiene una extensión de 15,127.1 hectáreas, que representa 1.4% de la superficie forestal y 0.7% de la superficie estatal total.</p>	<p>Esta formación se distribuye en 18 municipios, pero los municipios que cuentan con mayor superficie son Villa Guerrero con 17.8%, Coatepec Harinas con 16.4%, Temascaltepec con 14.3% y Zacualpan con 13% (SEMARNAT, 2015).</p>

		altitudinal ente 1,900 y 2,500 msnm; en las laderas del Popocatepetl, Iztaccíhuatl y en algunas partes de la Sierra de las Cruces, así como en los municipios de Sultepec, Temascaltepec y Valle de Bravo (SEMARNAT, 2015).		
Selva Baja	Las selvas bajas incluyen comunidades vegetales dominadas por especies arbóreas de porte bajo, con alturas que usualmente no rebasan los 4 a 10 m, con copas ralas y muy abiertas, la cual pierden sus hojas durante la mayor parte del año, genera un contraste en el paisaje entre la temporada seca y de lluvias. Predomina los climas cálidos con lluvias escasas, la temperatura media anual de 20 a 29 °C (SEMARNAT, 2015).	En el territorio las selvas bajas se distribuyen en altitudes que van de los 1,300 a los 1,900 msnm, no sobrepasan la cota de 1,500 msnm. Se presentan comúnmente sobre suelos someros y pedregosos en laderas de cerros (SEMARNAT, 2015).	Esta formación representa 12.3% de la superficie forestal del Estado de México y un 5.9% de la superficie estatal, ya que cubre una extensión de 130,571.0 hectáreas.	Para el caso de la entidad, la formación está representada únicamente por el tipo de vegetación de selva baja caducifolia (SBC), este tipo de vegetación se distribuye en 22 de los 125 municipios. Los municipios con mayor extensión de selva baja son Tlatlaya, Luvianos, Amatepec y Tejuzilco, en conjunto suman un 70.2% de la superficie de la formación (SEMARNAT, 2015).
Especies Endémicas de Fauna: 11				
Especies en Peligro de Extinción: 4				
Especies Amenazadas: 1				
Otras Asociaciones.	Incluye varios tipos de vegetación con una fisonomía y composición florística muy diversa. En el territorio esta formación se encuentra representada por los tipos de vegetación denominados palmar natural (VPN) y bosque cultivado (BC), que son diferentes entre sí. De la vegetación palmar esta pertenece a la familia Palmae, esta prospera gracias a la incidencia de	Sen encuentra en forma de manchones, tiene un límite altitudinal superior cercano a 2,000 msnm.	Esta formación tiene una extensión de 49,171.7 hectáreas en el Estado de México, es decir 4.6% de las zonas forestales. Los bosques cultivados representan 98.4% de la formación, con una extensión de	Los boques cultivados se encuentran en pequeñas superficies de 101 municipios, pero los municipios con mayor superficie de bosque cultivado son Zinacantepec 7.0%, Villa Victoria 5.4%,

	<p>incendios periódicos o por disturbios naturales o antropológicos de la vegetación original (SEMARNAT, 2015).</p> <p>En la entidad se presentan palmares naturales de Sabal mexicana, esta especie tiene potencial productivo debido a que los brotes tiernos son comestibles, es llamado “palmito”, es apreciado como botana y tiene mercado nacional. Para los bosques de cultivo (BC) tiene importancia ecológica y comercial debido a que promueve la reconversión de terrenos a su vocación forestal inicial. Para el territorio existen plantaciones de diferentes especies de coníferas y latifoliadas, nativas e introducidas con fines de producción de madera y de árboles de navidad (SEMARNAT, 2015).</p>		<p>48,366.4 ha, mientras que el palmar solo se presenta en 805.3 ha, que equivale a 1.6% del total de la formación (SEMARNAT, 2015).</p>	<p>Tepetlaoxtoc 4.8% y Jilotzingo con 3.9%. Mientras que el área de palmar natural, Tlatlaya es el único municipio que está asociado con este vegetal (SEMARNAT, 2015).</p>
<p>Zonas Áridas.</p> <p>Numero de Especies de Fauna: 56</p> <p>Especies Endémicas de Fauna: 5</p> <p>Especies en Peligro de Extinción: 4</p> <p>Especies Amenazadas: 2</p>	<p>Se definen como aquellas regiones que presentan una provisión deficiente de agua, es decir que la humedad atmosférica y precipitación tienen valores por debajo del promedio mundial anual, las temporadas de lluvia son menor a tres meses por año y con una temperatura media anual entre 18 a 29 °C. Su estructura está dominada por arbustos de diferentes tipos con presencia de pastizales, en la entidad su aridez se debe a su posición a sotavento con respecto a la Sierra Madre Oriental (SEMARNAT, 2015).</p>	<p>En el Estado de México se presentan dos tipos de vegetación de zonas áridas, estos se llaman matorral crasicaule (MC), este se ubica por debajo de los 1,500 msnm y su vegetación no sobrepasa los 7 metros de altura. El matorral desértico rosetófilo (MDR), se localiza en cerros con material sedimentario, principalmente de origen calizo y en algunas ocasiones sobre lutitas.</p>	<p>La extensión que tiene las zonas áridas en el Estado es de 25,463.6 ha, que equivale un 2.4% de la superficie forestal de la entidad.</p>	<p>Los tipos de vegetación de las zonas áridas se encuentra en 33 de los 125 municipios. Los municipios con mayor área de esta formación son Hueypoxtla con 3,258.5 ha, Axapusco con 2,996.1 ha, Apaxco con 2,486.9 ha, Tepetlaoxtoc con 2,076.2 ha y Tequixquiác con 1,890.7 ha. La superficie ocupada por la formación, la vegetación de matorral crasicaule (MC) ocupa 99.2%, por lo que el matorral desértico rosetófilo (MDR) representa solo 0.8% y se encuentra en pequeñas áreas de los</p>

			municipios de Apaxco y Hueyoptla (SEMARNAT, 2015).
<p>Otras Áreas Forestales.</p> <p>Especies Endémicas de Fauna: 8</p> <p>Especies en Peligro de Extinción: 5</p> <p>Especies Amenazadas: 1</p>	<p>Son áreas que se encuentran definidas, pero no comparten características con los otros tipos de vegetación. En la entidad, la formación está representada por pastizal halófilo (PH), pradera de alta montaña (VW), tular (VT) y vegetación halófila hidrófila (VHH) (SEMARNAT, 2015).</p> <p>El pastizal halófilo (PH) prospera en suelos salinos y yesosos y existen algunos casos de endemismo, el tular (VT) son comunidades vegetales formadas por especies de monocotiledóneas de uno a tres metros de alto, con ausencia de hojas o con hojas angostas, se desarrollan en cuerpos de agua poco profundos, estacionarios o con corrientes lentas y en las orillas de ríos, zanjas y canales. La vegetación halófila hidrófila (VHH) ocupa un hábitat similar al pastizal halófilo, ya que está adaptada a suelos con sales solubles y que contienen un alto contenido de humedad, incluye una mayor cantidad de especies herbáceas o arbustivas (SEMARNAT, 2015).</p>	<p>Tiene una extensión de 24,148.6 ha, que representa 2.3% de la extensión forestal y 1.1% de la superficie total del estado. Los tipos de vegetación con más extensión son pastizal halófilo con 15,668.1 ha, que es un 64.9% de la superficie y pradera de alta montaña con 6,401.1 ha que son un 26.5%.</p>	<p>Se distribuye en 39 municipios, aunque los municipios con más extensión son Texcoco con 5,080.3 ha, que son 21%, Atenco con 4,558.0 ha, 18.9% y Zumpango con 2,365.2 ha que son un 9.8% adicional.</p>
<p>Áreas Forestales Perturbadas.</p>	<p>Son suelos que ha sido deforestado con diversos fines, como la agricultura, ganadería, infraestructura y centros de población, solo se encuentra vegetación secundaria. En la entidad incluyen los pastizales inducidos (PI), no son naturales y ni tienen un uso pecuario porque son un producto de remoción de arbolado natural, el suelo tiene baja fertilidad y no hay precipitación, no se ha logrado que la vegetación vaya a una fase sucesional superior a la herbácea (SEMARNAT, 2015).</p>	<p>Estas áreas ocupan el 7.9% de la superficie estatal, que equivale a 175,190.2 ha, de las cuales 171,110.9 ha pertenecen a pastizal inducido y el resto pertenece dentro de las áreas degradadas.</p>	<p>Los municipios con mayor superficie de áreas forestales degradadas son Tejupilco, Amatepec y Sultepec con 30.6% del total.</p>

Áreas no Forestales.	<p>Son zonas que por procesos de cambio de uso de suelo o por características naturales, no presentan cobertura forestal. En el Estado de México las causas de pérdida de vegetación son el cambio de uso de suelo para fines de agricultura, ganadería, infraestructura y centros poblacionales; las áreas vulnerables son las que presentan pérdida de vegetación original debido a incendios y aprovechamientos ilegales (SEMARNAT, 2015).</p>	<p>Estas zonas representan 52.1% del área total de la entidad, con una extensión de 1,157,290.8 ha. Se utilizan en la agricultura temporal con un 77.9% que equivale a 901,174.54 ha de la extensión, zonas urbanas con 18% que son 208,281.92, sin vegetación aparente con 34,738.65 ha y cuerpos de agua con una superficie de 17,174.97 ha (SEMARNAT, 2015).</p>
-----------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

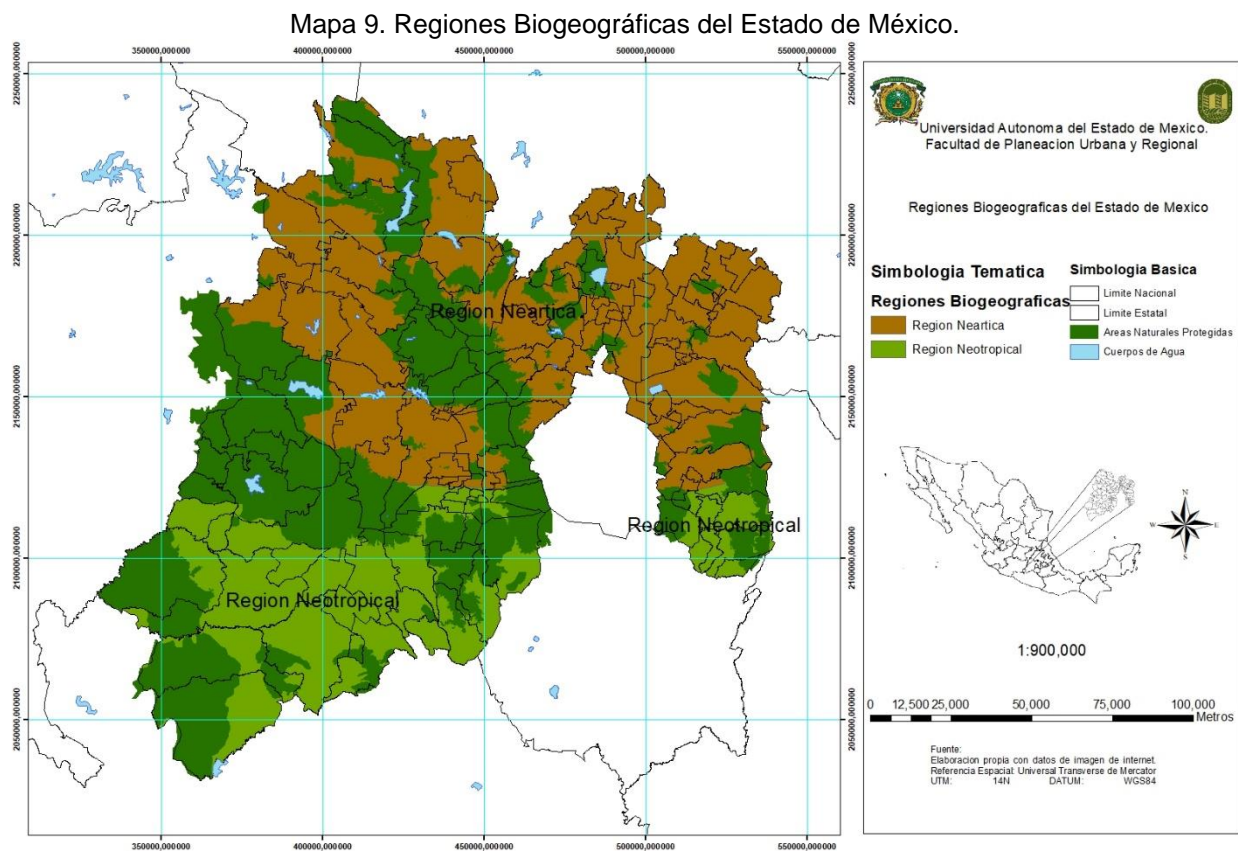
Fuente: Fuente: SEMARNAT, C. (2015). Inventario Estatal Forestal y de Suelos – Estado de México 2014 (Primera ed.). México.

3.5. IMPORTANCIA BIOGEOGRÁFICA

3.5.1. Regiones Biogeográficas de México y del Estado de México

La parte norte se sitúa la región Neártica mientras que al sur del país pertenece a la región Neotropical, entre ambas regiones se presenta la Sierra Madre y la Faja Volcánica Transmexicana. La mezcla de taxones neárticos y neotropicales hace que esta área sea una zona de transición, llamada Zona de Transición Mexicana (Morrone, Juan J. 2019).

En la entidad se encuentra en dos grandes regiones del Continente Americano: la Neártica (septentrional) y la Neotropical (austral), lo cual ha generado la denominación de Zona de Transición Mexicana. En el mapa 9 se muestra las regiones en que se encuentra el Estado de México.



Fuente: Elaboración propia con datos de imagen de internet. Referencia Espacial: Universal Transverse de Mercator UTM: 14N DATUM: WGS84.

En el Estado de México se encuentra situado en el Eje Volcánico Transversal (Faja Volcánica Transmexicana) y en el sistema Sierra Madre del Sur.

Los principales biomas que predominan en el Estado de México son el Matorral Xerófilo que se encuentra en la zona neártica, Bosque Húmedo de Montaña que está en la Sierra Madre Oriental, Bosque Templado que se caracteriza en la Zona de Transición Mexicana junto con el bosque húmedo de montaña y Bosque Tropical Estacionalmente Seco que se ubica en la zona neotropical.

Para la regionalización biogeográfica, se basó en diferentes rasgos y dimensiones que son el rasgo morfotectónico, este posee 32 provincias, las cuales se clasifican en 2 dominios, 2 regiones y varias zonas de transición. El dominio para el Estado de México en la región neártica se sitúa en el Eje Neovolcánico (Morrone, Juan J. 2019).

El rasgo de especies de anfibios y reptiles consta de 15 provincias herpetofaunísticas; donde se encuentra en el Eje Neovolcánico y en la Sierra Madre del Sur.

Basado en especies de mamíferos, incluye 20 provincias mastofaunísticas clasificadas en 2 regiones. La región neártica se presenta en el Eje Neovolcánico Transversal y la región neotropical comprende la provincia de la Sierra Madre del Sur en la entidad (Morrone, Juan J. 2019).

El sistema de consenso incluye 19 provincias, clasificadas en 3 medios que son el medio árido, medio tropical y medio montano, para el estado se encuentra en el medio montano que incluye las provincias del Eje Volcánico Transversal y Sierra Madre del Sur (Morrone, Juan J. 2019).

La región neártica comprende las áreas templado-frías y áridas subtropicales de América de Norte, que abarca Canadá, Groenlandia, EUA y el norte de México. Pertenece al reino Holártico, el cual incluye también a la región Paleártica, incluida en las áreas templado-frías del Viejo Mundo (Morrone, Juan J. 2019).

La región neártica tiene la presencia de varios taxones de plantas y animales. Las coníferas de los géneros *Pinus*, *Abies* y *Juniperus* son taxones endémicos, junto con las

angiospermas del género *Quercus*. Entre los animales, destacan varias familias de mamíferos endémicos como: *Aplodontiidae* (castores de montaña), *Geomyidae* (tuzas o ratas de abazones), *Heteromyidae* (ratas canguros) y *Antilocapridae* (berrendos). En los reptiles se encuentran las *Helodermatidae* (monstruos de gila) y las lagartijas del género *Abronia*; y entre los anfibios, las *Ambystomidae* (axolotes), *Amphiumidae* (salamandras) y *Sirenidae* (salamandras acuáticas), (Morrone, Juan J. 2019).

La vegetación actual de esta región consiste en bosques templados en el este y oeste, tundra en el extremo norte, grandes praderas en el centro y matorrales xerófilo en el suroeste (Morrone, Juan J. 2019).

Debido a su evolución biótica de la región neártica existen elementos endémicos que lo caracterizan como una unidad biótica natural, y, por otro lado, elementos característicos de este y del oeste de la región, exhiben conexiones bióticas con distintas partes de la región paleártica.

3.5.2. Provincias del Estado de México

La zona de transición mexicana se define como un área compleja donde se superponen las faunas neotropicales y neárticas, esta zona no solo destaca por la mezcla de taxones neárticos y neotropicales, sino también por la evolución *in situ* de numerosas especies. Esta zona abarca desde el sudoeste de los EUA de América, México y América Central hasta las tierras bajas de Nicaragua, pero una distribución más estricta, la zona de transición mexicana abarca las provincias de la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur y Tierras Altas de Chiapas. En estas provincias predominan las zonas montañosas que favorecen la dispersión de elementos septentrionales (neárticos) hacia el sur y de elementos meridionales (neotropicales) hacia el norte. Esta zona de transición equivale a la región Mesoamericana de Montaña, al componente Mexicano de Montaña y a la Zona de Transición Mexicana de Montaña. Posee afinidades neárticas y neotropicales, las provincias pertenecen a las mismas (Morrone, Juan J. 2019).

En los bosques se comparó las latitudes septentrionales y las latitudes meridionales, por lo que resultó que las especies dominantes son especialmente los árboles de los géneros Pinus, Abies y Liquidambar, manifiestan relaciones con la región neártica, las especies de plantas muestran relaciones con taxones de la región neotropical.

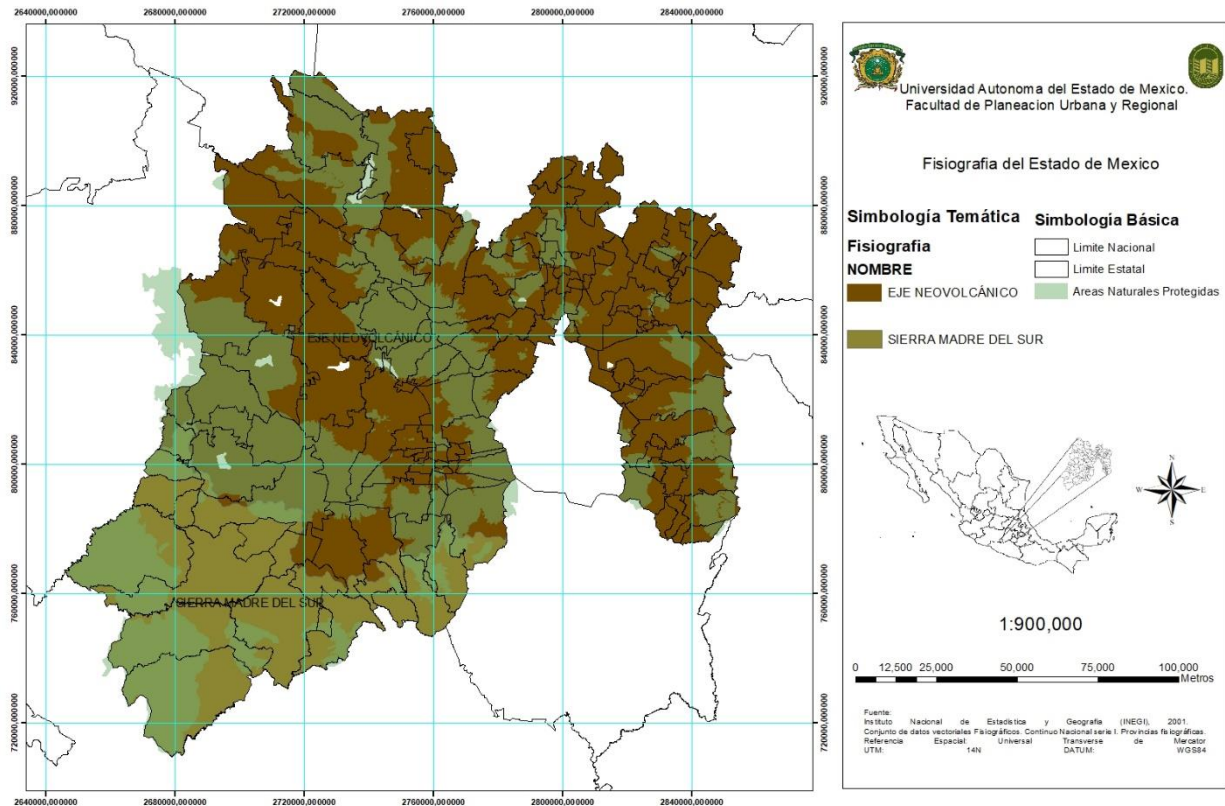
Se realizó un análisis de las dos áreas que son la septentrional y la meridional, en la zona de transición mexicana básicamente existen 2 biotas separadas por la Faja Volcánica Transmexicana. Las relaciones generales son en la división de las regiones neárticas y neotropicales en la Faja Volcánica Transmexicana, una mayor relación de la Sierra Madre del Sur y la Faja Volcánica Transmexicana, o un grupo incluyendo la Faja Volcánica Transmexicana, la Cuenca de Balsas y la Sierra Madre del Sur; y la Cordillera de Talamanca relacionada con las Tierras Altas de Chiapas y Guatemala. Estas relaciones confirman la importancia que tiene la Faja Volcánica Transmexicana y el Istmo de Tehuantepec como eventos vicariantes para numerosos taxones (Morrone, Juan J. 2019).

La provincia de la Faja Volcánica Transmexicana se ubica en el centro de país, principalmente en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Mexico, Ciudad de Mexico, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Puebla, Oaxaca, Tlaxcala y Veracruz, tiene una altura por encima de los 1,800 m de altitud, corresponde al sistema montañoso de la Faja Volcánica Transmexicana, también llamado como Eje Neovolcánico Transversal, es un conjunto de cordilleras de volcanes que cruza el país de oeste a este, desde Cabo Corrientes (Nayarit) hasta la Sierra Chinconquiaco (Veracruz), aproximadamente entre los paralelos 19 y 21° de latitud norte. Entre los volcanes de la Faja Volcánica Transmexicana desatacan el Ceboruco (Nayarit), Nevado de Colima (Jalisco y Michoacán), Pico de Tancítaro (Michoacán), Nevado de Toluca (Estado de México) e Iztaccíhuatl y Popocatepetl (Estado de México y Puebla). Este eje genera un límite austral del Desierto Chihuahuense y lo separa de la Cuenca de Balsas (Morrone, Juan J. 2019).

En el mapa 10 se muestra que el Estado de México se encuentra en el centro del país y que es atravesada por las dos provincias que son la Faja Volcánica Transmexicana o también llamado Eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur, por lo que se

convierte en una zona de transición de las regiones neárticas y neotropicales, ya que permite movimientos de las especies.

Mapa 10. Fisiografía del Estado de México, 2001. México.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2001. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas. Referencia Espacial: Universal Transverse de Mercator UTM: 14N DATUM: WGS84

El Eje Neovolcánico Transversal se comenzó a desarrollar durante el Mioceno en el centro de México y luego se expandió hacia el este y oeste, culminado su desarrollo actual en el Holoceno, el proceso de la faja de volcanes se desarrolló durante 19 millones de años. La historia geológica y sus variadas conexiones bióticas con otras provincias biogeográficas hacen que sea más compleja y heterogénea del país. La posición en que se encuentra es privilegiada, ya que conecta entre si las Sierras Madre Occidental, Oriental y del Sur, que representa el núcleo de la Zona de Transición Mexicana (Morrone, Juan J. 2019).

La vegetación es variada, predominan los bosques de pino-encino, pero también hay bosques tropicales caducifolios, matorrales xerófilos en áreas con derrames lávicos y

tundra alpina que está cerca de la cima de los grandes volcanes. Los géneros dominantes en la vegetación son: *Achillea*, *Alchemilla*, *Arenaria*, *Cerastium*, *Geranium*, *Hintonella*, *Microspermum*, *Omiltemia*, *Peyritschia*, *Pinus*, *Quercus*, *Ranunculus* y *Silviella* (Morrone, Juan J. 2019).

Los taxones endémicos de esta provincia son: un helecho (*Cheilanthes decomposita*), la tronadora (*Montanoa frutescens*), 2 magueyes (*Agave horrida* y *a. inaequidens*), un escarabajo (*Onthophagus hippopotamus*), la tuza de nariz pelona (*Cratogeomys tylorhinus*), el teporingo o conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) y la musaraña colilarga de Orizaba (*Sorex oryzabae*), en el Eje Volcanico se distribuye 63 especies de plantas vasculares endémicas en sitios con altitudes intermedias (Morrone, Juan J. 2019).

En esta provincia se ha reconocido 2 subprovincias y 4 distritos, en el cuadro 12 se explican las diferencias de estas subprovincias que son la Este y Oeste:

Cuadro 12. Subprovincias del Eje Neovolcánico Transversal, 2019.

Subprovincia	Este	Oeste
Clima	Templado subhúmedo y semifrío subhúmedo	Semicálido subhúmedo
Orogenia	Mioceno-Plioceno	Pleistoceno-Cuaternario
Altitud	2,000 – 3,000 m	Menores de 2,000 m
Vegetación	Bosque de pino – encino y matorrales xerófilos	Bosques tropicales caducifolios
Distritos	Azteca y Orizaba – Zempoaltepec	Otomí y Tarasco
Estados que abarca los Distritos	Azteca Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Morelos y Guerrero. Orizaba – Zempoaltepec	Otomí Centro-norte, en los estados de Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Michoacán y México. Tarasco Centro-sur, en los estados de Jalisco, Michoacán y México.

Fuente: Morrone, Juan J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. Revista mexicana de biodiversidad, 90, e902980. Epub 12 de febrero de 2019. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>

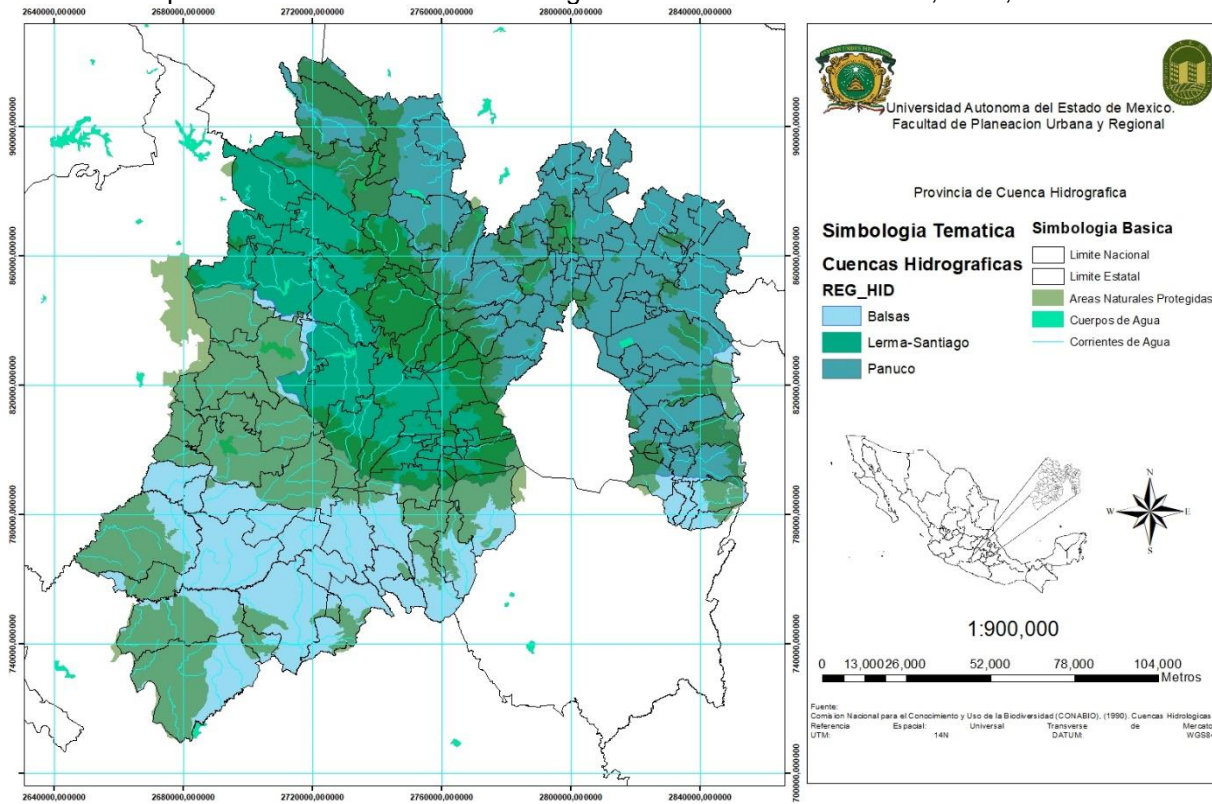
Se puede ver que existe la relación entre la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del Sur, las áreas naturales que son prioritarias y tienen abundantes especies endémicas de vegetación son un área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, Parque Nacional Iztaccíhuatl – Popocatepetl, Parque Nacional Bosencheve y la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

La región neotropical comprende los trópicos del Nuevo Mundo, en donde en México abarca en el centro y sur del país, esta región pertenece al reino Holotropical, quien integra las áreas tropicales del mundo entre los 30° de latitud sur y 30° de latitud norte. Se caracteriza por la presencia de numerosos taxones endémicos de plantas y animales, tiene la más abundante en taxones de arácnidos, existen familias de aves endémicas que son: Trochilidae (colibríes), mamíferos incluyen a los Didelphidae (tlacuaches), Natalidae (murciélagos) (Morrone, Juan J. 2019).

La provincia de la Cuenca del Balsas se ubica en el centro de México, en los estados de Guerrero, México, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Puebla, está por debajo de los 2,000 m de altitud. Esta provincia corresponde a la Cuenca del río Balsas, esta se sitúa entre la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del sur. La vegetación consiste en bosques estacionalmente secos y pastizales, se encuentran taxones endémicos que son 1 helecho (*Notholaena lemmonii* var. *Australis*), 1 cacto (*Coryphantha bummama*), 1 escarabajo (*Cotinis pueblensis*) y el tecolote del Balsas (*Megascops seductus*) (Morrone, Juan J. 2019).

En el Estado de México la provincia de la cuenca de balsas se localiza en el centro a sur del territorio, y también abarca la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del Sur, en el mapa 11 se puede apreciar que comparte con las cuencas de Lerma-Santiago y Panuco en la entidad.

Mapa 11. Provincia de Cuenca Hidrográfica en el Estado de México, 1990, México.



Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1990). Cuencas Hidrológicas.
Referencia Espacial: Universal Transverse de Mercator UTM: 14N DATUM: WGS84.

Se ha identificado 2 distritos: Balsas Inferior y Balsas Superior, se realizó un análisis que el distrito de Balsas Inferior tiene relación con la provincia de las Tierras Bajas del Pacífico y el distrito de Balsas Superior con el distrito de Orizaba-Zempoaltepec en la Faja Volcánica Transmexicana (Morrone, Juan J. 2019).

Analizando el patrón de riqueza de aves en la provincia se pudo observar que se reconoció un área oriental y occidental, en donde el área oriental se registraron altitudes mayores, hay mayor proporción de especies de climas templados, mientras en la occidental, que está en contacto con la provincia de las Tierras Bajas del Pacífico, hay mayor proporción de especies tropicales (Morrone, Juan J. 2019).

La provincia se encuentra en la región neotropical y tiene relación con las provincias de las Tierras Bajas del Pacífico, Faja Volcánica transmexicana y la Sierra Madre del Sur, esta relación está basada en el endemismo de especies de plantas, insectos y aves, para

las especies de coleópteros se relaciona con las provincias de la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Oriental y Faja Volcánica Transmexicana (Morrone, Juan J. 2019).

Sintetizando la información acerca de las provincias biogeográficas en las que se encuentra el Estado de México, se elaboró el siguiente cuadro 13 donde especifica las especies que se establecen en cada región.

Cuadro 13. Biodiversidad de las Regiones Biogeográficas del Estado de México, México.

Provincias	Eje Neovolcánico Transversal	Sierra Madre del Sur	Cuenca de Balsas
Especies			
Fauna	Escarabajo (<i>Onthophagus hippopotamus</i>), Tuza de nariz pelona (<i>Cratogeomys tylosinus</i>), Teporingo o conejo de los volcanes (<i>Romerolagus diazi</i>) Musaraña colilarga de Orizaba (<i>Sorex oryzabae</i>)	Trochilidae (colibríes), Didelphidae (tlacuaches), Natalidae (murciélagos)	Escarabajo (<i>Cotinis pueblensis</i>) Tecolote del Balsas (<i>Megascops seductus</i>)
Vegetación	Bosque de pino-encino Bosques tropicales caducifolios Matorrales xerófilos Tundra alpina Achillea, Alchemilla, Arenaria, Cerastium, Geranium, Hintonella, Microspermum, Omitelia, Peyritschia, Pinus, Quercus, Ranunculus y Silviella	Bosque húmedo de montaña Bosque Tropical Estacionalmente Seco	Helecho (<i>Notholaena lemmonii</i> var. <i>Australis</i>), Cacto (<i>Coryphantha bummama</i>),

Fuente: Morrone, Juan J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. Revista mexicana de biodiversidad, 90, e902980. Epub 12 de febrero de 2019. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>

3.6. IMPORTANCIA GEOLÓGICA

3.6.1. Volcanes del Estado de México

En el territorio es una zona con un considerable valor geográfico y geológico, cuenta con suelos accidentados, con gran número de cordilleras, montañas, volcanes, montes y colinas. Gran parte del vulcanismo está relacionado con la zona de subducción formada por las placas tectónicas de Rivera y Cocos en contacto con la gran placa de Norteamérica, tiene su expresión volcánica en la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). Es parte del Anillo de Fuego del Pacífico (Servicio Geológico Mexicano , 2017).

La actividad orogénica del Territorio dio lugar a numerosos sistemas montañosos cuya característica principal es estar alineados, estos sistemas son productos finales del Cretácico o del Paleógeno, continuaron su desarrollo en el Neógeno – Cuaternario. Este proceso dio origen a las Sierras Madre, la Sierra de Chiapas y el Sistema Neovolcánico Transmexicano. Como resultado se presentan los principales sistemas montañosos que se mencionan en el Diagrama 8, se subdivide en conjuntos menores y volcanes (Servicio Geológico Mexicano , 2017).

Para el Estado de México se encuentra en el sistema montañoso del Sistema Neovolcánico Transmexicano y en la Sierra Madre del Sur mencionados y explicados en el tema de biogeográfico, en el cuadro 14 se presentan los principales volcanes de este sistema montañoso que se encuentran en el Estado son:

Cuadro 14. Principales Volcanes y Elevaciones del Estado de México, 2017.

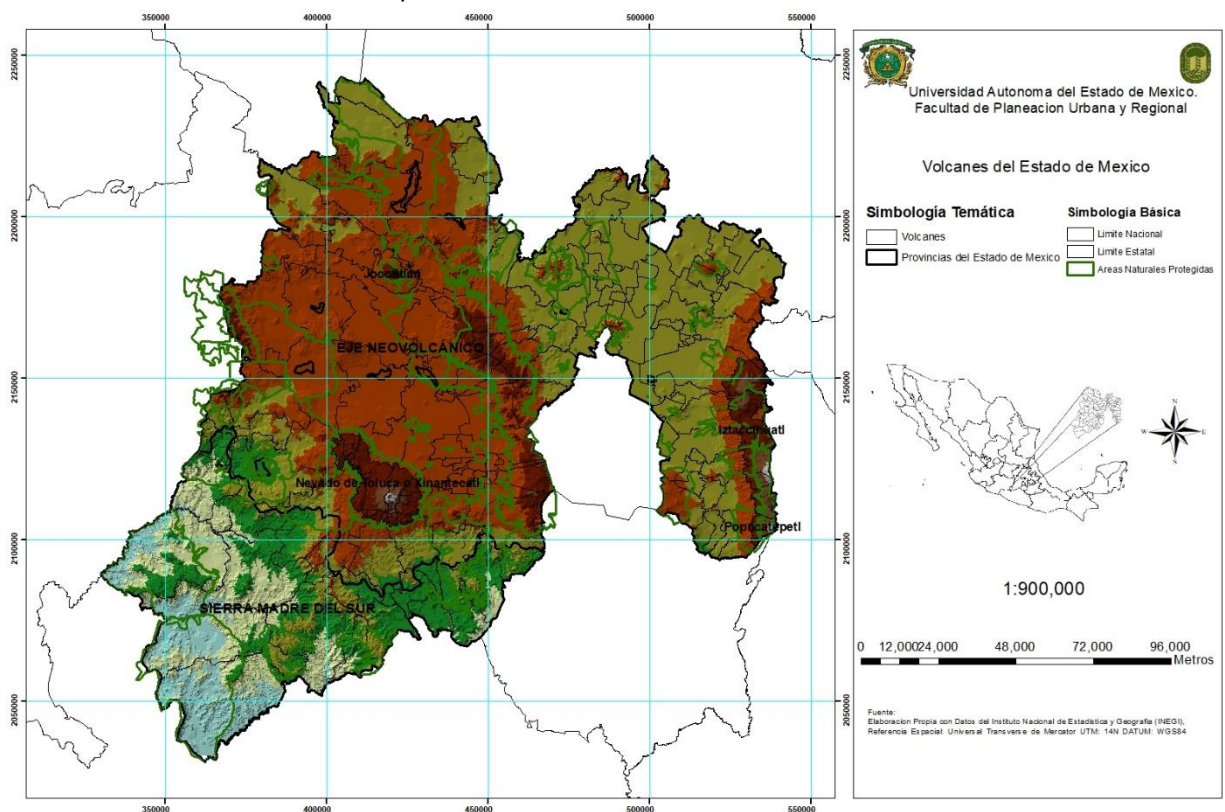
Volcán y Elevación	Ubicación	Altura en msnm
Iztaccíhuatl ⁽¹⁾	Estado de México y Puebla	5,203 msnm
Jocotitlán ⁽¹⁾	Estado de México	3,928 msnm
Nevado de Toluca o Xinantecátl ⁽¹⁾	Estado de México	4,558 msnm

Popocatépetl ⁽¹⁾	Estado de México y Puebla	5,452 msnm (1600 s/Tlamacas)
------------------------------------	---------------------------	------------------------------

Fuente: (1) Servicio Geológico Mexicano. (22 de marzo de 2017). Volcanes de México. Obtenido de Servicio Geológico mexicano: <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Volcanes-de-Mexico.html>
(2) Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (10 de noviembre de 2022). Relieve. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=15>

En el mapa 12 se localizan las estructuras volcánicas más importantes en la entidad, ya que nos demuestra los procesos geológicos, la historia y evolución de la Tierra, por lo que cumple con los objetivos para que se lleve a cabo la geo conservación de estas estructuras ya que tiene un valor científico, educativo y cultural para el territorio.

Mapa 12. Volcanes del Estado de México.



Fuente: Elaboración Propia con Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Referencia Espacial: Universal Transverse de Mercator UTM: 14N DATUM: WGS84

Estos volcanes están conectados por medio del Cinturón Volcánico Transmexicano, es considerado un arco volcánico continental, con una edad del Mioceno al reciente, tiene una longitud de 1,000 km, este le conforma por una serie de planicies que van desde

costas del Pacífico en el estado de Nayarit hasta las costas de Golfo de México en el estado de Veracruz (García et al, 2008).

A nivel regional, el cinturón volcánico transmexicano se ha dividido en tres sectores que son:

- Occidental: que está conformado por la intersección de tres fosas tectónicas denominadas Tepic, Colima y Chapala
- Central: se constituye por volcanismo monogenético de la región Michoacán-Guanajuato
- Oriental: donde hay un alineamiento grande de estratovolcanes que son Selva Negra, Las Cumbres, Pico de Orizaba, La Gloria y Cofre de Perote. Entre la cuenca de Puebla-México están alineados los volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Telapón y Tláloc y entre las cuencas de México y Toluca está el alineamiento de la Sierra de Las Cruces.

(García et al, 2008).

Para el caso de la Sierra de las Cruces es un importante sistema montañoso con una elevación máxima de 3,800 msnm, es la frontera entre las dos cuencas que tienen una mayor altitud dentro del cinturón volcánico transmexicano, la cuenca de México con una elevación de 2,240 msnm y la cuenca de Toluca con elevación de 2,400 msnm (García et al, 2008).

Este sistema montañoso que es la Sierra de las Cruces es muy importante porque genera una conexión entre zonas, por lo que facilita el flujo e intercambio de especies, podría considerarse un corredor biológico a través de las características geológicas.

3.6.2. Geología del Estado de México.

En el Estado de México está constituido principalmente de rocas de origen ígneo sedimentario y metamórfico, siendo las rocas ígneas extrusivas las que tienen mayor extensión. Las rocas de esta entidad datan del Triásico (metamórficas) hasta el

Cuaternario (rocas ígneas de composición basáltica, así como por depósitos lacustres y aluviales). Debido a los fenómenos de vulcanismo y mineralización existen fallas y fracturas en la región (INEGI , 1981). En la provincia del Eje Neovolcánico Transversal se caracteriza geológicamente por el predominio de rocas volcánicas cenozoicas que datan del Terciario y del Cuaternario. Tiene algunos afloramientos de rocas triásicas, litológicamente clasificadas como filitas y pizarras que se encuentran al noroeste del municipio El Oro, las rocas ígneas extrusivas (andesíticas, riolíticas y basálticas) del Terciario yacen discordantemente sobre las rocas mesozoicas, estas cubren la mayor parte de esta provincia, hay algunos cuerpos intrusivos de tipo ácido (granitos y granodioritas) que crecen al occidente de Ixtapan del Oro. Se encuentran rocas sedimentarias clásticas, asociadas con piroclásticas (tobas) estas florecen desde Atlacomulco hasta Toluca y en otras regiones como las de Chiconcuac y Coatepec de Harinas. Del Cuaternario hay depósitos lacustres y aluviales que rellenan los antiguos lagos de la cuenca de México y los valles de la cuenca del Lerma (INEGI , 1981).

En esta provincia se presenta las principales estructuras volcánicas formados por conos cineríticos y derrames de lava, estas conformado por los volcanes Popocatepetl, Iztaccíhuatl y el Nevado de Toluca, estos están formados por rocas andesíticas (INEGI , 1981). En el cuadro 15 se explica mejor la edad, periodo, litología y ubicación de los tipos de rocas y suelos que se presenta en el Eje Neovolcánico Transversal en el Estado de México.

Cuadro 15. Estratigrafía de la Provincia del Eje Neovolcánico Transversal, Estado de México, 1981.

Eje Neovolcánico Transversal			
Edad	Periodo	Litología	Ubicación
Cenozoico	Cuaternario	Suelos: aluvial residual lacustre	Acambay Temascalzingo Oeste de Soyaniquilpan San Bartolo Morelos Zumpango de Ocampo Mextlapan Cuautitlán

			<p>Xonacatlán</p> <p>Toluca</p> <p>Atizapán</p> <p>Texcoco</p> <p>Chalco</p> <p>Amecameca de Juárez</p>
		<p>Rocas Ígneas</p> <p>Extrusivas:</p> <p>Basalto</p> <p>Toba</p> <p>Brecha Volcánica</p>	<p>Sur de Polotitlan</p> <p>Aculco</p> <p>Soyaniquilpan</p> <p>Jilotepec</p> <p>Atlacomulco</p> <p>Oeste de Tepetzotlán</p> <p>Tultepec</p> <p>Oeste de Atzaposco</p> <p>Sureste de Otumba</p> <p>Yebucivi</p> <p>Sur de Santa María</p> <p>Chimalhuacán</p> <p>Villa Juarez</p> <p>Amanalco de Becerra</p> <p>Xolatlaco</p> <p>Tenango de Arista</p> <p>Ayapango</p> <p>Tepetlixpa</p>
		<p>Rocas Sedimentarias:</p> <p>Arenisca</p> <p>Conglomerado</p> <p>Arenisca- conglomerado</p>	<p>Polotitlan</p> <p>Suroeste de Canaleja</p> <p>Santa María Apaxco</p> <p>Hueypoxtla</p> <p>Santa María Nopaltepec</p>

		Arenisca-toba	Otumba San Juan Teotihuacan Acolman Chiconcuac Villa Nicolas Romero Sur de Atlacomulco Temoaya Norte y Oeste de Almoloya de Juárez San Felipe del Progreso
	Terciario	Rocas Ígneas Extrusivas: Basalto Riolita Andesita Toba Brecha Volcánica	Sur y noreste de Aculco Pueblo Nuevo Sureste de Jilotepec Noreste de Jocotitlán Este de El Oro de Hidalgo Oeste de Santiago Tequisquiac Chimalpa Palizada Ecatepec de Morelos Tepetlaoxtoc de Hidalgo Villa de Allende Almoloya de Juarez Tlanepantla Los Reyes Este de Amecameca Milpa Alta Nevado de Toluca

			Sureste de Tenango de Arista Oeste de Huitzilac
Mesozoico	Cretácico	Rocas ígneas intrusivas: Granito Granodiorita	Oeste de Ixtapan del Oro
		Rocas sedimentarias: Caliza	Apaxco de Ocampo Noreste de Santa María Apaxco
	Triásico	Rocas metamórficas: Esquisto Gneis Filita Pizarra	Oeste de El Oro de Hidalgo Noreste de Villa de Allende Valle de Bravo Este de San Simón de Guerrero

Fuente: INEGI. (1981). Síntesis Geográfica del Estado de México. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825220594/702825220594_2.pdf

En la provincia de la Sierra Madre del Sur también ubica la subprovincia de la Cuenca de Balsas, esta provincia cubre la porción sur de la entidad; limita al norte con el Eje Neovolcánico Transversal (INEGI , 1981).

Las rocas que abarcan esta provincia son las rocas metamórficas del Triásico estos están clasificados como gneises, esquistos, filitas y pizarras, en conjunto forman un complejo metamórfico, tienen una gran extensión del sur del estado, creciendo desde Temascaltepec hasta los límites de Guerrero. Las rocas del Cretácico son sedimentarias, clasificadas como calizas y calizas interestratificadas con lutitas, no cubren mucha extensión, afloran discordantemente cubriendo las rocas metamórficas del Triásico en las localidades como Tonatico, Ixtapan de la Sal y Zumpahuacan (INEGI , 1981).

Las rocas del Terciario son en su mayoría volcánicas que son las ígneas extrusivas intermedias, ácidas y básicas, las cuales cubren discordantemente tanto las rocas sedimentarias del Cretácico como a las rocas metamórficas del Triásico, de este periodo también hay rocas sedimentarias continentales (areniscas y conglomerados) en ocasiones afloran directamente sobre las rocas metamórficas y en otras lo hacen sobre rocas ígneas extrusivas intermedias (andesíticas). Del Cuaternario existen rocas volcánicas del tipo basáltico que, por sus estructuras bien conservadas, es evidencia de la actividad volcánica reciente, estas estructuras se ven al sureste de Tejupilco. En esta etapa se encuentran depósitos aluviales que rellenan los valles de los ríos que drenan hacia la cuenca del Río Balsas, por último, en esta provincia existen fallas y fracturas (INEGI , 1981). En el cuadro 16 se describe la edad, periodo, litología y ubicación de los tipos de rocas que se encuentran en la Sierra Madre del Sur en la entidad.

Cuadro 16. Estratigrafía de la Provincia de la Sierra Madre del Sur, Estado de México, 1981.

Sierra Madre del Sur			
Edad	Periodo	Litología	Ubicación
Cenozoico	Cuaternario	Rocas Ígneas Extrusivas: Basalto Toba Brecha Volcánica	San Simón de Guerrero Texcaltitlan Malinalco Chalma Noreste, suroeste y sureste de Tejupilco Este de Palmar Chico Norte de San Pedro Limón

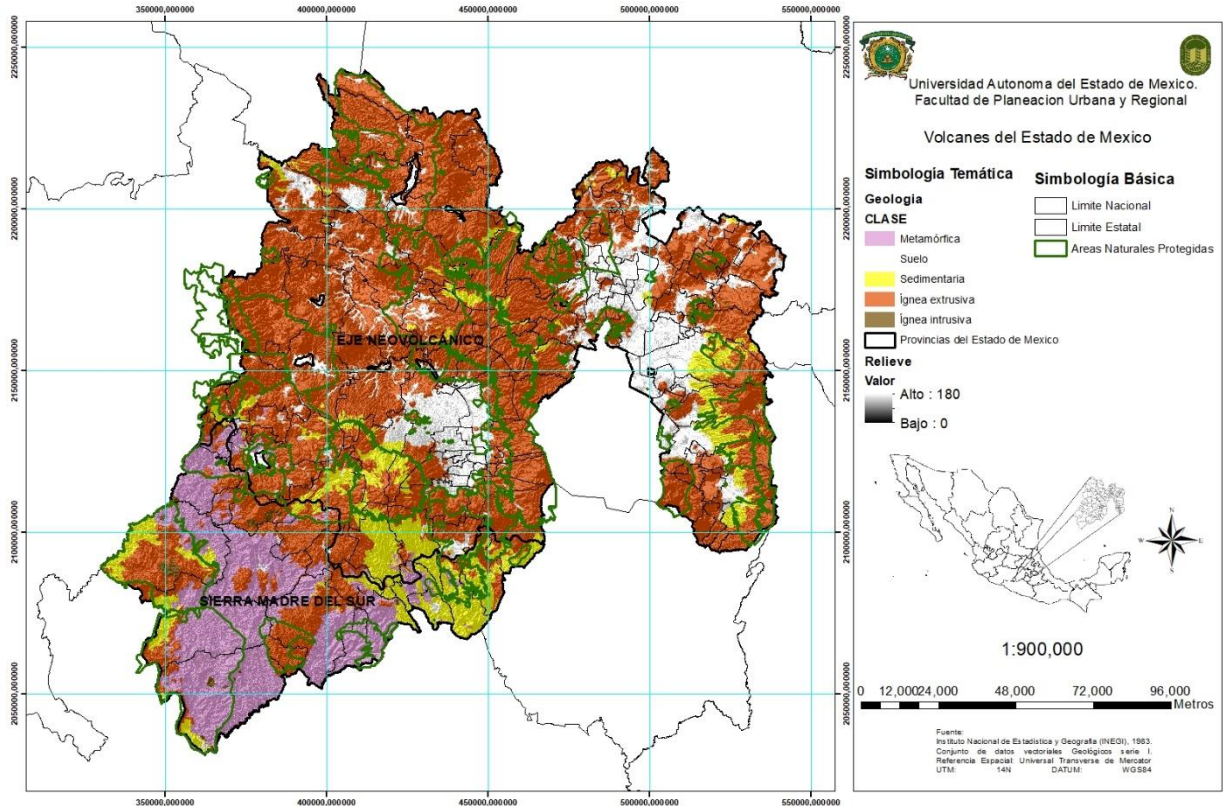
		Rocas Sedimentarias: Arenisca Conglomerado Arenisca Conglomerado	Coatepec de Harinas Manilaltenango Norte de Ixtapan de la Sal – Villa Guerrero
	Terciario	Rocas Ígneas Extrusivas: Basalto Riolita Andesita Toba Brecha Volcánica	San Juan Xonacusco Otzoloapan Zacazonapan Luvianos Oeste de Texcaltitlan Noreste de Chalma Almoloya de Alquisiras Palmar Chico Este de Palmar Grande
		Rocas Ígneas Intrusivas: Granito Diorita Granodiorita	Sureste de San Juan Tlatlaya Sureste de San Pedro Limón

Mesozoico	Cretácico	Rocas Ígneas Intrusivas: Granito Diorita Granodiorita	Oeste de Zacazonapan Suroeste de Luvianos Palmar Grande
		Rocas Sedimentarias: Caliza – Lutita Caliza	Sur y sureste de Zumpahuacan Ixtapan de la Sal Tonatico Este de Zumpahuacan Sur de San Juan Tlatlaya
	Triásico	Rocas Metamórficas: Esquisto Filita Pizarra Gneis	Norte de Otzoloapan Tejupilco de Hidalgo Amatepec Zacualpan

Fuente: INEGI. (1981). Síntesis Geográfica del Estado de México. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825220594/702825220594_2.pdf

En el mapa 13 se muestra la constitución geológica del Estado de México, las características del sustrato físico, las propiedades del suelo hacen que surja la diversidad y la heterogeneidad de las especies.

Mapa 13. Geología del Estado de México, 1983, México.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 1983. Conjunto de datos vectoriales Geológicos serie I. Referencia Espacial: Universal Transverse de Mercator UTM: 14N DATUM: WGS84

Con estas propiedades y elementos en conjunto se logrará tener ecosistemas equilibrados, ya que sin uno de estos no se podría establecer vida como en hoy en día se encuentra, gracias a estos elementos biogeográficos, ecológicos y geológicos se logrará establecer estrategias acordes a estas características con el fin de identificar zonas prioritarias para establecer áreas protegidas que conserven la biodiversidad y aprovecharlo sustentablemente.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la importancia ecológica y biológica de la entidad se estudió a los cinco grupos de vertebrados, en el caso de los Anfibios de acuerdo con el mapa 3 se puede apreciar que hay mayor concentración es en la parte centro y una franja al norte, en la parte centro precisamente se encuentran estas áreas naturales protegidas que son: Reserva de Biosfera Mariposa Monarca (4 especies), Parque Nacional Bosencheve (4 especies), Área Natural Protegida denominada Zona Protectora Forestal Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec (7 especies), Parque el Salto de Chihuahua, Parque Monte Alto (1 especie), Parque Natural de Recreación Popular denominado Sierra de Nanchititla (1 especies), Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (7 especies), Parque Hermenegildo Galeana (3 especie), Lagunas de Zempoala (5 especies), Corredor Biológico Chichinautzin (5 especies), Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla La Marquesa (4 especies), Desierto del Carmen o de Nixcongo, Parque Ecológico y Recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacan (3 especies), el total de especies de anfibios de estas áreas suman 44 especies de anfibios y al norte con el Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala la Bufa, denominado Parque Otomí – Mexica (3 especies), Parque Natural de Recreación Popular denominado El Ocotal, Parque Estatal denominado Santuario del Agua Sistema Hidrológico Presa Huapango y el Parque Estatal para la Protección y Fomento del Santuario del Agua Laguna de Zumpango, en conjunto de esta áreas protegidas se suman 3 especies de anfibios, por lo que el total de todas áreas naturales protegidas suman a 47 especies de anfibios en la parte centro y norte de la entidad. Lo que genera una conexión entre estas áreas, mientras que en las otras áreas naturales las especies están dispersas y hay una menor concentración. De las 51 especies de anfibios, cinco son endémicas y 25 se encuentran en categoría de especies amenazadas, en base al cuadro 3 en que se muestra esta información.

Con respecto al grupo de los reptiles se observa en el mapa cuatro, que la concentración de la distribución es la misma, en donde en la parte centro tenemos 55 especies de reptiles mientras que en la parte norte se encuentran con 4 especies, el total de todas

las áreas naturales protegidas es de 59 especies de reptiles, de acuerdo con los resultados en la entidad se reportan 93 especies de reptiles, de las cuales se divide en dos principales ordenes que son: Sguamata (Lagartijas, iguanas culebras, serpientes) que son 90 especies y los Testudines (Tortugas) con 3 especies, de las cuales una es endémica que es la lagartija espinoza (*Sceloporus sugillatus*), mientras que 38 están en categoría de especies amenazadas que pertenece a las Squamatas y 3 especies de la orden Testudines se encuentran amenazadas, se observa en el cuadro 4 esta información.

Tanto al grupo de los anfibios como de los reptiles se les puede localizar en zonas húmedas y secas, como lo son los bosques, selvas, pastizales, humedales, tulares y otros tipos de vegetación.

Para los grupos de aves, principalmente se encuentran donde exista vegetación original como bosque de pino – encino, bosque mesófilo, selvas bajas, matorrales y humedales, también se pueden encontrar en cuerpos de agua, son especies migratorias, en el análisis de su distribución (mapa 5), se puede apreciar que se han encontrado principalmente en la parte centro de la entidad y una franja al norte, precisamente están ubicados en estas áreas naturales protegidas Reserva de Biosfera Mariposa Monarca (14 especies), Parque Nacional Bosencheve (3 especies), Área Natural Protegida denominada Zona Protectora Forestal Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec (27 especies), Parque el Salto de Chihuahua, Parque Monte Alto (7 especies), Parque Natural de Recreación Popular denominado Sierra de Nanchititla (3 especies), Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (9 especies), Parque Hermenegildo Galeana (3 especies), Lagunas de Zempoala (5 especies), Corredor Biológico Chichinautzin (36 especies), Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla La Marquesa (6 especies), Desierto del Carmen o de Nixcongo (4 especies), Parque Ecológico y Recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacan (4 especies), en la suma de estas áreas protegidas es de 121 especies de aves, mientras al norte tenemos áreas protegidas como el Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala la Bufo, denominado Parque Otomí – Mexica (3 especies), Parque Natural de Recreación Popular denominado El

Ocotal, Parque Estatal denominado Santuario del Agua Sistema Hidrológico Presa Huapango (110 especies) y el Parque Estatal para la Protección y Fomento del Santuario del Agua Laguna de Zumpango (110 especies), lo que suma 223 especies de aves en la parte norte, en conjunto con la parte centro y norte se encuentran 344 especies. De acuerdo con el cuadro 5 con la información en la entidad hay 457 especies de aves, de las cuales 40 especies son endémicas y 54 especies se encuentran en categoría de riesgo.

Para el grupo de los mamíferos, estos habitan en vegetaciones como los bosques de coníferas, bosques de encinos, selvas bajas, matorrales xerófilos, pastizales y hábitats acuáticos, de acuerdo con el mapa 6, los mamíferos se agrupan principalmente en la centro que suman 38 especies de mamíferos que se encuentran en las áreas naturales protegidas que son: la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (14 especies), Parque Nacional Bosencheve (3 especies), Área Natural Protegida denominada Zona Protectora Forestal Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec (7 especies), Parque el Salto de Chihuahua, Parque Monte Alto (1 especie), Parque Natural de Recreación Popular denominado Sierra de Nanchititla (4 especies), Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (2 especies), Parque Hermenegildo Galeana (1 especie), Lagunas de Zempoala (4 especies), Corredor Biológico Chichinautzin, Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla La Marquesa, Desierto del Carmen o de Nixcongo y el Parque Ecológico y Recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacan (2 especies) y al norte en el Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala la Bufa, denominado Parque Otomí – Mexica (1 especie), Parque Natural de Recreación Popular denominado El Ocotal, Parque Estatal denominado Santuario del Agua Sistema Hidrológico Presa Huapango (20 especies) y el Parque Estatal para la Protección y Fomento del Santuario del Agua Laguna de Zumpango (1 especie), en total suman 22 especies de mamíferos, juntando la parte centro y norte en total hay 60 especies. Tal diversidad de mamíferos cuenta con 125 especies, tales 33 especies son especies endémicas, 8 especies amenazadas y 25 especies en categoría en peligro de extinción, esta información se puede observar en el cuadro 6.

El último grupo de los vertebrados que se analizó de acuerdo al mapa 7 y el artículo de Ictiofauna del Estado de México que son los peces, en el Estado de México hay 7 especies nativas, en las que se distribuyen en la Cuenca de Balsas que cuenta con 2 especies, Alto de Lerma con 3 especies, Cuenca Panuco con 4 especies y Lerma - Santiago que hay 7 especies, el estado de conservación de la ictiofauna en la entidad se encuentra en una situación crítica, debido a que tres especies se encuentran extintas, cuatro en peligro de extinción, dos en categoría de amenazadas, cuatro con distribución restringida y cuatro especies extirpadas. En la zona donde hay más especies de peces en la parte norte de la entidad, precisamente en las áreas protegidas del Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala La Bufa, denominado Parque Otomí – Mexica, Parque Estatal denominado Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Arroyo Sila.

En cuanto a la vegetación en las zonas en donde se concentran la fauna, se puede observar en el mapa 8 que las formaciones que predominan es el bosque mesófilo (bosque mesófilo de montaña), bosque de coníferas (bosque de cedro, oyamel, pino y táscate), bosque de coníferas y latifoliadas (bosque de pino – encino y bosque de encino – pino), Bosque Latifoliadas (bosque de encino) y selvas bajas (selva baja caducifolia)

Analizando la distribución de la biodiversidad en el territorio se puede notar que esta mayormente concentrado en el Eje Neovolcánico Transversal, también se encuentra en las dos regiones biogeográficas que son la región neártica y la región neotropical lo que genera que haya una Zona de Transición Mexicana. Lo que significa que facilita la conexión y dispersión entre especies de estas zonas, lo que favorece a la conservación y preservación de la biodiversidad.

De acuerdo con estos criterios se revisó y se evaluó la viabilidad, el establecimiento y el buen funcionamiento de un área natural protegida en el país, con el objetivo de lograr la conservación de la diversidad biológica. Es así que de acuerdo con los criterios de riqueza de biodiversidad, regiones ecológicas y por su conectividad las ANP que se pueden considerar como sitios prioritarios son las ANP que se sitúan en la zona centro y norte del territorio que son la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Parque el Salto de

Chihuahua, Parque Monte Alto, Parque Natural de Recreación Popular denominado Sierra de Nanchititla, Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, Parque Hermenegildo Galeana, Lagunas de Zempoala, Corredor Biológico Chichinautzin, Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla La Marquesa, Desierto del Carmen o de Nixcongo y el Parque Ecológico y Recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacan, y al norte en el Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala la Bufa, denominado Parque Otomí – Mexica, Parque Natural de Recreación Popular denominado El Ocotal, Parque Estatal denominado Santuario del Agua Sistema Hidrológico Presa Huapango y el Parque Estatal para la Protección y Fomento del Santuario del Agua Laguna de Zumpango.

Respecto a las regiones biogeográficas en el Estado de México, se encuentra en dos regiones biogeográficas que son la Región Neártica y la Región Neotropical, la primera se encuentra al norte y la segunda se encuentra al sur.

La relación que hay entre el Eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur es que comparten áreas naturales protegidas que son prioritarias y son abundantes en especies endémicas que son el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, Parque Nacional Bosencheve y la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

De acuerdo con la distribución y riqueza de las especies de vertebrados que se analizaron estas se encuentran o confluyen en las ANP que son la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (56,259 has), Parque Nacional Bosencheve (14,600 has), Área Natural Protegida denominada Zona Protectora Forestal Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec (172,879 has), Parque Natural de Recreación Popular denominado Sierra de Nanchititla (67,410 has), Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (53,591 has), Parque el Salto de Chihuahua (4.92 has), Parque Monte Alto (575 has), Parque Hermenegildo Galeana (340 has), Lagunas de Zempoala (4,790 has), Corredor Biológico Chichinautzin (37,302 has), Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla La Marquesa (1,890 has), Desierto del Carmen o de Nixcongo (529 has) y el Parque Ecológico y Recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacan (25,626 has), y al norte en el Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala la Bufa, denominado Parque Otomí – Mexica (106,000 has), Parque Natural de Recreación Popular

denominado El Ocotal (122 has), Parque Estatal denominado Santuario del Agua Sistema Hidrológico Presa Huapango (71,024 has) y el Parque Estatal para la Protección y Fomento del Santuario del Agua Laguna de Zumpango (20,109 has) (SEMARNAT, 2015).

Las regiones ecológicas o tipos de vegetación de acuerdo con las regiones biogeográficas, neártica y neotropical que tienen principal influencia en definir zonas prioritarias de acuerdo a su importancia ecológica y biogeográfica, la primer región biogeográfica que se encuentran en el Estado de México es la región neártica, en esta zona el tipo de vegetación que hay es el bosque de coníferas, bosque mesófilo, bosque de coníferas y latifoliadas y bosque de latifoliadas que están dentro de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Parque Nacional Bosencheve, Área Natural Protegida denominada Zona Protectora Forestal Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala La Bufa, denominado Parque Otomí – Mexica, Parque Estatal denominado Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Arroyo Sila, Parque Estatal denominado Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Presa Antonio Alzate y el Parque Estatal denominado Santuario del Agua Sistema Hidrológico Presa Huapango.

Mientras en la región neotropical se encuentra una vegetación de bosque coníferas, bosque mesófilo, bosque de coníferas y latifoliadas y selva baja, están dentro de las ANP que son Parque Ecológico, y Recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacán, Parque Hermenegildo Galeana y el Desierto del Carmen o de Nixcongo,

Con respecto al origen geológico se puede destacar que el Estado de México se ubica dentro del Eje Neovolcánico Transversal que dio origen al sistema montañoso y vulcanismo, los principales volcanes son el Nevado de Toluca o Xinantecatl, Jocotitlan, Iztaccíhuatl y Popocatépetl y las ANP que destacan son el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, Parque Natural Estatal Isidro Fabela y Parque Nacional Iztaccíhuatl – Popocatépetl.

A nivel nacional e Internacional se recomienda establecer sitios prioritarios de conservación que contengan las características que se han desarrollado a lo largo de la presente investigación para así de alguna manera garantizar la conservación de la biodiversidad a través de todos los elementos que la delinearón durante todo el proceso evolutivo. Es así como para el estado de México los sitios prioritarios de conservación que se sugieren derivado del presente análisis son: contar con ecosistemas representativos y únicos, riqueza de especies, el endemismo de especies de flora y fauna, especies en categoría de amenazadas y de riesgo, estructuras geológicas únicas y regiones biogeográficas importantes.

CONCLUSIONES

El Estado de México en la posición geográfica en la que se ubica en el país, lo que favorece que sea un lugar rico en ecosistemas, biodiversidad y estructuras geológicas.

Originalmente la razón por la que se crearon las áreas naturales protegidas fue para proteger las cuencas hidrográficas para favorecer el abastecimiento a la población, por lo que no se establecieron de acuerdo con las características ecológica, biogeográficas y geológicas.

De acuerdo con la biogeografía y geología de la entidad, la flora y la fauna endémicas se concentran y distribuyen a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal y el sistema montañoso, así como que están en una zona de transición en la que se encuentran las dos regiones biogeográficas importante que son la región neártica y la región neotropical.

Al analizar la literatura y los mapas cartográficos, se puede concluir que las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México, al no establecerse por medio de estos criterios ecológicos, biogeográficos y geológicos desde su decreto, de manera natural se crearon de acuerdo con estas características, por lo que también podría convertirse en un corredor biológico ya que existe una conexión entre estas áreas.

A partir de esta investigación y análisis de los resultados obtenidos que responden a la pregunta de investigación y los objetivos planteados, las áreas prioritarias que se identificaron son las que abarcan la zona centro y norte del estado, en el centro se encuentran las ANP que son Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Parque Nacional Bosencheve, Área Natural Protegida denominada Zona Protectora Forestal Cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Parque el Salto de Chihuahua, Parque Monte Alto, Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, Parque Hermenegildo Galeana, Lagunas de Zempoala, Corredor Biológico Chichinautzin, Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla La Marquesa, Desierto del Carmen o de Nixcongo y el Parque Ecológico y Recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacan, y al norte en el Parque Ecológico, Turístico y Recreativo Zempoala la Bufa, denominado Parque Otomí – Mexica, Parque Natural de Recreación Popular denominado El Ocotal, Parque

Estatal denominado Santuario del Agua Sistema Hidrológico Presa Huapango y el Parque Estatal para la Protección y Fomento del Santuario del Agua Laguna de Zumpango.

De acuerdo con los resultados de la literatura y de los mapas cartográficos, estas áreas son importantes para su conservación ya que cuentan con los elementos ecológicos, biogeográficos y geológicos relevantes y fomentan la investigación científica, cultural y educativo, también otro aspecto importante es que existe una conexión entre estas áreas naturales protegidas lo que favorece la creación de un corredor biológico por lo que beneficiaría a la conexión e intercambio de especies entre estas zonas.

La ventaja de esta investigación por lo comprobado por los resultados obtenidos se puede apreciar que, si se puede establecer las áreas naturales protegidas por las características ecológicas, biogeográficas y geológicas. Por otro lado, la desventaja que tiene este trabajo es que se requiere ir a campo con un lapso de largo plazo, también se necesitan de los recursos económicos y de los permisos de las autoridades-.

El tema de investigación aporta a las ciencias ambientales es en conservar y proteger a las especies de vegetación y fauna que se encuentran en las categorías de endémicas, amenazadas y en peligro de extinción, así como la conectividad que hay entre cada área de acuerdo con su biogeografía y geología que permite esta acción, lo que favorece el intercambio genético e incrementa la diversidad biológica.

Por lo tanto, estas áreas se deben de administrar y gestionar de acuerdo con estos criterios, al igual que tener en cuenta la formar de administración de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), ya que su objetivo es preservar sitios con un patrimonio natural relevante y que se identifiquen su valor científico, educativo, cultural y estético, y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) que se rige por estos aspectos establecidos por este organismo.

REFERENCIAS

- Aguilar, Miguel, Xóchitl, & Casas, Andreu, Gustavo (2005). Herpetofauna del Parque Sierra de Nanchititla, Estado de México, México. Lista, distribución y conservación. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, 12 (1),44-53. [fecha de Consulta 27 de septiembre de 2022]. ISSN: 1405-0269. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10412105>
- Álvarez, Rigel & Peters, Edward & Bollo-Manent, M. & Hernández Santana, José. (2013). Áreas Prioritarias de Geo-conservación de la biodiversidad en la Península de Baja California, México. Journal of Latin American Geography. 12. 7-31. 10.1353/lag.2013.0036. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/265741755_Areas_Prioritarias_de_Geo-conservacion_de_la_biodiversidad_en_la_Peninsula_de_Baja_California_Mexico
- Bezaury-Creel J. E., J. F. Torres, L. M. Ochoa- Ochoa, M. Castro-Campos y N. Moreno. Base de Datos Geográfica de Áreas Naturales Protegidas Estatales, del Distrito Federal y Municipales de México - Versión 2.0. The Nature Conservancy/Conabio/Conanp. México. 2009.
- Crofts, R. y Gordon, J.E. (2019). Geoconservación en áreas protegidas. En: G.L. Worboys, M. Lockwood, A. Kothari, S. Feary e I. Pulsford (eds.). Gobernanza y gestión de áreas protegidas, pp. 565-606. Bogotá: Editorial Universidad El Bosque y ANU Press.
- Crofts, R.*, Gordon, J.E., Brilha, J., Gray, M., Gunn, J., Larwood, J., Santucci, V.L., Tormey, D., and Worboys, G.L. (2020). Guidelines for geoconservation in protected and conserved areas. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 31. Gland, Switzerland: IUCN. *Corresponding author roger.dodin@btinternet.com. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-031-En.pdf>

CEPANAF, 2021, Áreas Naturales Protegidas del Estado de México. Recuperado de:
https://cepanaf.edomex.gob.mx/sites/cepanaf.edomex.gob.mx/files/files/05_PR_ONTUARIO_MARZO_2021.pdf

CONABIO, 2020, Áreas Protegidas. Recuperado de:
<https://www.biodiversidad.gob.mx/region/areasprot>

Carabias, Julia, et al. (coords.), 2010. Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de:
https://www.concyteq.edu.mx/amjb/repositorio/documentos/publ_esp/4_Cien_casos.pdf

Contreras, Medina, Raúl. (2006). Los métodos de análisis biogeográfico y su aplicación a la distribución de las gimnospermas en México. *Inter ciencia*, 31(3), 176-182. Recuperado en 08 de junio de 2022 de:
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000300006&lng=es&tlng=es.

Chavarria, Olmedo, Yesenia, Martinez, Garcia, Ana Laura, Ortiz, Caballero, Elizabeth & Goyenechea, Irene, (2019). Evolución en la selección de áreas protegidas en el continente americano: el caso de Estados Unidos, México y Costa Rica. Publicación Semestral Padi No. 13, pág. 47-53. Recuperado de:
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/3433/6484>

CONANP, (2011). Historia. Recuperado de:
https://www.conanp.gob.mx/quienes_somos/historia.php#:~:text=Las%20estrategias%20de%20conservaci%C3%B3n%20equivalentes,a%20la%20Ciudad%20de%20M%C3%A9xico.

Cortés-Calva, Patricia, & González Ocampo, Héctor A., & Ortega-Rubio, Alfredo, & Íñiguez Dávalos, Luis Ignacio (2014). Las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia*, 22 (60),7-15. [fecha de Consulta 15 de junio de 2022].

ISSN: 1665-4412. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67431160002>

CONANP, (2021). Áreas Naturales Protegidas. Recuperado de:

<https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226>

CONANP, (2023). Áreas Naturales Protegidas Decretadas. Recuperado de:

http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm

CONABIO, (2020). Regiones Biogeográficas. Recuperado de:

<https://www.biodiversidad.gob.mx/region/regiones-biogeograficas>

Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López Cano, R., Muñozcano Quintanar, M., Collado, E., & San Román, J. (2009). La Diversidad Biológica del Estado de México. Estudio de Caso. México: Colección Mayor. Estado de México: Patrimonio de un Pueblo. Recuperado de:

https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/EEB_ED_OMEX_baja.pdf

CONAFOR. (2020). Sistema de Monitoreo Forestal. Obtenido de <https://snmf.cnf.gob.mx/>

CONABIO. (enero de 2021). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Obtenido de Portal de Geo información:

<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Ceballos González, G. J, Islas Flores, E. L, (2018). Atlas de fauna y flora del Estado de México (Primera ed.). Mexico, Estado de Mexico: Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México. Obtenido de

<https://ceape.edomex.gob.mx/content/atlas-de-fauna-y-flora-del-estado-de-m%C3%A9xico>

CEPANAF. (junio de 2022). Áreas Naturales Protegidas. Obtenido de https://cepanaf.edomex.gob.mx/ubicacion_areas_naturales_protegidas

CONABIO. (agosto de 2021). Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Obtenido de Portal de Geo información: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> Referencia Espacial: Universal Transverse de Mercator UTM: 14N DATUM: WGS84

CONANP, (noviembre de 2011). Historia. Obtenido de: https://www.conanp.gob.mx/quienes_somos/historia.php

CONANP, (2001). Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. Recuperado de: https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/40_libro_pm.pdf

CONANP, (10 de noviembre 2016). Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/reserva-de-la-biosfera-mariposa-monarca-79228>

CONANP, (2018). Programa de Manejo Área de Protección de Recursos Naturales Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Mexico. Recuperado de: https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/41_libro_pm.pdf

CONANP, (2016). Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, México. Recuperado de: https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/104_libro_pm.pdf

CONANP, (s/f). Programa de Manejo del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Recuperado de: https://inefectividad.conanp.gob.mx/inefectividad/orden_docs/maira/Centro%20y%20Eje%20Neovolc%C3%A1nico/PN%20Lagunas%20de%20Zempoala/4%20Gobernanza/Vecinos/2.%20Programa%20de%20Manejo%20PNLZ.pdf

CONANP, (30 de noviembre de 2016). Corredor Biológico Chichinautzin, Mexico. Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/corredor-biologico-chichinautzin>

CONANP, (s/f). Programa de Manejo del Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla, México. Recuperado de: https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/86_libro_pm.pdf

Dudley, N. (2008). Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas. Gland, Suiza: UICN. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/paps-016-es.pdf>

Dudley, N. (2008). Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas. Gland, Suiza: UICN, pág. 10. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/paps-016-es.pdf>

Exequiel, R. H. (2005). Plant Endemism and Natural Protected Areas in the Peninsula of Baja California, Mexico. *Biological Conservation*, 141-150.

Elbers, J. (Editor) (2011). Las áreas protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro. Quito, Ecuador, UICN, 227 p.

García-Palomo, Armando, Zamorano, José Juan, López-Miguel, Celia, Galván-García, Adriana, Carlos-Valerio, Víctor, Ortega, Roberto, & Macías, José Luis. (2008). El arreglo morfoestructural de la Sierra de Las Cruces, México central. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 25(1), 158-178. Recuperado en 19 de abril de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742008000100010&lng=es&tlng=es.

González, Amado, Kendra, Rosa, (2018). Propuesta de Creación de una Estación de Conservación Ambiental en el Parque Estatal Hermenegildo Galeana, México. Recuperado de: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/95032/UAEM-FaPUR-TESIS-Kendra%20Rosa%20Gonz%C3%A1lez%20Amado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INEGI. (1981). Síntesis Geográfica del Estado de México. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía:

http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825220594/702825220594_2.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (10 de noviembre de 2022). Relieve. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=15>

Juan Pérez, José Isabel, Camacho Sanabria, José Manuel, Magallanes Méndez, María del Carmen, Juárez Toledo, Raúl, Pozas Cárdenas, |José Gonzalo, Pérez Sanchez, José Manuel, Villegas Martínez, Daniel, García López, Irma Eugenia & Vilchis Onofre, Arturo, (s/f). Análisis Socioespacial, Geográfico, Ambiental y Ecológico del Parque Otomí – Mexica, Estado De México, México. Recuperado de: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/68654/2017%20OTOMI%20MEXICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (noviembre 11 de 2022). Diario Oficial de la Federación, Última reforma publicada DOF 11-04-2022. Recuperado del sitio de internet de la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>

Moreno Barajas, R., Talavera Garduño, K., Rivera Morales, S., & Hernández Ramírez, N. (2019). Evaluación de la Situación Actual de las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México. Quivera. Revista de Estudios Territoriales, 113-129. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/401/40161003007/html/>

Méndez, F., Soto, E., Maya, J. y Hernández M. (2001). Ictiofauna del Estado de México, Ciencia ergo sum. 9(1), 87-90.

Morrone, Juan J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. Revista mexicana de biodiversidad, 90, e902980. Epub 12 de febrero de 2019.

<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>,
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v90/2007-8706-rmbiodiv-90-e902980.pdf>

- Noguera-Urbano, Elkin A.. (2017). El endemismo: diferenciación del término, métodos y aplicaciones. *Acta zoológica mexicana*, 33(1), 89-107. Recuperado en 31 de enero de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372017000100089&lng=es&tlng=es. Isasi, Catalá, E. (Enero de 2011). *Los Conceptos de Especies Indicadoras, Paraguas, Banderas y Claves: su Uso y Abuso en Ecología de la Conservación*. . Obtenido de ResearchGate : https://www.researchgate.net/publication/262639156_Los_conceptos_de_especies_indicadoras_paraguas_banderas_y_claves_su_uso_y_abuso_en_ecologia_de_la_conservacion
- Naturalista, (s/f). Parque Estatal Santuario del Agua Sistema Hidrológico Presa Huapango, México. Recuperado de: <https://www.naturalista.mx/projects/parque-estatal-santuario-del-agua-sistema-hidrologico-presa-huapango>
- Naturalista, (s/f). Parque Estatal Santuario del Agua Laguna de Zumpango, México. Recuperado de: <https://www.naturalista.mx/projects/parque-estatal-santuario-del-agua-laguna-de-zumpango-estado-de-mexico>
- Orozco-Lugo, Carmen Lorena, Valenzuela-Galván, David, Lavalle-Sánchez, Amantina, Mora-Delgado, Alberto, & Ocampo-Ramírez, César. (2013). Primer registro del murciélago platanero *Musonycteris harrisoni* (Chiroptera: Phyllostomidae) en Puebla, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(2), 709-712. <https://dx.doi.org/10.7550/rmb.30924>
- Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., & Dirzo, R. &. (2001). *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas*. Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Rogel-Fajardo, Isidro, & Moreno-Barajas, Ruth, & Colindres-Jardón, Isidro (2021). Vertebrados en las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México. Análisis de registros de bases de datos. Quivera. *Revista de Estudios Territoriales*, 23 (2), 131-

- 147.[fecha de Consulta 27 de Abril de 2022]. ISSN: 1405-8626. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40168622007>
- SEMARNAT (2002), Áreas Naturales Protegidas Registradas. Obtenido de
https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_07_Perfil_internacional/data_perfil_internacional/CuadroIII.7.4.2.htm
- SEMARNAT, C. (2015). Inventario Estatal Forestal y de Suelos - Estado de México 2014 (Primera ed.). México.
- Servicio Geológico Mexicano. (22 de marzo de 2017). Volcanes de México. Obtenido de Servicio Geológico Mexicano:
<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Volcanes-de-Mexico.html>
- SEMARNAT, 2020. Conoce 8 especies endémicas mexicanas, orgullo nacional. Mexico. Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/conoce-10-especies-endemicas-mexicanas-orgullo-nacional?idiom=es>
- Secretaria de Finanzas y Planeación del Gobierno del Estado de México e Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral. (1993). Atlas General del Estado de México (Primera Edición ed.). México: Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral. Obtenido de <https://observatorio.edomex.gob.mx/sites/observatorio.edomex.gob.mx/files/files/ATLAS-T2.pdf>
- UICN, (2016). El 15% de las tierras del planeta están protegidas, pero quedan excluidas áreas cruciales para la biodiversidad. Recuperado de: <https://www.iucn.org/es/news/secretariat/201609/el-15-de-las-tierras-del-planeta-est%C3%A1n-protegidas-pero-quedan-excluidas-%C3%A1reas-cruciales-para-la-biodiversidad>
- Yu, Angela D.; Lei, Simon A. 2001. Equilibrium theory of island biogeography: A review. In: McArthur, E. Durant; Fairbanks, Daniel J., comps. Shrubland ecosystem

genetics and biodiversity: proceedings; 2000 June 13-15; Provo, UT. Proc. RMRS-P-21. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 163-171.