



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA**

**APROXIMACIÓN A LOS SERVICIOS  
ECOSISTÉMICOS EN LA COMUNIDAD DE SAN  
PEDRO ATLAPULCO, OCOYOACAC, ESTADO DE  
MÉXICO.**

**TESIS:**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO,  
PRESENTA:**

*ROBERTO FRANCISCO RICO GÓMEZ*

**DIRECTOR DE TESIS:**

*JONATHAN FRANCO LÓPEZ*



**LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO,  
2021.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



# DEDICATORIA

A *María Cristina Rico Brito* que está en el cielo, por haber sido ese ángel que tanto amor y protección me regaló.

A mi padre *Francisco Rico Brito* por ser siempre ese ejemplo de hombre que quiero llegar a ser.

A mi Madre *Genoveva Gómez Granados* por regalarme su compañía en mis momentos de niñez.

Sin más que decir, los amo.

# AGRADECIMIENTOS

**A la familia Rico;** A Martha Yolanda Trinidad Rico, Javier Ramírez, Blanca Trinidad Rico Johan Walter Fierro Rafta, Jesus Trinidad Rico, Lucia Linares, Feliza Rico Brito, Jesus Trinidad de Luna, Guadalupe Hernandez Rico, Guadalupe Rico Brito.

**A la familia Gómez;** A Evertina Granados , Isabel Gómez Grandados, Sandra Gómez Granados, Leonor Gómez Granados, Rosalina Gómez Granados.

**A mis Académicos;** Ezequiel Vidal de los Santos, gracias por ser ese apoyo humano y profesional que tanto necesité, gracias por ser mi maestro y enseñarme tanto y tanto. Gracias por aceptarme como su alumno, no sabe lo halagado que me siento. Al profe Jonathan por comprenderme y aguantarme tanto tiempo. A profe charly, que en paz descanse.

Al profe Gama por ayudarnos en esa ocasión, gracias por comprender nuestra juventud.

Al profe Richard, gracias por salvarme del abismo en esa ocasión.

Laura Corona Echeverría.

Antonio Beltran Trinidad, Ivan Beltran Trinidad, David Trinidad del Río, Ismael Zepeda Garduño, Alejandro Maximiliano Zepeda Garduño, Marino Agustin Sanchez Hernández, Daniel Anguiano Becerra, Jorgue Antonio Vazquez, Angel Joel Rico Montoya, Francisco Javier Rivera Rodarte, Juan Antonio Rivera Martínez, Hugo Dionei Lara, Francisco Rivera Martinez, Jonathan Alejandro Rey López

*A mis amigos y académicos de CCH-N*

*A mis amigas y amigos de la FESI; Laura Abigail Rodriguez Sanches, Diana Ivone Tapia Cruz, Selene Franco Arzate, Cecilia García Martínez, Antonio Barrios Guadarrama, Pablo Rodrigo Gómez, Jose Antonio Perez Romero, Uriel Nava Solis, Carlos Gerardo Sanchez Victoria, Víctor Daniel Gutierrez Martínez, Luis Brain Carrasco Martinez.*

Tantas sonrisas, tantos momentos, tantas personas, tantas experiencias, tantos momentos inolvidables, tantos retos, tantas aventuras, tantos recuerdos. Un honor poder concluir esta etapa de mi vida, mi etapa universitaria, mi etapa loca, mi etapa de juventud, de aprendizaje, de asombro, de vivencias, de increíble curiosidad, de máximo esplendor, de máxima vitalidad y energía, de máxima sagacidad y fuerza, de tenacidad y esfuerzo, de desconcierto, de certeza, de inimaginable alegría y felicidad, esta etapa de extrema pasión, amor y atrevimiento, esta etapa de crecimiento.

**A LA UNAM. No hay palabras para describirte y agradecer todo lo que has hecho por mí. Espero volver.**

- **A LA FESI, mi casa blanca. Siempre serás ese pilar en mi formación académica.**
- **Al grupo 1101. Éramos increíbles, el mejor grupo.**

***Agradezco infinitamente a DIOS por todo.***

**El comité tutorial del presente trabajo de investigación estuvo integrado por:**

*Altamirano Álvarez Tizoc Adrián*

*Bedia Sanchez Carlos Manuel*

*CHazaro Olvera Sergio*

*Franco López Jonathan*

*Vidal de los Santos Ezequiel*

## ÍNDICE

<b>Dedicatorias.....</b>	<b>III</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>III</b>
<b>Índice.....</b>	<b>IV</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>2</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Marco teórico.....</b>	<b>5</b>
2.1.- Definición.....	5
2.2.- Clasificación.....	6
2.3.- Presiones.....	11
2.2.- Sistemas socioecológicos.....	12
2.2.1.- Metabolismo social.....	14
2.3.- Contexto socioeconómico.....	15
2.3.1.- Capital natural.....	17
2.3.2.- Mercado de los servicios naturales.....	18
<b>3. Esquema de Pago de Servicios por Servicios Ambientales en México y América Latina.....</b>	<b>18</b>
<b>4. Antecedentes.....</b>	<b>20</b>
<b>5. Justificación.....</b>	<b>21</b>
<b>6. Objetivos.....</b>	<b>22</b>
6.1.- Objetivo general.....	22
6.2.- Objetivos específicos.....	22
<b>7.Descripción del área de estudio.....</b>	<b>23</b>
7.1.-Ubicación geográfica.....	23
7.2 Medio físico.....	24
7.2.1.- Clima.....	24
7.2-3.- Hidrología.....	24
7.2.4.- Fisiografía.....	27

7.2.5.- Geología.....	28
7.2.6.- Orografía.....	28
7.2.6.- Edafología.....	29
<b>7.3 Medio Biótico.....</b>	<b>32</b>
7.3.1.- Vegetación.....	32
7.3.2.- Fauna.....	35
<b>8. Materiales y Método.....</b>	<b>38</b>
8.1. Revisión Documental.....	38
8.2. Trabajo de campo y laboratorio.....	38
8.3. Trabajo de Gabinete.....	43
<b>9. Resultados.....</b>	<b>44</b>
9.1. Matriz Tipo Leopold.....	44
9.2. Matriz de resistencia.....	58
9.3. Vegetación.....	76
9.4. Fauna.....	81
9.5. Especies bajo alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	85
9.6. Captura de carbono.....	86
9.7. Balance hídrico del suelo por el método de Thornthwaite.....	89
9.8. Herencia cultural.....	95
9.9. Servicios ecosistémicos que provee la comunidad.....	96
<b>10.Discusión.....</b>	<b>97</b>
<b>11.Conclusión.....</b>	<b>99</b>
<b>12.Referencias.....</b>	<b>101</b>



## RESUMEN

La presente investigación se sitúa en un periodo de tiempo de 1 año, periodo en el cual se identificaron y se clasificaron los servicios ecosistémicos que brindan los bosques de la comunidad de San Pedro Atlapulco, comunidad enclava en la montaña mexicana. La clasificación se hizo según la Millennium Ecosystem Assessment, 2005.

Además, se determinaron y evaluaron las principales actividades que generan un impacto sobre los recursos naturales de la comunidad, para esto se utilizó la matriz de Leopold; la cual determinó un total de 250 interacciones, de las cuales 155 son impactos significativos y 95 son impactos no significativos. Cabe mencionar que 290 casillas no mostraron interacciones. Posteriormente, se realizó una matriz de resistencia tomando las principales actividades generadoras de impacto que nos arrojó la matriz de Leopold (Uso de cuatrimotos, deforestación, uso de plaguicidas, sobrepastoreo, fragmentación del hábitat e introducción de especies exóticas).

De igual manera se elaboró un listado de flora y fauna, y se identificaron 5 especies de Macromicetos que se utilizan como alimento tanto en los valles turísticos como en la cocina familiar (*C. gibba*, *H. lacunosa*, *L. indigo*, *L. deliciosus* y *Morchella sp.*)

Se encontraron un total de 28 especies vegetales en campo, de las cuales se identificaron 23 especies de plantas con flor o fanerógamas, siendo la familia Asteraceae la que presenta mayor número de individuos con 10 especies, seguido de la familia Lamiaceae con 2 especies del género *Salvia*, 2 especies de la familia Onagraceae y la familia Pinaceae con dos especies distribuidas en el género *Pinus* y *Abies*.

Las otras 5 especies vegetales son organismos criptógamos, específicamente Pteridobiontes colectados en campo. Las 5 especies son las siguientes (*A. monanthes L.*, *C. fragilis (L.) Bernh.*, *P. fourneri A.R. Sm.*, *P. polylepis (Roem. ex Kunze) T. Moore Var. polylepis* y *A. andicola Liebm.*)

Los bosques de la comunidad de San Pedro Atlapulco, son bosques de coníferas, compuestos principalmente por especies de *A. religiosa* en su mayoría y *P. Hartweggi* como asociación vegetal.

En cuanto a la fauna, los únicos organismos vistos y registrados en campo son pertenecientes a los siguientes grupos taxonómicos; Aves, anfibios y reptiles. Los mamíferos fueron localizados mediante muestras indirectas; para el caso del venado cola blanca (*O. virginianus*) se le encontró mediante excretas ubicadas a un rango altitudinal de 3579 m snm una pendiente boscosa alejada de las veredas, el otro organismo, fue un

lince (*Linx rufus*), identificado mediante muestras de pelaje de la región caudal, esto a 3450 m snm. El otro mamífero es un armadillo de 9 bandas (*D. novemcintus*) el cual se encuentra disecado en una de las cabañas de los valles turísticos.

Como complemento, se calculó la cantidad de carbono almacenado por los bosques de dicha comunidad, los resultados nos dicen que los bosques de San Pedro Atlapulco albergan un promedio de 172.97 tc/ha. Se cuantificaron únicamente las partes altas con la finalidad de establecer una línea base, que sirva como referencia para futuros proyectos de desarrollo social de PSA por captura de carbono que se desarrollen en la comunidad.

Asimismo se hizo un balance hídrico del suelo mediante el método de Thornthwaite, esto para saber la cantidad de agua que se infiltra a los acuíferos para brotar en los manantiales y la cantidad de agua que queda como excedente y se dirige a los ríos como escorrentía. Esto es importante ya que este municipio es el único lugar del país que cuenta con dos vertientes: una confluye en el Golfo de México (el Río de Los Remedios-Moctezuma), y la otra llega al Océano Pacífico (el río Lerma).

Los resultados nos dicen que se da una recarga en los acuíferos anual de 936.49 mm, mientras que los excedentes que le darán paso a las escorrentías, presentan una película de 510.72 mm. El porcentaje faltante es el agua que se evapotranspira a la atmósfera. Cabe mencionar que la precipitación media oscila entre los 1,400 y los 1,800 mm.

Para terminar se hizo una pequeña descripción de las cuestiones históricas de los pobladores. San Pedro Atlapulco tiene su origen como un pueblo ascendente de la etnia auto reconocida como: hñähñú.

**Palabras Clave:** Servicios Ambientales, Captura de carbono, Pago por Servicios Ambientales, balance hídrico del suelo, bosque templado.

#### **ABSTRACT**

This research is located in a period of 1 year, a period in which the ecosystem services provided by the forests of the San Pedro Atlapulco community, a community located in the Mexican mountains, were identified and classified. The classification was made according to the Millennium Ecosystem Assessment, 2005.

In addition, the main activities that generate an impact on the community's natural resources were determined and evaluated, for this the Leopold matrix was used; which determined a total of 250 interactions, of which 155 are significant impacts and 95 are non-significant impacts. It is worth mentioning that 290 cells did not show interactions. Subsequently, the Mc Harg resistance matrix was made taking the main impact-generating

activities that the Leopold matrix gave us (Use of ATVs, deforestation, use of pesticides, overgrazing, habitat fragmentation and introduction of exotic species.

Similarly, a list of flora and fauna was drawn up, and 5 species of Macromycetes were identified that are used as food both in tourist valleys and in family cooking (*C. gibba*, *H. lacunosa*, *L. indigo*, *L. deliciosus* and *Morchella* sp.)

A total of 28 plant species were found in the field, of which 23 species of flowering plants or phanerogams were identified, the Asteraceae family being the one with the highest number of individuals with 10 species, followed by the Lamiaceae family with 2 species of the genus. *Salvia*, 2 species of the Onagraceae family and the Pinaceae family with two species distributed in the genus *Pinus* and *Abies*.

The other 5 plant species are cryptogamic organisms, specifically Pteridobionts collected in the field. The 5 species are as follows (*A. monanthes* L., *C. fragilis* (L.) Bernh, *P. fournieri* A.R. Sm, *P. polylepis* (Roem. Ex Kunze) T. Moore Var. *Polylepis* and *A. andicola* Liebm.)

The forests of the community of San Pedro Atlapulco are coniferous forests, composed mainly of *A. religiosa* species in its majority and *P. Hartweggi* as a plant association.

Regarding the fauna, the only organisms seen and registered in the field belong to the following taxonomic groups; Birds, amphibians and reptiles. Mammals were located by indirect samples; In the case of the white-tailed deer (*O. virginianus*), it was found through excreta located at an altitude range of 3579 m above sea level, a wooded slope away from the trails, the other organism was a lynx (*Linx rufus*), identified through samples of fur of the caudal region, this at 3450 m asl. The other mammal is a 9-banded armadillo (*D. novemcintus*) which was found dissected in one of the huts in the tourist valleys.<sup>7</sup>

As a complement, the amount of carbon stored by the forests of said community was calculated. The results tell us that the forests of San Pedro Atlapulco host an average of 172.97 tc / ha. Only the high parts were quantified in order to establish a baseline, which will serve as a reference for future social development projects of PSA by carbon capture that are developed in the community.

Likewise, a water balance of the soil was made using the Thornthwaite method, this to know the amount of water that infiltrates the aquifers to sprout in the springs and the amount of water that remains as surplus and goes to the rivers as runoff. This is important since this municipality is the only place in the country that has two watersheds: one flows into the Gulf of Mexico (the Los Remedios-Moctezuma River), and the other reaches the Pacific Ocean (the Lerma River).

The results tell us that there is an annual recharge in the aquifers of 936.49 mm, while the surpluses that will give way to runoff, present a film of 510.72 mm. The missing percentage is the water that evaporates into the atmosphere. It is worth mentioning that the average rainfall ranges between 1,400 and 1,800 mm.

Finally, a brief description of the historical issues of the settlers was made. San Pedro Atlapulco has its origin as an ascending town of the self-recognized ethnic group: hñähñú.

**Key words:** Environmental services, Carbon capture, Payment for Environmental Services, soil water balance, temperate forest.



## 1. INTRODUCCIÓN

En la historia moderna el concepto de servicios proporcionados por los ecosistemas, tiene sus orígenes en el movimiento ambientalista que comenzó a gestarse en las décadas de 1960 y 1970, a raíz de la denuncia y el reconocimiento de los efectos negativos que provoca la contaminación, la deforestación de los sistemas forestales, la reducción de la capa de ozono, el colapso de algunas de las más importantes pesquerías de especies pelágicas y el cambio en los patrones del clima (Carson, 1962; Saville y Bayley, 1980; Farman et al., 1985).

El acceso a esta información impulsó las investigaciones científicas, así como movimientos ciudadanos y políticos orientados a conocer el papel que juegan los ecosistemas para el bienestar humano. En la actualidad se reconoce que estas acciones nos permiten documentar el efecto del ser humano en los ecosistemas y evaluar los beneficios derivados de los recursos naturales (Costanza et al., 1997; De Groot et al., 2002; Chee, 2004; Groffman et al., 2004; Eamus et al., 2005; Kremen, 2005; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Farber et al., 2006).

## 2. MARCO TEÓRICO

### **Definición**

Los servicios ecosistémicos (SE) se definen como los componentes y procesos de los ecosistemas que son consumidos, disfrutados o que conducen a aumentar el bienestar humano tomando en cuenta la demanda de los beneficiarios, así como la dinámica de los ecosistemas (Daily 1997, Boyd y Banzhaf 2007).

Para Fisher et al., (2009), los servicios son fenómenos estrictamente ecológicos, vinculados a la estructura, los procesos y las funciones de los ecosistemas, que resultan en algún beneficio para los humanos, ya sea si son usados de forma directa o no.

Servicios ecosistémicos y servicios ambientales son equivalentes sólo de forma parcial. El primero se utiliza en contextos académicos y algunos programas internacionales para enfatizar que los servicios son producto de la interacción entre los distintos componentes de los ecosistemas. El segundo hace referencia a “ambiente” o “medio ambiente” para

armonizar con el léxico de secretarías o ministerios en el ramo (SEMARNAT 2003, Balvanera y Cotler 2007).

La conservación de los ecosistemas, se hace necesaria para tener acceso a bienes y servicios como la regulación del clima, fijación de carbono, fertilidad del suelo, polinización, filtración de contaminantes, retención de sedimentos, regulación de los ciclos hidrológicos, provisión de agua limpia, control de las inundaciones, recreación, paisaje, culturales y espirituales (Daily 1997). Estos servicios tienen consecuencias en la prosperidad de la sociedad humana, y no sólo en su economía, sino también en la salud, las relaciones sociales, libertades o la seguridad (Millenium Ecosystem Assessment 2005).

### **Clasificación**

De manera análoga a lo establecido para la definición de Servicios Ecosistémicos, la intención de clasificarlos debe obedecer a propósitos muy concretos que, como ocurre con cualquier sistema de clasificación, resultan en la demarcación de fronteras claras, precisas, cuantitativas en lo posible y que se basen en criterios objetivos (Sokal, 1974).

Una de las primeras aproximaciones para dar una clasificación a los servicios ecosistémicos fue la de Constanza et al. (1997), quienes definen 17 servicios ecosistémicos, asociando los bienes o servicios con las funciones ecosistémicas que los generan o producen

De Groot et al., (2002) presentan una clasificación enfocada en diseñar una tipología sistemática y un marco de trabajo general para el análisis de funciones y servicios de los ecosistemas, con esto, pretende comprender la conformación ecológica (estructuras y funciones) así como la capacidad que tienen los procesos y componentes naturales de proveer bienes y servicios que satisfacen directa o indirectamente las necesidades humanas y sociales.

En la tabla 1 se muestra una clasificación de 24 funciones básicas de los ecosistemas según De Groot et al., (2002), agrupadas en cuatro categorías principales; Regulación, hábitat, producción e información.

Funciones	Componentes y procesos de los ecosistemas	Ejemplo de bienes y servicios.
Regulación: Relacionado con la capacidad de los ecosistemas para regular procesos ecológicos esenciales y sostener sistemas vitales.	Regulación atmosférica	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Protección a rayos UV y calidad del aire</li> </ul>
	Regulación climática	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Temperatura y precipitación adecuadas</li> </ul>
	Prevención de disturbios	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Protección ante inundaciones</li> </ul>
	Regulación hídrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Drenaje e irrigación natural</li> </ul>
	Contención del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Agua para distintos usos</li> </ul>
	Formación del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Favorece los procesos de meteorización</li> <li>● Prevención de la erosión, y control de la sedimentación</li> </ul>
	Regulación de nutrientes asimilación de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fertilidad de ecosistemas productivos</li> </ul>
	Asimilación de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Eliminación de toxinas</li> </ul>
	Polinización	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Polinización de plantas silvestres y comerciales</li> </ul>
Control biológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reducción de pestes, plagas y enfermedades.</li> </ul>	
Hábitat: Los ecosistemas naturales proporcionan hábitat de refugio y reproducción para plantas y animales contribuyendo a la conservación biológica y diversidad genética.	Función de refugio	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Provisión de espacios habitables para el mantenimiento de la biodiversidad</li> </ul>

	Función de criadero	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Permite la reproducción para el mantenimiento de la biodiversidad y de especies con valor medicinal, alimenticio y comercial.</li> </ul>
Producción: La gran diversidad de estructuras orgánicas e inorgánicas provee una amplia gama de bienes de consumo desde alimentos, materias primas, recursos energéticos y material genético.	Alimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Caza. Recolección, pesca, cultivos agrícolas y acuícolas.</li> </ul>
	Materias primas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Materiales inorgánicos para manufactura</li> </ul>
	Recursos genéticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mejoramiento genético</li> </ul>
	Recursos medicinales	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Medicina y material químico</li> </ul>
	Elementos decorativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Materiales destinados a la ornamenta</li> </ul>
	Minerales y Yacimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Rocas, combustibles fósiles y metales.</li> </ul>
Información: Los ecosistemas proporcionan funciones de referencia y contribuyen al mantenimiento de la salud humana proporcionando oportunidades de enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, recreación y experiencias estéticas (paisaje)	Información estética	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Contemplación paisajística</li> </ul>
	Función recreativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ecoturismo, deporte actividades de enriquecimiento</li> </ul>
	Información artística y cultural	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Expresión de la naturaleza en libros, películas, cuadros, folklore, arquitectura y religión.</li> </ul>
	Información histórica	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Memoria histórica de los ecosistemas</li> </ul>

	Ciencia y educación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de conocimientos científicos.</li> </ul>
--	---------------------	--

Tabla 1. Clasificación por De Groot et al. (2002)

El Millennium Ecosystem Assessment (2005) los clasifica según la forma en cómo son provistos y en cómo se relacionan con el ser humano, esta clasificación los agrupa en servicios de; provisión, regulación, culturales y de soporte

Provisión	Regulación	Culturales	Soporte
Alimentos	Regulación del clima	Espiritual y religioso	Formación de suelos
Agua dulce		Recreativo y turístico	
Leña	Regulación de enfermedades	Estético	Reciclaje de nutrientes
Fibras		Inspirativo	
Recursos genéticos	Regulación de los ciclos hidrológicos	Ciencia y educación	Producción primaria
Recursos Bioquímicos	Prevención de la erosión.	Herencia cultural	Ciclo de nutrientes
Recursos minerales y energéticos	Tratamiento de desechos	Paisaje	Control biológico

Tabla 2. Clasificación MEA (2005)

- **Servicios de soporte:** Necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos.
- **Aprovisionamiento:** Productos obtenidos del ecosistema.
- **Regulación:** Beneficios obtenidos de la regulación de los procesos del ecosistema.
- **Culturales:** Beneficios no materiales que la gente obtiene de los ecosistemas

Una clasificación más reciente es la de Fisher et al., (2008), quienes plantean un esquema de clasificación que divide dichos servicios en “servicios intermedios” y “servicios finales”.

Con esta clasificación se pretende mostrar que los beneficios humanos obtenidos por los servicios ecosistémicos se derivan de los servicios intermedios y finales. Con esto, los procesos del ecosistema y la estructura se consideran servicios, pero pueden ser servicios intermedios o finales, dependiendo de la relación que tengan con el bienestar humano.

<b>Inputs abióticos</b>	<b>Servicios intermedios</b>	<b>Servicios finales</b>	<b>Beneficios</b>
Luz solar, lluvia, nutrientes etc.	Formación del suelo, productividad primaria, ciclado de nutrientes, fotosíntesis, polinización, control de pestes y plagas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Regulación hídrica</li> <li>● Productividad primaria</li> </ul>	Agua para riego, agua potable, plantas hidroeléctricas. Alimentos, fibras, maderas, productos no maderables

**Tabla 3. Clasificación por Fisher et al. (2008)**

Debido a su origen multinacional, con participación multidisciplinaria e interinstitucional, la propuesta de clasificación implementada por la MEA (2005) es la que mayor difusión y aceptación ha tenido a nivel internacional, siendo aceptados sin discusión, su concepto y clasificación en diversos trabajos que involucran a los SE.

Aunque la dinámica compleja en los procesos de los ecosistemas y las características propias de los sistemas naturales, hacen complicado contar con un esquema de clasificación general, por lo tanto, la posición de algunos autores es que no hay un sistema de clasificación de los SE que sea general para aplicarlo en todos los casos, por lo que inclusive se plantea el desarrollo de diversos esquemas de clasificación según las características del ecosistema (Constanza, 2008).

Cualquiera de las clasificaciones de los servicios ecosistémicos, algunas de las cuales tienen coincidencias importantes, puede ser aplicada para propósitos de evaluación, aunque

su aplicación dependerá de las características del ecosistema o de los propósitos de su aplicación (Camacho y Ruiz, 2012).

Asumiendo que en la mayoría de los casos el propósito principal es el de mantener la salud de los ecosistemas y garantizar la provisión de sus servicios, el conocer el funcionamiento del sistema ecológico es crucial, pero también lo es considerar el contexto social y político dentro del cual los servicios ecosistémicos van a ser evaluados o utilizados (Camacho y Ruiz, 2012).

Pese a que la conciencia sobre la crisis ecológica global cuenta ya con más de tres décadas de historia, la economía convencional sigue mostrando una fuerte reticencia a revisar sus fundamentos teóricos sobre bases más sostenibles (Gómez-Baggethun y De Groot, 2007). Paradójicamente, algunas escuelas económicas del pasado mostraron más preocupación por incorporar el papel de la naturaleza dentro de su marco analítico que la teoría económica hoy dominante (Gómez-Baggethun y De Groot, 2007).

Fenómenos como la deforestación, el cambio climático, la desertificación y el crecimiento desordenado de la población han puesto en riesgo a las comunidades biológicas (Rozzi et al. 2001) y a los servicios que brindan los ecosistemas. Cuanto mayor sea la presión ejercida sobre estos, menor será su capacidad para sustentar a las generaciones futuras (Millennium Ecosystem Assessment 2005: 36).

## **Presiones**

Una de las principales causas económicas del deterioro ambiental, es la diferencia entre los valores comerciales (privados) y los valores sociales, para la cual, por más de 25 años los economistas se han dedicado a elaborar instrumentos de evaluación social. Existen varias maneras de explicar el origen económico del agotamiento de la biodiversidad y la ineficiencia en el uso de los recursos naturales.

La más sencilla consiste en establecer la diferencia entre los valores privados y sociales, la cual se da por lo que se conoce como fallas en el mercado. Los mercados tienen fallas estructurales que hacen que los bienes y servicios ambientales no valgan lo mismo para las personas como individuos. Es por esto que surgen las externalidades positivas y negativas.

A continuación, se citará un ejemplo redactado por Juan Carlos Belausteguigoitia en La Economía de la Biodiversidad para dejar en claro el concepto de “externalidades”

El costo que incurre un empresario para realizar la producción de acero incluye el costo de materia prima, mano de obra, combustible etc.; sin embargo, para la sociedad, el costo de esta misma producción incluye, además de lo que significa no volver a utilizar estos recursos en producir alguna otra cosa, el de la contaminación del río donde la empresa descarga sus aguas residuales. Por lo tanto, en este caso, el costo social de la producción es mayor al privado, por lo cual se habla de una externalidad negativa.

El caso de una persona que posee un predio arbolado río arriba, es un ejemplo de externalidad positiva. Para esta persona, el valor de su predio es lo que pueda obtener en el mercado por los bienes y productos derivados del mismo, que pueden ser maderables o no maderables; sin embargo, hay muchos otros bienes y servicios que se derivan del predio arbolado, que el propietario no puede vender en el mercado y que tienen un valor social, como lo es la captura de carbono y la recarga de los mantos acuíferos, entre otros. En este caso el valor social es mayor que el privado.

Esta diferencia entre valores sociales y valores privados es la causante de los problemas. Cuando el valor social es mayor que el valor privado, la actividad se llevará a cabo en menor medida de lo deseable, ya que los individuos privados no reciben los beneficios que toda la sociedad obtiene.

Esta es una de las razones por la cual se afecta la biodiversidad, agotando o utilizando de manera ineficiente los recursos

### **Sistemas socioecológicos**

Los sistemas socioecológicos (SSE) consideran a los sistemas sociales como conjuntos de personas que interactúan, crean sistemas compartidos de significados, normas y rutinas, y establecen patrones de dominancia y distribución de recursos (Westley et al. 2002). Los SSE permiten entender los procesos de toma de decisiones acerca de los ecosistemas y las implicaciones sobre su composición, estructura y funcionamiento.

Los acoplamientos entre sistemas sociales y ecológicos no son otra cosa que las interacciones que se dan entre estos dos dominios y que causan impactos y perturbaciones entre ellos (Salas et al., 2011). Dentro del dominio de sistemas sociales se encuentran subsistemas como la cultura, la política, la economía, y la organización social, (la sociedad misma); mientras que en el dominio de los sistemas ecológicos se encuentran subsistemas como la naturaleza -entorno no creado por el hombre- y el ambiente -entorno creado por el hombre (Salas et al., 2011).

Los acoplamientos o interacciones socioecológicas son relaciones que se establecen entre estos subsistemas a través de diferentes vías. De un lado, a través del conjunto de actividades y procesos humanos que generan impactos en los sistemas ecológicos, como la extracción de recursos naturales, la pesca, la producción de alimentos, entre otros; y por el otro, a través de las dinámicas de los ecosistemas, como las inundaciones, las variaciones climáticas, los cambios de estación, y las transformaciones de las características de los suelos, que producen efectos sobre los sistemas sociales (Salas et al., 2011).

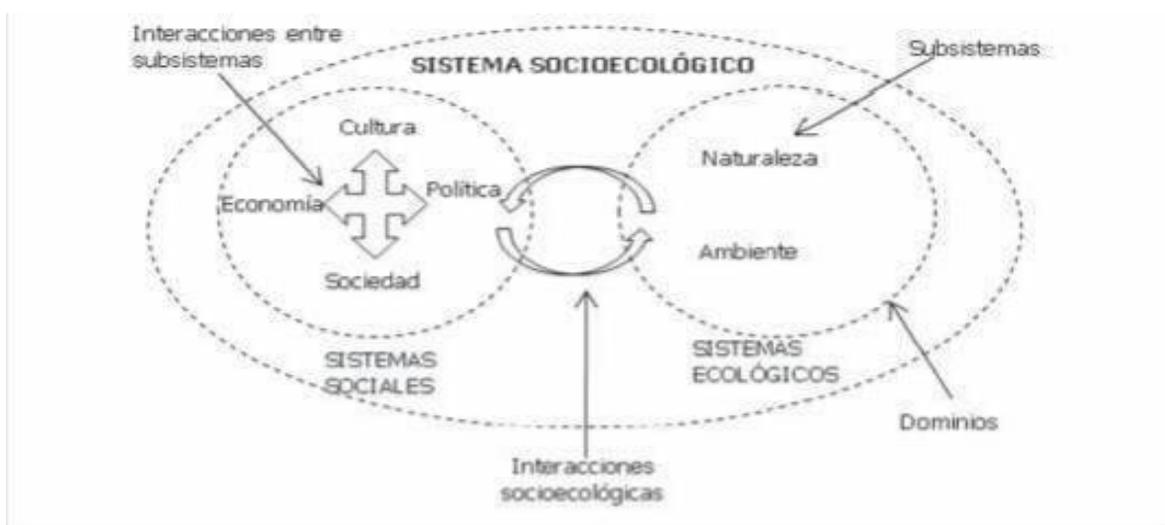


Figura 1. Sistemas socioecológicos. Elaborado por (Salas et al., 2011)

Se enfatiza la importancia de entender al conjunto de instituciones sociales y las interacciones entre ellas a distintas escalas espaciales y temporales, así como el entendimiento de los sistemas de propiedad. Los numerosos estudios de caso de sistemas socioecológicos en distintas partes del mundo, incluyendo a Latinoamérica, señalan a la

propiedad comunal y el manejo colectivo de recursos como elementos sustanciales para el mantenimiento y la resiliencia de estos sistemas (Alcorn y Toledo 1998, Ostrom 2000, Dietz et al. 2003).

El modelo de comprensión ecológica sugiere que los seres humanos que viven de manera cercana a su ambiente, son capaces de observar, identificar, dar seguimiento y reaccionar a las variaciones en la disponibilidad de recursos, a las relaciones ecológicas y a las respuestas biológicas hacia circunstancias particulares (Berkes y Turner, 2005)

La diversidad ecológica y cultural se encuentran relacionadas de manera estrecha, y los países más diversos en términos ecológicos tienden a ser también los que presentan mayor cantidad de lenguas indígenas (Boege 2006).

### **Metabolismo Social**

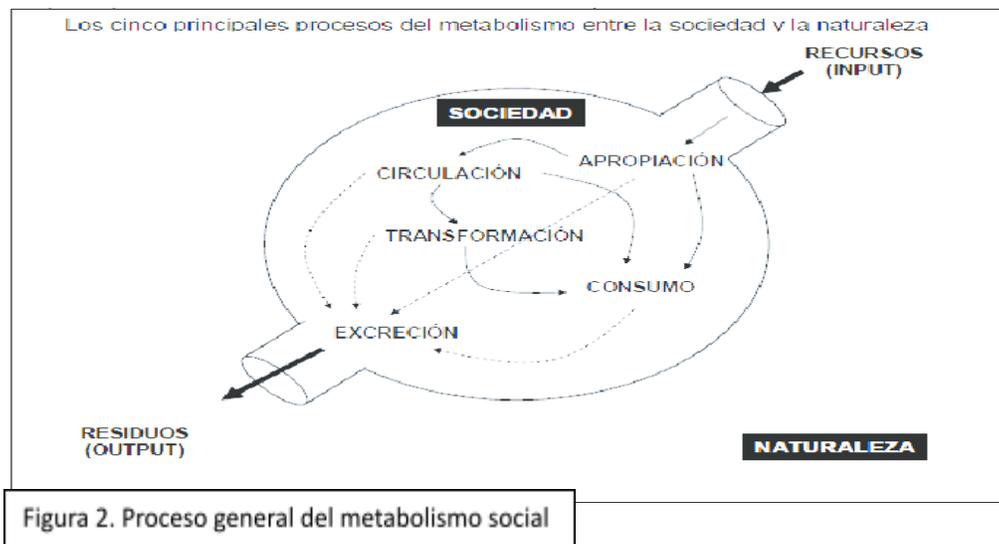
El metabolismo social explica que el mantenimiento y reproducción de los sistemas sociales requiere del movimiento de flujos de materia y energía al interior de las sociedades: apropiación de materias primas y energía, transformación, distribución, consumo y finalmente la excreción de desechos de las sociedades hacia los sistemas naturales.

El metabolismo entre la naturaleza y la sociedad contiene dos dimensiones o esferas: una esfera material, visible o tangible y otra inmaterial, invisible o intangible (Toledo, 2013) El metabolismo social comienza cuando los seres humanos socialmente agrupados se apropian materiales y energías de la naturaleza (input) y finaliza cuando depositan desechos, emanaciones o residuos en los espacios naturales (output).

Pero entre estos dos fenómenos (Input y Output) ocurren además procesos en las "entrañas" de la sociedad por medio de los cuales las energías y materiales apropiados circulan, se transforman y terminan consumiéndose.

En el proceso general del metabolismo social existen tres tipos de flujos de energía y materiales: los flujos de entrada, los flujos interiores y los flujos de salida. El proceso metabólico se ve entonces representado por cinco fenómenos que son teórica y

prácticamente distinguibles: la apropiación (A), la transformación (T), la circulación (C), el consumo (Co) y la excreción (E) (Toledo, 2013).



Aunque no existe consenso sobre su definición teórica, el concepto de metabolismo social ha ganado creciente audiencia en los medios académicos, principalmente entre las corrientes de la economía ambiental y ecológica, la historia ambiental y la ecología política. Igualmente será un concepto clave en la construcción de una economía ecológica radical y/o solidaria (véase Barkin et al., 2012 y Rosas-Baños, 2012).

### Contexto socioeconómico

La economía neoliberal cierra el paso a los supuestos beneficios que podrían disfrutar los campesinos y los grupos indígenas. Los gobiernos tratan de generar divisas y recursos induciendo la presencia de inversionistas nacionales y extranjeros (Enríquez, 2015). Pasan por alto el arraigo histórico de las comunidades indígenas, situadas habitualmente en zonas ricas en minerales, con potencialidad turística y para otras actividades de alcance transnacional, inclusive esto sucede con las comunidades más aisladas. (Enríquez, 2015).

Las compañías multimillonarias dedican esos territorios a la extracción minera y madera, los monocultivos, el turismo. Ello contribuye a la sub proletarización del campo indígena (Monsoyi, 1995).

El actual proceso privatizador en México, iniciado desde la década de los ochenta, forma parte de una estrategia integral para transferir el control sobre los recursos naturales y las infraestructuras a grandes corporaciones nacionales o transnacionales y, de paso, convertir a la población campesina en mano de obra barata para engrosar el desempleo urbano o el trabajo precario en las ciudades del país (Enríquez, 2015).

La dependencia humana de los ecosistemas se aprecia de manera evidente en economías de subsistencia ligadas al medio natural, donde las comunidades humanas toman directamente de los ecosistemas todo lo que necesitan para vivir. Sin embargo, en países con economías de mercado consolidadas, dicha dependencia no siempre se aprecia de forma tan evidente. (Gómez-Baggethun y De Groot, 2007).

En estos países, las actividades productivas directamente dependientes de los ecosistemas situados dentro de su territorio, tienden a ser cada vez más marginales debido al actual proceso de deslocalización industrial, es decir, debido al creciente desplazamiento de los sectores productivos y extractivos hacia países de la periferia. (Gómez-Baggethun y De Groot, 2007).

En los países ricos, los servicios de los ecosistemas no suelen llegar de manera directa a las personas, sino que tienden a ser adquiridos a través de los mercados, a menudo tras haber sido transportados a largas distancias y atravesado múltiples escalones de la cadena productiva.

El hecho de que en los países ricos pueda satisfacerse una demanda creciente de consumo, a la vez que sus territorios son explotados con menor intensidad, no se debe a que se esté dando una desmaterialización de la economía, sino al hecho de que el actual sistema de libre comercio internacional permite a los consumidores de dichos países obtener servicios de los ecosistemas de todo el globo a través de los mercados globalizados (Naredo, 2015).

El reconocimiento de este hecho, implica asumir que el desarrollo económico y social dependerá en el largo plazo del adecuado mantenimiento de los sistemas ecológicos que los

sustentan, y que constituyen el capital natural del planeta. La conservación de la naturaleza no se plantea ya únicamente en términos de un deber ético de cara a las generaciones futuras ni como un consumo de lujo que sólo está al alcance de las mal llamadas sociedades post-materialistas. Los ecosistemas y su mantenimiento son aquí reconocidos como la base de nuestra subsistencia así como del desarrollo económico y social del que depende nuestro bienestar.

### **Capital Natural**

La moderna noción de capital natural (CN) se intuye también en la obra de Vogt (1948), quien señaló que, al consumir nuestro verdadero capital, el de los recursos naturales, reducimos la posibilidad de que algún día consigamos pagar la deuda que hemos contraído con la naturaleza. Schumacher (1973) utilizó dicho concepto en referencia a los combustibles fósiles. Sin embargo, la noción de capital natural no quedará formalizada hasta principios de los años 90, gracias a trabajos desarrollados en los campos de la economía ambiental y la economía ecológica (Pearce y Turner, 1990; Costanza y Daly, 1992).

Costanza y Daly (1992) definieron CN como todo stock que genera un flujo de bienes y servicios útiles o renta natural a lo largo del tiempo. Dicha definición, ha persistido hasta la actualidad en la literatura con pequeñas variaciones o matices. No obstante, desde una perspectiva ecológica, el capital natural no puede ser concebido como un simple stock o agregación de elementos. A parte de estos componentes (estructura del ecosistema), el capital natural engloba todos aquellos procesos e interacciones entre los mismos (funcionamiento del ecosistema) que determinan su integridad y resiliencia ecológica

Con esta visión, se incorpora al concepto de Capital natural, sumándose al Capital económico y Capital humano como medidas de riqueza de un país, es importante conocer y resaltar los valores de la biodiversidad desde un punto de vista económico, al asumir que los recursos naturales producen riqueza y bienestar a lo largo del tiempo. Este reconocimiento obliga a generar estrategias para la toma de decisiones relacionadas con la planificación ambiental, a fin de garantizar que los beneficios y servicios derivados de los ecosistemas puedan mantenerse en el tiempo, ya sea por sí mismos o por el manejo humano (Sarukhán et al., 2009).

### **Mercado de los servicios ambientales**

Sin lugar a dudas, la valoración económica de los SE ha sido un instrumento importante para transmitirles a los actores clave en la toma de decisiones la importancia de los ecosistemas y de los servicios que proveen para el bienestar de las sociedades (Costanza et al. 1997, de Groot et al. 2002, Daily et al. 2009). Sin embargo, es importante considerar que la valoración depende de los intereses y los valores de quienes lo asignan (Costanza y Farber 2002). Es necesario integrar las necesidades de los distintos actores de la sociedad en estas valoraciones (Nelson et al. 2009).

Dado el valor intrínseco de la naturaleza, existe un evidente rechazo por parte de algunos académicos que consideran que no es posible ni deseable expresar todo en términos económicos, pues bajo ese enfoque la situación extrema sería dar valor económico a Dios o asumir que podría existir alguien que pudiera negociar el valor total de la tierra (Norgaard et al., 1998). Pese a esta resistencia se considera que el reconocimiento y evaluación de los SE permite una mejor interpretación de sus beneficios y determinar los cambios que inciden en el bienestar humano y conservación de la naturaleza (Costanza et al., 1997).

### **3. ESQUEMAS DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES EN MÉXICO Y AMÉRICA LATINA.**

Un PSA es una estrategia alternativa de gestión y manejo de los Recursos Naturales aplicada predominantemente a ecosistemas forestales, en la cual los proveedores de los servicios ambientales son compensados económicamente por aquellos que hacen uso y goce de los mismos, como una forma de asegurar la conservación de los ecosistemas que los generan. Es importante aclarar que un PSA puede incluir transacciones tanto monetarias (incentivos económicos dinerarios) como no monetarias (capacitación, facilidades para el acceso a financiamiento, herramientas de producción, etc).

Son numerosos los programas y acciones de PSA en países de la región; Costa Rica, Bolivia, Perú, Brasil, Ecuador, Colombia, El Salvador, Honduras, Guatemala, entre otros, han desarrollado acciones innovadoras.

Los principales servicios ambientales (SA) objeto de pago son; los hidrológicos o protección de cuencas, captura de carbono, belleza escénica y protección de la biodiversidad.

La oferta de servicios ambientales en México, puede tener un amplio potencial en los mercados internacionales (captura de carbono, biodiversidad y ecoturismo, entre otras). Las características legales y normativas de la tierra; propiedad privada y social (ejidos y comunidades) en posesión de campesinos y población indígena pueden ser una cualidad, si se considera su estructura organizativa y el reconocimiento oficial de sus marcos jurídicos y regulatorios.

La compensación por servicios ambientales se ha destinado a poseedores de bosques; por venta de captura de carbono, cuidado de hábitats de especies migratorias (mariposa monarca), servicios hidrológicos para actividades agrícolas y producción de electricidad, además de bioprospección por venta de conocimiento a laboratorios de investigación y compañías farmacéuticas y conservación in situ de plantas con potencial medicinal.

La compra-venta de SA más utilizadas son: captura de carbono, desempeño hídrico, conservación de la biodiversidad, belleza escénica y ecoturismo, comercialización de espacios y mercado cinegético, café bajo sombra, áreas protegidas de iniciativa no gubernamental y servidumbre ecológica

El Estado de México inició un Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos en el año 2007 (PSAHEM), con el objetivo de asegurar el abasto de agua para una de las entidades más pobladas del país, proteger y conservar los bosques y mantener la capacidad de recarga de los mantos acuíferos (GEM, GACETA DEL GOBIERNO, 2007:6)

Para que los programas de pago por servicios ambientales se mantengan operativos, son necesarias fuentes estables de financiación. La estabilidad financiera es particularmente importante porque, a fin de que los usuarios de tierras tengan incentivos continuos para mantener los servicios ambientales, los pagos deben ser recurrentes y mantenerse en el largo plazo. Esto implica la necesidad de identificar tanto a los beneficiarios como los servicios específicos a recibir.

Los servicios ambientales se dice que son beneficios intangibles (aquellos que sabemos existen, pero cuya cuantificación y valoración resultan complicadas) ya que, a diferencia de los bienes o productos ambientales, como es el caso de la madera, los frutos y las plantas medicinales de los cuales nos beneficiamos directamente, los servicios ambientales no se “utilizan” o “aprovechan” de manera directa, sin embargo nos otorgan beneficios, como tener un buen clima, aire limpio, o simplemente un paisaje bello (CONAFOR, 2015).

Si bien el concepto servicios ambientales es relativamente reciente y permite tener un enfoque más integral para interactuar con el entorno, en realidad las sociedades se han beneficiado de dichos servicios desde sus orígenes, la mayoría de las veces sin tomar conciencia de ello (CONAFOR, 2015).

#### 4. ANTECEDENTES

- Almeida-Leñero, *et al.*, (2007), realizaron en La cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México, una aproximación a los servicios ecosistémicos que ésta provee a la población. El trabajo mostro, que la cuenca proporciona 20 millones de m<sup>3</sup> de agua, sus bosques almacenan un promedio de 58 tC/ha y sus pobladores ha estado ligados al bosque desde la época prehispánica. Además, plantearon propuestas de manejo para cada zona en específico considerando los actores sociales involucrados.
- Garcia-Zepeda, *et al.*, (2016), Estimaron el almacenamiento de carbono y la percepción social de los servicios ecosistémicos que brinda el bosque de *Abies religiosa* de la cuenca presa Guadalupe, Estado de México. Se hicieron estimaciones del contenido de carbono en árboles vivos, muertos en pie, tocones y troncos caídos, y se encontró que el contenido total de carbono es de 91.22 t/ha. Se realizó un análisis multivariado que arrojó que el almacén de carbono es mayor en altitudes bajas, la riqueza vegetal aumenta mientras más alejado de los caminos esté el bosque, y la regeneración se incrementa en altitudes mayores.
- Rodríguez-García, *et al.*, (2016), llevaron a cabo un procedimiento para la evaluación económica y localización espacial de servicios ecosistémicos que son suministrados por un ecosistema forestal. El método que propusieron fue analizado mediante un caso de estudio en el valle del Gesso-Vermagnana, Italia. Los

resultados muestran que los valores más altos corresponden a los servicios de regulación (11 a 4.300 ha-1 año-1) y a los servicios de aprovisionamiento (6 a 1.980 ha-1 año-1), mientras que los servicios culturales presentan los valores más bajos (6 a 627 ha-1 año-1). Como conclusión, definieron que el estudio permite ampliar el conocimiento y la información útil para los responsables encargados de la toma de decisiones sobre el manejo de recursos naturales.

## **5. JUSTIFICACIÓN**

La comunidad de San Pedro Atlapulco, es una comunidad privilegiada en cuanto a Recursos Naturales se refiere, esto debido a la ubicación geográfica de dicha localidad, además, es una comunidad que depende económicamente de la actividad turística, lo que está degradando de manera paulatina sus recursos, el estudio es de importancia ya que busca identificar los servicios que estos recursos brindan no solo a la comunidad, si no a la población en general.

Esto nos ayuda a la búsqueda de nuevas opciones de desarrollo económico para sus habitantes, opciones que se adapten a sus necesidades y al concepto de desarrollo sustentable, que a gran escala permiten conservar y aprovechar el capital natural de la nación.

## **6. OBJETIVO GENERAL**

- Identificar y evaluar los servicios ecosistémicos que brinda la comunidad de San Pedro Atlapulco

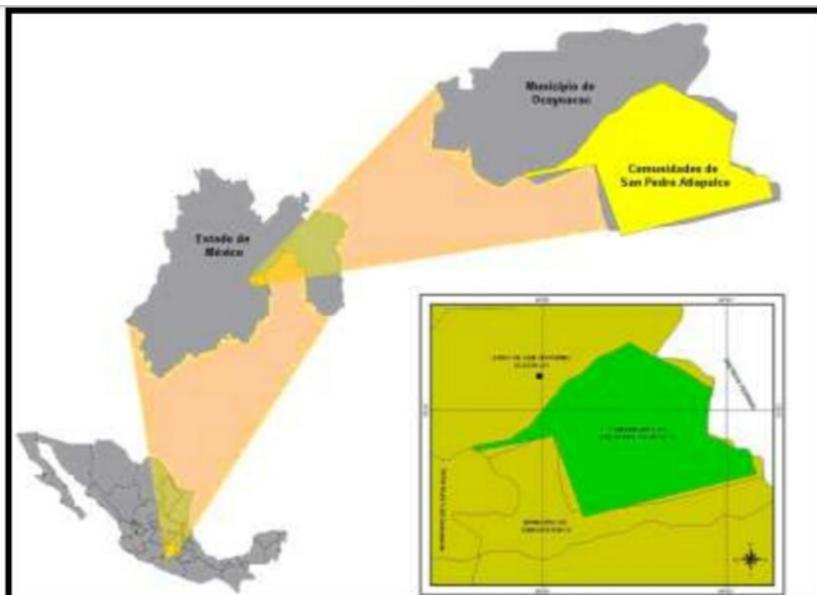
### **Objetivos específicos**

- ✓ Elaborar un diagnóstico socioambiental de la zona
- ✓ Señalar y evaluar los impulsores de cambio en la comunidad
- ✓ Registrar las especies de flora y fauna
- ✓ Determinar si alguna de las especies registradas, se encuentra enlistada bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- ✓ Calcular la cantidad de carbono almacenado en los bosques de la comunidad.
- ✓ Cálculo del balance hídrico en el suelo por el método de Thornthwaite
- ✓ Evaluar la herencia cultural.

## 7. ÁREA DE ESTUDIO

### Ubicación geográfica

La comunidad de San Pedro Atlapulco es uno de los 5 pueblos que integran el municipio Ocoyoacac, el cual se encuentra enclavado en la parte central del Estado de México, entidad federativa que se ubica en la región centro de la República Mexicana. Ocoyoacac colinda al norte con los municipios de Lerma y Huixquilucan, al oeste con Metepec, al sur con Capulhuac, Xalatlaco y S. Tianguistengo, mientras que al este colinda con la delegación Magdalena Contreras en la Cd. de Mx., esta colindancia es la de mayor relevancia ya que la comunidad conecta con la RTP-108 corredor biológico Ajusco-Chichinautzin. Geográficamente se ubica entre las coordenadas de 19° 17' 24" y 19° 11' 24" de latitud Norte y 99° 27' 36" y 99° 19' 12" de longitud Oeste.



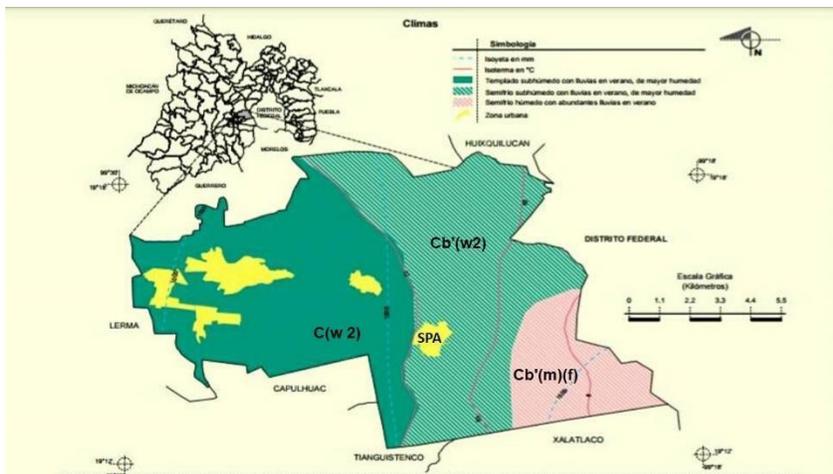
**Mapa 1.** Ubicación de SPA. Elaborado por (Cisneros 2007)

## MEDIO FÍSICO

### Clima

Según el INEGI, la comunidad de SPA presenta 3 tipos de climas;

- C(w 2) Templado Subhúmedo con lluvias en verano
- Cb'(w2) Semifrío subhúmedo
- Cb'(m)(f) Semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano



Rango de precipitación  
media anual: 800-2000 mm

Temperatura media  
anual: 6-14°C

Altitud entre  
2500-3900m snm

**Hidrología:** Ocoyoacac es el único lugar del país que cuenta con dos vertientes: una confluye en el Golfo de México (el Río de Los Remedios-Moctezuma), y la otra llega al Océano Pacífico (el río Lerma).

La delimitación de las regiones hidrológico-administrativas realizada por CONAGUA (2015), ubican a la comunidad de SPA en dos Regiones Hidrológicas; la número 12 Lerma-Santiago y la número 26 que corresponde a la región del Panuco y desemboca en el Golfo de México.

San Pedro Atlapulco se encuentra enclavado en la cuenca del Río Lerma-Toluca (99.7%) y Río Moctezuma (0.3%). La cuenca Río Lerma-Toluca se localiza al centro-noroeste de la entidad, abarcando 23.90% de la superficie estatal.

- Declaratoria de propiedad nacional de las aguas del manantial San Pedro Atlapulco número 1, arroyo El Potrero o El Muerto, manantial y arroyo San Pedro Atlapulco número 2 y laguna San Miguel. Emitida por el gobierno federal el 13/12/1989

**MANANTIAL SAN PEDRO ATLAPULCO No. 1.-** Sus aguas afloran espontáneamente a 4,000 metros aproximadamente al Noreste del poblado San Pedro Atlapulco, son de régimen permanente, son aprovechadas en uso de riego en época de estiaje; en época de lluvia los excedentes escurren en cauce bien definido y dan origen al arroyo El Potrero o El Muerto.

**ARROYO EL POTRERO O EL MUERTO.** - Sus aguas se originan de las aportaciones del manantial San Pedro Atlapulco No. 1; son de régimen permanente y escurren en cauce bien definido; siguen un rumbo Suroeste; recorren una longitud total aproximada de 24,290 metros; 10 metros aproximadamente abajo de su origen reciben por la margen derecha las aguas del arroyo San Pedro Atlapulco No. 2.

9,000 metros aproximadamente abajo, sus aguas se depositan en el vaso de la laguna San Miguel, en este mismo punto son derivadas totalmente en época de estiaje, cambiando su régimen a intermitente. 280 metros aproximadamente adelante, salen del vaso de la laguna citada;

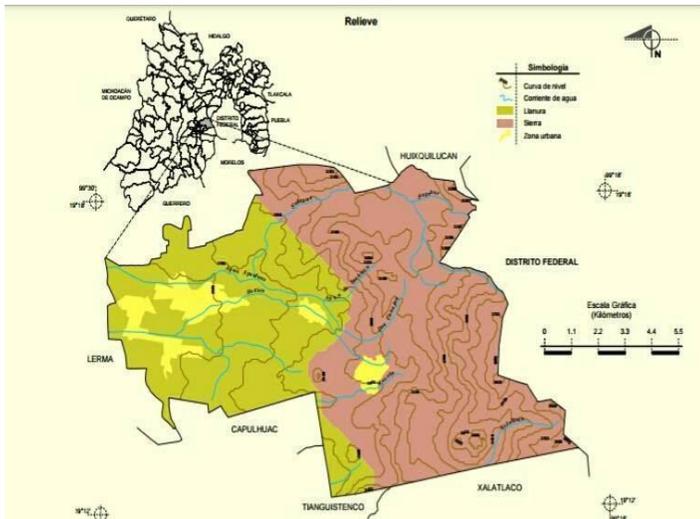
15,000 metros aproximadamente abajo afluyen por la margen derecha al río Lerma o Grande de Santiago o Tololotlán; con cuenca propia.

**MANANTIAL SAN PEDRO ATLAPULCO No. 2.-** Sus aguas afloran espontáneamente al Poniente del manantial San Pedro Atlapulco No. 1; son de régimen permanente; son aprovechadas en uso de riego durante el estiaje; en época de lluvia los excedentes escurren en cauce bien definido y dan origen al arroyo del mismo nombre.

**ARROYO SAN PEDRO ATLAPULCO No. 2.-** Sus aguas se originan de las aportaciones del manantial del mismo nombre; son de régimen permanente y escurren en cauce bien

definido; siguen un rumbo Suroeste; recorren una longitud total aproximada de 12 metros, afluyen por la margen derecha al arroyo El Potrero o El Muerto.

**LAGUNA SAN MIGUEL.** - Sus aguas se localizan a 500 metros aproximadamente al Noroeste del Poblado San Miguel Almaya; es de formación natural; su vaso ocupa un área aproximada de 40,000 M<sup>3</sup>; volumen aproximado contenido en su vaso 2,000 M<sup>3</sup>; es alimentada por su parte Norte por el arroyo El Potrero o El Muerto.



**Mapa 3. Hidrología**

**Hidrología subterránea:** El reporte de la establece que la totalidad del municipio de Ocoyoacac se encuentra ubicado dentro del acuífero denominado Valle de Toluca. Este acuífero forma parte de la Cuenca Alta del Lerma junto con el Valle de Ixtlahuaca, tiene un buen potencial de aguas subterráneas el cual ha sido mermado por la exportación de grandes volúmenes mediante la batería de pozos del sistema Lerma para la Ciudad de México, así como por explotaciones locales para su desarrollo, las extracciones han rebasado la potencialidad de los acuíferos, es decir, el monto de la recarga media anual, ante el aumento de una demanda siempre creciente; se reflejan en un abatimiento de los niveles piezométricos y formación de grietas en el terreno (Espinoza, 2007).

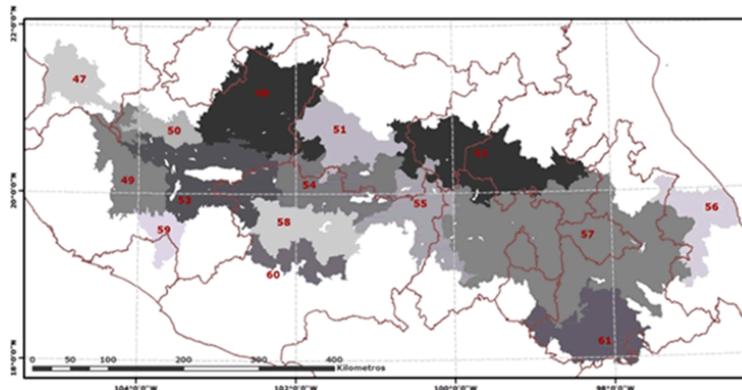
**Fisiografía:** Como lo reporta INEGI, la Comunidad de San Pedro Atlapulco forma parte de la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico Transversal o Faja Volcánica Transmexicana. Esta provincia atraviesa al país de Este a Oeste, por el oeste llega al Océano Pacífico y por el este conecta con el Golfo de México.



**Mapa 4. Faja Volcánica Transmexicana**

La zona volcánica de la parte central de México conocida como Faja Volcánica Transmexicana (FVT), constituye uno de los rasgos más importantes de la geología de México por su orientación con respecto a la fosa de Acapulco, la cual marca la zona de subducción de la Placa de Cocos debajo de la Placa Norteamericana, mecanismo que origina los magmas andesíticos de dicha Faja.

La Faja Volcánica Transmexicana se ha dividido en 15 subprovincias, la comunidad de San Pedro Atlapulco se localiza en la No.57 llamada Lagos y Volcanes de Anáhuac.

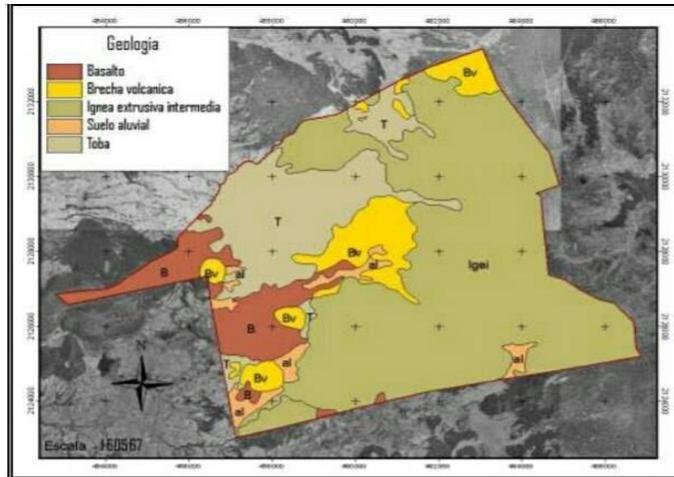


### Mapa 5. Subprovincias de la FVT

**Geología:** El municipio de Ocoyoacac se encuentra dentro de una zona de actividad volcánica, constituido por una secuencia de rocas formadas por derrames piroclásticos y en menor proporción por derrames continentales. El material aflorante está representado por Basalto, brecha volcánica, ígnea extrusiva intermedia, suelo aluvial y toba. Los procesos de descompresión que se suscitaron durante el terciario superior generaron la extravasación de material volcánico, generando afloramientos de roca ígnea extrusiva.

En el municipio se identifican zonas donde existen fracturas, las cuales se originaron a través de movimientos de tensión, ocasionados por los movimientos tectónicos orogénicos. Estas zonas se localizan al suroeste, en la zona conocida como la Cordillera del Pedregal y el Volcán Texontepec; al sureste en la zona montañosa formada por el volcán Emerenciano, el Cerro del Muñeco y el Gavilán; al noreste se encuentra la zona comprendida por los cerros: Ojo de Buey, Puerto del Sol, Huellamelucan y los Valles del Silencio, del Conejo y la Carbonera; y al norte la zona comprendida por el Cerro la Virgen, el Molcajete y el Pie de Moctezuma.

**Orografía:** El municipio de Ocoyoacac forma parte del sistema montañoso de las cruces y los cuatro volcanes apagados: Texontepec, El caballito, Emerenciano y pehualtepec. Las principales elevaciones son; El muñeco, el gavilán, el ángel y hullamelucan con alturas que varían entre los 3400 y 3800 msnm. El resto de elevaciones presentan alturas que presentan oscilaciones de entre los 4400 y 2800m snm.



**Mapa 6. Geología**

In

**Edafología:** La riqueza de organización de un suelo es muy grande, con variedad de organismos que viven en él; constituye la sede de intensos e importantes flujos y de transformación de materiales

- a) Artrópodos e invertebrados
- b) Vertebrados de menos tamaños; Mamíferos, anfibios, reptiles
- c) Hongos
- d) Nematodos, protozoos, bacterias.

Dentro de la poligonal y en la periferia de la comunidad el INIFAP y CONABIO (1995) reportan 5 tipos principales de suelos con base a la clasificación FAO/UNESCO (1970) los cuales son Andosol, Cambisol, Feozem, Litosol y Luvisol.

**Andosol;** Se trata de suelos de baja evolución condicionados por el material originario derivado de cenizas volcánicas; son suelos muy sueltos que presentan textura esponjosa y su vocación es únicamente forestal. Presentan una capa superficial oscura, aunque el subsuelo es más claro; presentan altos contenidos de alófono (material amorfo), lo cual les

permite retener mucho el fósforo. Son también muy susceptibles a la erosión cuando quedan desprovistos de vegetación y son de amplia distribución en áreas montañosas de origen volcánico (Espinoza, 2007).

La mayoría de los Andosoles están cultivados de forma intensiva con una gran variedad de plantas. Su principal limitación es la elevada capacidad de fijación de fosfatos, en otros casos lo es la elevada pendiente en que aparecen, que obliga a un aterrazado previo. Este suelo es el de mayor abundancia en la comunidad ya que abarca más del 87% de la comunidad. (Espinoza, 2007).

**Cambrisol;** Son suelos claros, con desarrollo débil, que presentan cambios en su estructura o consistencia debido al intemperismo. Frecuentemente presentan todavía características del material que les dio origen. Se presentan en terrenos abruptos, ondulados y planos de la comunidad, la superficie que abarca esta unidad no sobrepasa el 10% de la superficie de la comunidad. (Cisneros, 2007)

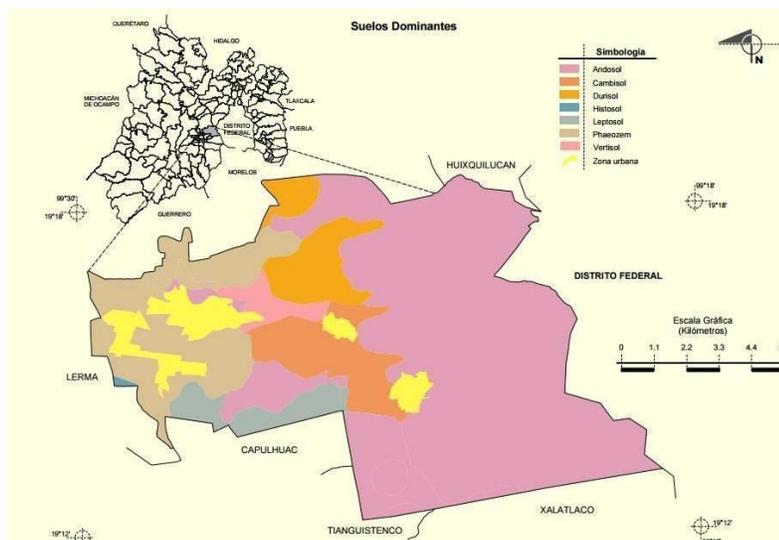
**Foezem;** Son suelos oscuros, de consistencia suave, ricos en materia orgánica y en nutrimentos; generalmente el subsuelo presenta acumulación de arcilla. Se les encuentra en pequeños manchones en la comunidad y representa el 0.9% de la comunidad (Cisneros, 2007).

**Litosol;** La formación de este tipo de suelos es de origen residual, a partir de rocas ígneas extrusiva del terciario y cuaternario; su espesor está condicionado a la pendiente, y son muy susceptibles a la erosión. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales (Espinoza, 2007).

El perfil representativo de un Leptosol, está compuesto de un Horizonte A1, el cual tiene una profundidad 0-8 cm, de color pardo oscuro en húmedo. Separación de contraste abrupto y forma plana. Reacción fuerte al HCl diluido. Textura de migaron arcillo-arenoso. Estructura en forma de bloques subangulares de tamaño fino y desarrollo débil. Porosidad en cantidad abundante y constitución finamente porosa. Drenaje interno drenado. Se

encuentra principalmente en la mesa ocupa el 1.4% de la superficie de la comunidad (Espinoza, 2007).

**Luvisol;** Son suelos con un contenido de bases que va de mediano a alto. El subsuelo tiene acumulación de arcillas, como resultante del lavado y la formación in situ. Son muy susceptibles a la erosión y generalmente, sobre ellos se desarrolla una vegetación de bosques, selva o pastizal. Esta unidad de suelo es la de menor área en la comunidad ya que ocupa solo el 0.23% del de la superficie total (Espinoza, 2007).



Mapa 7. Tipos de suelo.

## **Medio Biótico**

### **Vegetación**

El inventario nacional forestal del año 2001 elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Universidad Nacional Autónoma de México (SEMARNAT-UNAM, 2001) reporta que dentro de la Comunidad de San Pedro Atlapulco se presentan tipos de vegetación representativos de los climas templados como son bosques de pino, encino y oyamel, además se mencionan los usos de suelo agrícola y pecuario.

Los bosques templados son comunidades dominadas por árboles altos mayormente pinos y encinos acompañados por otras varias especies habitan en zonas montañosas con clima templado a frío. México contiene el 50% (50 especies) de especies de pinos del mundo y cerca del 33% (200 especies) de encinos. Se estima que los bosques templados contienen cerca de 7,000 especies de plantas. A pesar de que la mezcla de especies puede variar entre uno o varios pinos y algunos encinos, son comunidades siempre verdes. Existen otras variantes donde dominan algunas otras coníferas, como los bosques de oyamel, los de ayarín o pinabete y otros (CONABIO, 2017).

### **Bosque de Oyamel**

Los bosques de oyamel típicos de la zona ecológica templada subhúmeda de México, tienen sus áreas continuas de mayor extensión en las serranías que circundan a la cuenca del Valle de México, dentro de la faja volcánica transmexicana FVT (Ferrusquía, 1998), donde *Abies religiosa* domina el estrato arbóreo superior. Estos bosques ocupan un lugar especial en la vegetación de México por sus características fisonómicas, florísticas y ecológicas. Restringidos a sitios de alta montaña; a altitudes entre los 2 400 y 3 500 m se localiza el 82% de la superficie en que coexisten bajo condiciones climáticas y edáficas muy específicas (Rzedowski, 1978).

Los bosques maduros de oyamel son densos, de 20 a 40 m de alto, poco tolerantes a la presencia de arbustos y plantas herbáceas. En ocasiones, sin embargo, por razones de topografía, intervención humana u otras causas, toleran diversas especies arbóreas, arbustivas y herbáceas (Challenger, 1998; Sánchez y López, 2003). Su tasa de regeneración

depende de la intensidad y tipo de disturbio, cuando éste ocurre es posible reconocer especies indicadoras, algunas de las cuales son componentes normales de la comunidad, pero su densidad aumenta de manera notable (Madrigal, 1967; Rzedowski, 1978).

El bosque de oyamel es un tipo de vegetación bien definido por su fisonomía y requerimientos ambientales, el dosel se encuentra dominado por la especie *Abies religiosa*, esta comunidad se caracteriza por la altura de sus árboles que en general sobrepasa los 25m de altura, tiene una cobertura general del 80% con una densidad de árboles de aproximadamente 20 individuos por cada 500m<sup>2</sup> (Cisneros, 2007).

### **Bosque de Encino**

Los bosques de *Quercus* o encinares son comunidades vegetales muy características de las zonas montañosas de México. De hecho, junto con los pinares constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de áreas de clima templado y semihúmedo. No se limitan, sin embargo, a estas condiciones ecológicas, pues también penetran regiones de clima caliente, no faltan en las francamente húmedas y aún existen en las semiáridas, pero en estas últimas asumen con frecuencia la forma de matorrales (Rzedowski, 1981)

Los encinares guardan relaciones complejas con los pinares, con los cuales comparten afinidades ecológicas generales y los bosques mixtos de *Quercus* y *Pinus* son muy frecuentes en el país. También se relacionan los bosques de *Quercus* con los *Abies* y con el Bosque Mesófilo de Montaña, así como con diversos tipos de bosques tropicales y aún con las sabanas y otros pastizales, lo cual es explicable en función de su extensa amplitud ecológica. Se conocen encinares en todos los estados y territorios de la República, excepción hecha de Yucatán y Quintana Roo. Con respecto a su aprovechamiento cabe observar que los encinares mexicanos son en general bastante explotados a escala local, pero muy poco a nivel industrial (Rzedowski, 1981)

Respecto a su aprovechamiento cabe observar que los encinares mexicanos son en general bastante explotados a escala local, pero muy poco a nivel industrial. Este hecho se debe principalmente a que la mayor parte de los bosques de *Quercus* de este país está formado por árboles bajos y con troncos más bien delgados. Además, los encinos son de crecimiento relativamente lento y los que alcanzan mayores tamaños tampoco se utilizan mucho, entre otras razones por la inaccesibilidad del terreno, porque no se conocen bien las

características de su madera o porque se ignoran las técnicas para su debido secado (Rzedowski, 1981).

Como uso maderable en México resalta debido a sus propiedades físicas, mecánicas y anatómicas. Estos atributos hacen de la madera un recurso adecuado para la elaboración de recipientes culinarios, pisos, postes, durmientes, chapa, embarcaciones, muebles, mangos para herramientas y partes de instrumentos musicales, entre otros (Reyes, 1995; de la Paz, 2000).

La corteza de muchas especies de *Quercus* y las agallas que forman algunos en sus hojas para alojar huevecillos y larvas de ciertos insectos himenópteros, son ricos en taninos y se utilizan en la curtiduría. Con los frutos (“bellotas”) se alimentan a menudo a los puercos y el hombre consume también los de algunas especies (Zabala, 1995).

### **Bosque de Pino**

El bosque de pino es el tipo de vegetación en donde especies del género *Pinus* predominan o son los únicos presentes en los doseles superiores y medios del estrato arbóreo. Son comunidades características de las zonas templadas. Dependiendo en las condiciones climáticas en las que se desarrollan y las especies de las que están compuestos, los bosques de pino pueden alcanzar alturas de entre 8 y 25 m. Sin embargo, en ciertos lugares hay bosques de 40 m; por otro lado, en los ambientes particularmente hostiles (por ejemplo, los farallones desnudos de las cañadas y barrancas, así como en el límite altitudinal de la vegetación arbórea), los pinos individuales pueden medir tan solo 1 a 4 m (Rzedowski, 1978).

Estas comunidades vegetales no son importantes exclusivamente en cuanto a su distribución geográfica, industrialmente también se sitúan en los primeros lugares, si no es que el primero, en producción de bienes para el consumo humano; papel, cartón resinas, plantas de ornato, celulosa, captura de carbono y de agua entre muchos otros servicios que este tipo de vegetación provee. En los últimos años y debido al aumento en la demanda de diversas materias primas como la madera, la pulpa para papel y la resina se ha intensificado

su explotación. Aunado a esto, los programas de reforestación no han tenido el impacto esperado dando como resultado un aumento de áreas deforestadas (Flores 1994).

## Fauna

### Mamíferos.

Los mamíferos del Estado de México incluyen a 125 especies nativas, que representan a ocho órdenes (73% de la fauna nacional excluyendo a los marinos), 21 familias (57%) y 77 géneros (48%). Estas especies representan 26% de las especies de mamíferos terrestres en el país (La Diversidad Biológica del Estado de México, 2009).

El municipio de Ocoyoacac pertenece a la RTP-108 Ajusco-Chichinautzin, algunas especies características de la región son;

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
Venado cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>
Ardilla	<i>Sciurus aureogaster</i>
Armadillo	<i>Dasypus novemcinctus</i>
Cacomixtle	<i>Basaricus astutus</i>
Conejo silvestre	<i>Sylvilagus sp</i>
Coyote	<i>Canis latrans</i>
Gato montés	<i>Lynx rufus</i>

Murciélago	<i>Eptesicus fuscus</i>
Tlacuache	<i>Didelphis virginiana</i>
Tuza	<i>Thomomys talpoide</i>

### **Aves**

Las aves son los vertebrados terrestres con mayor número de especies descritas, lo que se debe en gran parte al ser endotermos (son organismos capaces de producir su propio calor) al igual que los mamíferos, lo cual los hace independientes de las condiciones ambientales. Otro aspecto que ha contribuido a su éxito evolutivo es el gran cuidado que tienen de sus crías, que inicia con la construcción de nidos, incubación de los huevos, alimentación y protección de los pollos, al menos hasta que sean capaces de volar. La etapa reproductiva es la fase más vulnerable para las aves.

Otro aspecto interesante, relacionado con la diversidad de aves en un sitio particular, es la migración. Una porción importante de la avifauna de México es migratoria, el 51% de las especies de aves de Canadá y Estados Unidos pasan o permanecen en nuestro país hasta nueve meses desde el otoño y hasta la primavera, siendo esta época cuando se observan más aves en México (McNeely et al., 1990).

### **Anfibios**

Los anfibios (ajolotes, salamandras, ranas y sapos) fueron los primeros vertebrados que consiguieron adaptarse a la vida terrestre, formando una fase intermedia entre los vertebrados acuáticos y los completamente terrestres. Actualmente, los anfibios son los únicos vertebrados cuya característica más notoria es pasar la primera etapa de su vida en el

agua y la segunda en el ambiente terrestre, es decir, una doble vida que queda expresada en el nombre de esta clase (Duellman y Trueb, 1986; Zug, 1993; Zug et al., 2001).

Los anfibios actuales se dividen en tres grupos: sapos y ranas (Orden: Anura), salamandras y ajolotes (Orden: Caudata) y cecilias o tapaculos (Orden: Gymnophiona). El primero es el grupo más diverso, mientras que existen pocas especies de cecilias en el mundo. Se estima hay cerca de 6,333 especies de anfibios en el mundo (Frost, 2013, Parra-Olea et al. 2014). El número de especies de anfibios en México se estima en 376 (Parra-Olea et al. 2014) y se considera el quinto país con mayor diversidad de anfibios en el mundo

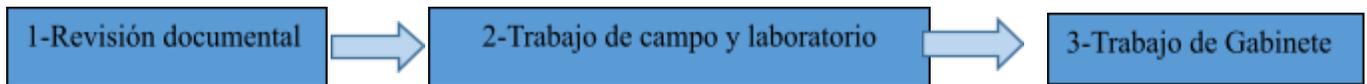
## **Reptiles**

Existen 9,547 especies de reptiles en el mundo. En México se han descrito 864 especies de reptiles y se considera como el segundo país con la diversidad más alta de este grupo después de Australia (CONABIO), Los reptiles se encuentran agrupados en tres órdenes: Testudines, el grupo de las tortugas; Crocodylia, el grupo de los cocodrilos; y Squamata, el grupo de las lagartijas, lagartos, iguanas y serpientes.

El Estado de México posee una gran diversidad de especies de estos dos grupos, 51 especies de anfibios y 93 de reptiles, a pesar de sólo contar con el 1% del territorio nacional (INEGI, 2003). En los últimos años, como resultado de nuevos estudios, se ha aumentado el número de especies reportadas para la entidad, con diez especies más que lo reportado por Casas Andreu et al., 1997.

## 8. MATERIALES Y MÉTODOS

Se eligió como zona de estudio la comunidad de San Pedro Atlapulco. Posteriormente, el trabajo se dividió en 3 fases:



### **1-Revisión Documental.**

Para delimitar la zona de estudio, se revisó la cartografía existente en el INEGI, así, se obtuvo la información de campo respecto a los componentes naturales del área en estudio; clima, hidrografía, fisiografía, orografía, geología, edafología, vegetación y uso de suelo. Hecho esto, y con la finalidad de saber más en cuanto a las condiciones bajo las que se desarrolla la población, se recopiló información referente a la estructura social de la comunidad, abarcando aspectos; demográficos, socio-culturales, socio-económicos y socio-políticos.

Para fortalecer la indagación en cuanto al medio biótico, se revisaron algunas publicaciones, entre las que destacan; La diversidad Biológica del Estado de México y un documento emitido por CONABIO, el cual describe la RTP-108, región a la que pertenece la zona de estudio.

### **2-Trabajo de campo y de laboratorio.**

La colecta de datos comenzó en octubre de 2018 y culminó en octubre de 2019, en este periodo de tiempo se llevaron a cabo un total de 10 visitas. Se recorrieron los valles del Conejo, el silencio y rancho viejo.

- 1- Con la finalidad de saber más acerca de la condición socioeconómica y socioecológica de la población, se optó, por la elaboración de entrevistas las cuales fueron entregadas a personas de la comunidad y a los turistas que visitan los valles.

- 2- Para detectar los impulsores de cambio, se implementó la matriz tipo Leopold así como la matriz de resistencia de Mac Harg, esto, se complementó con el indicador ambiental DPSIR.
- 3- La colecta y el prensado del material botánico, se efectuó mediante el método tradicional descrito por Lot & Chiang (1986). Los datos en campo que se tomaron en cuenta para el registro de los organismos son los siguientes; Nombre del colector, fecha, localidad, coordenadas geográficas, altitud, forma de vida y tipo de vegetación en la que se encontró.

La determinación taxonómica de los ejemplares se llevó a cabo en el Herbario de la FES Iztacala.

### **Fauna**

- I. Existen varios métodos para realizar un muestreo de anfibios y reptiles, los cuales se pueden dividir en dos tipos: directos e indirectos (Brambila, 2006)., para el presente estudio se optó por efectuar mediciones directas, dentro de estas se encuentran; la captura u observación directa, búsqueda por recorridos y búsqueda en microhábitats. En el caso de reptiles, los métodos utilizados fueron los transectos por franja y transectos en línea. Para los anfibios se implementó el uso de cuadrantes cerca de los cuerpos de agua, así como transectos por franja a lo largo de la zona riparia.
  - II. Para obtener información relacionada a la condición avifaunística, se utilizaron únicamente métodos indirectos, resaltando la aplicación de dos técnicas; la primera de ellas fue un muestreo mediante puntos de conteo, y la segunda consistió en muestreos a través de transectos. Todos los registros fueron mediante observaciones
  - III. El seguimiento que se le dio al taxón de los mamíferos, se llevó a cabo a través de transectos dentro de los cuales se tomaron en cuenta; excretas, pelaje y restos de comida.
- 4- Para determinar si las especies registradas se encuentran enlistadas bajo alguna categoría de riesgo, se llevó a cabo un análisis de los datos obtenidos de flora y

fauna, una vez hecho esto, se consultó la NOM-059-SEMARNAT-2010 para confirmar la información.

- 5- Debido a la homogeneidad del terreno, para la cuantificación de carbono almacenado en los bosques de la comunidad, se utilizó un diseño de muestreo aleatorio y se levantaron sitios de muestreo de  $1000\text{ m}^2$  (50x20 m). Abarcando un total de 10 sitios de muestreo.

Las mediciones que se realizaron en cada una de las parcelas, se obtuvieron tomando en cuenta los siguientes estratos vegetales; estrato aéreo (Arbóreo, arbustivo y herbáceo)

### **Árboles**

Para el estrato arbóreo, las variables que se midieron para cada individuo fueron la altura total, el diámetro normal y la densidad de la madera. A continuación, se presenta la formula usada (Chave et al., 2005):

$$Y = \exp(-2.977 + \ln(\rho D^2 h))$$

**Y**=Biomasa (kg/árbol)

**exp (n)**= 2.718

**In**= Logaritmo natural

**p**= Densidad de la madera

**h**= Altura

**D**= Diámetro a la altura del pecho.

- 6- El cálculo para la captura de agua, se efectuó mediante la fórmula de Thornthwaite para determinar el balance hídrico del sistema en cuestión.

El método más empleado es el Thornthwaite por su simplicidad y posibilidad de estimación para cualquier lugar. Partiendo del conocimiento de las precipitaciones medias mensuales (P) y de la evapotranspiración potencial mensual (ETP), podemos estudiar el balance de agua en el suelo en un punto determinado.

### Datos de partida:

-Precipitación media mensual.

-ETP: Se calcula a partir de la temperatura media mensual y de las coordenadas de localización de la estación en cuestión.

- El balance hídrico consiste en definir mes a mes los siguientes parámetros;

**P:** Precipitación media mensual

**ETP sin corrección:** Evapotranspiración potencial sin corrección

**ETP con corrección:** Evapotranspiración potencial con corrección

**P:** Precipitación

**R:** Reserva

**VR:** Variación de reserva

**ETR:** Evapotranspiración real

**D:** Déficit

**E:** Excedente

Las fórmulas utilizadas para calcular la evapotranspiración (ETP) es la siguiente:

$$e = 16(10/I)\alpha$$

- e: evaporación potencial media del mes en cuestión.
- I: Índice de calor anual: Se calcula sumando los índices de calor mensual (i) de los 12 meses del año

i= índice de calor mensual

$$i = (t/5)^{1,514}$$

t= Temperatura media mensual.

$$I = \sum i$$

- Alfa  $\alpha$ : coeficiente experimental de ajuste

$$a = (675 \cdot 10^{-9})I^3 - (771 \cdot 10^{-7})I^2 - (1972 \cdot 10^{-5})I + 0,49239$$

**Nota.**

La corrección de la ETP mensual para obtener la ETP con corrección, se hizo de la siguiente manera

Evapotranspiración potencial corregida:

ETP:  $ETP_{sincorr} (N/12 \cdot d/30)$

N= Número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud

d= Número de días del mes

- 7- Herencia cultura; La Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial define el patrimonio cultural inmaterial como los usos, representaciones, expresiones, conocimientos y técnicas –junto con los instrumentos, objetos, artefactos y espacios culturales que les son inherentes– que las comunidades, los grupos y en algunos casos los individuos reconocen como parte integrante de su patrimonio cultural.

La herencia cultural se evaluó a través del análisis de literatura del área y entrevistas con habitantes de la zona, con la finalidad de obtener una cronología histórica (Almeida-Leñero *et, al.*, 2007). Para fortalecer dicha investigación, se tomaron en cuenta los 5 puntos clave emitidos por la Convención, los cuales indican que la herencia cultural puede manifestarse de la siguiente forma;

- A. Tradiciones y expresiones orales, incluido el idioma como vehículo del patrimonio cultural inmaterial.
- B. Artes del espectáculo.
- C. Usos sociales, rituales y actos festivos.
- D. Conocimientos y usos relacionados con la naturaleza y el universo
- E. Técnicas artesanales tradicionales.

### **3-Trabajo de Gabinete**

El trabajo de gabinete partió de consultas bibliográficas y el análisis de los resultados obtenidos en campo. Para identificar y evaluar los impulsores de cambio en la comunidad, así como establecer las relaciones causa-efecto entre los elementos impactables y las acciones generadoras de impacto, se aplicó el método matricial de Leopold. Éste, se complementó con el método de transparencias de Mc Harg, el cual tomó los impactos con mayor significancia provenientes de la matriz de Leopold y los sometió a una valoración tomando en cuenta el grado de resistencia del ambiente, la perturbación del elemento, la magnitud del impacto, el carácter del impacto y su importancia.

La identificación y evaluación de los servicios ecosistémicos que proporciona la comunidad de SPA, se hizo a partir de la información obtenida en el diagnóstico socioambiental y con base en el marco conceptual (Millenium, 2005).

## 9. RESULTADOS

### Método matricial de Leopold

Desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos, inicialmente fue diseñado para evaluar los impactos asociados con proyectos mineros y posteriormente ha resultado útil en proyectos de construcción de obras. Aunque realmente no es un sistema de evaluación ambiental, sino un método de identificación.

Se desarrolla una matriz al objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto, a partir de dos listas de chequeo que contienen 100 posibles acciones proyectadas y 88 factores ambientales susceptibles a verse modificados (Leopold et al., 1971). Para el presente proyecto se operó con una matriz reducida, excluyendo las filas y las columnas que resultaban innecesarias para el establecimiento de la misma.

Para la utilización de la Matriz de Leopold, el primer paso consiste en la identificación de las interacciones existentes, por lo cual, se deben de tomar en cuenta todas las actividades generadoras de impacto existentes en el lugar. Posteriormente y para cada acción, se consideran todos los factores ambientales que puedan ser afectados significativamente, trazando una diagonal en las cuadrículas en donde se intercepta la acción y el elemento impactable.

Cada cuadrícula marcada con una diagonal admite dos valores;

- 1) **Magnitud:** Valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada; grado extensión o escala; se coloca en la mitad superior izquierda. Hace referencia a la intensidad, a la dimensión del impacto en sí mismo y se califica del 1 al 10 de menor a mayor, anteponiendo un signo “+” para los efectos positivos y “-“ para los efectos negativos.

2) **Importancia:** Valor ponderal, que da el peso relativo del potencial impacto, se escribe en la mitad inferior derecha del cuadro. Hace referencia a la intensidad del impacto sobre la calidad del medio y a la extensión o zona territorial afectada, se califica también del 1 al 10.

		Acciones Generadoras de Impacto																												
		Turismo										Agricultura					Ganadería			Urbanización										
		Cuatrimotos	Deforestación	Entidad de actividades	Cultivos de frutas	Paseo a caballo	Pícnic	Cabañas	Lago artificial	Usos de la naturaleza	Estacionamiento	Gotcha	Plagas	Uso de maquinaria	Fertilizantes	Plaguicidas	Quemadas de las parcelas	Deforestación	Cacería	Soberbia de pastoreo	Deforestación	Residuos sólidos	RPI	Pavimentado y asfalto	Inducción en espacios públicos	Servicios Públicos	Validades			
Elementos Impactables	Físico químicos	Suelo	Relieve		-8/5	-8/7		-6/6	-1/1					-7/7				-8/7			-8/7									
			Estructura	Fertilidad	-8/5	-8/8	-4/4	-2/2				-8/8				-8/8	8/8	-9/9	-8/8	-8/8		-8/8	-7/8		-7/7					
				Erosión	-10/9	-9/9	-5/3				-5/5		-8/8				-9/9	-8/8	-9/9	-9/9	-9/9		-9/9	-9/9		-5/5				





		Hábitat	M o d i f i c a c i ó n	-10/9	-10/9					-7/7	5/7			-8/8	-5/5				-10/9	-9/9		-10/9	-10/9	-8/8		-8/8	-9/9		-8/8		
			E l i m i n a c i ó n	-9/8	-10/9						-7/6										-10/9	-9/9		-10/9	-10/8			-8/8	-4/7		-9/9
			Dispersión	B a r r e r a s	-7/6																										
	Ecológicos	Redes tróficas	-5/5	-5/5											-6/7					-5/5	-9/7		-5/5				-7/7	-6/6		-5/7	
	S o c i o e c o n ó m i c o s	Empleo	Temporal																								7/7		8/8	7/5	
			Permanente	9/9		9/9	10/10		8/8	9/9	8/8		4/4																	8/8	
		Vivienda	Regular									9/9																		5/5	
			Irregular																												
		Salud	Calidad de vida		-6/6		8/8	8/7								-9/8		-5/5		-6/6				-6/6						4/4	



## Análisis

Los impactos de la matriz se dividieron en dos categorías; Impactos significativos con valores que van de -7 a -10 y de 7 a 10. Y los impactos no significativos que van de -1 a -6 y de 1 a 6.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la matriz tipo Leopold, se identificaron un total de 250 interacciones, de las cuales 155 son impacto significativo y 95 son impactos no significativos, cabe mencionar que 290 casillas no mostraron interacción entre las actividades generadoras de impacto y los elementos impactables.

Posteriormente se realizó una suma por columnas, la cual muestra de manera directa cuales son las actividades que generan mayor impacto sobre los elementos ambientales presentes en la zona. Esto nos guía de manera directa, a evidenciar cuales son los elementos impactables más sensibles ante ciertos grados de perturbación.

A continuación, se presenta una descripción de las acciones generadoras de impacto con mayor relevancia para la comunidad. El autor define como acciones primarias –A todas aquellas que formen parte del eje “x” en la matriz, y sean los agentes principales de los impactos, y acciones secundarias –A todas aquellas que conformen y se desglosen de las acciones primarias-.

A su vez, la matriz se compone de 4 elementos impactables que se encuentran en el eje “y” de la matriz y los cuales serán contrapunteados con las acciones secundarias; Factores fisicoquímicos, Biológicos, socioeconómicos y paisajísticos.

Dicho de esta manera, nuestra matriz de Leopold se compone de 4 acciones primarias; Turismo, Agricultura, Ganadería y Urbanización, de estas se desprenden las acciones secundarias;

**1- Turismo;** Se presentan 11 acciones secundarias derivadas de la actividad turística.

- **Acciones secundarias derivadas del turismo y sus impactos significativos y no significativos**

<b>Acción secundaria derivada de la actividad Turística</b>	<b>Impactos significativos</b>	<b>Impactos no significativos</b>	<b>Operación algebraica</b>
Cuatrimotos	10	7	-11.35
Deforestación	13	9	-16.89
Entrada a mascotas	1	4	-3.785
Cultivo de truchas	1	5	-4.66
Pic-Nic	1	2	-2
Paseo a caballo	3	3	0.14
Cabañas	4	2	-2.16
Lago artificial	2	4	0
Uso de lanchas	1	2	-0.714
Gotcha	3	0	-3.39
Estacionamiento	5	0	-3.39

Como se puede observar en la tabla, las acciones secundarias de mayor relevancia en cuanto al grado de impacto, recaen en el uso de las cuatrimotos (-11.35) y la deforestación (-16.89).

El uso de cuatrimotos, es una actividad cuyos impactos negativos generan la pérdida y compactación del suelo, así como el incremento en las emisiones de CO<sub>2</sub>, se infiere que los aceites producidos y utilizados causan perturbación en la hidrodinámica de la zona, presentándose en forma de lixiviados o partículas suspendidas que se agregan a los procesos de condensación y posteriormente se distribuyen al medio por medio de la precipitación. También promueven el cambio de uso de suelo para su ampliación, lo que reduce de manera notoria la cubierta forestal.

En cuanto a los impactos positivos, el sistema de cuatrimotos y pistas, generan un atractivo turístico para las personas que visitan los valles, siendo así, una fuente económica para las personas de la comunidad.

Los impactos negativos atribuidos a la deforestación, se ven reflejados principalmente en la pérdida de la cubierta forestal, fragmentación del hábitat, desequilibrio en los procesos de regulación atmosférica y climática, pérdida de la biodiversidad, reducción en la formación de suelo entre otras.

El impacto positivo en esta actividad, sería en aras de la economía, ya que ese espacio se destinaria para la construcción de los sistemas recreativos, entre los cuales se encuentran, (Tirolesas, puentes colgantes, pistas de cuatrimotos, quioscos, etc).

**2- Agricultura:** Se presentan 6 acciones secundarias derivadas de la actividad agrícola.

- **Acciones secundarias derivadas de la agricultura y sus impactos significativos y no significativos.**

<b>Acción secundaria derivada de la actividad agrícola.</b>	<b>Impactos significativos</b>	<b>Impactos no significativos</b>	<b>Operación algebraica.</b>
Plagas	4	1	-2.10

Uso de maquinaria	6	2	-6.15
Plaguicidas	5	3	-8.38
Fertilizantes	5	1	-6
Quema de parcelas	10	5	-12.7
Deforestación	13	9	-17.09

Para la actividad agrícola, los impactos secundarios que resultaron tener mayor significancia son los siguientes; Plaguicidas (-8.38), quema de parcelas (-12.7) y deforestación (-17.09).

Los plaguicidas afectan según sea su grado de toxicidad, que es dado por su composición química y los coadyuvantes que posee, aunque, de manera general, los plaguicidas generan una gran perturbación al ambiente cuando entran en circulación, siendo los mantos freáticos los más afectados, ya que al utilizarlos, estos entran a la dinámica del ciclo del agua a manera de lixiviados, los cuales se integran a la cadena alimenticia por medio del fitoplancton, que es la base de la cadena trófica acuática.

De igual manera, la deforestación produce impactos negativos entre los que resalta la pérdida y reducción de la cubierta forestal, pérdida de los servicios ecosistémicos y afectaciones a la salud.

**3- Ganadería;** La actividad ganadera presenta un total de 3 acciones secundarias.

- **Acciones secundarias derivadas de la actividad ganadera y sus impactos significativos y no significativos.**

<b>Acción secundaria derivada de la actividad ganadera</b>	<b>Impactos significativos</b>	<b>Impactos no significativos</b>	<b>Operación algebraica</b>
Cacería	2	1	-3.12
Sobrepastoreo	11	2	-12.96
Deforestación	13	9	-20.37

Para la ganadería, el sobrepastoreo y la deforestación son las acciones que generan un mayor impacto en la zona

El desmonte-y el sobrepastoreo (Descroix et al 1995 II) pueden amenazar la seguridad de los servicios de abastecimiento. Algunos autores, como (Rougerie, Roose, Cosandey, etc.) demostraron la importancia y el papel que juega el manto vegetal (bosque o pastizales) a favor del escurrimiento de las aguas y protección ante la meteorización y erosión de los suelos.

La importancia de la cacería, fortuitamente, presenta un valor bajo, lo que resulta reconfortante ante la presencia de *O.virginianis* y *L. rufus*, que son mamíferos de gran tamaño que se encuentran protegidos por la NOM-059-semarnat-2010.

**Urbanización;** Se derivan 8 acciones secundarias de las actividades urbanas realizadas en la zona.

<b>Acción secundaria generada de la urbanización</b>	<b>Impactos significativos</b>	<b>Impactos no significativos</b>	<b>Operación algebraica</b>
Generación de residuos	5	0	-5.016
Vialidades	5	4	-5.233
Incendios	8	15	-12.561
Extracción de productos maderables y no maderables	10	3	-13.237
Asfaltado y pavimentado	6	3	-5
Servicios públicos	0	5	5
Introducción de especies exóticas	5	4	-7.632
Vandalismo	5	0	-5.016

La tabla nos muestra, los impactos secundarios con mayor relevancia que presentaron las actividades derivadas de los procesos de

urbanización, dentro de los cuales destacan las siguientes; Generación de residuos (-5.016), incendios (-12.521), extracción de recursos maderables y no maderables (-13.237), introducción de especies exóticas (-7.632) y los servicios públicos, con un impacto favorable de (5).

Como se puede observar, los incendios (-12.561) generados por la actividad antrópica, muestran un valor muy alto, siendo esta junto con la extracción de recursos maderables y no maderables (-13.237) las principales acciones derivadas de la urbanización, que ponen en riesgo el capital natural con que cuenta San Pedro Atlapulco.

Para el caso de las especies exóticas, estas perjudican los servicios ambientales y por consiguiente el bienestar humano. Se ha demostrado que las especies exóticas son responsables de un elevadísimo número de extinciones y de muchos otros daños ambientales catastróficos, que se expresan de manera exacerbada en las islas (Wilson et al. 1992; Pimentel 2002; Primack 2002; Veitch y Clout 2002; Bolen y Robinson 2003; Courchamp et al. 2003).

El manejo de residuos sólidos está asociado con el tamaño de la población, el uso del suelo, el nivel de ingreso y los patrones de consumo, y su impacto en el entorno urbano depende del propio manejo que se les dé (Cruz-Jiménez 1995), dicho esto, se puede dar una explicación del valor relativamente bajo que muestra esta acción, ya que la comunidad de San Pedro es una comunidad pequeña en comparación con las localidades aledañas y zonas conurbadas, además de dar un uso de suelo forestal y recreativo, impidiendo así la generación de residuos. Industriales; de manejo especial y residuos peligrosos.

Los servicios públicos, como acción secundaria, generan impactos positivos en cuanto a la cuestión económica (Fuente de ingreso para los pobladores) y la cuestión social (Mayor confort y mejora en la calidad de vida para los pobladores y turistas). Los impactos negativos se atribuyen a la situación ecológica, ya que estos presentan una perturbación al

paisaje natural de la zona, además de producir contaminación por ruido, lumínica, generación de residuos y algunas emisiones a la atmósfera.

### Matriz de resistencia

Establece la capacidad de acogida para diversos usos, integrando la aptitud del territorio y el impacto de las actividades sobre el lugar, por lo que es recomendable para la ordenación del territorio y la planificación territorial. Fue usado en 1968 por McHarg para seleccionar el trazado de menor impacto de una autopista (McHarg, 1968). Este mismo autor utilizó este sistema en la década de los 60, quien dibujaba los mapas en colores y luego sacaba diapositivas de las superposiciones (McHarg, 1969).

◆ Grado de resistencia ■ Perturbación del elemento ► Magnitud del impacto ■ Característica del impacto ▼ Importancia del impacto			Grado de Resistencia						Perturbación del Elemento			Magnitud del Impacto		Carácter del Impacto		Importancia del Impacto			
			O b s t r u c c i ó n	M u y G r a n d e	G r a n d e	M e d i a	D é b i l	M u y D é b i l	A l t a	M e d i a	B a j a	R e g i o n a l	L o c a l	P u n t u a l	R e v e r s i b l e	I r r e v e r s i b l e	M a y o r	M e d i o	M e n o r
T u r i s m o	Cuatrimotos	Atmosfera		◆					■			►	■				▼		
		Suelo			◆				■				►	■		▼			
		Ecosistema			◆				■				►	■		▼			
		Paisaje		◆				■					►	■		▼			
	Deforestación	Fauna				◆			■				►	■		▼			
		Atmosfera		◆					■				►	■		▼			
		Vegetación				◆			■				►	■		▼			
		Suelo					◆		■				►	■		▼			
		Paisaje				◆		■					►	■		▼			
		A g r i c u l t u r a	Quema de parcelas	Suelo			◆			■				►	■		▼		
Atmosfera				◆					■			►	■		▼				
Flora						◆			■				►	■		▼			

		Fauna				◆				□			▶			■			▼			
		Paisaje			◆						□			▶			■					▼
	Plaguicidas	Suelo					◆				□			▶			■			▼		
		Agua					◆				□		▶				■			▼		
		Atmosfera			◆						□		▶				■			▼		
		Flora					◆				□			▶			■			▼		
		Fauna					◆				□			▶			■			▼		
G a n a d e r í a	Deforestación	Flora					◆			□			▶			■			▼			
		Fauna					◆				□			▶			■			▼		
		Paisaje					◆				□			▶			■			▼		
		Ecosistema					◆				□			▶			■			▼		
	Sobrepastoreo	Suelo							◆			□			▶			■			▼	
		Agua						◆				□		▶				■			▼	
		Flora						◆				□			▶			■			▼	
		Fauna						◆				□			▶			■			▼	
U r b a n i z a c i ó n	Generación de residuos sólidos	Suelo					◆				□			▶			■			▼		
		Fauna					◆					□			▶		■			▼		
		Salud						◆			□				▶			■			▼	
		Paisaje						◆				□			▶			■			▼	
	Introducción de especies exóticas	Flora						◆				□			▶			■			▼	
		Fauna						◆				□			▶			■			▼	
	Extracción de recursos forestales	Flora							◆			□			▶			■			▼	
		Fauna							◆				□			▶			■			▼
	Vialidades	Fauna						◆				□			▶			■			▼	
		Paisaje						◆					□			▶			■			▼

Para la elaboración de la matriz de impactos fueron tomadas en cuenta las acciones secundarias que tuvieron mayor impacto sobre el ambiente, se eligieron las acciones

secundarias correspondientes a las 4 acciones primarias (Turismo, urbanización, agricultura y ganadería),

**Turismo;** De este apartado se extrajeron las siguientes 2 acciones secundarias (Cuatrimotos y deforestación)

Los elementos afectados por el uso de Cuatrimotos son los siguientes; Atmósfera, suelo, paisaje y ecosistema.

- **Cuatrimotos-Grado de resistencia;** La matriz nos muestra que el grado de resistencia que tiene el uso de las Cuatrimotos como actividad recreativa para los visitantes del parque, se muestra como “muy grande” afectando principalmente a la atmósfera por las emisiones que se derivan de dicha actividad, otro elemento afectado, es el paisaje, ya que la construcción de las pistas destinadas a dicha acción, fragmentan el hábitat, lo que repercute de manera clara en las características paisajísticas naturales de la zona. Aunque el grado de resistencia que presenta el ambiente ante estas acciones es “muy grande” no se debe abusar de esto, ya que a la larga si no se hace una buena gestión de esta actividad económica, podría traer fuertes repercusiones a la zona.  
El suelo, muestra un grado de resistencia “Grande”, viéndose afectadas principalmente las características físicas de este, dándose así un fenómeno de compactación del suelo, reduciendo así la porosidad, dando como resultado una pérdida en la capacidad para filtrar agua proveniente de la precipitación.  
El ecosistema, de igual manera, muestra un grado de resistencia “grande”, trayendo implicaciones en cuanto a la fragmentación del hábitat, limitando el paso de mamíferos, reptiles y anfibios.
- **Cuatrimotos-Perturbación del elemento;** La perturbación del elemento tiene un rango cualitativo que va de “Alta, media y baja”. La atmósfera muestra una perturbación del elemento baja, debido a sus condiciones físicas (Circulación de los vientos), distribuyendo así los contaminantes que se encuentran en la atmósfera.

El suelo arrojó, como resultado, que la perturbación del elemento es media, esto se debe principalmente al perímetro de las pistas, ya que estas, en algunos casos, se encuentran construidas de mala manera alrededor de la zona forestal. El mismo grado de perturbación (Baja) del elemento se muestra para el ecosistema.

El paisaje es el elemento que muestra el mayor grado de perturbación del elemento, ya que altera por completo las condiciones paisajísticas propias de la zona de estudio.

- **Cuattrimotos-Magnitud del impacto;** Existen 3 categorías (Puntual, local, regional). La magnitud del impacto generado sobre la atmosfera, se cataloga como local, ya que la circulación de los vientos transporta los contaminantes derivados del uso de hidrocarburos a otras partes de la localidad. Para el suelo, se define como un impacto puntual.

El ecosistema y el paisaje, igualmente muestran una magnitud del impacto local, ya que no afecta a otras partes de la región, únicamente se ven afecciones a nivel local (De la comunidad).

- **Cuattrimotos-carácter del impacto;** Se definen como impactos reversibles e irreversibles. La atmosfera, al mostrar afectaciones de carácter local, puede decirse que muestra un impacto reversible, además, la cubierta forestal se encarga de depurar el aire que circula en la zona de estudio.

Para el suelo, se define como impacto irreversible, ya que, aunque no puede medirse con precisión, las estimaciones más acertadas de los edafólogos, indican que bajo condiciones no alteradas son necesarios 300 años para producir 25 mm de suelo (Bennet, 1969)

El ecosistema y el paisaje muestran un impacto irreversible, perdiéndose por completo las condiciones intrínsecas que en la zona existían. El paisaje deja de ser un paisaje natural para convertirse en un paisaje de origen antropogénico.

- **Cuattrimotos-Importancia del impacto;** La importancia del impacto se cualifica de la siguiente manera; Mayor, medio, menor y nulo.  
La importancia del impacto en la atmósfera se cataloga como “medio”  
Para el suelo, el ecosistema y el paisaje, se optó por darle un nivel de importancia “mayor”.

Los elementos afectados por la deforestación son los siguientes; Atmósfera, vegetación, fauna, suelo y paisaje

- **Deforestación-Grado de resistencia;** Va de (Obstrucción, muy grande, grande, media, débil y muy débil). La atmósfera muestra un grado de resistencia “Muy grande”, aun así, la pérdida de la cubierta forestal disminuye la producción de O<sub>2</sub>, provocando así un desequilibrio atmosférico, aunado al incremento y acumulación de partículas de CO<sub>2</sub>, pertenecientes al grupo de “gases de efecto invernadero”, los cuales son los protagonistas del llamado calentamiento global, que como consecuencia provoca y promueve de cambio climático.  
La fauna muestra un grado de resistencia medio, siendo las aves las principales afectadas, ya que muchas especies tienen hábitos nidícolas arbóreos, además distintos descortezadores se ven afectados por el mismo fenómeno, dando una alteración de manera clara en la cadena trófica del lugar.  
El grado de resistencia ambiental que muestra la vegetación, es un grado “medio”, ya que al retirarse el estrato arbóreo se altera a fisionomía del bosque, promoviendo la proliferación del estrato arbustivo y herbáceo. E inclusive dando paso al acrecimiento de plantas introducidas.  
El suelo muestra un grado de resistencia “débil”, ya que la pérdida de la cubierta forestal promueve la erosión de las partículas que conforman el suelo. Esto se debe al hecho de que no existe una cubierta que reduzca la energía cinética, proveniente del impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie.

La resistencia que muestra el paisaje es una resistencia “media”, ya que esta actividad altera de manera dramática el paisaje, por más buena que sea la gestión, siempre se modificará el paisaje natural para dar paso a los paisajes artificiales.

- **Deforestación-Perturbación del elemento;** La perturbación del elemento estará dada por, perturbación “Alta, media y baja”.

La fauna muestra una perturbación media, no se consideró como una perturbación alta ya que los grandes mamíferos que habitan el ecosistema, se encuentran en la parte alta de la montaña, viéndose liberados de esta acción, afectando únicamente a las aves y artrópodos que ahí habitan.

La vegetación muestra una perturbación del elemento medio, al igual que la atmósfera. Mientras que el suelo y el paisaje nos indican que la perturbación es alta, debido a las condiciones explicadas en los puntos anteriores.

- **Deforestación-magnitud del impacto;** Estos se definen como (Regional, local y puntual).

La vegetación, la fauna, la atmósfera y el paisaje muestran un impacto local, afectando principalmente la condición de los recursos naturales en la zona. A diferencia del suelo, cuyo impacto es de manera puntual, dando afección únicamente a la zona de estudio.

- **Deforestación-Carácter del impacto;** Se dividen en impactos reversibles e impactos irreversibles

La fauna, el suelo y el paisaje muestran impactos de carácter irreversible, a diferencia de la atmósfera y la vegetación que muestra un impacto reversible.

- **Deforestación-Importancia del impacto;** Se dividen en Mayor, medio, menor y nulo.

Aquellas acciones que presentaron un impacto medio son las siguientes; Atmósfera, vegetación y fauna.

Contrario al suelo y el paisaje, que mostraron un impacto alto.

**Agricultura;** La agricultura arrojó las siguientes acciones secundarias como las más relevantes; Quema de parcelas y plaguicidas.

Los elementos afectados por la quema de parcelas son los siguientes Atmósfera, suelo, vegetación, paisaje, y fauna

- **Quema de parcelas- Grado de resistencia;** El grado de resistencia se divide en; Obstrucción, muy grande, grande, medio, débil y muy débil.

El suelo presenta un grado de resistencia “medio”, mostrando afectaciones en las propiedades físicas del suelo; Las propiedades físicas del suelo sufren ciertos cambios considerables, especialmente en la capa superior. La densidad aparente del suelo tiende a disminuirse, lo cual puede ser positivo al facilitar la penetración de raíces, especialmente para plantaciones forestales (González, 1987).

Afectación en las propiedades químicas del suelo; El pH del suelo sufre un ligero y progresivo aumento, ligado a la disponibilidad inmediata de cationes en la ceniza (Mils, 2007). Según Martínez y Becerra (2004), la CIC decrece cuando ocurre una quema, debido a la degradación de coloides orgánicos e inorgánicos. De tal manera, la CIC total permanece baja durante al menos un año después de la quema. En ese aspecto, es necesario señalar que, como consecuencia de la liberación de Ca, Mg, K y Na, la saturación de bases aumentará, e igualmente la conductividad eléctrica.

La atmósfera presenta un grado de resistencia “Muy grande”, debido a la circulación de los vientos. la cual se encarga de distribuir los contaminantes a otras regiones de la atmósfera.

La flora y la fauna presentan un grado de resistencia “Medio”, debido a que la proporción de las parcelas que son sometidas al proceso de quema, es mínima en comparación con el terreno con el que cuenta la comunidad. Esta actividad conlleva un riesgo, que recae en la mala ejecución de esta técnica, siendo los incendios forestales un peligro

latente ante la mala aplicación del método, viéndose afectado principalmente el uso de suelo forestal, y por ende, alterando el ciclo de todos los organismos que dependen del estrato arbóreo para llevar a cabo el desarrollo de su nicho ecológico.

El paisaje muestra un grado de resistencia “grande”, debido a que la quema se lleva a cabo en las partes altas de la montaña, lugar al que no tienen accesos los turistas que visitan los valles.

- **Quema de parcelas-Perturbación del elemento;** La perturbación del elemento se cataloga como perturbación; alta media y baja.

Los elementos que guardan un grado de perturbación media, son los siguientes; Suelo, vegetación y fauna, esto por lo ya mencionado, la proporción o el uso de suelo destinado a la actividad agrícola es mínimo en comparación con el destinado a las actividades turísticas. Debe ponerse principal atención en las líneas de control y líneas corta fuegos elaboradas por las personas encargadas de esta actividad, ya que una mala práctica puede desencadenar un incendio forestal de grandes magnitudes que amenace el capital natural con el que cuenta la comunidad.

El paisaje y la atmósfera presentan una perturbación del elemento baja.

- **Quema de parcelas- magnitud del impacto;** La escala con la que se mide la magnitud del impacto es la siguiente; Regional, local y puntual.

El impacto del suelo resulta ser un impacto puntual, dando como afecciones secundarias la perturbación de los mantos freáticos de la zona, ya que los lixiviados generados por las cenizas que resultan de esta práctica, llegan a la capa subterránea alterando las condiciones naturales del agua que ahí se encuentra. Como ya se mencionó antes, también se alteran las propiedades fisicoquímicas del suelo. El paisaje muestra una magnitud del impacto “puntual”, ya que la modificación del paisaje únicamente es notoria para los pobladores que pueden acceder a esa zona de la montaña.

La vegetación y la fauna se ven afectados en un grado de magnitud “local”, ya que la riqueza de aves por los cultivos que ahí se desarrollan se

ve disminuida o en el peor de los casos, sustituida por otras especies que resultan ser invasoras y desplazan a las especies de aves nativas.

La magnitud del impacto a nivel atmósfera puede catalogarse como una magnitud de carácter regional, ya que las emisiones de contaminantes atmosféricos serán distribuidas a otras regiones y, en el peor de los casos, se precipitarán con la lluvia afectando directamente el suelo de otras regiones.

- **Quema de parcelas-Carácter del impacto;** Este se cualifica de la siguiente manera; Reversible e irreversible.

Para este apartado, todos los impactos se catalogan de carácter “irreversible”.

La atmósfera resulta ser el elemento que mayor preocupación genera, ya que la emisión de las partículas contaminantes de CO<sub>2</sub> o, conocidas como gases de efecto invernadero, contribuyen de manera directa al fenómeno del calentamiento global lo que a la postre acelera y contribuye de manera directa al cambio climático. No solo genera preocupación por las emisiones, sino que, la reducción de la cubierta forestal que se genera por esta actividad, elimina por completo a los organismos capaces de capturar y almacenar una gran cantidad de CO<sub>2</sub>.

- **Quema de las parcelas- importancia del impacto;** Este se puede medir como: Mayor, medio, menor y nulo.

Las acciones secundarias que presentan una mayor importancia del impacto son las siguientes; atmósfera y suelo, esto por lo ya mencionado.

La flora y la fauna presentan una importancia “media”, debido a las proporciones sobre las cual se lleva cabo esta práctica.

El paisaje resulta ser el elemento con un menor grado de importancia ya que su importancia es meramente antrópica, sin repercutir de manera directa en los procesos ecológicos que en la zona se llevan a cabo.

A continuación, se hará el análisis de resultados que influye directamente sobre el uso de plaguicidas en los siguientes elementos impactables; Atmósfera. Agua, suelo, flora y fauna.

- **Plaguicidas-Grado de resistencia;** Las afectaciones que tienen los plaguicidas sobre las propiedades físicas y químicas del suelo son notorias, lo que resulta irónico para la composición biológica del suelo, ya que muchos de estos compuestos pueden ser metabolizados por algunos microorganismos que aquí habitan, y a la vez, los metabolitos generados por estos organismos son perjudiciales para otros organismos que aquí habitan como vertebrados y pequeños mamíferos. Por lo cual se decidió por catalogar el grado de resistencia como un grado de resistencia “Bajo”.
- **Plaguicidas- perturbación del elemento;** El suelo es el único elemento que presenta un grado medio en cuanto a la perturbación del elemento. Para los 4 elementos impactables restantes (Atmósfera, agua, flora y fauna Se presenta una perturbación del elemento baja.
- **Plaguicidas-Magnitud del impacto;** El sistema acuático presenta un nivel de impacto regional, ya que la comunidad de SPA, se encuentra enclavada en dos cuencas hidrológicas, la primera de ellas es la cuenca del Río Lerma-Toluca y para la segunda, pertenece a la cuenca del Ro Moctezuma. Aquí radica la importancia en cuanto al cuidado de los cuerpos de agua que aquí nacen.  
De igual manera el carácter del impacto para la atmósfera, se puede cualificar como un impacto regional, esto se debe a la circulación de los vientos que se encarga de distribuir los contaminantes a otras partes del Estado de México y la Ciudad de México.  
Para el suelo, la flora y la fauna de la zona, el carácter se cualifico como una magnitud de naturaleza puntual.
- **Plaguicidas-Carácter del impacto;** El carácter del impacto para los 4 elementos impactables, se cataloga como un impacto “irreversible”, ya que la circulación y metabolismo de los contaminantes químicos presentes en los plaguicidas, circula y se transforma según los medios en los cuales se desplace (Atmósfera, litósfera y atmósfera).  
Así mismo, para la flora y la fauna resulta un impacto “irreversible”, debido a que, al ingresar a las mayas tróficas, estos contaminantes van

escalando hasta llegar al ser humano, lo que claramente genera afecciones en la salud de las personas.

**Plaguicidas-Importancia del impacto;** En cuanto a la importancia del impacto, se concluyó que la importancia del impacto, es una importancia “mayor”. Debido a las repercusiones en el medio ambiental, social y económico de la zona.

**Ganadería;** El siguiente apartado nos indica el análisis de resultados que se dio referente a las actividades “ganaderas”.

Para la deforestación, los elementos impactables a evaluar son los siguientes; Flora, fauna, paisaje y ecosistema

- **Deforestación-Grado de resistencia;** Para este apartado el grado de resistencia que se muestra para la flora y la fauna es el siguiente; Grado de resistencia “medio”. Para completar el análisis de campo, se evaluó el grado de resistencia que presenta no solo el paisaje, sino el ecosistema en general, este se puede definir como un grado de resistencia alto; esto tomando en cuenta la capacidad de carga y la resiliencia del propio ecosistema forestal.
- **Deforestación-Perturbación del elemento;** Las conclusiones obtenidas en este apartado nos indican que la perturbación del elemento, es una perturbación del elemento “media”, tomando en cuenta que la ganadería es una actividad económica secundaria en la zona. Por lo cual, la deforestación para cambio de uso de suelo es mínimo en comparación con la deforestación provocada para el cambio de uso de suelo para las actividades turísticas de los valles de la zona.
- **Deforestación-Magnitud del impacto;** La flora, la fauna y el paisaje se definen bajo una magnitud del impacto “local”, siendo el caso contrario

para el ecosistema, quien presenta una magnitud del impacto “Regional”, debido al hecho de que la zona se encuentra enclavada en la RTP-108, corredor biológico Ajusco-Chichinautzin.

- **Deforestación-Carácter del impacto;** Los cuatro elementos impactables, muestran un carácter del impacto irreversible, debido a la erosión del suelo, lo que va ligado directamente a su productividad, impidiendo la regeneración del ecosistema forestal y dando auge a los pastizales y vegetación secundaria.
- **Deforestación-importancia del impacto;** La importancia del impacto, se definió como una importancia mayor para los cuatro elementos.

A continuación, se describe el comportamiento de las actividades y repercusiones generadas por el sobrepastoreo, sobre los elementos impactables. Suelo, agua, flora y fauna).

- **Sobrepastoreo-Grado de resistencia;** El grado de resistencia para el suelo, se presenta como un grado “débil”. Ya que la resistencia del suelo se ve disminuida por la reducción de la cubierta forestal, esto aunado la acción mecánica generada por el ganado afectan drásticamente las propiedades del suelo.

El agua muestra un grado de resistencia “mayor”, ya que esta actividad no modifica directamente las condiciones fisicoquímicas de los cuerpos acuáticos (Superficiales y subterráneos), la afectación que reciben los cuerpos acuáticos se liga directamente con la recarga de los mantos

freáticos, viéndose disminuida por los procesos de compactación y erosión del suelo.

La flora y la fauna de la zona presentan un grado de resistencia medio, se eligió esta categoría en lugar de un grado de resistencia “mayor”, ya que la presencia de endemismos en la zona se puede ver afectada directamente por esta actividad.

- **Sobrepastoreo-Perturbación del elemento;** La perturbación del elemento, presenta un grado de perturbación “media” para los cuatro elementos impactables.
- **Sobrepastoreo-Magnitud del impacto;** Se catalogaron como magnitudes locales aquellas que se abocan a la flora, la fauna y el suelo del lugar. Se maneja como una magnitud regional para el caso del agua, que se distribuye a través de 2 cuencas hidrológicas.
- **Sobrepastoreo-Carácter del impacto;** Al igual que en las opciones anteriores, el carácter del impacto se define como un impacto irreversible para las 4 acciones.
- **Sobrepastoreo-Importancia del impacto;** La importancia del impacto se define como una importancia “mayor” para los 4 elementos que componen este rubro.

**Urbanización;** Por último, para concluir con el análisis de la matriz de resistencia, se mostrarán los impactos y sus repercusiones en el medio para las acciones secundarias derivadas de la urbanización. (Generación de residuos, introducción de especies, extracción de recursos forestales y vialidades).

Cabe mencionar que todas las evaluaciones se hicieron sobre las repercusiones que estas actividades tienen sobre la zona del poblado de la comunidad, el efecto generado en el área forestal y el ocasionado por las actividades turísticas, se eximan de este análisis.

- **Generación de residuos sólidos-Grado del impacto;** Algunas de las repercusiones que la generación de residuos ocasiona es la siguiente; que el suelo quede inutilizado para usos agrícolas; los mantos acuíferos sean infectados por la migración del lixiviado --líquido que forma la basura en su contacto con agua—presencia de fauna nociva y finalmente, el deterioro de la imagen urbana, dando así un grado del impacto “medio” para el suelo, la fauna y el paisaje. El grado de impacto que se muestra para la salud, es débil, ya que el sector salud juega un papel importante para el mantenimiento de la calidad de vida en la población en general.
- **Generación de residuos sólidos-perturbación del elemento;** La perturbación del elemento para la fauna resulta con un grado “medio”, ya que la fauna presente en los lugares contaminados por residuos sólidos, no compiten por los recursos alimenticios, territoriales y reproductivos de la fauna local, el único y gran factor de riesgo, puede ser debido al papel como vector que juegue la fauna nociva, siendo portadora de bacterias, protozoos, o virus que pongan en riesgo el comportamiento de la fauna local.

El suelo presenta una perturbación media, ya que la proporción de suelo que se ve afectada es mínima en comparación con el territorio de la comunidad.

La condición de salud y la paisajística muestra un grado de perturbación del elemento “alto”.

- **Generación de residuos- Magnitud del impacto;** Los 4 elementos que se muestran aquí tienen la categoría de magnitud del impacto “puntual”.
- **Generación de residuos-Carácter del impacto;** Todos los elementos presentados aquí se resguardan bajo un carácter “irreversible”
- **Generación de residuos sólidos-Importancia del impacto;** De igual manera, 2 de los 3 elementos se muestran con una importancia del impacto mayor, siendo la fauna la única que presentan un grado de importancia medio.

En el siguiente apartado se muestra el análisis que se hizo sobre la introducción de especies y su grado de impacto sobre el ambiente.

- **Introducción de especies exóticas- Grado de resistencia;** El impacto de las especies exóticas invasoras sobre los ecosistemas es inmenso. Su repercusión va más allá del daño a la biodiversidad. A menudo las invasiones implican pérdidas económicas cuantiosas y problemas sanitarios severos, por lo que se vuelven una amenaza directa para el bienestar humano (Sarukhán, 2009). Dicho el grado de impacto se cataloga como un impacto “medio”.
- **Introducción de especies exóticas- Perturbación del elemento;** La perturbación del elemento se denota como una perturbación alta para la flora y la fauna, ya que la introducción de especies exóticas pone en

riesgo la diversidad local, compitiendo por los distintos tipos de recurso como lo pueden ser alimenticios y espaciales, además de ser posibles vectores de algunas enfermedades que no se tengan registradas en la zona.

- **Introducción de especies-Magnitud del impacto;** La magnitud se tiene catalogada como una magnitud local.
- **Introducción de especies exóticas-Carácter del impacto;** El carácter del impacto, se denota como un carácter de naturaleza irreversible, ya que esta acción habitualmente acarrea graves consecuencias a la estabilidad de los ecosistemas.
- **Introducción de especies exóticas-Importancia del impacto;** La importancia del impacto, se señala como una importancia “mayor”, debido a las consecuencias que tiene esta acción en contra de la diversidad de la república.

Así pues, los siguientes párrafos describen como se comporta la extracción de recursos forestales en comparación con los grados de resistencia de la matriz.

- **Extracción de recursos forestales-Grado de resistencia;** El ecosistema presenta un grado de resistencia “débil” para este tipo de acciones, ya que la extracción desmesurada, podría convertirse en una sobreexplotación si esta acción no se hace de manera moderada, respetando la capacidad de carga y la resiliencia del ecosistema.

- **Extracción de recursos forestales-Grado de perturbación;** Aquí se concluye que el grado de perturbación se cataloga como un grado de perturbación “medio”.
- **Extracción de recursos forestales maderables-Magnitud del impacto;** La magnitud del impacto, es una magnitud “local”, tomando en cuenta la delimitación que tiene la comunidad con otras comunidades, aunque cabe mencionar, que el complejo proceso de comunicación entre ecosistemas, podría poner en tela de juicio lo antes dicho, ya que la perturbación en un ecosistema pone en riesgo la continuidad y los procesos en otros ecosistemas que se encuentren interconectados, lo que derivaría en un impacto “regional”.
- **Extracción de recursos forestales-Carácter del impacto;** Este es irreversible a corto plazo, la única manera de volver esta acción una actividad reversible, es respetando los ciclos biológicos de las especies y delimitando las zonas de extracción de recursos sin llegar a la sobreexplotación.
- **Extracción de recursos forestales-Importancia del impacto;** Aquí la matriz nos muestra una importancia del impacto “media”, teniendo en cuenta los recursos que son utilizados por la comunidad.

En el siguiente apartado y por último, se explica la interacción de las viabilidades con los elementos de la matriz.

- **Vialidades-Grado de resistencia;** Se describe como un grado de resistencia “medio”, debido a que la única carretera que atraviesa los valles de la comunidad, es la Santiago-Marquesa.
- **Vialidades-Perturbación del elemento;** La perturbación del elemento se cataloga como una perturbación “media”, esto debido a la fragmentación del hábitat que se genera por esta vialidad, viéndose afectados principalmente los grupos taxonómicos de los Mamíferos, anfibios y reptiles.
- **Vialidades-Magnitud del impacto;** Esta se podría considerar como un carácter de impacto regional, debido a la interrupción que se da al flujo de los animales, evitando así su distribución espacial y por ende, se pone en riesgo el contacto entre ejemplares de diferentes sexos afectando así el proceso de reproducción.
- **Vialidades-Carácter del impacto;** Es un carácter “irreversible”, se concluye esto ya que la carretera “Santiago-Marquesa” es una obra perpetua que es de vital importancia para la circulación en esta parte del Estado de México, la única manera de revertirlo sería con la construcción de puentes con adaptación para el paso de fauna.
- **Vialidades-Importancia del impacto;** Es una importancia “Mayor”, ya que se limita la distribución de los organismos, además, existen registros de algunos animales que parecen ser atropellados por los vehículos que circulan por la carretera.

## VEGETACIÓN

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
<b>Asteraceae</b>	<b>Achillea</b>	<i>Achillea millefolium L.</i>
	<b>Bidens</b>	<i>Bidens ostruthioides (DC.) Sch.Bip</i>
	<b>Conyza</b>	<i>Conyza shiedeana (Less.) Cronquist</i>
	<b>Dahlia</b>	<i>Dahlia pinnata Cav.</i>
	<b>Eupatorium</b>	<i>Eupatorium arsenei Rob</i>
		<i>Eupatorium pazcuarensis Kunth</i>
	<b>Senecio</b>	<i>Senecio barba-johannis DC.</i>
	<b>Sigesbeckia</b>	<i>Sigesbeckia jorullensis Kunth</i>
	<b>Stevia</b>	<i>Stevia monardifolia</i>
<b>Tagetes</b>	<i>Tagetes triradiata Greenm.</i>	

<b>Aspleniaceae</b>	<b>Asplenium</b>	<i>Asplenium monanthes L.</i>
<b>Campanulaceae</b>	<b>Lobelia</b>	<i>Lobelia guina Cav.</i>
<b>Crassulaceae</b>	<b>Sedum</b>	<i>Sedum sp.</i>
<b>Cystopteridaceae</b>	<b>Chrysopsis</b>	<i>Crysopteris fragilis (L.) Bernh</i>
<b>Dryopteridaceae</b>	<b>Polystichum fournieri A.R. Sm.</b>	<i>Polystichum fournieri A.R. Sm.</i>
<b>Fabaceae</b>	<b>Lupinus</b>	<i>Lupinus sp.</i>
<b>Lamiaceae</b>	<b>Salvia</b>	<i>Salvia gesneriiflora Lindl. &amp; Paxton</i>
	<b>Salvia</b>	<i>Salvia mexicana L.</i>
<b>Montiaceae</b>	<b>Claytonia</b>	<i>Claytonia perfoliata Donn.</i>
<b>Onagraceae</b>	<b>Fuchsia</b>	<i>Fuchsia microphylla Kunth</i>
	<b>Lopezia</b>	<i>Lopezia racemosa Cav.</i>
<b>Orobanchaceae</b>	<b>Castilleja</b>	<i>Casilleja arvensis Schltld. &amp; Cham.</i>
<b>Plantaginaceae</b>	<b>Plantago</b>	<i>Plantago australis Lam.</i>

<b>Polypodiaceae</b>	<b>Pleopeltis</b>	<i>Pleopeltis polylepis (Roem. ex Kunze) T. Moore var. polylepis.</i>
<b>Pteridaceae</b>	<b>Adiantum</b>	<i>Adiantum andicola Liebm.</i>
<b>Solanaceae</b>	<b>Solanum</b>	<i>Solanum Cervantesii</i>

### **Descripción de resultados.**

Los muestreos realizados en los cuadrantes, marcados y elegidos al azar, arrojaron un total de 25 especies de herbáceas divididas en 15 familias, siendo la familia Asteraceae la que tiene un mayor número de representantes, esto con 9 géneros divididos en 9 especies. La familia Onagraceae presenta 3 géneros divididos en 3 especies. La familia Lamiaceae contiene dos géneros de Salvia con sus respectivas dos especies. Las otras 8 especies se dividen en 8 familias entre ellas la familia Solanaceae.

Los organismos arbóreos que mayor presencia tienen en el área de estudio se componen principalmente por *A. religiosa*, *P. montezumae* y *P. hartwegii* son especies características de este tipo de ecosistema. La presencia de *A. religiosa* es la que tiene una mayor abundancia y frecuencia, por lo cual se da la caracterización de un Bosque de Abies dominado en un 85% por esta especie, siendo el otro 15% complementado por algunas especies de *Pinus sp* y *Quercus sp*. Entre las especies de árboles que se encuentran en las partes del poblado se pueden encontrar especies frutales como el limón, naranjo, capulín, durazno.

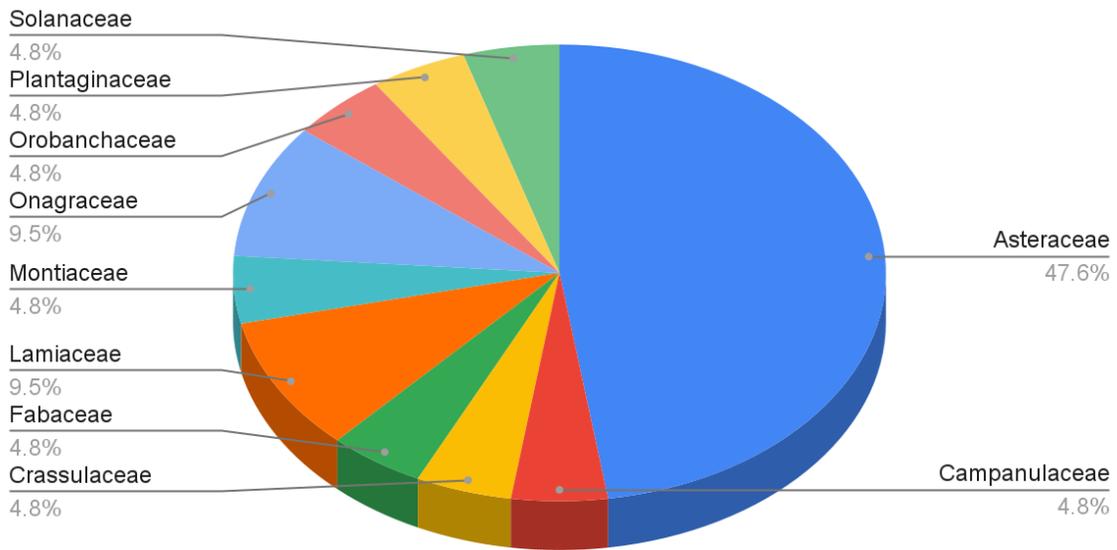
La colecta y el prensado del material botánico, se efectuó mediante el método tradicional descrito por Lot & Chiang (1986). Los datos en campo que se tomaron en cuenta para el registro de los organismos son los siguientes; Nombre del colector, fecha, localidad, coordenadas geográficas, altitud, forma de vida y tipo de vegetación en la que se encontró.

El bosque de *Abies religiosa* o bosque de oyamel se distribuye en parches aislados y sus áreas continuas más extensas se localizan en la Faja Volcánica Transmexicana (Hernández-Álvarez, et al., (2020).

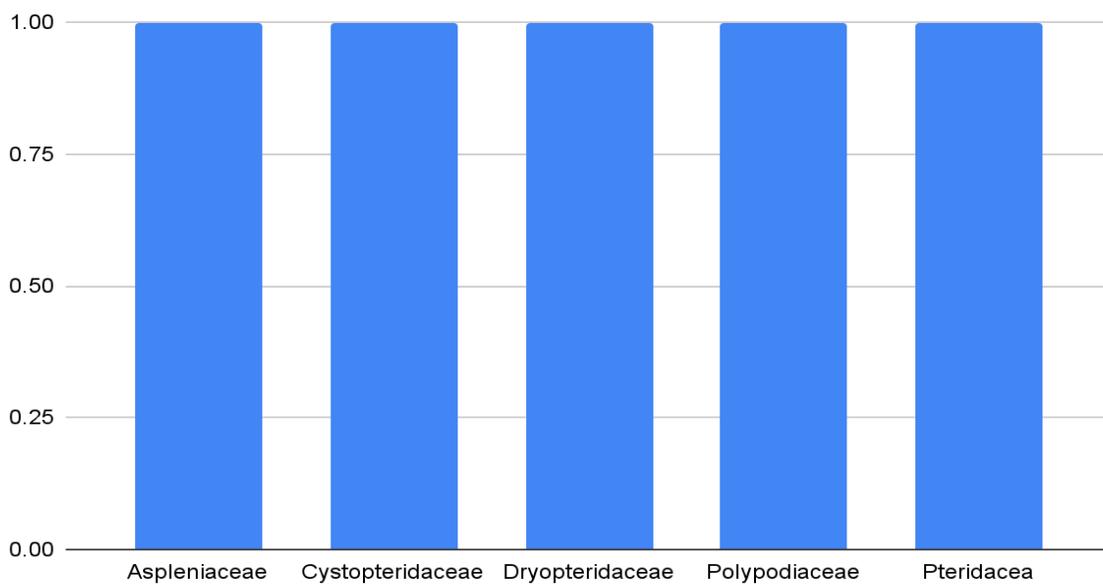
Se mencionó que se colectaron un total 25 especies de organismos vegetales, divididas en 10 familias de plantas fanerógamas y 5 familias de plantas criptógamas. En seguida se muestra una tabla con la relación Familia-N. de especies y un gráfico circular con las familias de plantas fanerógamas o plantas con flor.

<b>Familia</b>	<b>Especies</b>
Asteraceae	10
Campanulaceae	1
Crassulaceae	1
Fabaceae	1
Lamiaceae	2
Montiaceae	1
Onagraceae	2
Orobanchaceae	1
Plantaginaceae	1
Solanaceae	1

En el gráfico circular en 3D, se muestran las 21 especies de plantas con flor encontradas, divididas en un total de 10 familias.



En breve se muestra un gráfico de columnas separadas, el cual describe la relación entre el número de especies (Eje Y) y la familia a la que pertenecen (Eje X). Este gráfico pertenece a las plantas sin flor o criptógamas colectadas en campo.



## FAUNA

Fauna						
Mamíferos	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Distribución de la especie	Categoría NOM-059-sema rnat-2010
	Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	Nativa	Ninguna
	Carnívora	Procyonidae	<i>Bassaricus astutus</i>	Cacomixtle norteño	Endémica	Amenazada (A)
		Felidae	<i>Linx rufus</i>	Gato montes	Nativa	Ninguna
	Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo de 9 bandas	Nativa	Ninguna
	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Tlacuache común	Nativa	Ninguna
	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo castellano	Nativa	Ninguna
Aves	Apodiformes	Trochilidae	<i>Eugenes fulgens</i>	Colibrí magnífico	Nativa	Ninguna
			<i>Archilochus alexandri</i>	Colibrí barba negra	Nativa	Ninguna
			<i>Lampornis clemenciae</i>	Colibrí garganta azul	Nativa	Ninguna
	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Geococcyx velox</i>	Correcaminos norteño	Nativa	Ninguna
	Galliformes	Odontophoridae	<i>Dendrortyx macroura</i>	Gallinita de monte	Nativa	Ninguna
	Paseriformes	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina común.	Migratoria	Ninguna
		Parulidae	<i>Cardelina rubra</i>	Chipe rojo	Endémica	Ninguna

			<i>Setophaga townsendi</i>	Chipe negriamarillo	Nativa	Ninguna
			<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	Nativa	Ninguna
			<i>Myioborus miniatus</i>	Candelita	Nativa	Ninguna
		Emberizidae	<i>Xenospiza baileyi</i>	Gorrión serrano	Endémica	En peligro de extinción (P)
		Fringillidae	<i>Haemorhous mexicanus</i>	Pinzón	Endémica	En peligro de extinción (P)
	Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes sp.</i>	Pájaro Carpintero	Nativa	Ninguna
	Strigiformes	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza común	Endémica	Ninguna

## Mamíferos

En cuanto a la presencia de mamíferos, se pudieron encontrar 6 especies divididas en 5 órdenes y 6 familias pertenecientes a esta clase Taxonómica, entre los órdenes de mayor importancia, podemos encontrar a mamíferos de talla grande como *O. virginianus* (Artyodactila) y *Linx rufus* (Carnivora), estos dos ejemplares son los que más resaltan ya que se encontraron muestras indirectas de estos, para determinar a *Linx rufus*, se encontró una muestra de pelaje de la parte caudal de este organismo, esto a 3450 m snm. El venado cola blanca *Odocoileus virginianus*, se encontró mediante excretas ubicadas en la parte interna del bosque (3759 m snm) fuera de los senderos y caminos transitados. Debido al método de colecta, que fue un método indirecto, se desconoce el sexo de los ejemplares ya mencionados.

Los demás organismos fueron determinados gracias a los pobladores, entre ellos el armadillo de nueve bandas *Dasybus novemcinctus* el cual a través de un proceso de taxidermia fue disecado y colocado como adorno en una de las cabañas. El propietario menciona que el ejemplar se extrajo de las partes altas del monte.

Otra especie que resulta de suma importancia en este estudio, es el cacomiztle norteño *Bassaricus astutus* que es una especie endémica que se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010 como una especie bajo categoría de Amenazada (A).

De igual manera es relevante mencionar que se encontraron una gran cantidad de excretas que al ser examinadas, se determinó que eran excretas de fauna feral, específicamente de perros que se estaban adentrando a las partes alta de los bosques.

### **Aves**

Se encontraron un total de 12 especies en campo, divididas en 7 familias y 5 órdenes. Entre las especies de mayor relevancia se encuentran *Haemorhous mexicanus* conocido como pinzón mexicano que es una especie endémica y que se encuentra bajo la categoría de Peligro de Extinción (P), además, pudimos observar a *Xenospiza baileyi* que de igual manera es una especie endémica que se encuentra citada como una especie en Peligro de Extinción en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Se eligieron dos metodologías distintas para la observación de las aves, una de ellas fue por conteo de puntos, uno de los puntos elegidos mostró la interacción entre *Salvia gesneriflora* Lindl. & Paxton y *Eugenes fulgens* esto en un claro del bosque que se eligió como sitio de observación a 3280 m snm.

Otro de los métodos de muestreo que se eligió, fue el método por transectos, dentro de estos recorridos, uno de ellos en los valles turísticos, se pudo visualizar un grupo de alrededor de 12 ejemplares de *Hirunda rustica*, se encontraban sobrevolando un recinto eclesiástico situado a las orillas del valle Rancho Viejo, esto a 2950m snm. Se pudo apreciar dentro del recinto un nido de golondrinas de esta especie, desafortunadamente no había nadie que nos permitiera el acceso al recinto, el cual estaba cerrado con candado.

## Anfibios y Reptiles.

Para esta parte únicamente se pudieron localizar a dos organismos, uno de cada clase respectivamente, esto en las 10 visitas que se realizaron a los sitios de muestreo.



Hembra de *Sceloporus aenus*

Otro organismo observado en campo fue un adulto de Anuro, específicamente un adulto de (*Hyla eximia*), una especie de anfibio de la familia Hylidae. Es endémica de México. Se

observó a lado de un camino sobre el cual se marcó un cuadrante para la cuantificación del carbono forestal, esto aproximadamente a 3250 m snm. Desafortunadamente en esa ocasión, no se contaba con equipo fotográfico.

#### ESPECIES BAJO ALGUNA CATEGORÍA DE RIESGO DE LA NOM-059-2010

Espece	Nombre común	Categoría de riesgo NOM-059-semarna t-2010	Distribución de la especie
<i>Bassaricus astutus</i>	Cacomixtle Norteño	Amenazada (A)	Endémica
<i>Haemorhous mexicanus</i>	Pinzón	En Peligro de Extinción (P)	Endémica
<i>Xenospiza baileyi</i>	Gorrión Serrano	En peligro de Extinción (P)	Endémica

Se pudieron encontrar únicamente tres especies que se encuentran bajo alguna categoría en la normatividad ambiental mexicana, dentro de ellas, se encuentra un mamífero de talla media *Bassaricus Astutus* (Cacomiztle norteño) y dos aves *Haemorhous mexicanus* “Pinzón” y *Xenospiza baileyi* “Gorrión Serrano”. Estos datos nos son perjudiciales para el servicio ambiental por la Biodiversidad, de cualquier manera, son datos relevantes ya que no se tienen más estudios tanto en mastozoología y ornitológicos sobre la zona.

## CAPTURA DE CARBONO

Para concretar este objetivo, se realizaron 20 cuadrantes de 500 m, se delimitaron con rafia y estacas de madera elaboradas con maderas caseras. Los parámetros matemáticos a considerar en la ecuación y que por lo tanto, fueron cuantificables son los siguientes: “Densidad, diámetro a la altura del pecho, Altura”.

### 1. Altura

$$H=h \left(\frac{D}{d}\right)$$

H=Altura

h= Longitud en cm de la regla graduada

D=Distancia conocida

d= Extensión del brazo

### 2. Diámetro de la altura al pecho (DAP)

DAP= Diámetro de la altura al pecho

$$DAP = \left(\frac{C}{\pi}\right)$$

C= Circunferencia en centímetros

### 3. Densidad de la madera

$\rho$ = Densidad

$$\rho=m/V$$

m=Masa

V=Volumen

**En breve, se muestra la fórmula utilizada en el presente estudio (Chave *et al.*, 2005):**

$$Y= \exp (-2.977+\ln (\rho D^2 h))$$

Y=Biomasa (kg/árbol)

$\exp(n) = 2.718$

In= Logaritmo natural

p= Densidad de la madera

h= Altura

D= Diámetro a la altura del pecho.

A continuación, se colocará un fragmento del cuadro utilizado para calcular el carbono almacenado por el estrato arbóreo. Se tomaron 20 parcelas de 500 m. Cada parcela alberga un aproximado de 12 a 20 ejemplares de *A. religiosa*, difícilmente se encontraban poblaciones de otros organismos. *Pinus hartwegii*, *Quercus sp.* y *Buddleja sp.*, son otras especies arbóreas que se encontraban en los cuadrantes formando asociaciones vegetales muy moderadas.

- Cuadrante o “parcela” número 1. Esta parcela se marcó a 3182 m snm y contenía únicamente 12 individuos de los cuales 8 eran organismos de la especie *A. religiosa* y 4 especies de *P. hartwegii*.

<b>Especie</b>	<b>Diámetro (D) cm</b>	<b>Altura (h) (m)</b>	<b>Densidad (p)(gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Biomasa Y= 2.718 (-2.977+ln (p D<sup>2</sup> h)) (kg/árbol)</b>
<i>A. religiosa</i>	64.93	9.5	0.38	753.30
<i>A. religiosa</i>	55.067	9.8	0.38	575.15
<i>P. hartwegii</i>	37.24	8.6	0.44	267.2
<i>A. religiosa</i>	57.29	8.8	0.38	571.12
<i>A. religiosa</i>	43.92	7.2	0.38	268.8

<i>P. hartwegii</i>	80.55	10.2	0.44	1425.3
<i>A. religiosa</i>	70.98	9.3	0.38	897.3
<i>A. religiosa</i>	80.17	9.8	0.38	1219.7
<i>A. religiosa</i>	37.24	7.8	0.38	209.41
<i>A. religiosa</i>	65.6	7.6	0.38	633.15
<i>P. hartwegii</i>	58.16	8	0.44	606.59
<i>P. hartwegii</i>	62.17	14.2	0.44	1230.5
Biomasa total arbórea (kg) en 500 m <sup>2</sup>				8657.02

La densidad de las maderas se obtuvo de un artículo llamado “Densidades de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski”.

Como se puede observar, el primer cuadrante alberga un total de 8657.02 kg de carbono en 500 m<sup>2</sup>, es de los cuadrantes que mayor cantidad de carbono secuestrado registra. El promedio en los demás cuadrantes varía de los 4000-6000 kg por cuadrante.

El marcaje de los cuadrantes se vio complicado en las zonas en las cuales existía una pendiente pronunciada, ya que se tenían que hacer ajustes matemáticos para corregir el grado de la pendiente.

## CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE

Pasos a seguir para realizar la ficha hídrica:

1. Establecer el primer mes del año hidrológico
  - Primer mes en el que  $P > ETP$
2. Introducir las variables ETP y P en la ficha
3. Cálculo de la precipitación útil para cada mes
  - $P - ETP$
4. Cálculo de la reserva para cada mes
  - La reserva del primer mes del año hidrológico = precipitación útil
  - Reserva de los siguientes meses = Precipitación útil del mes en cuestión + Reserva del mes anterior.

Si este valor supera la capacidad de campo establecida inicialmente, la cantidad sobrante se añade como excedente.

Si este valor es negativo el resultado es un déficit hídrico para este mes. Por lo tanto, la reserva es "0".

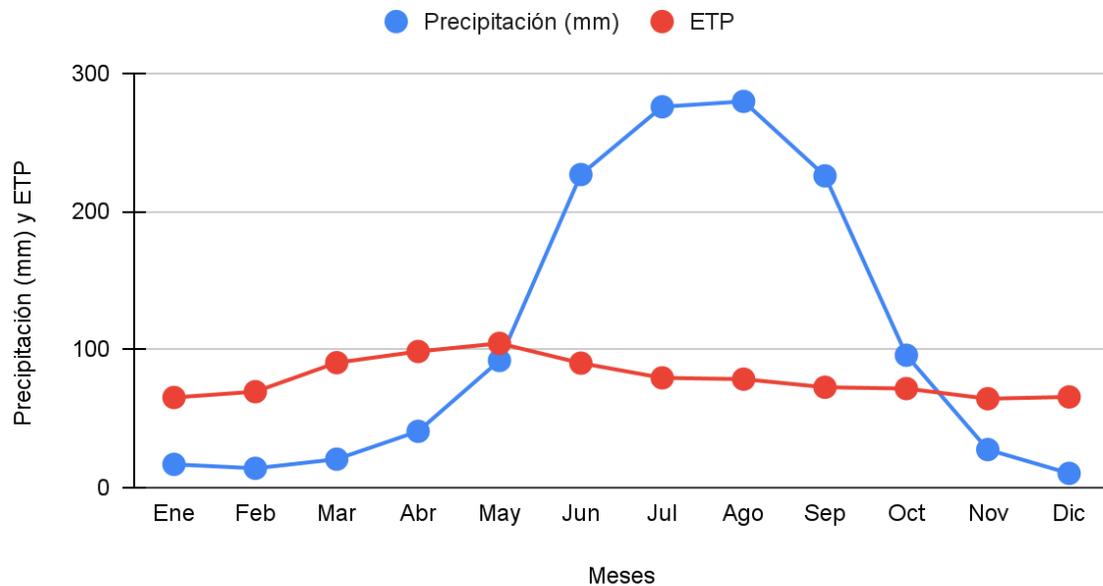
5. Cálculo de la ETR (Evapotranspiración Real)
  - Meses en donde "No" hay déficit:  $ETP = ETR$
  - Meses en donde "Si" hay déficit:  $P$  (Reserva del mes anterior - Reserva del mes en cuestión).

FICHA HÍDRICA												
MESES	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
ETPsincorr	81.89	72.76	74.17	72.03	72.37	70.18	70.57	71.81	79.01	88.23	94.56	94.04
ETPcorr	90.07	79.42	78.49	72.63	71.66	64.33	65.63	65.22	69.44	90.41	98.5	104.4
PRECIPITACIÓN	226.56	275.6	279.5	225.6	95.80	27.53	10.31	16.82	13.96	20.57	41.73	91.98

<b>PRECIPITACIÓN ÚTIL</b>	136.49	196.18	201.01	152.9	24.14	-44.13	-55.3	-48.4	-55,4	-69.8	-56.7	-12.4
<b>RESERVA</b>	136.49	200	200	200	200	155.8	100.5	52.17	0	0	0	0
<b>EXCEDENTE</b>	0	132.67	201.01	152.9	24.14	0	0	0	0	0	0	0
<b>DÉFICIT</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	55.4	69.8	56.7	12.4
<b>ETp Real</b>	90.07	79.42	78.89	72.63	71.66	64.33	65.63	65.22	13.96	20.57	41.73	91.98

## GRÁFICO DE LÍNEAS SUAVIZADAS

Balance Hídrico, San Pedro Alapulco, Ocoyoacac, Edo de Méx.



Como se puede observar, la precipitación es notoriamente mayor a partir de los meses de Junio, mes en el cual comienza el año hídrico en San Pedro Atlapulco, esto es, existe una precipitación mayor a la evapotranspiración.

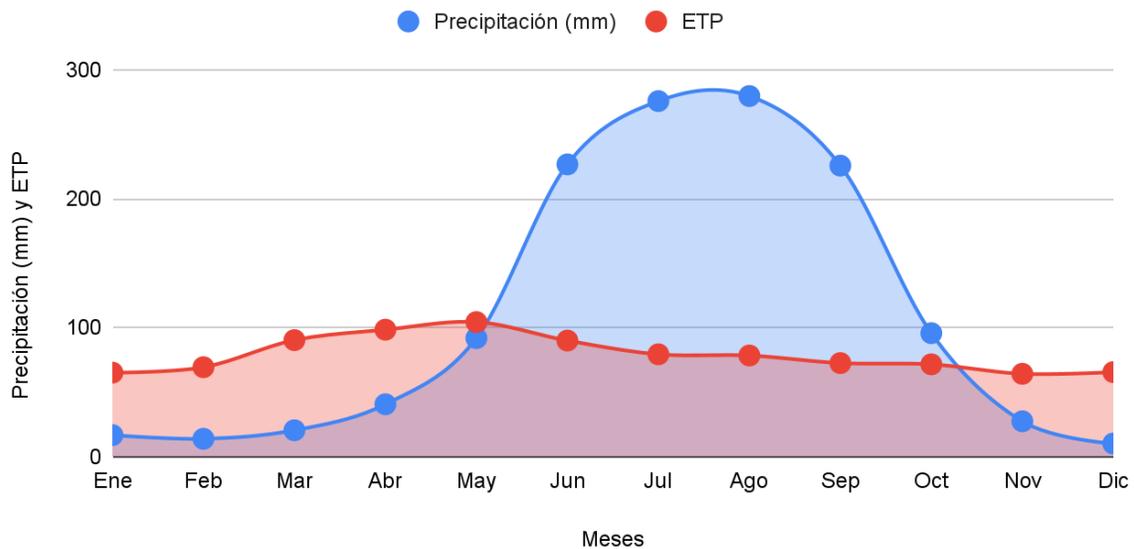
## GRÁFICO DE ÁREA

### DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

### EXCEDENTE, PRECIPITACIÓN ÚTIL Y DÉFICIT HÍDRICO

#### DÉFICIT HÍDRICO

Balance Hídrico, San Pedro Alapulco, Ocoyoacac, Edo de Méx.



La explicación del gráfico se dará a continuación, el periodo que abarca del mes de noviembre a mayo, tiene una evapotranspiración (ETP) mayor a la precipitación media mensual (P), lo que nos indica lo siguiente, uno;

los meses de noviembre, diciembre y enero si bien tienen una precipitación útil negativa, esto es (presentan una tasa de ETP mayor a la P), no presentan un déficit hídrico dadas las reservas de agua que les otorgaron los meses anteriores, dos; los meses de febrero, marzo, abril y mayo, si presentan un déficit hídrico en ese periodo mensual, esto es, se evapora más agua de la que llueve, por lo cual, no se da una recarga de los acuíferos en ese lapso de tiempo.

$ETP > P =$  Déficit hídrico.

<b>Meses</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>ETP</b>
Ene	16.82	65.22
Feb	13.96	69.44
Mar	20.57	90.41
Abr	40.73	98.5
May	91.98	104.4
Nov	27.53	64.33
Dic	10.31	65.63

### **EXCEDENTES Y RECARGA**

El año hídrico comienza en junio, el año hídrico se considera a partir del primer mes en el cual la precipitación media mensual (P) es mayor a la evapotranspiración (ETP)

$P > ETP =$  Excedentes y Recarga

En este caso,

<b>MES</b>	<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>	<b>ETP</b>	<b>Precipitación útil</b>	<b>Reserva</b>	<b>Excedente</b>
Jun	226.56	90.07	136.39	136.49	0
Jul	275.6	79.42	196.18	200	132.67
Ago	279.5	78.49	201.1	200	201.01
Sep	225.6	72.63	152.9	200	152.9
Oct	95.8	71.66	24.14	200	24.14

La presente matriz nos explica lo siguiente, el período mensual que abarca de junio a octubre, presenta una precipitación mayor a la ETP, lo cual es benéfico para el sistema de recarga de los acuíferos, ya que, con estos dos datos, podemos encontrar cual es la precipitación útil, esto es, la precipitación que no regresa a la atmósfera en forma de vapor sino que se queda en el sistema litosférico ya sea a nivel de los mantos o a nivel superficial. Esto se explicará a continuación con el concepto de reserva y excedentes;

La reserva de agua se toma en cuenta con la suma de las precipitaciones útiles a nivel anual, un dato a tomar en cuenta para obtener este parámetro, es la capacidad de campo que tiene el suelo, en este caso, el suelo presenta una capacidad de campo de 200 mm. Cuando las precipitaciones útiles sobrepasan la capacidad de campo, se generan los excedentes, esto es, el agua que el sistema ya no puede infiltrar y que tampoco se puede evaporar, los destinos de los excedentes de agua por lo común terminan en los cauces de los ríos o en los sistemas lacustres.

Como conclusión de nuestros datos en cuanto a la recarga de los mantos freáticos, podemos decir que; La reserva anual en cuanto a la recarga de los acuíferos en la comunidad de San Pedro Atlapulco, es de 936.49 mm anuales, esta película de agua debe multiplicarse por las dimensiones del terreno para tener un dato más exacto en cuanto al agua que ingresa al sistema de acuíferos. Esta agua brota en forma de manantiales en las partes altas de la montaña.

En cuanto a los excedentes que se generan en el sistema, tenemos que la comunidad de San Pedro Atlapulco presenta una película de agua de 510.72 mm a nivel anual, esto nos habla de la riqueza en cuanto a este recurso natural que presenta la comunidad. Esta película de agua tiene como destino alimentar en forma de escorrentía los riachuelos que corren por las partes altas del bosque y que son utilizados por la comunidad tanto para consumo como para criadero de truchas.

De igual manera se calculó la ETP anual, esto se hizo mediante las sumatorias de las ETP mensuales para poder obtener el valor anual. Este valor nos indica que se presenta una ETP anual de 653.8 mm, esta cantidad de agua es la asimilada por los organismos vegetales para poder completar sus procesos fisiológicos, específicamente la fotosíntesis, procesos bioquímico que les permite sintetizar su propio alimento a partir de luz, minerales, dióxido de carbono y agua. El resultado de este proceso de igual manera libera agua a la atmósfera en forma de vapor de agua, completando así el ciclo hidrológico.

La sumatoria de estos tres valores; Reserva anual ( 936.49), Excedentes (510.7) y ETP (653.8) nos dan un total de 2100.99 mm de agua anuales. Datos que aunque no concuerdan al 100% por los datos obtenidos por las cartas de INEGI, se aproximan demasiado, ya que estos datos de INEGI nos dicen que la comunidad presenta una precipitación media anual que va de los 1800-2000 mm de agua. Habría que revisar la metodología para buscar el

ajuste matemático a las fórmulas y poder obtener datos que quepan dentro de ese rango mostrado por las cartas del INEGI.

## HERENCIA CULTURAL

San Pedro Atlapulco tiene su origen como un pueblo ascendente de la etnia auto reconocida como: hñāhñū, “palabra compuesta de nyā “hablar”, y nyû, que es propiamente el término que designa al otomí, es decir, “que habla nyû”. Sin embargo, otros autores, proponen distintas etimologías, “le dicen othomitl, acaso para dar a entender, que esta nación tuvo por padre á Othomitl, hijo de Iztacmchuatl; o inventaron este nombre, deduciéndolo de las propiedades morales de estos naturales, los que siempre caminan cargados de flechas en pos de caza. Así se percibe de las dos voces que se compone, ototac “caminante”, y mitl “flecha”, de los que resulta Otomitl” (Luces del Otomí, 1893 citado en Soustelle, 1993:13) se entiende así, porque los otomíes, grandes cazadores, caminaban cargados de flechas (Rivera, 2017).

Así pues es que podemos decir que el territorio comunal de Atlapulco puede considerarse como un territorio ancestral, un pueblo originario de nuestro país. Diversos autores coinciden en lo anterior, “en el 605 D. C llegaron los primeros pobladores, otomíes y matlatzincas que construyeron rudimentarias chozas cerca de las cumbres rocallosas del Shiricua, La Peña Torcida y La Víbora ubicadas al sur de la comunidad de Atlapulco”. Fue también durante el posclásico que los otomíes sufrieron la expansión de los nahuas en su territorio ancestral, proceso que podría explicar su resguardo en las montañas (Rivera, 2017).

Los primeros pobladores de la región buscaban “sustento” en la recolección y la caza; cazaban venado, liebre, conejo, tuza, armadillo, ardilla y varias especies de aves, entre otros animales comestibles; además abejones, diversas langostas, sapos, cigarrones, xomilli o gusanos de penca de maguey y cuauhocuillin o gusano de madera (Mayo, 2007).

**SERVICIOS ECOSISTÉMICOS QUE PROVEE LA COMUNIDAD DE  
SAN PEDRO ATLAPULCO, OCOYOACAC, ESTADO DE MÉXICO.**

<b>Aprovisionamiento</b>	<b>Regulación</b>	<b>Culturales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Agua Dulce</li> <li>● Madera</li> <li>● Alimento</li> <li>● Productos no maderables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Regulación del clima</li> <li>● Regulación de enfermedades</li> <li>● Regulación y saneamiento del agua</li> <li>● Polinización</li> <li>● Purificación del aire a través de la captura y almacenamiento del carbono atmosférico.</li> <li>● Control de erosión y mantenimiento del suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Recreativo y turístico</li> <li>● Estético y paisajístico</li> <li>● Inspirativo</li> <li>● Educativo</li> <li>● Herencia cultural</li> </ul>
<p align="center"><b>De Soporte</b></p> <p align="center">Formación de suelos Reciclaje de nutrientes Producción primaria</p>		

## 10. DISCUSIÓN

- Para establecer la línea base en la captura de carbono, se consideró únicamente el estrato arbóreo, se recomienda cuantificar el estrato arbustivo, el estrato herbáceo, la materia orgánica en descomposición (ramas caídas) así como la hojarasca y el humus. Por cuestiones de tiempo solo se consideró el estrato arbóreo.

El estrato arbóreo en la comunidad de San Pedro Atlapulco, almacena una cantidad promedio de 172.97 tC/ha lo cual difiere con Razo et al. (2013) quienes calcularon que el bosque de oyamel del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, almacena 138.69 tC/ha. Mientras que Ávila-Akerberg (2010) encontró que para el bosque de Abies religiosa de la cuenca del río Magdalena se registran en promedio 108 tC/ha, en la misma Cuenca del Rio Magdalena, Almeida *et al* (2007) encontraron que el bosque de Abies captura un total de 58 tC/ha.

Las diferencias pueden darse debido a la edad del bosque de donde se extrajeron los datos, la metodología o inclusive las asociaciones vegetales con las que se encontraba la especie de *A. religiosa*. Los datos obtenidos en este estudio, presentan una mayor cantidad de carbono almacenado en comparación con los otros estudios.

- Para el listado florístico, únicamente se encontraron 28 especies, lo cual, tomando en consideración otros estudios en el mismo tipo de ecosistema, resulta pobre. Zepeda *et al* (2018), en el Parque Ecoturístico Corral de Piedra, Amanalco, Estado de México, encontraron un total de 94 especies agrupadas en 74 géneros y 42 familias. La única similitud se da en cuanto a la familia con mayor presencia, en su estudio y en el nuestro, fue la familia Asteraceae la que tuvo un mayor número de individuos. Se puede apuntar como conclusiones, más adelante, que es una de las familias con mayor presencia en los bosques templados de coníferas, particularmente, de *Abies religiosas*. Cabe mencionar que ambos municipios se encuentran en el estado de México, Estado enclavado en la Faja Volcánica Transmexicana.
- La matriz de Leopold nos resultó eficiente para detectar las actividades generadoras de impacto así como para evaluar la importancia y la significancia que estas tienen

sobre los elementos impactables del ambiente, que son; sociedad y economía, atmósfera, suelo, agua y biodiversidad. Otra metodología utilizada para estos fines, son las Redes de Sorensen, pero ya que la legislación ambiental mexicana, específicamente la LGEEPA, no estipula un método específico para la evaluación de impactos ambientales, se eligió la matriz de Leopold como herramienta para detectar y evaluar los impactos existentes.

- Para la fauna se recomienda hacer estudios por taxón, ya que los datos ofrecidos por las bases de datos y los pobladores no concuerdan con los datos obtenidos en campo; el número de especies es mucho menor al que existe realmente en el área de estudio. Por mencionar algunos ejemplares; existe la presencia de *Crotalus sp* en la zona, existen especies de Quirópteros, anfibios del orden Caudata, algunos Accipitriformes que no pudieron observarse y mucho menos determinarse.
- En cuanto a las especies que se encuentran bajo alguna categoría de riesgo enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, tenemos únicamente la presencia de 4 especies, aunque, cabe mencionar, que 3 de estas 4 especies, son organismos perteneciente al taxón de las aves, y una de ellas pertenece al taxón de los mamíferos, esta especie es el *Bassariscus astutus* conocida comúnmente como cacomixtle norteño.

México es un país con gran riqueza de especies de aves y ocupa el primer lugar en Norteamérica con 1,107 especies que se agrupan en 26 órdenes y 95 familias y es el doceavo a nivel mundial (PROFEPA, 2019), por lo cual, hay que tener en cuenta estos datos, que, a pesar de ser pocos, son importantes para fortalecer la conservación tanto del taxón como del ecosistema forestal perteneciente a San Pedro Atlapulco. Cabe mencionar que estudios más detallados y focalizados únicamente al estudio de aves en la zona, podrían arrojar una cantidad de datos mayor y más precisos en cuanto a la riqueza y abundancia de estos organismos. Se puede hacer una geolocalización de los nidos encontrados para posteriores estudios sobre el desarrollo y ciclo de vida de estas especies.

- Para el balance hídrico, se utilizó el método de Thornthwaite. La precipitación media anual en el municipio de Ocoyoacac, municipio al cual pertenece la comunidad, tiene valores que van de los 1,800 a los 2,000 mm de lluvia.

La sumatoria de estos tres valores; Reserva anual ( 936.49), Excedentes (510.7) y ETP (653.8) nos dan un total de 2100.99 mm de agua anuales. Datos que aunque no concuerdan al 100% por los datos obtenidos por las cartas de INEGI, se aproximan demasiado, ya que estos datos de INEGI nos dicen que la comunidad presenta una precipitación media anual que va de los 1800-2000 mm de agua. Habría que revisar la metodología para buscar el ajuste matemático a las fórmulas y poder obtener datos que quepan dentro de ese rango mostrado por las cartas del INEGI.

## 11. CONCLUSIONES

La comunidad de San Pedro Atlapulco posee una riqueza única en cuanto a recursos naturales, lo cual, le da una amplia variedad para gestionar sus recursos, no abocarse únicamente o depender directamente de las actividades turísticas como actividad primaria en cuanto ingresos económicos.

El estudio reveló, que la comunidad es apta para realizar proyectos para pago por servicios ambientales, tanto por captura de carbono, como por servicios ambientales hídricos. Los datos que se muestran en la presente investigación, en cuanto a captura de carbono, nos dan una línea base la cual puede ser utilizada por las personas de la comunidad en proyectos para PSA.

En cuanto a la presencia de mamíferos de gran tamaño, habría que realizar estudios más a fondo utilizando otro tipo de método como cámaras trampa, o marcaje por captura y recaptura de ejemplares.

La riqueza hidrológica que posee el área de estudio es inigual, como se mencionó, Ocoyoacac es el único lugar de la república que cuenta con dos vertientes, una que desemboca en el golfo de México (el Río de Los Remedios-Moctezuma), y la otra llega al Océano Pacífico (el río Lerma). Por lo cual, conservar la cubierta forestal es de vital importancia para mantener la regularidad en el ciclo hídrico que se presenta en esta zona del país.

Para este tipo de estudios que buscan determinar grados de impacto, se recomienda realizar el índice sinantrópico para determinar el grado de impacto que tiene la vegetación por malezas o especies exóticas.

Se concluye que este tipo de estudios resulta novedoso en las cuestiones de los sistemas socio ecológicos, ya que no solo nos brinda datos en cuanto a los componentes bióticos, sino que nos regala datos en cuanto a la disposición de los servicios ecosistémicos con los que cuenta la sociedad, la disponibilidad del agua, así como la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado por los bosques, también se pueden complementar estos estudios con parámetros que nos muestran la cantidad de oxígeno producido.

De igual manera, el factor económico se ve englobado en este tipo de investigaciones, ya que nos da un aproximado monetario en cuanto a los servicios ambientales que en este caso produce el bosque, lo cual, resulta una alternativa económica para la comunidad, ya que así no solo depende del turismo.

De igual manera se recomienda fortalecer estas investigaciones con estudios relacionados a la pérdida y erosión del suelo, por la situación sanitaria se retiró el objetivo para evaluar la erosión ya que se necesitaba acceso a los laboratorios de edafología de la FESI.

## 12. REFERENCIAS

- Alcorn, J and Toledo, V , ; Resilient resource management in Mexico's forest ecosystems: the contribution of property rights. In: Berkes, F and Folke, C eds. , editors. *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge: Cambridge University Press. 1998.
- Almeida, L. *et al.*, (2007). *Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal*. Laboratorio de ecosistemas de montaña. Departamento de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias. Gaceta ecológica número especial 84-85. Instituto Nacional de Ecología.
- Balvanera, P. y H. Cotler. 2007. *Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos*. Gaceta Ecológica 84-85:8-15.
- Berkes, Fikret; Turner, Nancy; (2005). *Conocimiento, aprendizaje y la flexibilidad de los sistemas socioecológicos*. Gaceta Ecológica, octubre-diciembre, 5-17.
- Boyd J, Banzhaf J. *What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units*. Ecological Economics 2007; 63: 616–626.
- Boege, E., P. Encino y G. Ramírez. 2005. *Protegiendo lo nuestro: manual para la gestión ambiental comunitaria, uso y conservación de la biodiversidad de los campesinos indígenas de América Latina*. PNUMA
- Camacho, V., y Ruiz, A. (2012). *Marco Conceptual y Clasificación de los Servicios Ecosistémicos*. *Bio-ciencias*, 1(4), 3-15.
- Carson R. *Silent spring*. Boston, MA. Houghton Mifflin Company, 1962. 350
- Casas A., *et al.*, (1997). La polémica sobre la declinación mundial de la población de anfibios. Recuperado.
- Costanza R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 1997; 387: 253–260.

- Costanza R. Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biological Conservation* 2008; 141: 350–352.
- Challenger, A. (1998), *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México*. Pasado, presente y futuro, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Chee YE. *An ecological perspective on the valuation of ecosystem services*. *Biological Conservation* 2004; 120: 549–565
- Daily GC (Ed.). : Island Press, 1997. 392.
- De Groot RS, Wilson MA, Boumans RMJ. *A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services*. *Ecological Economics* 2002; 41: 393–408.
- Duellman, W. E. y L. Trueb. 1986. *Biology of amphibians*. McGraw–Hill, New York
- Eamus D, Macinnis-Ng C, Hose GC, Zeppel MJB, Taylor DT, Murray BR. Turner Review No. 9: *Ecosystem services: an ecophysiological examination*. *Australian Journal of Botany* 2005; 53: 1–19
- Enríquez, D. (2015). *Organización comunal, turismo rural y formas de acumulación como la problemática ambiental de la comunidad de San Pedro Atlapulco, municipio de Ocoyoacac, Estado de México*. Universidad Autónoma del Estado de México. México
- Espinoza Guillermo, 2007. *Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental*. Recuperado de : <https://pdfcoffee.com/libro-guillermo-espinoza-2007-gestion-y-fundamentos-de-la-evaluacion-impacto-pdf-free.html>.
- Farber S, Costanza R, Childers DL, Erickson J, Gross K, Grove M, et al. *Linking ecology and economics for ecosystem management*. *Bioscience* 2006; 56: 121–133.
- García Cepeda, Isabel Xarhini, & Almeida Leñero, Lucía, & Ávila-Akerberg, Víctor (2016). *Estimación del almacenamiento de carbono y la percepción social de los servicios ecosistémicos que brinda el bosque de Abies religiosa de la cuenca presa Guadalupe, Estado de México*. *Teoría y Praxis*, (19),65-93.[fecha de Consulta

19 de Julio de 2021]. ISSN: . Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456146535005>

- Gómez-Baggethun, E., & de Groot, R. (2008). *Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía*. *Ecosistemas*, 16(3). Recuperado a partir de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/88>
- Ferrusquía V., I. (1998), “Geología de México: una sinopsis”, in Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*, Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 3-108.
- Fisher B, Turner KR, Morling P. *Defining and classifying ecosystem services for decision making*. *Ecological Economics* 2009; 68 : 643-653.
- Groffman PM, Driscoll CT, Likens GE, Fahey TJ, Holmes RT, Eagar C, Aber J. *Nor gloom of night: a new conceptual model for the Hubbard Brook ecosystem study*. *Bioscience* 2004; 54: 139–148.
- Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1995). “Mapa edafológico”. Escalas 1:250 000 y 1:1 000 000. México.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1995. *Climate Change 1995. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kremen C. *Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology?* *Ecology Letters* 2005; 8: 468–479.
- Lot A. & Chiang F. (Comp.). 1986. *Manual de herbario*. Consejo Nacional de Flora de México, A. C. México D.F. 142 pp.
- Leopold, L. B., F. E. Clarke, B. B. Hanshaw, and J. E. Balsley. 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C.

- Madrigal S., X. (1967), “*Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (Abies religiosa (H.B.K.) Schl. & Cham.) en el Valle de México.* Boletín Técnico 18, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México
- Matteucci, D. S. y A. Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación.* Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C. 168p.
- McHarg, I. 1968. *A comprehensive route selection method.* Highway Research Record, 246. Highway Research Board. Washington D.C.
- McNeely, Jeffrey A., Kenton R. Miller, Walter V. Reid, Russell A. Mittermeier and Timothy B. Werner 1990. *CONSERVING THE WORLD'S BIOLOGICAL DIVERSITY.* ISBN: IUCN, Gland, Switzerland; WRI, CI, WWF-US, and the World Bank, Washington, 0-915825-42-2 D.C.
- Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis.* Washington, DC: World Resources Institute, 2005.82
- Monsoyi, E, et al. 1995. *Articulación de la diversidad: pluralidad étnica, autonomías y democratización en América Latina.* Abya-Yala. Quito, Ecuador. 61-66
- Naredo, J. M. (2015), «*Un tema clave: el modelo de financiación local y su relación con los distintos modelos inmobiliarios*».
- Nelson, E., G. Mendoza, J. Regetz, S. Polasky, H. Tallis, et al. 2009. *Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales.* *Frontiers in Ecology and the Environment.* 7:4-11.
- Nørgaard-Pedersen, Niels; Spielhagen, Robert F; Thiede, Jörn; Kassens, Heidemarie (1998): *Accumulation rate of ice rafted debris and foraminifera from sediment core PS2177-1. PANGAEA.*
- Parra, G. et al., (2014). *Biodiversidad de anfibios de México.* Revista Mexicana de Biodiversidad. Departamento de Zoología, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Recuperado de: [https://legislacion.edomex.gob.mx/ve\\_periodico\\_oficial](https://legislacion.edomex.gob.mx/ve_periodico_oficial).
- Recuperado de: <https://www.gob.mx/conafor/es/documentos/servicios-ambientales-27810#:~:text=Los%20servicios%20ambientales%20se%20dice,de%20los%20cuales%20nos%20beneficiamos>.
- Recuperado de: <http://www.fao.org/3/as360s/as360s.pdf>
- Rozzi, R., R. Primack, P. Feinsinger, R. Dirzo y F. Massardo. 2001. *¿Qué es la biología de la conservación?* Fondo de Cultura Económica, México. Pp. 45-58.
- Rodríguez García, Laura, Curetti, Giorgio, Garegnani, Giulia, Grilli, Gianluca, Pastorella, Fabio, & Paletto, Alessandro. (2016). *La valoración de los servicios ecosistémicos en los ecosistemas forestales: un caso de estudio en Los Alpes Italianos. Bosque (Valdivia), 37(1), 41-52.*  
<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002016000100005>
- Rzedowski, J. (1978), *Vegetación de México*, Limusa, México.
- Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432p.
- Sánchez, A., López, L., y Granados, D. (2005). Semejanza florística entre los bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schltdl. de la Faja Volcánica Transmexicana. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, ISSN 0188-4611, Núm, 56, 2005, pp. 62-76.*
- Salas-Zapata, Walter Alfredo; Ríos-Osorio, Leonardo Alberto; Álvarez-Del Castillo, Javier; (2011). *Bases conceptuales para una clasificación de los sistemas socioecológicos de la investigación en sostenibilidad.* Revista Lasallista de Investigación, Julio-diciembre, 136-142.
- Sarukhán J, Koleff P, Carabias J, Soberón J, Dirzo R, Llorente-Bousquets J, et al. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2009. 100.

- Saville A, Bailey RS. *The assessment and management of the herring stocks in the North Sea and to the west of Scotland*. Rapports et Procès-Verbaux des Reunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 1980; 177: 112–142.
- SEMARNAT. 2003. *Introducción a los servicios ambientales. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Hombre naturaleza, México, D.F. México*.
- Sokal, R. R. (1974). *Classification: Purposes, principles, progress, prospects. Science, 185(4157), 1115–1123*.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, v.38, p.55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publication in *Climatology*. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955
- Wilson, G., N. Dexter, P. O'Brien y M. Bomford. 1992. *Pest animals in Australia. Bureau of Rural Resources and Kangaroo Press, Canberra*.