



**UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA**
Unidad Iztapalapa

**División de Ciencias Básicas e Ingeniería
Posgrado en Energía y Medio ambiente**

**“EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL
CAPTURA DE CARBONO EN UN BOSQUE TEMPLADO EN
SIERRA NEVADA, ESTADO DE MÉXICO”**

TESIS

QUE PRESENTA

BIOL. FERNANDO PINEDA CAMPOS

Matricula: 2181800280

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS
(ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE)**

DIRECTORA

Dra. Beatriz Adriana Silva Torres

JURADO

Dra. Delia Patricia Montero Contreras.

Dr. Juan Gabriel Rivera Martínez.

Dra. Ivett Montelongo Buenavista.

Dra. Fabiola Sagrario Sosa Rodríguez.



Iztapalapa, Ciudad de México, agosto del 2020

Agradecimientos

La Maestría en Ciencias (Energía y Medio Ambiente) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, pertenece al Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACyT y cuenta con apoyo del mismo Consejo con el Convenio 003893; por lo que agradezco la beca recibida, a través del convenio correspondiente con el número de becario/CVU: 886268, para el desarrollo de esta tesis.

Gracias al Comité del Posgrado en Energía y Medio Ambiente, por el apoyo en la realización del trabajo de investigación para la generación de esta tesis.

A la Universidad Autónoma Metropolitana y a todos los investigadores-docentes, con los que tuve la oportunidad de coincidir y que contribuyeron con mi formación académica y personal.

A la Dra. Beatriz Adriana Silva Torres, directora de esta tesis. Quiero agradecerle infinitamente todas las facilidades y los acertados comentarios para la realización del presente documento. Agradezco y valoro mucho su confianza, su paciencia y apoyo incondicional. Agradezco todas sus enseñanzas y consejos.

A los miembros del sínodo, agradezco su valiosa colaboración en la revisión, así como los valiosos comentarios que contribuyeron al enriquecimiento de la presente tesis.

A la Dra. Fabiola S. Sosa Rodríguez, gracias por su valiosa contribución en mi formación académica, por el apoyo incondicional recibido y por sus valiosos comentarios y aportes, que ayudaron a enriquecer la presente.

A la Dra. Ivett Montelongo Buenavista, gracias por sus observaciones, sus valiosos comentarios y aportes, que enriquecieron el contenido de la presente.

A la Dra. Delia Patricia Montero Contreras, agradezco mucho sus observaciones, y valiosos comentarios al presente, mismos que enriquecieron y el contenido.

Al Dr. Juan Gabriel Rivera Martínez, agradezco mucho sus observaciones y valiosos comentarios al presente.

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres Oralia y Rafael, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han ayudado a llegar hasta aquí, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, gracias. A mis abuelos Antonia y Adelfo, por enseñarme a trabajar, a ser constante y a amar la tierra. Y a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Quiero dedicar también esta tesis a las que considero mis mamás académicas, quienes inculcaron en mí el amor por las plantas: *Dra. Leticia A. Pacheco Mota*, *M.C. Angelica Martínez Bernal*, *M.C Ma. Eugenia Fraile Ortega* y la *M.C. Claudia Barrita Núñez*. Gracias a cada una de ustedes por su tiempo, por los ánimos, por sus consejos académicos y de vida; y por su apoyo incondicional, mismo que atesoro profundamente.

A mis amigos, gracias a todos y cada uno de ustedes por estar en los buenos y malos momentos, no los menciono por temor a omitir a alguno, sin embargo, saben que están siempre presentes. Gracias por los ánimos, por las risas, por la compañía, y por hacer más ligera la vida.

Y finalmente a toda la gente de la localidad de San Rafael, Tlalmanalco Edo. De México, por regalarme parte de su tiempo y participar en el instrumento de evaluación.

“No heredamos la Tierra de nuestros ancestros, la tomamos prestada de nuestros hijos”

Proverbio nativo americano

Comité tutorial.

Directora:

Dra. Beatriz Adriana Silva Torres

Departamento de Biología.

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa

El jurado designado por la
Comisión Académica del Posgrado en Energía y Medio Ambiente
de la Unidad Iztapalapa, aprobó la tesis que presentó **Fernando
Pineda Campos**

El día 25 de agosto del 2020.

Miembros del jurado.

Dra. Delia Patricia Montero Contreras
Presidente.

Dr. Juan Gabriel Rivera Martínez
Secretario.

Dra. Ivett Montelongo Buenavista
Vocal.

Dra. Fabiola Sagrario Sosa Rodríguez
Vocal.

Contenido

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPITULO I	13
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPITULO II	17
MARCO TEORICO.....	17
1. ECOSISTEMA.....	17
1.1. Definición	17
1.2. Tipos de ecosistemas	21
2. BOSQUES	23
2.1. Definición.	23
2.2. Tipos de bosques.....	24
2.4. Importancia de los bosques.	26
2.5. Situación actual en México.	27
2.5.1. Aprovechamiento de los bosques.....	28
3. SERVICIOS AMBIENTALES.....	30
3.1. El origen del concepto, servicios ambientales o servicios ecosistémicos.....	31
3.2. Distinción entre bienes ambientales y servicios ambientales	32
3.3. Clasificación de los servicios ambientales.....	34
3.4. Importancia de los servicios ambientales.....	38
3.5. Identificación de los servicios ambientales provistos por los bosques.....	39
4. INSTRUMENTOS DE CONSERVACIÓN.....	41
4.1. Definición y objetivos de la conservación.....	42
4.1.1. Los instrumentos de conservación de los recursos naturales	44
4.1.2. Políticas Públicas	46
4.2. Los instrumentos de conservación en México.....	47
4.2.1. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	47
4.2.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	53
4.2.3. Áreas Naturales Protegidas	54

4.2.3.1. Programas de manejo	57
4.3. Pago por servicios ambientales.....	58
5. CARBONO	64
5.1. Ciclo de Carbono	64
5.2. Gases de Efecto Invernadero	68
5.3. Captura de Bióxido de Carbono como servicio ambiental.....	71
5.4. Valoración biológica del carbono	75
5.4.1. Métodos para evaluar la captura de Bióxido de Carbono	75
6. ECONOMÍA AMBIENTAL.....	80
6.1. Economía Ambiental en la Declaración sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.	82
6.2. Definición y origen de la economía ambiental.....	88
6.3. Elementos regentes de la economía ambiental.....	90
6.4. Mercados para bienes y servicios ambientales.....	92
6.5. Estado del arte.	94
6.5.1. Mecanismos de Desarrollo Limpio y REED.....	94
7. EVALUACION	109
7.1. Conceptualización	109
7.2. Tipos de evaluaciones	110
7.3. Diseño de la evaluación.....	112
7.4. Técnicas de análisis y resultados de la evaluación.....	113
7.5. Patrones de evaluación	113
8. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL: CAPTURA DE CARBONO	119
8.1. Valor	121
8.2. Valoración	125
8.3. Valoración económica.....	129
8.4. Métodos de valoración económica.....	135
CAPÍTULO III	150
CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.	150
1. Área natural protegida - Parque estatal: “Cerro el Faro” y “Cerro de los Monos”	150
1.1. Localización	152
1.2. Clima.....	153
1.3. Fisiografía	153
1.4. Hidrología.....	154

1.5. Geología	154
1.6. Suelos	155
1.7. Vegetación.....	155
1.8. Fauna	156
CAPÍTULO IV	158
CAPÍTULO V	159
METODOLOGÍA.....	159
1. Área de estudio.	159
2. Evaluación económica.....	159
3. Captura de carbono.....	166
CAPITULO VI	168
RESULTADOS	168
1. Zona de estudio.....	168
2. Evaluación captura de carbono.....	169
3. Evaluación social de la captura de carbono	179
4. Evaluación biológica y económica de la captura de carbono.	180
CAPÍTULO VII	187
DISCUSIÓN.....	187
CAPÍTULO VIII	203
CONCLUSIONES	203
BIBLIOGRAFÍA.....	207
ANEXO UNO: ENCUESTA DE VALORACION CONTINGENTE.....	223
ANEXO DOS: INFORMACIÓN OBTENIDA DE LA VALORACION CONTINGENTE.....	228

Tablas

Tabla 1. Principales conceptos propuestos de ecosistema, desde 1942 a la actualidad, año y autoría. Tabla tomada y modificada de: Armenteras *et. al.* (2016).

Tabla 2. Áreas de oportunidad, obstáculos y limitaciones de los mercados de carbono en nuestro país. Tomado y modificado de Yáñez, 2004.

Tabla 3. Cronología de las principales Cumbres Mundiales sobre el Medio Ambiente. Tomado y editado de: De Vengoechea, 2012; Eschenhagen, 2007; ONU, 2012; ONU, 2017.

Tabla 4. Definiciones de los mercados de carbono. Elaboración propia.

Tabla 5. Principales gases de efecto invernadero, descripción y poder de calentamiento global (PCG). Elaborada con base en datos aportados por la CEPAL, 2004.

Tabla 6. Disposición a pagar un precio por el servicio ambiental

Tabla 7. Disposición a conservar el bosque y recibir una compensación

Tabla 8. Disposición a conservar el bosque con base en proteger el servicio ambiental

Tabla 9. Diferenciación de valor que proporciona el bosque

Tabla 10. Contenido de carbono calculado con los datos de Arcos y Silva (2018) en el área de estudio "Cerro El Faro".

Tabla 11. Análisis Estadístico Z de Wald para las variables propuestas.

Tabla 12. Interpretación de los cocientes de chances

Tabla 13. Captura de carbono realizada en la zona de estudio.

Tabla 14. Disponibilidad a pagar de los usuarios de la zona de estudio

Tabla 15. Muestra el total de toneladas de carbono capturadas en la zona de estudio, así como el monto económico estimado a recibir por su captura, derivado de los diferentes mecanismos de comercio de emisiones. Elaboración propia con base en los datos de Arcos y Silva (2018) y el Banco Mundial (2019).

Tabla 16. Muestra la captura de carbono potencial promedio y mínima del bosque, así como, así como el monto económico estimado a recibir por su captura derivado de los diferentes mecanismos de comercio de emisiones. Fuente: Elaboración propia con base en los datos de Arcos y Silva (2018) y el Banco Mundial (2019).

Tabla 17. Metros cúbicos, pies tabla y precio asociados de la madera obtenidos en cada uno de los rodales que conforman la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia con base en los datos de Arcos y Silva (2018) y SIPRE - CONAFOR.

Tabla 18. Muestra la relación entre los ingresos económicos de una familia de cinco integrantes, de acuerdo obtenido de la valoración contingente (VC), el salario mínimo

mensual (SCTPS), el calculado con base en las toneladas de carbono capturado (ETS UE) y el calculado con base en el volumen (m^3) de madera (SPPFM – CONAFOR) Fuente: Elaboración propia con base en los datos de Arcos y Silva (2018), el Banco Mundial y SIPRE - CONAFOR.

Figuras

Figura 1 Distribución de la vegetación en México. En verde se muestra la distribución de los bosques templados-fríos. Fuente CONABIO, 2019

Figura 2. Representación esquemática del ciclo del carbono terrestre. Las flechas indican la dirección del flujo del carbono; los recuadros indican los depósitos. El tamaño de los cuadros representa diferencias en la distribución de carbono en los ecosistemas terrestres. CWD (escombros leñosos gruesos); Rh, (respiración heterotrófica por organismos del suelo); PS, fotosíntesis. Tomado de: Schulze *et al.* 2000.

Figura 3. Diagrama que representa los flujos y almacenes de carbono en los ecosistemas forestales. Tomado de Benjamín y Masera (2001).

Figura 4. Abundancia promedio global dióxido de carbono. La red mundial de muestreo de aire de NOAA está trazada desde principios de 1979. Tomada y modificada de The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI). 2019.

Figura 5. Países donde se han implementado diversos Sistemas de Comercio de Emisiones (ETS) a nivel mundial. Elaborado con datos del Banco Mundial. 2019.

Figura 6. Valores a considerar dentro de una Evaluación Económica Total. Tomada y modificada de Azqueta *et al.*, 2007.

Figura 7. Tipos de valor y métodos propuestos que resultan más adecuados para su valoración. Tomada y modificada de Dixon y Pagiola, 1998.

Figura 8. Localización de la zona de estudio. Tomada del Centro para la Sustentabilidad Incalli Ixcahuicopa – UAM. 2020.

Figura 9. Conceptos de la encuesta. Familiarización de los entrevistados con estos.

Figura 10. Esquema de análisis de los datos dasométricos obtenidos en la ANP “El Faro”.

Figura 11. Análisis de precios y Salarios.

Figura 12. Manejo sustentable de los bosques

RESUMEN

En la actualidad nuestro planeta atraviesa por una severa crisis ambiental, principalmente atribuida a las actividades humanas, que amenazan y que han provocado pérdidas en la biodiversidad. Desde la antigüedad, las sociedades humanas aprendieron a transformar su entorno inmediato para su beneficio, este fenómeno de transformación ha ido incrementando de manera progresiva apoyándose en los avances tecnológicos.

Desde la década de los 70's, se ha incrementado la preocupación por la pérdida acelerada de la superficie forestal en el planeta y se ha buscado, desde entonces, considerar a los bosques como productores de bienes y servicios, que no están restringidos únicamente a los maderables. En 1992 se llevó a cabo en Río de Janeiro la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, en la que se adoptó una declaración que destaca la importancia de incorporar los beneficios y costos ambientales a los mercados, con la finalidad de gestionar la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. Dentro de estos acuerdos, también se busca, mediante el manejo adecuado de los bosques, disminuir los incrementos en los niveles de emisión de los gases con efecto invernadero, principalmente el carbono, mediante la captura de éste en los bosques, contribuyendo de esta manera a mitigar los efectos del cambio climático.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una valoración del servicio ambiental captura de carbono en un bosque templado que forma parte de la Sierra Nevada. El área de estudio, "Cerro el Faro", se encuentra localizada en la comunidad de San Rafael, perteneciente al municipio de Tlalmanalco en el estado de México, por sus características el ecosistema predominante es el bosque templado, siendo *Pinus*, *Quercus* y *Cupressus* los géneros mayormente representados.

Para llevar a cabo la valoración de este servicio ambiental, utilizamos el método de valoración contingente, este método propuesto por la CEPAL, permite evaluar aspectos relevantes de la conservación de los recursos naturales, así como demostrar los impactos económicos derivados de la pérdida o ganancia de estos. De igual manera, este método, permite identificar la disposición a pagar que tienen los usuarios de los bienes y servicios por el disfrute de estos o a ser compensados por conservar los recursos naturales. Con base en la interacción de los usuarios con la zona de estudio, reflejada por los datos recabados por este instrumento y una vez aplicados los análisis estadísticos, encontramos que existe una correlación positiva entre las variables seleccionadas y los visitantes de la zona de estudio. Así mismo observamos que existe una mejor aceptación por parte de los usuarios a ser compensados por conservar los recursos naturales y proveer el servicio ambiental, que a pagar por tener acceso este.

Para realizar la estimación de carbono total, se utilizaron los datos recabados en 2018 por Arcos y Silva. Encontramos que la cantidad de carbono capturado en la zona de estudio (16 has) y la cantidad potencial de carbono que el bosque en su totalidad (40.5 has) puede capturar, ascienden a 740.70 y 117.8 toneladas de CO₂ al año respectivamente. Una vez calculada la cantidad total del CO₂ capturado y bajo un supuesto de ingreso de la zona de estudio a los mercados de carbono, identificamos que los mercados europeos representan una mejor área de oportunidad para la captación de ingresos económicos adicionales, que permitan realizar labores de saneamiento, restauración y conservación de esta área natural protegida. Confiamos en que la información generada en este trabajo puede contribuir a la generación de políticas públicas encaminadas al uso y manejo, adecuado y sustentable de los recursos naturales

ABSTRACT

Today our planet is experiencing a severe environmental crisis, mainly attributed to human activities, which threaten and have caused losses in biodiversity. Since ancient times, human societies have learned to transform their immediate environment for their benefit, this phenomenon of transformation has been progressively increasing based on technological advances.

Since the 70s, concerns have increased about the accelerated loss of forest area on the planet and forests have since been sought to be regarded as producers of goods and services, which are not restricted only to timbers. In 1992, the United Nations World Conference on Environment and Development was held in Rio de Janeiro, which adopted a declaration highlighting the importance of incorporating environmental benefits and costs into markets, with the aim of managing the conservation and sustainable use of forest resources. Within these agreements, the aim is also, through the proper management of forests, to reduce increases in greenhouse gas emission levels, mainly carbon, by capturing it in forests, thereby contributing to mitigating the effects of climate change.

This work aims to carry out an assessment of the environmental carbon capture service in a temperate forest that is part of the Sierra Nevada. The study area, "Cerro el Faro", is located in the community of San Rafael, belonging to the municipality of Tlalmanalco in the state of Mexico, by its characteristics the predominant ecosystem is the temperate forest, being *Pinus*, *Quercus* and *Cupressus* the genera mostly represented.

To carry out the valuation of this environmental service, we use the contingent valuation method, this method proposed by ECLAC, allows to evaluate relevant aspects of the conservation of natural resources, as well as demonstrate the economic impacts arising from the loss or gain of these. Likewise, this method allows to identify the willingness to pay that users of the goods and services have for the enjoyment of these or to be compensated for conserving natural resources. Based on the interaction of users with the study area, reflected by the data collected by this instrument and once the statistical analyses have been applied, we find that there is a positive correlation between the selected variables and the visitors of the study area. We also note that there is a better acceptance on the part of users to be compensated for conserving natural resources and providing the environmental service, than to pay for access.

To make the total carbon estimate, data collected in 2018 by Arcos and Silva were used. We found that the amount of carbon captured in the study area (16 has) and the potential amount of carbon that the forest as a whole (40.5 has) can capture, amount to 740.70 and 117.8 tonnes of CO₂ per year respectively. Once the total amount of CO₂ captured has been calculated and under a case of entry from the study area to the carbon markets, we identify that European markets represent a better area of opportunity for the capture of additional economic income, enabling sanitation, restoration and conservation of this protected natural area. We are confident that the information generated in this work can contribute to the generation of public policies aimed at the use and management, adequate and sustainable of natural resources.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad nuestro planeta se enfrenta a la mayor crisis ambiental, provocando las pérdidas y amenazas de su biodiversidad debido a las actividades humanas, las cuales han alterado el ambiente a escala global, propiciando el cambio de uso de suelo, la alteración de la movilidad de la biota y la modificación de los ciclos biogeoquímicos (Cornejo – De Latorre, 2014).

El origen del cambio en el ambiente surge como una consecuencia directa de la interacción entre los seres humanos y su entorno, y se remonta al inicio del desarrollo de la agricultura, hace más de 8 000 años. Estableciendo de esta forma un precedente donde las sociedades humanas comenzaron a desarrollar una gran capacidad de transformación a su entorno, lo cual ha ido incrementando de manera progresiva en función de los grandes avances tecnológicos (Cornejo – De Latorre, 2014).

A consecuencia de la crisis ambiental que enfrentamos, desde los años 60's y 70's, los términos “desarrollo sustentable” y “servicios ecosistémicos” aparecieron en escena.

El término “desarrollo sustentable” surgió en el ambiente gubernamental, principalmente en el ámbito de la gestión ambiental, mientras que la palabra “servicios ecosistémicos o ambientales” emergieron en el mundo científico (Montes, 2007).

El Desarrollo Sustentable se presenta por primera vez en el informe Brundtland o “Nuestro Futuro Común” en 1987 y en el que se resume como “Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”.

Con respecto a los Servicios Ecosistémicos Gretchen Daily en 1997 los define como las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas y las especies que los componen, sostienen y satisfacen la vida humana, posteriormente en los Ecosistemas del Milenio (2005) los conceptualiza como todos los beneficios que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas, posteriormente Daily (2009) recopilando las opiniones de varios ecólogos sintetiza “las personas y las instituciones aprecian los sistemas naturales como activos vitales, y reconocen los roles centrales que estos activos desempeñan en el apoyo al bienestar humano”

Desde la década de los 70, se ha incrementado la preocupación por la pérdida acelerada de la superficie forestal, la constatación de los límites de un desarrollo rural basado en la producción maderera y un nuevo enfoque forestal centrado en las comunidades más pobres que viven en torno a los bosques marcan el inicio de una importante transición hacia modelos de gestión forestal integrados que cuestionan la visión monodimensional del bosque como productor exclusivo de madera.

La primera fase de esta transición aborda una revalorización del bosque extendiendo su producción de bienes a otros dominios, especialmente los productos forestales no maderables (PFNM) que, pese a su extensa utilización y su importancia para las economías campesinas de zonas forestales, habían prácticamente desaparecido de las políticas y de las estadísticas forestales oficiales (Ruiz – Pérez *et. al.*, 2007).

En la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, efectuada en Río de Janeiro en 1992, se adoptó una declaración no formal que enfatiza la importancia de incorporar los costos y beneficios ambientales en los mecanismos de mercado con el fin de lograr una mejor aceptación para la conservación y el manejo sostenible de los recursos forestales en el ámbito local, nacional e internacional (Ordoñez, 2008).

Los acuerdos hacen hincapié en que para disminuir los incrementos en los niveles de emisión de los gases con efecto invernadero, se puede descontar ésta, en los balances nacionales, la captura que se genera por medio de proyectos destinados a la conservación forestal financiados en cualquier lugar del mundo.

Con estos acuerdos se abrió la posibilidad de incluir los costos y beneficios ecológicos en los sistemas de manejo de los recursos naturales (en especial los recursos forestales, dado que representan los más importantes servicios ambientales, como lo son la captura de carbono y la conservación de biodiversidad, suelo y agua) (Ordoñez, 2008).

Los acuerdos internacionales que se derivan de estos movimientos ambientales hacen hincapié en el uso y manejo adecuado de los recursos naturales, en particular la cobertura forestal, como una de las medidas prioritarias que servirá para ayudar a reducir las grandes cantidades de carbono presentes en la atmósfera y de esta manera contribuir a la reducción del calentamiento global y minimizar los efectos que el cambio climático ejerce en el ambiente y en los seres vivos.

Un acuerdo muy importante es el Plan de Acción de Bali surgido en 2007 dentro de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, se centra en cuatro módulos principales – mitigación, adaptación, tecnología y financiación; incluye un objetivo global a largo plazo para la reducción de emisiones. En esta reunión se incluyeron el uso de enfoques por sector, enfoques para mejorar la rentabilidad de las acciones de mitigación, incluidos los mecanismos de mercado, y el tema de la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques en países en desarrollo (REDD).

Los sistemas de distribución de beneficios deben proveer incentivos efectivos para las acciones REDD y deben construir apoyo y legitimidad para sus mecanismos. Para alcanzar este objetivo dual, los beneficios deben ser compartidos más allá de lo que un enfoque estricto sobre incentivos efectivos prescribiría. Siendo que uno de estos mecanismos es el Pago por Servicios Ambientales.

En México es la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), que a través del programa ProÁrbol, otorga incentivos a los propietarios de los terrenos forestales, para implementar distintas actividades, productivas y de conservación, como el Pago por Servicios Ambientales, este fue diseñado para proveer incentivos económicos a los dueños de terrenos forestales (ejidos, comunidades y pequeños propietarios) para apoyar prácticas de conservación y evitar el cambio de uso del suelo de las zonas forestales en reconocimiento a los servicios ambientales que proveen sus predios.

Actualmente y a 16 años de haberse creado el programa mencionado anteriormente, existen 2.3 millones de hectáreas forestadas en el país, en donde más de tres mil ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios, de manera consciente y comprometida conservan los ecosistemas que habitan (CONAFOR, 2019).

Pero aún es importante considerar que en nuestro país actualmente pierden aproximadamente 155,000 has de bosque por año (aprox. una tasa del 0.12%), principalmente por cambio de uso de suelo para agricultura y ganadería (CONAFOR, 2019), por lo que es relevante fomentar diferentes mecanismos para incrementar la superficie forestal y su conservación.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una evaluación del servicio ambiental captura de carbono en un bosque templado, con él buscamos hacer tangible este servicio ambiental que es uno de los menos considerados en este tipo de ecosistemas.

El área de estudio en la que se llevó a cabo este proyecto, Cerro el Faro, se encuentra localizada en la comunidad de San Rafael, perteneciente al municipio de Tlalmanalco en el estado de México, por sus características el ecosistema predominante es el bosque templado, siendo *Pinus*, *Quercus* y *Cupressus* los géneros con mayor representación en el área.

En esta zona de estudio realizamos la estimación de la captura potencial de carbono, esta estimación nos permitirá conocer la cantidad de carbono que se captura y que podría ser capturado en esta zona si se realiza un uso y manejo adecuado de este ecosistema.

Se realizó también una valoración económica de este servicio ambiental con ayuda del método de valoración contingente, mediante la aplicación de encuestas, éste es un método propuesto por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, de las Naciones Unidas (CEPAL, 1994).

Este método es considerado como un procedimiento razonable que permite medir la pérdida de utilidad, de los bienes y servicios ambientales, también permite evaluar aspectos relevantes de la conservación de los recursos naturales, así como demostrar los impactos económicos derivados de la pérdida o ganancia de estos, es método capaz de estimar valores de no uso (opción y existencia), es de gran flexibilidad para valorar todo tipo de situaciones y bienes públicos, y evalúa la disposición a pagar (DAP) y también permite obtener la disposición a ser compensado (DAC).

La información generada en este trabajo estará disponible para su uso y dispuesta a consideración en la generación de políticas públicas encaminadas al uso y manejo de recursos naturales, puesto que permitirá realizar una comparación de costos y beneficios: financieros, ambientales y sociales derivados de manejo adecuado de estos.

En este trabajo se obtuvieron datos importantes, observamos que la población tiene un concepto de la conservación que no está relacionado con la conservación de los recursos naturales, desde un sentido científico o académico, así mismo la población difícilmente asigna un valor al bosque, por sí mismo es decir el valor asignado está ligado a la utilidad de que le dan a este, además no perciben que se puede conservar a la naturaleza a través de un pago por mantener la provisión del servicio ambiental, ya sea recibirlo o aportarlo.

Se observo que existe una relación importante entre la calidad de sitio, la captura de carbono y el beneficio económico que podrían recibir los bosques y las comunidades que dependen este para su subsistencia, gracias al servicio ambiental, captura de carbono.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

1. ECOSISTEMA

Desde su aparición, el hombre ha progresado en diferentes disciplinas, sin embargo, su desarrollo biológico sigue dependiendo de procesos naturales que se originaron y evolucionaron en el contexto de sistemas ecológicos (Maass y Martínez-Yrizar, 1990).

Existe una clara dependencia de todos los seres vivos por el medio ambiente, sin dejar de lado a los seres humanos, esta dependencia se da, debido a que necesitamos de los sistemas naturales para llevar a cabo distintos procesos biológicos, puesto que son la fuente de los requerimientos de nuestro cuerpo para subsistir, por ejemplo, necesitamos del oxígeno producido por los organismos fotosintéticos, así mismo aprovechamos las diferentes fuentes de nutrición que los recursos naturales nos proveen.

1.1. Definición

De manera general podemos decir que un ecosistema es una combinación compleja y dinámica de plantas, animales, microorganismos y el entorno natural, que existen juntos como una unidad y dependen unos de otros (Unión Europea, 2010).

En 1935, Tansley propuso que la distribución de las especies y su ensamble estaban fuertemente influidos por el ambiente asociado, por lo que propuso que la comunidad biótica constituía una unidad integral junto con su ambiente físico, proponiendo entonces el término “ecosistema” para designar a esta unidad integral (Maass y Martínez-Yrizar, 1990).

En otras palabras, el termino *ecosistema*, establecido por Tansley, podría interpretarse como el “complejo de organismos junto con los factores físicos de su medio ambiente” localizados en un lugar determinado y es propuesto, además, como una de las unidades básica de la naturaleza (Armenteras *et. al.*, 2016)

El concepto de ecosistema, no es un concepto estático, éste se ha ido transformando y evolucionando a lo largo del tiempo, conforme se realizan más trabajos en el área de la ecología, parte de esta transformación temporal del concepto se resume en la siguiente tabla.

Tabla 1. Principales conceptos propuestos de ecosistema, desde 1942 a la actualidad, año y autoría. Tabla tomada y modificada de: Armenteras *et. al.*, (2016).

AÑO	CONCEPTO	AUTORÍA
1942	Sistema integrado de procesos físicos, químicos y biológicos dentro de una unidad espacio-temporal de cualquier magnitud.	Lindeman
1954	Cualquier parte de la superficie terrestre donde la biocenosis se mantiene uniforme, como también lo hacen las partes correspondientes de la atmósfera, litosfera, hidrosfera y pedosfera, y en donde, consecuentemente, la interacción de estas partes se mantiene uniforme.	Soukatchev
1956	Unidad básica tan importante para la ecología como lo es la especie para la taxonomía.	Evans
1961	Unidad topográfica, objeto geográfico, extendido sobre una parte específica de la superficie de la Tierra por un tiempo determinado. Esto lo hace único en el espacio y en el tiempo.	Rowe
1971	Unidad que incluye todos los organismos en un área determinada que interactúan con el ambiente físico, y por lo tanto el flujo de energía define de manera clara la estructura trófica, la diversidad biótica y los ciclos de materiales dentro del sistema o el ecosistema. El ecosistema es la unidad básica fundamental en la ecología.	Odum
1973	Sistema interactivo, conformado por los organismos bióticos y su ambiente abiótico.	Ellenberg
1980	Biocenosis homogénea desarrollada dentro de un ambiente homogéneo.	Duvigneaud
1981	Un ecosistema consiste en organismos vivos en un ambiente abiótico, que se comportan como un sistema debido a que existen relaciones dinámicas específicas entre estos componentes. Además, tiene una característica cibernética ya que existe una coordinación, regulación, comunicación, y el control de estas relaciones.	McNaughton y Coughenour
1981	Un ecosistema consiste de componentes bióticos y abióticos que cambian y evolucionan juntos, este término implica una unidad de coevolución.	Jordan
1992	Complejos que las entidades individuales, tales como células, organismos, entidades inorgánicas, etc., forman con su entorno. Los ecosistemas son un todo cuyas partes incluyen a los vivos y no vivos, procesos y su asociado biogeográfico y físico-químico, energético, materiales y parámetros de información dentro de un tiempo y espacio, junto con porciones de los alrededores de estas unidades.	Jorgensen, Patten y Straskraba
1992	Un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos, y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional, y en el que el hombre se considera como parte integral (Artículo 2, CDB).	Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)
1993	La comunidad y el ambiente abiótico funcionan conjuntamente como un sistema ecológico o ecosistema.	Odum

AÑO	CONCEPTO	AUTORÍA
1993	Un ecosistema es una estructura de interacción de los organismos y su medio inorgánico, que es abierto y, en cierta medida, capaz de autorregularse.	Klötzli
1994	Componentes bióticos y abióticos de relevancia ecológica directa e indirecta son parte del ecosistema y tienen un carácter jerárquico en la estructura y los procesos, lo que significa que hay dependencia entre los componentes. Además, los ecosistemas se pueden distinguir a diferentes escalas.	Klijn y Udo de Haes
1997	Una unidad que comprende a una comunidad (o comunidades) de organismos y su ambiente físico y químico, a cualquier escala (especificada), en la que hay flujos continuos de materia y energía.	Willis
1997	No son entidades identificadas y definidas por límites. Son ensamblajes que exhiben patrones característicos sobre un rango de escalas de tiempo y espacio, y organización compleja.	De Leo y Levin
2000	Un ecosistema es una comunidad biológica y su medio ambiente que hacen parte de un único sistema, en este sentido, el ecosistema es el primer nivel en el orden jerárquico tradicional de los sistemas biológicos y se ha utilizado ampliamente para describir una unidad relativamente discreta de la naturaleza.	Blair, Collins y Knapp
2000	Sistema biótico y funcional, capaz de mantener la vida incluyendo todas las variables biológicas. Donde la escala espacial y temporal no se especifica a priori, sino basado en los objetos de estudio del ecosistema.	Jorgensen y Muller
2001	Sistemas abiertos que intercambian materia, energía y organismos entre ellos, diferenciándose arbitrariamente.	Noss
2003	Complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos y el medio ambiente inorgánico que interactúan como una unidad funcional.	Evaluación de los ecosistemas del milenio (ONU)
2011	Sistema integrado por una comunidad de $\{0\dots n\}$ sistemas bióticos dentro de un único sistema físico conocido como la arena.	Gignoux, Davies, Flint y Zucker

Como se aprecia en la tabla anterior desde la primera definición del concepto se aprecia que se involucra una conjunción de elementos físicos y biológicos que se encuentran interactuando para formar una unidad, los diferentes autores lo han ido acotado y principalmente lo han enriquecido.

Uno de los conceptos más importantes sobre los ecosistemas, es el de la evaluación de los ecosistemas del milenio (MEA, 2003) esta iniciativa de la organización de las naciones unidas, define a los ecosistemas como: *un complejo dinámico de comunidades de plantas,*

animales y microorganismos y el medio ambiente inorgánico que interactúan como una unidad funcional.

Posteriormente a esta definición se han desarrollado una gran cantidad de metodologías de estudio de los ecosistemas a lo largo de todo el planeta, incorporando conceptualizaciones como servicios ambientales y cambio de uso del suelo (May, 2019), Análisis espacial de los servicios ambientales (Willemen, 2020), Rompimientos Ecológicos por cambio climático (Christopher, 2020): y de acuerdo con el estudio de Carmel *et al* (2013), se ha tenido una disminución en los estudios sobre especies individuales y se ha dado un incremento en estudios sobre comunidades, incrementándose los estudios de los ecosistemas y el cambio climático, estudios de biodiversidad y el estudio de la modelación de los ecosistemas.

En nuestro país la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales -SEMARNAT- (2003), define a los ecosistemas como *unidades que incluyen a la totalidad de los organismos de un área determinada en su interacción con el medio físico para generar estructuras y funciones.*

De acuerdo con Maass y Martínez-Yrizar (1990), los ecosistemas se caracterizan por: 1) ser sistemas abiertos; 2) estar formados por elementos bióticos y abióticos; 3) poseer componentes que interactúan, estableciendo mecanismos de retroalimentación; 4) presentar interacciones que establecen redes tróficas e informacionales; 5) estar estructurados jerárquicamente; 6) cambiar en tiempo; y 7) poseer propiedades emergentes.

Para este trabajo se considera que un ecosistema estaría definido como el conjunto de seres vivos que interactúan en un área definida, en menor o mayor grado con diversos factores abióticos estableciendo enlaces que permiten su desarrollo y el de otros seres vivos.

Dentro de las definiciones de ecosistema revisadas y mencionadas más arriba, consideramos que el bosque en el que realizamos el presente trabajo se ajusta más a la definición clásica de ecosistema propuesta por Odum (1971), así como a la definición propuesta por la SEMARNAT (2003) donde se destaca que, de la interacción de los factores bióticos y abióticos, se generan estructuras y funciones por parte de los ecosistemas.

Este trabajo se realizará en un ecosistema de bosque templado, que tiene diversas características importantes, como lo es, su ubicación dentro del complejo de Sierra Nevada en la parte baja del Volcán Iztaccíhuatl, haber sido un bosque concesionado a la fábrica de papel de San Rafael, por lo que fue sujeto a manejo forestal, y que desde 1998 fue separado

de esta actividad, convirtiéndose en ANP desde 2003, actualmente puede considerarse como un área conservada y al estar bajo el resguardo de la Universidad Autónoma Metropolitana se permite realizar trabajos de investigación de diversa índole, siendo este un estudio relevante para esta zona.

1.2. Tipos de ecosistemas

Cada una de las características mencionadas anteriormente, se encuentran presentes en cada uno de los ecosistemas, sin embargo, no interactúan de la misma forma, la ausencia de esta interacción uniforme de los factores mencionados, hace que los ecosistemas sean distintos entre sí y posean características muy particulares.

Los ecosistemas pueden concebirse y estudiarse en diversos tamaños, por ejemplo: un estanque, un lago, una extensión de bosque, una poza pasajera en la hendidura de un árbol y una cuenca oceánica, inclusive un cultivo de laboratorio (micro ecosistema) proporcionarán una unidad apropiada de estudio (Odum, 1972; MEA, 2003).

Con base en sus características podemos decir que los ecosistemas pueden ser terrestres, de agua dulce o marinos, o pueden ser creados y administrados por el hombre (agricultura, cultivos de laboratorio etc.)

Para su estudio podríamos dividir a los ecosistemas en dos grandes grupos, los ecosistemas naturales y los antropocéntricos.

Independientemente de su origen ambos tipos de ecosistemas son de utilidad para los seres vivos, con respecto a la provisión de bienes y servicios ambientales, en ambos casos son producidos.

Puesto que ambos grupos de ecosistemas responden a las mismas leyes ecológicas y fisicoquímicas, y, por lo tanto, los dos tipos de ecosistemas pueden proveer servicios ambientales, solo varían en la cantidad y la calidad de estos (SEMARNAT, 2003).

Por un lado, los ecosistemas naturales son el resultado de millones de años de procesos de evolución biológica y ecológica que han conducido a complejas redes de vida y por otro, los ecosistemas antropogénicos (no naturales o seminaturales) son los que han sido construidos, o bien, aquellos de naturaleza biológica pero que han sido alterados significativamente (SEMARNAT, 2003).

A los ecosistemas naturales, los podemos dividir en dos grandes grupos: los acuáticos y terrestres, dentro del primer grupo podemos encontrar ecosistemas de agua dulce (lagos, estanques, ríos, manantiales), a los ecosistemas marinos y a los estuarios.

Entre los ecosistemas terrestres podemos encontrar: Bosques, Selvas, Matorrales, Pastizales, Humedales y Cuevas entre otros.

De acuerdo con Odum (1972), factores como el clima (temperatura, humedad, luz, etc.) y el substrato (fisiografía, suelo, etc.), son factores que juntamente con las interacciones de la población deciden la naturaleza de las comunidades y los ecosistemas terrestres.

Las diferentes interacciones entre los factores bióticos y abióticos, en nuestro planeta, hace que los ecosistemas sean tan diversos y que permitan el sustento a las distintas formas de vida, así como a todas las actividades de los seres humanos. Siendo los bienes y servicios que proporcionan vitales para el bienestar y el desarrollo económico y social de los seres humanos (Unión Europea, 2010).

En nuestro país la vegetación es muy diversa, formando una gran cantidad de ecosistemas, de forma general se tiene que desde el punto de vista forestal se cuenta con una superficie del 72% de la superficie de nuestro país de la cual el 16% corresponde a Bosques, el 14% a Selvas, el 30% a Zonas Áridas y el 11% a zonas perturbadas (SEMARNAT, 2013)

Las comunidades de clima templado a frío de México, contienen el 50% (50 especies) de especies de pinos del mundo y cerca del 33% (200 especies) de encinos, son bosques importantes por la provisión de servicios ambientales, retienen el agua de lluvia, facilitan que se infiltre al subsuelo y se recarguen los mantos acuíferos, disminuyen la erosión al reducir la velocidad del agua y sujetar la tierra y reducen el riesgo de inundaciones, en el proceso de fotosíntesis los árboles, como todas las plantas, capturan dióxido de carbono y devuelven oxígeno, ofrecen multitud de hábitats distintos para gran variedad de seres vivos., proveen de una variedad de productos del cual la madera es muy importante (Biodiversidad Mexicana, 2019).

2. BOSQUES

Los bosques del mundo (templados y tropicales) resultan ser muy importantes, puesto que capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre, por lo tanto, podemos decir son actores fundamentales para la mitigación de GEI por medio de la captura de carbono en los diferentes ecosistemas vegetales, conocidos como sumideros (Benjamín y Masera, 2001).

De acuerdo con el Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés) el 30% de los bosques a nivel mundial han desaparecido, mientras que el 20% se ha degradado y solamente el 15% de los bosques permanece intacto (WRI,2019).

Los bosques juegan un papel importante en la provisión de bienes y servicios ambientales, los cuales sustentan y permiten en gran medida el desarrollo de los seres vivos en nuestro planeta, por ejemplo: la regulación del clima de la tierra, mediante la captura de carbono por parte de la cobertura vegetal.

The Eliasch Review (2008), un reporte independiente del gobierno de Reino Unido, que promueve mecanismos necesarios para apoyar a la gestión sustentable de los recursos forestales y la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación, menciona que el sector forestal a nivel mundial produce un estimado de 5.8 GtCO₂ anualmente y se calcula que el costo total de daños de la pérdida de bosques para la economía global podría ser de \$12 billones en términos de valor presente neto.

México es uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo. Su ubicación geográfica, su complejidad orográfica y geológica, así como su variedad en climas permite que el 70.2% de la extensión total del territorio presente casi todos los tipos de vegetación natural terrestre. De esa superficie con vegetación natural terrestre, 33% lo conforman ecosistemas forestales arbolados (bosques y selvas), (CONAFOR, 2011).

2.1. Definición.

En el programa de evaluación de los Recursos Forestales Mundiales, FRA por sus siglas en inglés (2015), proyecto desarrollado por la FAO, un bosque es definido como: *Tierras que se extienden por más de 0,5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 metros y una cubierta de dosel superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar*

esta altura in situ. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano.

Por otro lado, de legislación mexicana define a los ecosistemas forestales como: *La unidad funcional básica de interacción de los recursos forestales entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados* (LGDFS, 2018).

Los bosques del mundo (templados y tropicales) resultan ser muy importantes, puesto que capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre, por lo tanto, podemos decir son actores fundamentales para la mitigación de GEI por medio de la captura de carbono en los diferentes ecosistemas vegetales, conocidos como sumideros (Benjamín y Masera, 2001).

2.2. Tipos de bosques

De acuerdo con CONABIO (2008), los bosques pueden ser dividirse en diferentes tipos, de acuerdo a la relación de los componentes bióticos y abióticos, estos pueden ser:

- *los bosques tropicales perennifolios*, en este grupo son englobadas las llamadas selvas altas y medianas perennifolias y subperennifolias del trópico húmedo
- *los bosques tropicales caducifolios*, en este tipo de bosque se incluyen a las selvas bajas y medianas caducifolias, y subcaducifolias y a las selvas espinosas.
- *los bosques mesófilos de montaña*, estos son comunidades de gran diversidad en su estructura y composición, que comparten ambientes templados muy húmedos).
- *los bosques templados de coníferas y latifoliadas*, por ejemplo: bosques de pino, oyamel, ayarín, cedro, táscate, de encinos y mixtos de pino y encino, en distintas proporciones.

2.3. Bosques templados

Los bosques templados de México son el segundo bioma más extenso del país (21% del territorio) y uno de los más biodiversos a nivel mundial, debido, en parte, a que la mayoría de las especies que conforman el estrato arbóreo tienen su centro de origen en las montañas del territorio nacional (Guzmán-Mendoza et. al., 2014).

De manera general, estos bosques se subdividen entre los de clima templado subhúmedo, que predominan en extensión, y los de clima templado húmedo. Los primeros se dividen en bosques de coníferas (de pino, abeto u oyamel, ayarín, cedro y táscate), bosques de latifoliadas (en los cuales los encinos son dominantes) y bosques mixtos de pino y encino, en distintas proporciones (CONABIO, 2008).

Los bosques de clima templado húmedo son casi exclusivamente bosques mesófilos de montaña, aunque algunos bosques de oyamel pueden encontrarse en estas condiciones (CONABIO, 2008).

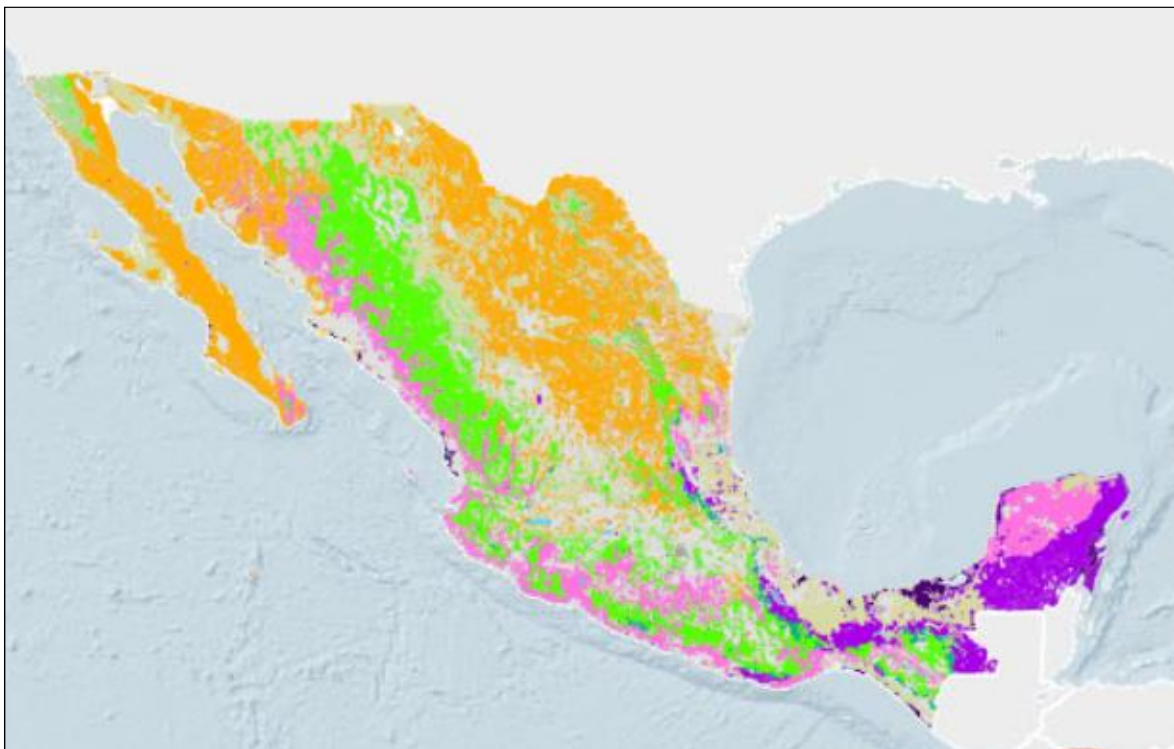


Figura 1. Distribución de la vegetación en México. En verde se muestra la distribución de los bosques templados-fríos. Fuente CONABIO, 2019

La zona de estudio se encuentra localizada dentro de un bosque mixto, una asociación de pino- encino. De acuerdo con el Inventario Nacional Forestal y de suelos (2018) los bosques conformados por la asociación de pino encino ocupaban 5,186,551.08 hectáreas de extensión hasta el 2014 (INFyS, 2018).

Estos bosques, tienen una predominancia de una u otra especie y cubren una superficie potencial de más de 16 millones de hectáreas en nuestro país, son, además, áreas de transición o ecotonos entre los bosques de encino y los de pino, predominando los primeros

a menor altitud y los de pino a mayor altitud. Ocupando áreas con climas más bien templados en una topografía cerril con pendientes bajas hasta del 60% (CONABIO, 2008; Gaviño de la Torre, 2015).

2.4. Importancia de los bosques.

En la actualidad los investigadores y el público en general se ha dado cuenta de que los bosques ofrecen mucho más que simplemente madera. Los bosques proporcionan oportunidades recreativas y contribuyen a nuestra salud y bienestar. No sólo regulan las temperaturas locales y protegen los suministros de agua potable, también actúan como sumideros de carbono y mitigan el cambio climático. Los bosques también juegan importantes papeles económicos, sociales, y culturales en las vidas de muchas personas, especialmente en las de las comunidades indígenas (CDB, 2020).

De acuerdo con la FAO (2007) los bosques son los ecosistemas terrestres más extensos, ocupando el 30% de la superficie emergida del planeta, se estima que estos ecosistemas albergan al menos el 75% de las especies continentales y una parte importante de la biomasa terrestre.

Por su extensión y el carácter maduro o en estadios sucesionales avanzados de la mayor parte de los bosques, estos desempeñan funciones ambientales de gran importancia a distintas escalas, desde la local a la global (Ruiz – Pérez *et. al.*, 2007).

Los bosques han permitido a los seres humanos y diversos seres vivos subsistir, para algunos seres vivos el bosque representa la principal fuente de provisión de alimentos y de los recursos necesarios para su desarrollo, como son materiales para construcción, leña, agua, medicamentos, entre otros.

En el reporte del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, el CDB, señala que cerca del 80% de las personas que viven en países en desarrollo dependen de las medicinas tradicionales: hasta la mitad de estas sustancias medicinales tiene su origen en plantas que se encuentran principalmente en bosques tropicales. En este mismo reporte se menciona que dos tercios de las ciudades más grandes de los países en desarrollo dependen de los bosques que hay a su alrededor para su suministro de agua limpia

Los bosques representan una importante fuente de insumos para el capital natural del planeta. En el caso de México se ha calculado que la contribución total a la flora fanerogámica, solamente los ecosistemas de clima templado subhúmedo, aportan alrededor de 7 000 especies, que representan prácticamente la cuarta parte de la flora nacional (CONABIO, 2008).

2.5. Situación actual en México.

De acuerdo con el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) para el 2014, se contabilizaron cerca de 137.8 millones de hectáreas de superficie forestal, lo que representa 70.5% de las 195.6 millones de hectáreas del territorio nacional.

Siendo los ecosistemas conformados por coníferas uno de los más representativos dentro de la vegetación primaria, es decir aquella vegetación que no presenta alteración, ocupando 5,210,733.81 hectáreas. De manera particular los bosques conformados por la asociación de pino encino ocupaban 5,186,551.08 hectáreas en el 2014 (INFyS, 2018).

Más recientemente el instituto de recursos mundiales WRI, por sus siglas en inglés, reporta que México posee una superficie forestal estimada en 139 millones de hectáreas y que 60% de esa superficie forestal está conformada por bosques y selvas (WRI, 2019).

Los bosques de México se encuentran en su mayoría, aunque no exclusivamente, en las zonas montañosas a lo largo de la Sierra Madre Occidental (la zona de mayor concentración de ecosistemas boscosos del país), la sierra madre Oriental, la del Sur y del Sur de Chiapas, el Eje Neovolcánico, la Sierra Norte de Oaxaca y los Altos de Chiapas, así como en distintas serranías y montañas aisladas en el Altiplano y entremezclados en las planicies tropicales (CONABIO, 2008).

México ocupa el doceavo lugar en cuanto a existencia de superficie boscosa en el mundo. Cada uno de los diferentes tipos de bosque presente en el país, cumple con una variedad de servicios ambientales diferente y proporciona oportunidades de explotación con fines productivos a múltiples comunidades (CIDAC, 2014).

Sin embargo, según datos del Instituto de Recursos Mundiales durante el 2018, México fue el decimoséptimo país a nivel mundial que más cobertura forestal perdió, con cerca de 268 mil hectáreas de superficie forestal, considerado a este como el tercer registro más alto de

la década. Los cuatro estados con mayor pérdida de cobertura forestal en el país fueron: Campeche, Oaxaca, Veracruz y Chiapas (WRI, 2019).

En nuestro país, las principales causas de la degradación y pérdida de la superficie forestal están relacionadas a la sobreexplotación, la tala ilegal y a los incendios forestales, así como factores demográficos tales como el incremento de desarrollo de actividades ganaderas, las plagas propias de la vegetación y la expansión de la frontera agrícola (FAO, 2004).

Por lo anterior, en nuestro país, entre los principales retos a vencer por parte del sector forestal, se encuentran la inseguridad de la tenencia de la tierra, la sobreexplotación y falta de planes de manejo adecuados del recurso forestal, así como la falta de gobernanza en ejidos y comunidades en temas de producción forestal comercial y la falta de un marco institucional y legal que facilite y promueva la producción forestal sustentable (WRI, 2019; FAO, 2004).

2.5.1. Aprovechamiento de los bosques.

En México el 70% de los bosques y selvas son propiedad de comunidades y ejidos, y alrededor de 3 mil comunidades realizan alguna actividad de aprovechamiento forestal, de las cuales 600 de ellas han constituido alguna empresa forestal comunitaria. De la población total que habita en los bosques, cerca de 5 millones son población indígena (CONAFOR, 2011).

Los recursos forestales en nuestro país se destinan principalmente para el uso doméstico, la madera extraída es principalmente usada para la construcción, también se utiliza como combustible (leña o para la elaboración de carbón vegetal) así mismo sirve como postes o cercos, es usada también, para la elaboración de muebles o herramientas de trabajo o partes de, y algunos usos de la vegetación asociada a los bosques son de tipo medicinal, comestible, melíferas y forrajeras (Orantes-García, 2013)

En el Anuario Estadístico de SEMARNAT (2017), se menciona que la producción maderera de ese año fue de casi 143 millones de m³vta para todo el país, siendo un poco más de 5 millones para el estado de México; de productos no-maderables se obtuvo una producción de un poco más de 1.2 millones de toneladas para el país y de 147,000 toneladas para el Estado de México. En particular para el Estado de México entre los productos no

maderables se tiene al musgo con 53,070 toneladas, la tierra de monte con 18,300 toneladas y las resinas con 1,350 toneladas.

El cambio en la percepción del valor integral de los bosques y cómo deben ser utilizados, está marcado por una concienciación creciente sobre la importancia de los recursos forestales y los servicios ambientales que estos proveen, así mismo por propuestas que permitan captar parte de este valor a fin de reducir la deforestación.

El estudio de los servicios ambientales forestales cubre un abanico de diferentes disciplinas de las que pueden ser objeto de estudio, estos pueden ser abordados desde el punto de vista biológico y ecológico, pero también lo pueden ser desde las ciencias básicas e ingenierías, así como de las ciencias económicas y sociales.

En su conjunto un trabajo interdisciplinario permitirá lograr una revalorización del bosque, y los bienes y servicios ambientales que este provee, el aprovechamiento integral debe ser materia sujeta a entidades interdisciplinarias que permitan un aprovechamiento sustentable de los recursos forestales en todas sus dimensiones (Vázquez *et. al.*, 2011).

3. SERVICIOS AMBIENTALES.

Derivado de los movimientos ambientales surgidos a finales de los años 60's y principios de los 70's, surgen a escena distintos conceptos cuyo principal objetivo era el de evidenciar la estrecha relación que existe entre el hombre y la naturaleza. Siendo uno de los más importantes el término "servicios ecosistémicos y servicios ambientales".

La primera formalización científica, desde el campo de la Ecología, del término "servicios ecosistémicos" fue propuesta por Daily (1997) en su libro "Servicios en la naturaleza"; donde los define como las condiciones y procesos a partir de los cuales, los ecosistemas y las especies mantienen y satisfacen la vida humana.

En 2003, surge un concepto muy amplio de los servicios de los ecosistemas que ganó la atención del mundo, gracias a la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, por sus siglas en inglés) publicada por las Naciones Unidas.

Este concepto es uno de los términos más utilizados y pone especial atención a los vínculos que hay entre los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano. Definiendo a los servicios ecosistémicos como *los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas* (MEA, 2003).

El concepto de servicios ecosistémicos evoluciona desde la ecología con criterios de valoración denominándose bienes y servicios ambientales, esenciales en el funcionamiento de los ecosistemas, el suministro de bases primarias para la producción de alimentos y el bienestar humano (Caro-Caro y Torres-Mora, 2015).

Sin embargo, en las últimas décadas, en los ámbitos académico y científico se ha generado un importante debate en torno a la génesis y al reconocimiento del término "servicio ecosistémico" (SE) y "servicio ambiental" (SA), así como a la búsqueda de políticas y mecanismos de mercado que permitan consolidarlos y darles utilidad efectiva en la protección del ambiente. En la literatura internacional no existe un claro consenso entre la diferencia conceptual de los términos SA y SE; tampoco se refleja explícitamente el origen de uno y otro (Mora, 2012).

3.1. El origen del concepto, servicios ambientales o servicios ecosistémicos

En el año de 1970 se menciona por primera vez el término servicios ambientales, en el reporte titulado "Study of Critical Environmental Problem". Este reporte aborda el estudio de los efectos de las actividades humanas sobre los ecosistemas y el clima. Pero es hasta el año de 1997 donde surge más claramente el concepto de servicios ambientales, en los medios académicos con las publicaciones de Daily "Nature services" y Constanza "The value of world's ecosystem services and natural capital", sin embargo, hoy en día a nivel académico no está establecido de forma clara y definitiva el límite entre uno y otro término, siendo recurrente en la literatura el uso indiscriminado de ambos términos. (Mora, 2012).

En la actualidad, el término servicio ambiental, ha sido un concepto cada vez más aplicado a la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, así como al bienestar humano y la implicación de las intervenciones antropogénicas en el medio natural (Corredor-Camargo *et. al.*, 2012).

Este término, se ha utilizado principalmente entre tomadores de decisiones y otorga mayor peso al concepto de "ambiente" o "medio ambiente" en el que no se explican las interacciones necesarias para proveer dichos servicios (Vázquez *et. al.*, 2011)

Balvanera y Cotler (2007), coinciden con Vázquez *et. al.* (2011) puesto que expresan que los términos "servicios ecosistémicos" y "servicios ambientales pueden ser utilizados sin distinción, el primero se refiere al ecosistema y sus interacciones y los beneficios a los seres humanos, el segundo término alude al concepto de "ambiente", que no hace explícitas las interacciones para proveer servicios y se utiliza por tomadores de decisiones.

Mora (2012), enfatiza que el concepto de servicios ecosistémicos es el más extendido, principalmente en la literatura relacionada con ecología, mientras que la literatura económica utiliza en mayor medida el término servicios ambientales. Y que es partir del 2002, cuando se publicaron algunos de los primeros trabajos que incorporan el término "pago", haciendo referencia al reconocimiento económico que se debía realizar por los servicios ambientales (SA).

Por otro lado, la manera en la que se aborda el concepto de servicios ambientales desde una óptica política, difiere entre un país y otro, por ejemplo, en la legislación ambiental de Perú los servicios ambientales son definidos como *aquellos beneficios que proveen los ecosistemas a las personas, para que estas a su vez hagan uso de ellos con el fin de*

mejorar su calidad de vida (Ministerio del Ambiente, Perú. 2020) una definición más cercana a la de los servicios ecosistémicos.

Por otra parte, Caro-Caro y Torres-Mora (2015), mencionan que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible colombiano, acepta como la definición de servicios ambientales a lo enunciado por Constanza *et al.*, (1997) y que se refiere en general al flujo de materiales, energía e información del capital natural, combinado con capital humano o manufacturado para el bien humano, y amplía esta definición al suministro de recursos ambientales o saneamiento ambiental, prestados por industrias y organizaciones sociales, como los servicios de alcantarillado, recogida y disposición de basura, saneamiento y servicios similares, al igual que servicios de reducción de emisiones de los vehículos y servicios de reducción del ruido, entre otros, más no están necesariamente relacionados con los procesos y funciones de los ecosistemas, como sí lo están los servicios ecosistémicos

En nuestro país Ezzine de Blas, *et. al.* (2017) señalan que hablamos de un servicio ambiental cuando se describe la acción humana sobre el ecosistema, menciona por ejemplo que reforestar, abrir brechas cortafuegos para evitar incendios o enriquecer praderas con plantas que atraigan a polinizadores, son servicios ambientales, es decir los servicios ambientales están constituidos por la o las acciones que el ser humano realiza sobre el ambiente para conservar, restaurar o aumentar los servicios ecosistémicos de los que se va a beneficiar.

En estas dos últimas definiciones se menciona la intervención del hombre sobre los servicios ecosistémicos con la finalidad de contribuir con su conservación, mantenimiento o provisión, transformándolos en servicios que contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas. Dada la naturaleza de este trabajo consideramos pertinente el uso del término servicios ambientales.

3.2. Distinción entre bienes ambientales y servicios ambientales

Como se menciona anteriormente, el término “servicios ambientales” se ha ido utilizado con mayor frecuencia entre los tomadores de decisiones, puesto que en él no se explican forzosamente las interacciones necesarias que se dan dentro de los ecosistemas y que resultan en la provisión de dichos servicios, por este carácter resulta más cómodo de utilizar en la toma de decisiones.

Como consecuencia de la dinámica ambiental actual, el concepto de servicios ambientales, se ha extendido rápidamente en los escenarios gubernamentales, políticos, académicos y de la sociedad civil (Corredor-Camargo, et. al., 2012).

Es importante tener en cuenta, que existe una clara diferencia entre los términos bienes y servicios cuando hablamos del ambiente.

Los primeros, (bienes ambientales) son productos tangibles que podemos obtener de la naturaleza, por ejemplo: madera, frutos, agua, suelo, plantas medicinales, entre otros, es decir son aquellos de los que nos beneficiamos directamente los seres humanos (SEMARNAT, 2003).

A diferencia de los servicios ambientales, a estos bienes, históricamente se les ha asignado un valor que varía dependiendo del producto, además de que existe un mercado comercial, lo cual ha conducido a su sobreexplotación.

En cambio, los servicios ambientales, son beneficios intangibles en su mayoría, cuya utilización es indirecta, por ejemplo: captura de carbono, regulación del clima, belleza escénica, provisión de recursos genéticos, entre otros (SEMARNAT, 2003). En la mayoría de los casos estos servicios no cuentan con un mercado que “resalte” su importancia y el impacto que tienen para la sociedad.

México define en el artículo 7 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2018), a los servicios ambientales como *beneficios que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo forestal sustentable, que pueden ser servicios de provisión, de regulación, de soporte o culturales, y que son necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y que proporcionan beneficios al ser humano.*

De acuerdo con la SEMARNAT (2003) los servicios ambientales o ecosistémicos son los beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas ponen a disposición de la sociedad, ya sea de manera natural o como consecuencia de un manejo sustentable de los recursos naturales.

En consecuencia, para continuar con la producción y el suministro adecuado de los servicios ambientales, es necesario considerar los componentes, bióticos y abióticos, así como en los procesos que integran e interactúan en los ecosistemas.

3.3. Clasificación de los servicios ambientales

En la literatura relacionada al estudio y evaluación de los servicios ambientales, no se menciona un sistema de clasificación único que resulte apropiado para su uso en todos los casos.

La clasificación debe considerar aspectos como las características del ecosistema o fenómeno bajo investigación o de interés, el contexto de la toma de decisiones para el cual los servicios ambientales están siendo considerados, etc. (Vázquez et. al., 2011).

El sistema de clasificación de servicios ambientales más utilizado es de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millenium Ecosystem Assessment), esta es una iniciativa de las naciones unidas que tiene como objetivo evaluar las consecuencias de los cambios en los ecosistemas para el bienestar humano y las bases científicas para las acciones necesarias para mejorar la conservación y el uso sostenible de los mismos, así como su contribución al bienestar humano.

De acuerdo con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2003) los servicios ambientales son categorizados en:

Servicios de provisión: son aquellos servicios que se obtienen de manera directa de los ecosistemas siendo estos, elementos tangibles, por ejemplo:

- *Alimento y fibras*, este servicio ambiental comprende a los diferentes tipos de alimentos que son obtenidos de cualquier especie animal, vegetal o de los hongos principalmente, así mismo incluye a las fibras como, la madera, yute, cáñamo o seda, productos obtenidos de los distintos ecosistemas.
- *Combustible*, en este servicio de incluyen materiales biológicos que pueden servir como fuente de energía.
- *Recursos genéticos*, aquí se incluyen a los genes o información genética que es utilizada por los seres vivos o que podría ser utilizada en investigaciones biotecnológicas.
- *Recursos bioquímicos, medicinas naturales y productos farmacéuticos*, muchos de estos recursos son provistos por los diferentes ecosistemas.

- *Recursos ornamentales*, estos se refieren a productos derivados de los seres vivos, tales como pieles, conchas, flores, entre otros, que son utilizados como ornamentos, el uso o valor que estos tienen está determinado por los usos y costumbres de las diferentes culturas.
- *Agua dulce*, la provisión de agua dulce es un ejemplo de la relación que existe entre las diferentes categorías de los servicios ambientales, siendo, en este caso, un servicio de provisión y regulación.

Servicios de regulación: estos hacen referencia a los beneficios que se obtienen derivados de la regulación de los procesos que se dan en los ecosistemas.

- *Regulación de agua*, los ecosistemas influyen directamente en la regulación de las escorrentías, las inundaciones y en la recarga de los acuíferos, estos eventos pueden verse afectados por alteraciones en la cobertura del suelo, en particular, por las alteraciones que cambian el potencial de almacenamiento de agua del suelo, como la sustitución de los bosques por tierras de cultivo o por la urbanización de la zona.
- *Control de la erosión*, la cobertura vegetal tiene gran importancia en la retención del suelo y evita también los deslaves.
- *Mantenimiento de la calidad del aire*, los ecosistemas emiten y extraen diferentes químicos a la atmosfera influyendo en muchos aspectos en la calidad de aire.
- *Regulación climática*, los ecosistemas influyen en el clima, ya sea de manera local o global, de manera local, los cambios en la cobertura terrestre terminan por impactar directamente en la cantidad de precipitación y provocan cambios en la temperatura. De manera global los ecosistemas juegan un rol importante en la regulación del clima mediante el secuestro o emisión de gases de efecto invernadero.
- *Purificación de agua y tratamiento de residuos*, los ecosistemas contribuyen a la purificación del agua, mediante la filtración y contribuyen a la descomposición de los desechos orgánicos.

- *Regulación de enfermedades humanas*, los cambios producidos en los ecosistemas pueden alterar la abundancia de microorganismos patógenos para los humanos que están presentes en el ambiente, por ejemplo, la colera, estos cambios también pueden alterar la abundancia de vectores de enfermedades, tales como los mosquitos.
- *Control biológico*, los cambios en los ecosistemas afectan la prevalencia de cultivos, así como de plagas y enfermedades que pueden afectar a los seres vivos.
- *Polinización*, los cambios en los ecosistemas, afectan la distribución, abundancia y efectividad de los polinizadores.
- *Protección contra tormentas (eventos extremos)*, la presencia de ecosistemas costeros, como los manglares o arrecifes de coral, pueden reducir los daños causados por huracanes o grandes olas.

Servicios culturales, estos son beneficios intangibles que obtenemos de los ecosistemas, mediante el enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y experiencias ligadas con la estética de los ecosistemas.

Los servicios culturales están estrechamente vinculados al valor y comportamiento humano, no siempre son valores estáticos, cambian según la percepción humana y según la organización social, económica o política de la zona donde se localizan los ecosistemas.

- *Diversidad cultural*, la diversidad de los ecosistemas es un factor que influye directamente en la diversidad de las culturas.
- *Valor espiritual y religioso*, muchas religiones atribuyen valores religiosos y espirituales a los ecosistemas o sus componentes.
- *Sistemas de conocimiento (formal y tradicional)*, los ecosistemas influyen en los tipos de conocimiento desarrollados por diferentes culturas.
- *Inspiración*, los ecosistemas funcionan como una fuente de inspiración para el arte, folclore, símbolos nacionales o para proyectos arquitectónicos.

- *Valor estético*, muchas personas encuentran valores estéticos o belleza en los distintos ecosistemas, valores que son reflejados en el desarrollo de complejos ecoturísticos, parques y en la selección las zonas residenciales.
- *Relaciones sociales*, la diversidad de ecosistemas influye también en la manera en que las distintas culturas se relacionan entre sí. Por ejemplo, las sociedades pesqueras, difieren en muchos aspectos en sus relaciones sociales de las sociedades agrícolas o de pastoreo nómada.
- *Valor de patrimonio cultural*, muchas sociedades otorgan un valor importante a la conservación y mantenimiento de paisajes de importancia histórica o a especies significativas culturalmente.
- *Recreación y ecoturismo*, a menudo las personas se basan en las características de los paisajes naturales o artificiales para elegir el lugar adecuado donde pasar su tiempo libre.

Servicios de sustento o de soporte, este tipo de servicios son necesarios para que se generen los otros tipos de servicios, difieren de los otros servicios en que sus impactos en las personas se hacen de manera indirecta u ocurren en un lapso de tiempo no inmediato. Algunos autores refieren que estos servicios están ligados principalmente al suelo.

- *Formación de suelo*, es un servicio que no es utilizado de manera directa por los humanos, pero los cambios que se dan en este afectan directamente a las poblaciones humanas.
- *Regulación climática*, este servicio puede ser considerado como un servicio de soporte para la toma de decisiones humanas a lo largo de escalas de tiempo relevantes (décadas o siglos) relacionadas con los efectos del cambio climático, ya que los cambios en los ecosistemas pueden tener un impacto en el clima local o global.
- *Producción de oxígeno (fotosíntesis)*, se clasifica como un servicio de soporte ya que cualquier impacto en la concentración de oxígeno en la atmósfera, ocurriría a lo

largo de una escala temporal amplia, es decir, no inmediata, mientras tanto la producción de oxígeno permite el desarrollo de los diferentes seres vivos que dependen de él.

- Otros ejemplos de servicios de soporte son: *la producción primaria, la formación y retención del suelo, el ciclo de nutrientes, el ciclo del agua y la provisión de hábitat.*

3.4. Importancia de los servicios ambientales

La producción de los servicios ambientales se sustenta en el buen funcionamiento de los diferentes ecosistemas. A su vez, los grandes ecosistemas están compuestos por una gran cantidad de grupos y subgrupos, hasta llegar a niveles de organización microscópicos. Todos, individualmente y en conjunto, presentan diferentes y muy variados elementos y funciones, que dan lugar a los servicios ambientales.

Muchos de los bienes y servicios ambientales son cruciales para mantener la vida de los seres vivos y brindan, además, los medios de subsistencia que les permiten desarrollarse, más de 1.600 millones de personas al rededor del mundo dependen de ellos para su bienestar y medios de subsistencia en cierta medida (The Eliasch Review, 2008).

Por ejemplo, los bosques y el agua que estos proveen, son los principales protagonistas del desarrollo de la vida en los ecosistemas: los primeros por ser productores y partícipes de una gran cantidad de funciones, y el agua por ser el líquido conductor, regulador y portador de la vida (SEMARNAT,2003).

Por otro lado, los servicios ambientales además de los bienes ambientales, constituyen un importante elemento de soporte para la política ambiental sobre el uso y manejo de los recursos naturales.

Las medidas para generar una manera efectiva para la protección del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales requieren mucho más que soluciones tecnológicas e infraestructura física, particularmente en países con altos niveles de heterogeneidad ambiental y complejidad socioeconómica, como en el caso de México.

Soluciones tecnológicas y de infraestructura representan una importante contribución en el diagnóstico y monitoreo del estado que guardan los ecosistemas y de las afectaciones de

estos ocasionadas por la contaminación; en la prevención y atención de desastres naturales; en la planeación, instrumentación y verificación de una serie de disposiciones establecidas para el cuidado ambiental; en la reducción de los impactos y riesgos al medio ambiente y en el incremento de la tasa de eficiencia en el uso de los recursos naturales (Muñoz, 2005).

Precisamente estas dos últimas características (reducción de impactos y riesgos ambientales e incremento en la eficiencia para aprovechar los recursos naturales) confieren a los BySA un significado económico, en el sentido de contribución directa al mantenimiento del capital natural (Muñoz, 2005).

Hoy en día, la naturaleza y su conservación son pilares del desarrollo sustentable y revisten importancia vital para ciudadanos, pueblos y gobiernos. Por esta razón, es imprescindible una valoración justa de los ecosistemas y los servicios ambientales que éstos prestan, porque esta valoración puede permitir que las mujeres y los hombres que habitan las comunidades indígenas y rurales mejoren su calidad de vida y conserven su riqueza natural, y que las poblaciones urbanas comprendan que tanto su calidad de vida como sus actividades económicas están relacionadas con el estado que guardan los recursos naturales (CONAFOR, 2020).

3.5. Identificación de los servicios ambientales provistos por los bosques.

Los bosques y el agua son los principales protagonistas del desarrollo de la vida en los ecosistemas, el bosque, proporciona productos y servicios que contribuyen directamente al bienestar de la población y que son vitales para nuestras economías y vida cotidiana (SEMARNAT, 2003)

Los Servicios Ambientales del Bosque (SAB) son los beneficios que la gente recibe de los diferentes ecosistemas forestales, ya sea de manera natural o por medio de su manejo sustentable impactando a nivel local, regional o global, influyendo directamente en el mantenimiento de la vida, generando beneficios y bienestar para las personas y las comunidades (CONAFOR, 2020).

No sólo proporcionan beneficios recreativos o son resguardos para la diversidad biológica o grandes depósitos de carbono, sino que también proveen productos forestales

maderables y no maderables que constituyen fuentes de ingreso para el sostenimiento de distintas comunidades (CIDAC, 2014).

De acuerdo con la SEMARNAT (2003) y CONAFOR (2011), algunos de los principales servicios ambientales que brindan los bosques son:

- Captación, infiltración y provisión de agua de calidad y en cantidad suficientes.
- Conservación de la biodiversidad.
- Mitigación de los efectos del cambio climático mediante la captura y almacenamiento de carbono.
 - Regulación del clima a escalas local y regional.
- Retención y formación de suelo.
 - Estabilización del paisaje y prevención de deslizamientos.
- Belleza escénica.

Los bosques también brindan servicios ecosistémicos adicionales, como la regulación de las precipitaciones regionales, defensa contra inundaciones, además de contribuir al mantenimiento de la estabilidad del suelo (The Eliasch Review, 2008).

La eliminación de la cobertura forestal y su reemplazo por casi, cualquier otro uso de suelo, ocasiona la pérdida completa o parcial de la provisión de estos servicios ambientales causando, en la mayoría de los casos, impactos negativos para los seres vivos que dependen de manera directa o indirecta de ellos.

4. INSTRUMENTOS DE CONSERVACIÓN.

Se dice que los recursos naturales son “*El patrimonio de los pueblos, su riqueza y su heredad. El medio en que vive el hombre como especie*” (Dourojeanni, 1986).

Los recursos naturales podrían definirse también como todo aquello que encuentra el hombre en su ambiente natural y que puede en alguna forma utilizar en beneficio propio. Estos se relacionan con el aspecto sociológico, pues los elementos de la naturaleza son considerados "recursos" sólo en relación con una sociedad dada y en determinado momento histórico, que define su marco económico, su forma institucional y organizativa; y permite su explotación, distribución y consumo (Vargas *et. al.*, 2017).

El manejo de los recursos naturales ha sido una práctica inherente al devenir de la humanidad, el aprovechamiento milenario de estos recursos ha permitido su conservación a la vez que el desarrollo de importantes culturas. Sin embargo, algunas de estas prácticas, sobre todo la explotación de los recursos naturales más allá de la capacidad de carga de los ecosistemas, han ocasionado la desaparición de especies animales, la transformación de ecosistemas y, finalmente, el ocaso de diferentes culturas (Álvarez-Icaza, 2014).

Considero que la problemática ambiental actual por la que atraviesa nuestro planeta, permite considerar la conservación y recuperación de los recursos naturales, como una estrategia que permita aminorar los efectos negativos observados hasta ahora; además la conservación de los recursos naturales impacta de manera positiva en el desarrollo y bienestar de los seres vivos.

Algunas de las medidas que ayudaran a la recuperación, conservación y manejo adecuado de los recursos naturales podría lograrse mediante el financiamiento de la provisión de los servicios ambientales, que, además representan oportunidades de desarrollo para la sociedad y que resultan amigables con la naturaleza, el suministro de servicios ambientales representa una inmejorable oportunidad para la conservación y el desarrollo sustentable de nuestros recursos naturales (SEMARNAT, 2003)

Es por ello que la conservación *in situ* de especies y de los hábitats que las albergan requiere estrategias de diferentes tipos que permitan la preservación del patrimonio natural, desde la eliminación casi total de actividades humanas cuando sea necesario, hasta su manejo sustentable (Pisanty *et. al.*, 2016).

Uno de los instrumentos más importantes, o quizá el más importante, orientado a la conservación de los recursos naturales, es el Convenio sobre la Diversidad Biológica

(CDB), dado a conocer también durante la conferencia de Rio en 1992 y que entra en vigor en diciembre de 1993.

El CDB es un tratado internacional jurídicamente vinculante con tres objetivos principales orientados a la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. (CBD, 2020).

En el reporte del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, se resalta que el objetivo general del CDB, es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible, y es, justamente el objetivo general y los objetivos principales los que lo hacen ser considerado a menudo como el principal instrumento internacional para el desarrollo sostenible puesto que considera dentro de su plan de acción a los ejes ambiental, social y económico. México forma parte de convenio desde 1992 y en 2011 ratifica la permanencia dentro del convenio (CDB,2020).

4.1. Definición y objetivos de la conservación.

Desde la antigüedad el hombre, comenzó a talar los bosques para extender sus áreas de pastoreo y siembra, aró los suelos para obtener mayores cosechas, cazó animales para alimentarse de sus carnes y cubrirse con sus pieles; y construyó con los materiales que tomó de la naturaleza. Esta explotación histórica y desmedida de los recursos naturales acumuló durante siglos un deterioro paulatino y constante en la diversidad (Márquez y Pupo, 2011).

La Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) reconoce que el medio ambiente ha cambiado de una forma más acelerada en los últimos cuarenta años que en cualquier otro período comparable de la historia, en el que aparece como una de sus principales causas la interacción del hombre con la naturaleza; de ahí que se manifieste la degradación ambiental como uno de los principales problemas a los que se enfrenta la humanidad (Márquez y Pupo, 2011).

Poco a poco se comienza a reconocer no sólo el valor intrínseco que tiene la diversidad biológica en sí, sino su importancia en el mantenimiento de los sistemas necesarios para la vida y la biosfera, incluyendo una diversidad de servicios ecológicos para el bienestar humano que son parte del capital natural de los países (Pisanty *et. al.*, 2016).

El mantenimiento de los recursos naturales que contribuyen hoy en día con el desarrollo de los seres vivos, se ha logrado amparar gracias a las políticas públicas en materia ambiental que están orientadas a la conservación y uso sustentable de los recursos naturales.

Cuando nos referimos al término “conservación” nos referimos a una gestión de los recursos naturales, que está dirigida al mantenimiento y uso racional de los recursos naturales para asegurar su uso sustentable.

Podemos definir también a la conservación, como la administración del uso humano de la biosfera de modo que pueda producir los mayores beneficios para las generaciones presentes y a la vez mantener las posibilidades de satisfacer las necesidades de las futuras (desarrollo sustentable). En consecuencia, la conservación es positiva y comprende la preservación, el mantenimiento, la utilización sustentable, la restauración y el mejoramiento del entorno natural (Russo, 2002).

En este contexto, con la intención de realizar un manejo efectivo, eficiente y oportuno de los recursos naturales, surgen los instrumentos de conservación. Estos instrumentos buscan ajustarse a las necesidades, normativas, oportunidades y posibilidades institucionales, dentro de un marco jurídico adecuado, que permita su correcta ejecución (Alfaro *et. al.*, 2017).

Sin embargo, algunos investigadores sugieren que desde el enfoque institucional la aplicación de los instrumentos dirigidos a la conservación de los recursos naturales sigue siendo débil y dispersa.

Por ejemplo, Cotler *et. al.* (2007), señalan que, si bien los instrumentos jurídicos tienen prevista la transversalidad entre distintas secretarías y organismos gubernamentales para abordar la conservación y rehabilitación de los recursos naturales, en la práctica la implementación es débil. Una de las causas de esto, puede atribuirse al escaso peso político con el que cuentan los temas ambientales, que es expresado en el presupuesto asignado, lo cual evidentemente dificulta la cooperación interinstitucional y, por consiguiente, podría derivar en la continuidad del uso inadecuado de los recursos naturales.

En el caso de los ecosistemas forestales, la FAO (2001) señala que las áreas protegidas constituyen una parte notable de las estrategias de conservación de los recursos forestales. Sin embargo, estas áreas resultan ser insuficientes para asegurar por sí solas la conservación de las especies forestales, ya que estiman que en las próximas décadas sólo

podría conservarse en tales áreas alrededor del 50% de las especies de las zonas tropicales.

La FAO (2001) también señala que, en la actualidad, uno de los factores que influyen en la conservación de los recursos naturales es el predominio de las fuerzas económicas y comerciales, sobre las consideraciones ecológicas y las técnicas para el manejo sostenible; siendo los primeros, los intereses que con frecuencia han sido la causa de los fracasos en el pasado para lograr la sostenibilidad de la ordenación y conservación de los bosques.

De acuerdo con Escobar (2007), en nuestro país aún se continúa dando un uso desmedido a los recursos naturales bajo el criterio de la rentabilidad inmediata, provocando la destrucción de recursos potenciales cuyo valor no se refleja en el mercado.

4.1.1. Los instrumentos de conservación de los recursos naturales

Los instrumentos diseñados e implementados para la protección del ambiente se clasifican de diferentes formas, Rodríguez (2014), señala que las clasificaciones más básicas dividen a los instrumentos en dos grupos, enfoque directo (instrumentos de comando y control) y enfoque indirecto (instrumentos económicos o de mercado).

Los instrumentos directos o comando y control consisten en la promulgación y cumplimiento de leyes y normas que prescriben objetivos de calidad ambiental y de manejo y conservación de los recursos naturales renovables y del medio ambiente. Se basan en la ecuación coerción-sanción, y se incluyen el otorgamiento de permisos, prohibiciones y demás modos de adquirir el derecho a usar o no los recursos naturales previstos en las diferentes legislaciones (Salusso, 2008).

Los instrumentos indirectos o económicos o de mercado que están orientados a hacer que las fuerzas del mercado sean las principales propiciadoras del cumplimiento de las metas ambientales de la sociedad. Estos instrumentos buscan incidir en los precios de los bienes, para influir en las tomas de decisiones de los agentes económicos. Buscan la generación de externalidades ambientales positivas por medio de los incentivos económicos pertinentes, la mayor parte de las veces por medio de subsidios u otro tipo de programas ambientales (Salusso,2008).

Existe una amplia gama de instrumentos que permiten realizar un manejo adecuado de los recursos naturales, estos instrumentos proveen una gran flexibilidad en su aplicación y permiten a los actores clave implementarlos según el estado de conservación del sitio y su entorno social, cultural y económico. De esta manera, estos instrumentos pueden contribuir significativamente a la conservación y al uso sustentable de la biodiversidad (Koch, 2015).

Dentro los instrumentos que buscan conservar a las especies y los sitios en los que habitan podemos mencionar: las áreas naturales protegidas, el ordenamiento ecológico, el pago por servicios ambientales, estrategias como las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre, así como la investigación y educación ambiental, iniciativas plasmadas dentro de un marco jurídico como la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable o la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

Alfaro *et. al.*, (2017), destacan que es importante que los instrumentos de conservación establezcan: el cómo, cuándo, cuánto, por qué, quiénes y con qué se puede o debe realizar el manejo de recursos naturales y sus entornos, tomando en consideración las respectivas políticas institucionales y mecanismos de evaluación de éxito.

Estos instrumentos de gestión tienen que considerar la afinidad que hay entre el modelo de gestión y los ecosistemas a los cuales se aplicará, habiéndose desarrollado un Enfoque Ecosistémico (UNESCO, 2011) que permite tener una valoración más amplia de los instrumentos de gestión y que se base en los siguientes principios: 1. La elección de los objetivos de la gestión de los recursos de tierras, hídricos y vivos debe quedar en manos de sociedad. 2. La gestión debe estar descentralizada al nivel apropiado más bajo. 3. Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas. 4. Dados los posibles beneficios derivados de su gestión, es necesario comprender y gestionar el ecosistema en un contexto económico. 5. A los fines de mantener los servicios de los ecosistemas, la conservación de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas debería ser un objetivo prioritario del enfoque por ecosistemas. 6. Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento. 7. El enfoque por ecosistemas debe aplicarse a las escalas espaciales y temporales apropiadas. 8. Tomando en cuenta las diversas escalas temporales y los efectos retardados que caracterizan a los procesos de los ecosistemas, se deberían establecer objetivos a largo plazo en la gestión de los ecosistemas. 9. En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable. 10. En el enfoque por ecosistemas se debe procurar el equilibrio apropiado entre la conservación y

la utilización de la diversidad biológica, y su integración. 11. En el enfoque por ecosistemas deberían tenerse en cuenta todas las formas de información pertinente, incluidos los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales. 12. En el enfoque por ecosistemas deberían intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes.

Los instrumentos de gestión deben estar incorporados a través de los actores clave y de un Plan de Acción que permita mejorar la situación de la gestión de los territorios intervenidos.

4.1.2. Políticas Públicas

Las políticas públicas ambientales orientadas al uso y conservación de los recursos naturales toman mayor relevancia en países megadiversos, como lo es México, puesto que nuestro país es diverso desde el punto de vista étnico, cultural y ecosistémico, esta diversidad exalta la importancia de avanzar en el país con políticas públicas para conservar los recursos naturales, que contemplen la preservación, el mantenimiento, el uso sostenible, la restauración y la mejora del ambiente natural (Rodríguez, 2014).

En este contexto la política ambiental es, sin duda, una de las arenas públicas que no es ajena a los nuevos procesos o mecanismos de participación y deliberación social, ya que tiene que ver con una gran diversidad de actores sociales, no solo en su calidad de beneficiarios, sino también de interlocutores centrales para el éxito o fracaso de la política y la gestión ambiental (Villalobos, 2000).

Derivado de la preocupación mundial por el deterioro del ambiente, se han desarrollado una serie de políticas públicas internacionales que permitan conservar y usar de manera adecuada los recursos naturales con una orientación hacia la sustentabilidad. En este sentido, nuestro país se ha dado a la tarea de generar políticas ambientales que están dirigidas a la protección y conservación de los recursos naturales del país.

Las políticas forestales nacionales deben abarcar no sólo los asuntos que incumben a la administración forestal y a sus órganos, sino contribuir también a la realización de las políticas generales, principalmente las de desarrollo nacional o las estrategias relacionadas con la economía y la pobreza. Asimismo, deben ser coherentes con las políticas que otras autoridades públicas han promulgado, por ejemplo, en materia de protección ambiental, cambio climático, agricultura, industria y comercio. Más aún, deben alinearse con los

compromisos forestales internacionales adquiridos por el país. Por tanto, una política forestal es una política para las personas, y no una política dictada en beneficio de la administración forestal. Esta Política puede ser adoptada y enmendada mediante diversos procedimientos y por diferentes organismos, de acuerdo con cada situación específica, proporciona orientaciones especificando visiones y metas e indica cómo alcanzarlas, puede tener un carácter general, lo que permite su adaptación al cambio de circunstancias y es enmendable mediante procedimientos específicos por los órganos que adoptan la política (FAO, 2010).

Las políticas públicas han sido diseñadas a partir de la experiencia mexicana y de diversas influencias o compromisos adquiridos por México a nivel internacional, como lo han sido algunos documentos firmados en 1992, a saber, la Declaración de Río de Janeiro, el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Declaración de Principios para el Manejo Sustentable de Bosques

4.2. Los instrumentos de conservación en México

4.2.1. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

En la actualidad la legislación mexicana cuenta con una serie de leyes y normas que fungen como instrumentos orientados a contribuir con la conservación de nuestros recursos naturales, en el caso particular de nuestros bosques, en 2018 es derogada una antigua ley orientada al aprovechamiento forestal sustentable, y entra en vigor la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, vigente hasta la fecha.

De manera general, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, tiene como objetivo: *regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos; así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, las Entidades Federativas, Municipios y Demarcaciones* (LGDFS, 2018).

Dentro de esta ley se retoman temáticas particulares abordadas en las cumbres internacionales, y que resultan importantes de atender en materia forestal, por ejemplo: la regulación necesaria que permite administrar de manera adecuada el recurso forestal, medidas de manejo orientadas al aprovechamiento sustentable, se busca también,

mantener la provisión de servicios ambientales y contribuir con el crecimiento socioeconómico, mediante la implementación de instrumentos económicos, que involucren a las comunidades que se encuentran inmersas o dependen directamente del bosque para su subsistencia. Además de busca ayudar con la mitigación de los efectos de cambio climático, mediante la captura de carbono,

Estos objetivos se presentan dentro del artículo tercero, de la LGDFS (2018) se mencionan con más detalle en los párrafos: II, III, IV, XII, XV, XXIII, XXVIII, XXXV, XXXIX y LX que se presentan a continuación:

- *Regular la protección, conservación, uso sustentable y restauración de los ecosistemas, recursos forestales y sus servicios ambientales; así como la zonificación, el manejo y la ordenación forestal;*
- *Establecer criterios e indicadores para el manejo forestal sustentable bajo un enfoque ecosistémico;*
- *Fortalecer la contribución de la actividad forestal a la conservación del medio ambiente y la preservación del equilibrio ecológico;*
- *Promover las actividades productivas que sean compatibles con el manejo forestal sustentable;*
- *Promover y fomentar esquemas de certificación nacional e internacional de las actividades forestales y de producción de servicios ambientales;*
- *Apoyar la organización y desarrollo de los propietarios y los legítimos poseedores forestales para fomentar el manejo forestal sustentable, las redes locales de valor y las cadenas productivas en el sector forestal;*
- *Contribuir al desarrollo socioeconómico de los pueblos y comunidades indígenas, así como de ejidatarios, comuneros, cooperativas, pequeños propietarios y demás poseedores de recursos forestales;*
- *Promover el diseño y la aplicación de instrumentos económicos para fomentar el desarrollo forestal, la provisión de servicios ambientales, los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades indígenas y locales, acciones de restauración de cuencas y conservación de la biodiversidad, así como medidas de prevención, adaptación y mitigación ante el cambio climático;*
- *Promover el manejo forestal sustentable a fin de contribuir a mantener e incrementar los acervos de carbono, reducir las emisiones provenientes de la deforestación y*

degradación forestal, así como reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático;

- *Establecer, regular e instrumentar las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con la Ley General de Cambio Climático, los tratados internacionales en los que el Estado mexicano sea parte y demás disposiciones jurídicas aplicables;*

En particular el artículo decimo, en el párrafo diez, nos dice que una de las atribuciones de la federación consiste en: *elaborar y adoptar metodologías, tomando en consideración, en su caso, parámetros internacionales, para la valoración de los bienes y servicios ambientales (LGDFS, 2018).*

Acorde con el párrafo once del mismo artículo, se busca: *establecer las bases e instrumentos para promover la compensación de bienes y servicios ambientales, que prestan los ecosistemas forestales (LGDFS, 2018).*

De igual manera se busca *promover y proponer la incorporación de los costos relacionados con la conservación de los recursos forestales para el beneficio de la sociedad en las actividades productivas para establecer medios de compensación y conservación de los servicios ambientales derivados de los ecosistemas forestales (LGDFS, Art. X, párrafo XII. 2018).*

Dentro los instrumentos que se consideran dentro de esta ley para su cumplimiento encontramos: la Planeación del Desarrollo Forestal; el Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal; e Inventario Nacional Forestal y de Suelos; la Zonificación Forestal; el Registro Forestal Nacional; las Normas Oficiales Mexicanas en materia Forestal, y el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal.

- *La Planeación del Desarrollo Forestal* es el instrumento utilizado para el diseño y ejecución de la política forestal. Este instrumento promueve la elaboración de estudios regionales forestales en cada Unidad de Manejo Forestal, así como su ejecución por la instancia correspondiente.
- *El Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal*, este instrumento tiene por objeto registrar, integrar, organizar, actualizar y difundir la información relacionada con la materia forestal. Dentro de este instrumento se incluye a la información generada por los otros instrumentos por ejemplo: *la contenida en el Inventario*

Nacional Forestal y de Suelos, la contenida en la Zonificación Forestal, la contenida en el Registro Forestal Nacional, la información sobre las evaluaciones de plantaciones forestales comerciales y reforestación con propósitos de restauración y conservación; información sobre el uso y conocimiento de los recursos forestales, incluyendo información sobre uso doméstico y conocimiento tradicional; información sobre los acuerdos y convenios en materia forestal, y la relativa a mecanismos y tratados de coordinación o cooperación nacional e internacional.

También se incluye la información económica de la actividad forestal; información sobre investigaciones y desarrollo tecnológico; información sobre organizaciones e instituciones de los sectores social y privado, así como de organismos públicos nacionales e internacionales relacionados con ese sector; información sobre proyectos de aprovechamiento forestal que no se basen exclusivamente en la explotación de recursos maderables e información general que se considere estratégica para la planeación y evaluación del desarrollo forestal sustentable.

- Registro Forestal Nacional, en este instrumento, menciona que la SEMARNAT establecerá, integrará, organizará y mantendrá actualizado el Registro Forestal Nacional.

Este registro es público y pueden inscribirse: los programas de manejo forestal y los programas de manejo de plantaciones forestales comerciales, los avisos de forestación, así como sus modificaciones o cancelaciones, las autorizaciones de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales; los datos para la identificación de los prestadores de servicios técnicos forestales y auditores técnicos forestales; los decretos que establezcan áreas naturales protegidas que incluyan terrenos forestales o preferentemente forestales; los decretos que establezcan zonas de restauración en terrenos forestales; los decretos que establezcan vedas forestales; los actos de transferencia de dominio, uso, usufructo o prestación de servicios que involucren recursos forestales, programas de manejo forestal, de manejo de plantaciones forestales comerciales y avisos de forestación; las autorizaciones de funcionamiento de centros de almacenamiento y transformación, además de los centros de transformación móviles de materias primas forestales, y los demás actos y documentos que se señalen en el Reglamento de esta Ley.

- *Inventario Nacional Forestal y de Suelos*, este es un instrumento que se actualiza cada cinco años y que contiene proporciona una gran cantidad de información que

puede ser utilizada para diferentes propósitos. Entre la información que proporciona este instrumento podemos encontrar:

La superficie y localización de terrenos forestales y preferentemente forestales con que cuenta el país, con el propósito de integrar su información estadística y elaborar su cartografía, en sus distintos niveles de ordenación y manejo; II. Los terrenos forestales temporales, su superficie y localización; III. Los tipos de vegetación forestal y de suelos, su localización, formaciones y clases, con tendencias y proyecciones que permitan clasificar y delimitar el estado actual de la deforestación y degradación, así como las zonas de conservación, protección, restauración y producción forestal, en relación con las cuencas hidrográficas, las regiones ecológicas y las áreas naturales protegidas; IV. La dinámica de cambio de la vegetación forestal, que permita conocer y evaluar las tasas de deforestación y las tasas de degradación y disturbio, registrando sus causas principales; V. La cuantificación de los recursos forestales, que incluya información de los bienes y servicios ambientales que generen los ecosistemas forestales, así como los impactos que se ocasionen en los mismos; VI. Los criterios e indicadores de sustentabilidad, deforestación y degradación de los ecosistemas forestales; VII. Los registros de la infraestructura forestal existente; VIII. La información, basada en el Sistema Nacional de Medición, Reporte y Verificación, de la reducción de emisiones derivadas de acciones de prevención y combate de la deforestación y degradación forestal, y IX. Los demás datos que señale el Reglamento.

- *Zonificación Forestal*, este instrumento es utilizado por la CONAFOR y permite llevar a cabo la zonificación para efectos de planeación, con base en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos y en los programas de ordenamiento ecológico.
- *Registro Forestal Nacional*, este instrumento es operado por la SEMARNAT, la cual se encarga de establecer, integrar, organizar y mantener actualizado el registro. El Registro se coordina con el Registro Agrario Nacional y los Registros Públicos de la Propiedad de las distintas Entidades Federativas para compartir y actualizar información de sus respectivos actos

Registro Forestal Nacional es público y en él se pueden inscribir: *Las autorizaciones de aprovechamiento de recursos forestales maderables; II. Los avisos de plantaciones forestales comerciales; III. Las autorizaciones de cambio de uso de suelo de los terrenos forestales; IV. Los certificados de inscripción de los prestadores de servicios forestales y*

auditores técnicos forestales; V. Los decretos que establezcan áreas naturales protegidas que incluyan terrenos forestales o preferentemente forestales; VI. Los decretos que establezcan zonas de restauración en terrenos forestales; VII. Los decretos que establezcan vedas forestales; VIII. Avisos de colecta de germoplasma forestal; IX. Las unidades productoras de germoplasma forestal; X. Autorizaciones de colecta de recursos biológicos forestales; XI. Autorizaciones y avisos de aprovechamientos no maderables; XII. Las autorizaciones de funcionamiento de centros de almacenamiento y transformación de materias primas forestales; XIII. Los informes anuales sobre la ejecución y desarrollo de los aprovechamientos forestales; XIV. Los estudios regionales forestales; XV. Las modificaciones, revocaciones, suspensiones y declaraciones de extinción o de caducidad de las autorizaciones, avisos y demás actos a que se refieren los artículos 68 y 69 de esta Ley; XVI. Las autorizaciones de funcionamiento de centros de comercialización y los no integrados a un centro de transformación primaria; XVII. El padrón de los prestadores de servicios forestales y los titulares de aprovechamientos a los que se refieren los artículos 73 y 104 de esta Ley, y XVIII. Los demás actos y documentos que se señalen en esta Ley y en su Reglamento.

- *Normas Oficiales Mexicanas en materia forestal, esta serie normas son emitidas por la SEMARNAT teniendo como fundamento los términos establecidos en la Ley Federal de Metrología y Normalización.*

Estas normas consideran lo siguiente: Establecer los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en cuencas, regiones, ecosistemas o zonas, en aprovechamiento de recursos forestales, en el desarrollo de actividades económicas, en el uso y destino de bienes, en insumos y en procesos; II. Considerar las condiciones necesarias para el bienestar de la población y la conservación, protección, producción, aprovechamiento o restauración de los recursos forestales y de sus ecosistemas; III. Estimular o inducir a los agentes económicos para reorientar sus procesos y tecnologías a la permanencia de las masas forestales, al aumento de su productividad a través del mejoramiento de las prácticas silvícolas y al desarrollo forestal sustentable; IV. Otorgar certidumbre a largo plazo a la inversión e inducir a los agentes económicos a asumir los costos de la afectación forestal y ambiental que ocasionen; V. Regular los procesos de aprovechamiento, almacenamiento, transporte, transformación y comercialización de los recursos forestales, así como la prestación de los servicios forestales; VI. Fomentar actividades de producción primaria, transformación y

comercialización forestal en un marco de competencia, eficiencia y sustentabilidad; VII. Establecer la relación de productos cuya utilización deba prohibirse en las actividades forestales; VIII. Prevenir o mitigar la erosión del suelo, así como lo relativo a la conservación o restauración del mismo; IX. Regular los sistemas, métodos, servicios y mecanismos relativos a la prevención, combate y control de incendios forestales, y al uso del fuego en terrenos forestales o preferentemente forestales, y X. Los demás que la presente Ley señale y las que resulten necesarias.

4.2.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Esta ley tiene como objetivos principales la “preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable...”

Esta ley funciona como marco y soporte para el desarrollo e implementación de los instrumentos de conservación de los recursos naturales, principalmente a las Áreas Naturales Protegidas, puesto que establece todo un capítulo destinado a detallar el marco operativo de estas, que aborda desde la definición de los límites, el establecimiento de las zonas y subzonas hasta la creación del el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Así mismo propone dar soporte a instrumentos económicos que de la mano de los recursos naturales permita mejorar la calidad de vida de las personas, esto en el artículo primero párrafos IV y V.

IV.- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas;

V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;

Y en su artículo quinto fracción VIII establece la facultad federal para *“El establecimiento, regulación, administración y vigilancia de las áreas naturales protegidas de competencia*

federal;” que son un instrumento de conservación y protección de los recursos forestales por excelencia.

La administración de las áreas naturales está a cargo de la SEMARNAT, que puede contar con la ayuda de diferentes instituciones académicas, científicas o empresariales. Además se cuenta con el Reglamento de esta Ley en materia de Áreas Naturales Protegidas, al que se han realizado significativas modificaciones pero aún existen diversas oportunidades de mejora, por ejemplo se tiene una laguna jurídica con respecto al manejo de las ANP, ya que no se establecen los mecanismos bajo los cuales pudieran operar los diversos sectores que pueden participar, requiriendo crear mecanismos que implementen la cooperación de los sectores públicos y privados en el manejo de las ANP.

4.2.3. Áreas Naturales Protegidas

Actualmente, ante la fuerte presión que han ejercido diversas actividades productivas en los ecosistemas del territorio nacional, su protección y conservación resultan ser centro de atención de actores no gubernamentales y de la comunidad internacional de la que México forma parte (Villalobos, 2000).

En 2008 la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales) definiría a las áreas naturales protegidas como “*Un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados*” (Elbers, 2011).

Desde el marco institucional mexicano las Áreas Naturales Protegidas (ANP’s) son definidas como: *Las zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley,* (LGEEPA, 2018)

Según Villalobos (2000), la creación de áreas o reservas ecológicas en México tiene una amplia tradición inscrita en la gestión de diversos gobiernos durante el siglo XX. Siendo los parques nacionales la figura predominante, aunque también se destacó la creación de las zonas protectoras forestales y la protección de puntos importantes del territorio nacional.

En 1917, durante el mandato del presidente Venustiano Carranza, Miguel Ángel de Quevedo establece el Desierto de Los Leones como el primer parque nacional de México (Simonian,1999).

Los objetivos de las ANP's, según el artículo 45 de la LGEEPA son:

- *Preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, así como sus funciones, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos;*
- *Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva; así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional, en particular preservar las especies que están en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas, las raras y las que se encuentran sujetas a protección especial;*
- *Asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, sus elementos, y sus funciones;*
- *Proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio;*
- *Generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías, tradicionales o nuevas que permitan la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional;*
- *Proteger poblados, vías de comunicación, instalaciones industriales y aprovechamientos agrícolas, mediante zonas forestales en montañas donde se originen torrentes; el ciclo hidrológico en cuencas, así como las demás que tiendan a la protección de elementos circundantes con los que se relacione ecológicamente el área; y*
- *Proteger los entornos naturales de zonas, monumentos y vestigios arqueológicos, históricos y artísticos, así como zonas turísticas, y otras áreas de importancia para la recreación, la cultura e identidad nacionales y de los pueblos indígenas.*

El artículo 46 de la LGEEPA (2018), establece la clasificación de las ANP's, en las siguientes categorías: *Reservas de la biosfera, Parques nacionales, Monumentos naturales, Áreas de protección de recursos naturales, Áreas de protección de flora y fauna; Santuarios; Parques y Reservas Estatales, así como las demás categorías que establezcan*

las legislaciones locales; Zonas de conservación ecológica municipales, así como las demás categorías que establezcan las legislaciones locales, y Áreas destinadas voluntariamente a la conservación

A mediados de 2010, 41 reservas de biosfera estaban incorporadas a la red mundial de MAB-UNESCO, el mayor número después de la Federación Rusa y España. En estas reservas se busca una relación equilibrada entre las comunidades locales y la naturaleza, como ocurre por ejemplo en la Reserva de Biosfera Volcán Tacaná, (Chiapas) (Elbers, 2011).

Las principales herramientas utilizadas para el manejo de estas áreas son los programas de manejo y los programas operativos anuales, así como los recursos humanos y financieros dedicados a la vigilancia y el manejo del área, y las estrategias para fomentar la conversión productiva al uso sustentable de recursos, así como los sistemas de monitoreo y evaluación para dar seguimiento a la gestión y el cumplimiento de los objetivos de conservación, entre otras (Pisanty *et. al.*, 2016)

El artículo 47 BIS de la LGEEPA establece las bases para determinar: las zonas núcleo, las zonas de amortiguamiento y las subzonas que conforman a las ANP's y que deberían incluirse en los planes de manejo.

Pacchiano (2018), menciona que en México las áreas naturales ocupan una superficie superior a los 65 millones de hectáreas y que además se cuenta con 111 Programas de Manejo publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF).

Dentro del contexto ambiental actual, las ANP's presentan un valor particular puesto que albergan, protegen y conservan a una gran cantidad de ecosistemas con un alto valor biológico, al mismo tiempo contribuyen a la mitigación y reducción de los efectos del cambio climático y las emisiones de gases de efecto invernadero, participando en el control del calentamiento global (Del Mazo, 2018).

Los instrumentos de conservación de los recursos ambientales no necesariamente deberían trabajar por separado, por ejemplo, el pago por servicios ambientales es un instrumento que trabajada de la mano con la figura de las áreas naturales protegidas.

De acuerdo con la FAO (2009) las Áreas Protegidas (AP), representan una importante fuente proveedora de servicios ambientales, que, en muchos casos, son aprovechados como insumo por los sectores de turismo, hidroelectricidad y producción de agua, entre

otros, sin existir un pago a la administración de las áreas protegidas por el flujo aportado de tales servicios. Es en este contexto donde el concepto de Pago por Servicios Ambientales, surge como una herramienta que permite internalizar, adecuadamente durante la toma de decisiones individuales y sociales, el valor que poseen y el bienestar que brindan a los individuos y a la sociedad los servicios ambientales resguardados en las AP.

4.2.3.1. Programas de manejo

Estos programas son el instrumento central para el manejo de las áreas naturales protegidas ya que en ellos se establece la regulación correspondiente a las políticas, estrategias, zonas y actividades relativas a la conservación, protección, aprovechamiento e investigación. Junto con la declaratoria del área, acotan el régimen específico a que deberá sujetarse la acción, pública y privada, dentro de la superficie declarada bajo alguna categoría de protección (CONANP, 2018).

Para la zona de estudio se elaboró el Programa de conservación y manejo del Área Natural Protegida con Categoría de Parque Estatal “Cerro El Faro” y “Cerro De Los Monos”, teniendo como objetivo establecer los criterios, lineamientos, acciones y seguimiento que deberán ejecutarse en el Área Natural Protegida “Cerro El Faro” y “Cerro de los Monos”, con el fin de mantener la biodiversidad y el equilibrio ecológico de la misma para asegurar la continuidad de los servicios y beneficios ambientales que proporcionan los recursos forestales a las generaciones presentes y futuras, consolidándose al mismo tiempo, como el modelo local y regional de restauración, manejo y conservación de dichos recursos en la región Sierra Nevada (Moctezuma, 2007).

En este Programa se divide a la zona en:

Zona de conservación. Por ser el área de menor deterioro y por contener especies únicas dentro del Parque, se establece con el objetivo de preservar a largo plazo el ecosistema; por tanto, es definida como una zona de protección y preservación de la diversidad biológica.

Zona de manejo. El objetivo es mantener la principal carga de las actividades realizadas dentro del Parque, ya que en esta sección se encuentran los senderos interpretativos. Además de actividades enfocadas a la restauración del sistema buscando la recuperación de la diversidad biológica, se podrán realizar el aprovechamiento sustentable de los

recursos naturales, así como la prestación de servicios turísticos, recreativos y de educación y capacitación ambiental.

Dentro del Programa se incluye un apartado que se denomina “Componente mantenimiento de servicios ambientales, el cual va enfocado a acciones de restauración, por lo cual se requerirá verificar de manera constante el estado de los servicios ambientales generados por el ANP. Este componente únicamente está enfocado a la contaminación del suelo por residuos sólidos.

El Programa no menciona ningún otro servicio ambiental como tal, teniéndose una fuerte carencia en este sentido ya el ANP es apta para brindarlos. Este trabajo es muy importante ya que destacara el servicio ambiental que presta el bosque como reservorio de bióxido de carbono, pudiendo servir como un trabajo base para determinar otros servicios ambientales y recalcar su importancia. El Programa es un Programa viejo que requiere de actualización y de la incorporación entre otros temas, de la importancia de los servicios ambientales.

4.3. Pago por servicios ambientales

Los ecosistemas del mundo proveen una enorme diversidad de bienes y servicios que permiten a la humanidad satisfacer diferentes necesidades de alimentación, abrigo, resguardo, recreación y esparcimiento, entre otras, y resultan ser también los más afectados por los impactos ambientales generados por actividades antropogénicas como el cambio de uso del suelo, la generación de desechos y la degradación de los recursos naturales que los componen, perdiendo así algunas de sus funciones y dejan de brindar servicios que afectan su propio equilibrio y la sostenibilidad del medio ambiente, reduciendo así la riqueza natural de los países y el bienestar social (FAO, 2009).

El valor de los servicios de los ecosistemas sirve como una herramienta que contribuye a la toma de decisiones con respecto al manejo de los recursos naturales y contribuye a mejorar la calidad de vida de las localidades inmersas o dependientes de los diferentes ecosistemas para su mantenimiento y desarrollo.

Costanza *et. al.* (2014), sostiene que las estimaciones del valor económico de los servicios ambientales, expresado en unidades monetarias, resultan ser útiles principalmente para crear conciencia sobre el impacto que tiene el deterioro ambiental en la sociedad.

En la última década los servicios ambientales se han revelado como la nueva frontera en el intento de captación de renta forestal que permita mantener a los bosques frente a otros usos (Ruiz – Pérez *et. al.*, 2007).

En las últimas dos décadas se han publicado un número importante de investigaciones de carácter teórico o empírico sobre los proyectos de compensación por servicios ambientales, han sido elaborados por instancias académicas, organismos internacionales, organizaciones, no gubernamentales, internacionales, y agencias de cooperación internacional de países desarrollados (De la Mora, 2011).

Este instrumento es uno de los más utilizados en la actualidad para el desarrollo de las políticas públicas orientadas a la conservación de los recursos naturales y que permitirían el crecimiento económico de las comunidades que dependen de manera directa de los ecosistemas, es el pago por servicios ambientales.

El pago por los servicios generados por el medio ambiente genera ingresos que constituyen un incentivo para quienes manejan los ecosistemas y deciden sobre sus usos y conservación, además representan una vía para financiar las actividades de control, vigilancia y manejo de los ecosistemas (CONAFOR, 2011).

El concepto de pago por servicios ambientales (PSA) ha ido evolucionando para ajustarse a las exigencias de las diferentes regiones y países, en 2003 la SEMARNAT definiría al pago por servicios ambientales como la retribución directa (por diferentes mecanismos) a quienes se ocupan de manejar, resguardar, conservar y mejorar los ecosistemas que brindan servicios ambientales necesarios para el bienestar de la sociedad.

Más recientemente la Comisión Nacional Forestal, (CONAFOR, 2011) define al PSA como un incentivo económico para los dueños de los terrenos forestales donde se generan estos servicios, con la finalidad de compensar por los costos de conservación y por los gastos en que incurren al realizar prácticas de buen manejo del territorio.

El pago por servicios ambientales también es utilizado en áreas naturales protegidas, de acuerdo con la FAO (2009) el concepto de Pago por Servicios Ambientales en las Áreas Protegidas (AP), surge como una herramienta para internalizar adecuadamente en la toma de decisiones individuales y sociales el valor que poseen y el bienestar que brindan a los individuos y a la sociedad los servicios ambientales resguardados en las AP.

El PSA tiene como principal objetivo, forzar y hacer explícita una adecuada valoración de los servicios ambientales provistos a través de la conservación realizada en las AP y producir así una asignación eficiente de estos servicios, similar a la que haría un mercado funcionando adecuadamente (CONAFOR, 2011).

Dentro de las iniciativas que buscan generar crecimiento económico con base en la conservación y en el adecuado manejo de los recursos naturales, podemos mencionar a *Forest Trends* una iniciativa que nace en 1999 financiada por la fundación MacArthur y el Banco mundial.

Forest Trends (2007) considera una amplia gama de instrumentos que contribuyen al desarrollo de pago por servicios ambientales en diferentes regiones y que podrían ser utilizados en diferentes ecosistemas, siendo estos:

- Esquemas de pagos públicos a tenedores de tierras privadas y a dueños de bosques para mantener o realzar los servicios ambientales (incentivo financiero a la conservación).
- Transacciones abiertas entre vendedores y compradores bajo marco regulatorio con cuotas, como las propuestas dentro del Protocolo de Kyoto.
- Arreglos entre privados, en los cuales los beneficiarios privados de servicios ambientales contratan directamente con los proveedores de esos servicios (ej. tarifa adicional en el servicio de agua potable por la protección de cuencas).
- Productos eco-etiquetados que aseguren a los compradores que el producto adquirido tiene un desempeño ambiental deseable en términos de conservación de los servicios ambientales.

Dentro de los ecosistemas forestales, el pago por servicios ambientales surge para fomentar la conservación de estos ecosistemas y compensar, tanto el costo de oportunidad, derivado de realizar actividades que dañan los ecosistemas como los gastos en los que incurren al hacer prácticas de buen manejo forestal (CONAFOR, 2011).

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) establece en el artículo 27 que *las entidades paraestatales relacionadas con el sector ambiental se coordinarán con la Comisión (CONAFOR), a fin de establecer estrategias y acciones para determinar mecanismos para destinar recursos para la compensación y pago por servicios ambientales*

mediante el Fondo Forestal Mexicano. Lo que en su momento abrió la posibilidad de implementar este instrumento en nuestro país.

En la actualidad los esquemas del PSA son voluntarios, puesto que se basan en el interés y acuerdo mutuo de las partes interesadas en participar en ellos; en estos esquemas, los usuarios de los servicios ambientales (ciudades, organismos operadores de agua, empresas, etc.) están dispuestos a pagar para seguir disfrutando de ellos, mientras que los proveedores (dueños de los terrenos forestales) están dispuestos a adoptar una serie de acciones necesarias para mantener o mejorar su provisión a cambio del pago recibido (CONAFOR, 2011).

De acuerdo con Alberto (2009), con respecto de otros países de la región, México adoptó el PSA posteriormente, pese a su viabilidad para desarrollar un sistema estratégico de servicios ambientales por sus condiciones biofísicas y características especiales, por ejemplo, el puente geográfico mesoamericano; diversidad de ecosistemas naturales, vocación forestal de sus suelos, cobertura y densidad de sus bosques, así como su megadiversidad florística y faunística.

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 (Alberto, 2009).

De acuerdo con la CONAFOR (2011) en nuestro país, se han desarrollado iniciativas para pagar por los servicios ambientales hidrológicos en las sierras de Coahuila y Veracruz, para pagar por carbono capturado en las selvas chiapanecas, o bien para pagar por la belleza de los paisajes costeros de Oaxaca, entre otros.

En este mismo año (2011) CONAFOR reporta que como parte de la estrategia para la promoción de mecanismos de pago por servicios ambientales en México, el Gobierno Federal a través de la Comisión Nacional Forestal emprendió dos iniciativas: el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) a partir de 2003, y el Programa para Desarrollar el Mercado de Servicios Ambientales por Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad y para Fomentar el Establecimiento y Mejoramiento de Sistemas Agroforestales (PSA-CABSA) desde el año 2004.

A partir de 2006, los dos programas se fusionaron bajo un sólo concepto denominado Servicios Ambientales que ahora forma parte de ProÁrbol. A partir del año 2007 el presupuesto destinado al Programa de Pago por Servicios Ambientales se incrementó cinco veces.

En 2010 se realizaron pagos diferenciados por tipo de ecosistema, procurando vincular el monto del apoyo con el costo de oportunidad en que incurren los dueños de terrenos forestales, al realizar actividades de conservación.

Para el 2011 y 2012 la CONAFOR decide operar su estrategia de pagos por servicios ambientales a través de diferentes políticas y esquemas: I) El Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales, II) el Fondo Patrimonial de Biodiversidad y III) la creación de mecanismos locales de pagos por servicios ambientales a través de fondos concurrentes; todos en el marco del programa ProÁrbol (CONAFOR, 2011).

Desde el año 2013 hasta el 2018, el esquema de pago por servicios ambientales estaba operando bajo un nuevo programa que lleva por nombre Programa Nacional Forestal PRONAFOR.

Este programa federal, tenía como objetivo principal impulsar el aprovechamiento de los recursos forestales y sus asociados, considerando los principios del manejo forestal sustentable, y con ello contribuir al mantenimiento e incrementar la provisión de bienes y servicios ambientales (CONAFOR, 2019).

Así mismo se busca mejorar la calidad de vida de los dueños y poseedores de los recursos forestales, mediante el otorgamiento de apoyos destinados a la elaboración de estudios que permitan la incorporación de la superficie forestal a esquemas de manejo forestal sustentable, para la ejecución de las acciones de cultivo forestal que se establezcan en los estudios y programas de manejo predial para el aprovechamiento de recursos maderables, no maderables y de vida silvestre, así como el fortalecimiento de la infraestructura y equipamiento para la producción de materias primas forestales y el apoyo a los procesos de certificación forestal (SEMARNAT, 2013).

Alberto (2009) considera algunas limitaciones en los esquemas de PSA, que pueden ser consideradas como áreas de oportunidad para la investigación científica, estas tienen que ver con la carencia de información confiable y precisa sobre los servicios que suministran los ecosistemas, así como la inexistencia de estudios sobre flujos y balances hidrológicos, por otro lado, no existen indicadores que reflejen el impacto que tiene el pago sobre el

servicio ambiental estudiado, incluso existe entre la población, un desconocimiento sobre la procedencia de los servicios ambientales que son recibidos.

Alberto, también señala que estas limitaciones se deben generalmente a la escasa disponibilidad de información biofísica, la extrapolación de indicadores e información de ecosistemas diferentes y las generalizaciones que se realizan de un lugar a otro ha. Esto ha creado estimaciones, datos inapropiados y fomenta la inexistencia de referencias confiables sobre flujos ecosistémicos.

Otra limitación en los esquemas de PSA, son los mercados inexistentes o poco desarrollados; imperan mercados locales o segmentados, es decir destinados a servicios ambientales particulares (p. ej. mercados hidrológicos, belleza escénica), siendo poco significativos los mercados mundiales, así como la ausencia de verdaderos mercados de servicios ambientales puesto que la demanda es incipiente en segmentos específicos; hidrológicos y belleza escénico-paisajística, a la vez que faltan mecanismos de mercado entre usuarios y productores (Alberto, 2009).

De acuerdo a lo observado, en nuestro país el programa de PSA visto como un instrumento de conservación presenta aún algunas áreas de oportunidad, que no han permitido del todo su implementación exitosa, estas están relacionadas principalmente con la economía, en nuestro país este esquema no resultar ser atractivo para los poseedores de los predios forestales puesto que les resultan más atractivas las ganancias obtenidas a corto plazo, producto de la tala de los árboles para la producción de madera, que la inserción a este esquema, lo que no contribuye con la conservación o manejo sustentable de los recursos forestales.

Desde un enfoque ecológico, se han identificado una serie de retos, a los que se tienen que enfrentar los instrumentos de conservación para alcanzar sus objetivos, de acuerdo con List *et. al.* (2017) los retos a vencer son: *Documentación de la biodiversidad y gradientes de perturbación; Conservación en paisajes fragmentados; Respuestas de la biodiversidad al cambio climático y otros factores del cambio global; Especies invasoras; Restauración de ambientes alterados para recuperar la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos; además de aspectos funcionales a nivel de ecosistemas; Expansión de enfermedades tradicionales y enfermedades emergentes; Identificación de sitios potenciales de conflicto en el uso de nuevas tecnologías; Desarrollar sistemas firmes de monitoreo y reforzar el carácter multidisciplinario e interdisciplinario de la ecología.*

5. CARBONO

Antes de la aparición de la vida, la atmósfera estaba dominada por gas carbónico producido por las erupciones volcánicas, como es aún el caso para algunos de los planetas que nos rodean, Venus y Marte. La fotosíntesis, que comenzó hace por lo menos tres mil millones de años, fijó cantidades considerables de carbono y liberó oxígeno que primero oxidó la superficie terrestre, primitivamente reductora y permitió la acumulación de oxígeno libre desde hace aproximadamente 2 mil millones de años (Saugier y Pontailier, 2006).

Saugier y Pontailier (2006) señalan también que, en el transcurso de los tiempos geológicos, la absorción del CO₂ por la fotosíntesis y la incorporación de grandes cantidades de carbono en las rocas sedimentarias, redujeron progresivamente el contenido de CO₂ del aire, dando como resultado la composición actual de la atmósfera que tiene un equilibrio entre procesos biológicos como la fotosíntesis y la respiración, así como de procesos fisicoquímicos.

Además de participar activamente en los procesos geológicos el elemento carbono resulta indispensable para el desarrollo de la vida.

Es considerado un elemento básico en la formación de moléculas orgánicas como carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Los organismos fotosintéticos, usando la luz solar como energía captan CO₂ y producen materia orgánica y oxígeno. En el ambiente el carbono se encuentra en diferentes formas, se puede encontrar como dióxido de carbono tanto en gas como disuelto el agua, ácido carbónico, carbonato y bicarbonato (Duarte, *et. al.*, 2006)

5.1. Ciclo de Carbono

El ciclo del carbono es de gran interés en biogeoquímica puesto que la mayor parte de los tejidos, en los seres vivos, están compuestos de carbono. Una vez en la atmosfera, el carbono tiene un papel importante ya que actúa como gas de efecto invernadero (Duarte, *et. al.*, 2006).

En épocas recientes el CO₂ ha incrementado el interés en la sociedad, incrementando también, los esfuerzos por parte de la comunidad científica en comprender y cuantificar los intercambios de carbono asociados al ciclo de este elemento.

Los flujos atmosféricos naturales del carbono dan como resultado un pequeño sumidero neto (lo que significa que el carbono es absorbido por la atmósfera hacia la tierra y los océanos), lo que compensa en parte las emisiones antropogénicas de combustibles fósiles, que son la principal fuente de carbono para la atmósfera actual (Schulze *et. al.*, 2000).

En el ciclo del carbono, los bosques juegan un papel importante puesto que almacenan una cantidad importante de este compuesto. Algunos autores coinciden en que los bosques son los ecosistemas terrestres que conservan una mayor cantidad de carbono.

Los principales almacenes de carbono en los ecosistemas forestales son el suelo, la vegetación y el mantillo. La parte aérea de la vegetación es la encargada de incorporar el carbono atmosférico al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis. Participando con el 90% del flujo anual de carbono entre la atmósfera y el suelo (Benjamín y Masera, 2001).

La respiración vegetal y la descomposición de la materia orgánica del mundo libera más de 10 veces el CO₂ que inducen las actividades humanas, sin embargo, estas emisiones se han encontrado en balance constante entre la emisión y absorción por parte de la vegetación y los océanos (EPA, 2019).

Según la NOAA (2019), durante el verano, la fotosíntesis excede la respiración y el CO₂ se elimina de la atmósfera, mientras que fuera de esta estación la respiración excede la fotosíntesis y el CO₂ regresa a la atmósfera.

Una vez que el CO₂ es incorporado a los procesos metabólicos de la vegetación mediante la fotosíntesis, contribuye a la formación de materias primas y alimento (energía) que sirven para el desarrollo de estos seres vivos.

En el caso de los árboles, con el paso del tiempo al crecer, desarrollan nuevas estructuras como yemas de crecimiento, ramas, follaje, estróbilos, flores y frutos (angiospermas), y se presenta un engrosamiento en la altura y grosor del fuste. Para que esto suceda los árboles echan mano los recursos disponibles en el ambiente.

Los componentes del follaje aportan materia orgánica al suelo, misma que con el paso del tiempo y con ayuda de organismos descomponedores en el suelo, incorpora nuevamente el CO₂ al ambiente.

El aprovechamiento de los recursos forestales maderables también contribuye con el flujo del carbono en la atmósfera. Una vez que los troncos de los árboles llegan a determinada altura y grosor, pueden considerarse para su comercialización y son transformados en:

tablas, tablonos y polines principalmente. Que son utilizados en la industria de la construcción o en la fabricación de muebles.

Sin embargo, una vez que la vida útil de los productos obtenidos de los recursos forestales termina, estos son degradados de diferentes maneras aportando nuevamente carbono al suelo y CO₂ a la atmosfera.

De acuerdo con Schulze *et. al.* (2000). El ciclo del carbono se puede clasificar en los siguientes flujos (figura 2):

- Producción primaria bruta (GPP, por sus siglas en inglés): donde ocurre una asimilación de carbono por medio de la fotosíntesis, se considera la fotorrespiración.
- Producción primaria neta (NPP, por sus siglas en inglés): se refiere a la fracción de GPP que resulta en el crecimiento, cuando se toma en cuenta la respiración de la planta (R_a).
- Producción neta del ecosistema (NEP, por sus siglas en inglés): se considera teniendo en cuenta el pronóstico anual de la respiración heterotrófica de los organismos del suelo (R_h)

$$NEP = GPP - R_a - R_h$$

Captura todos los cambios en el carbono del ecosistema que resultan del equilibrio de los procesos fisiológicos de las plantas y los microbios.

- Producción neta del bioma (NBP, por sus siglas en inglés) teniendo en cuenta pérdidas no respiratorias como el fuego y la cosecha.

El ciclo del carbono terrestre es un sistema altamente dinámico. Especialmente en el lado de descomposición del ciclo, hay grupos intermedios que difieren en su tiempo de rotación y "accesos directos" donde el carbono puede regresar a la atmósfera a un ritmo más alto.

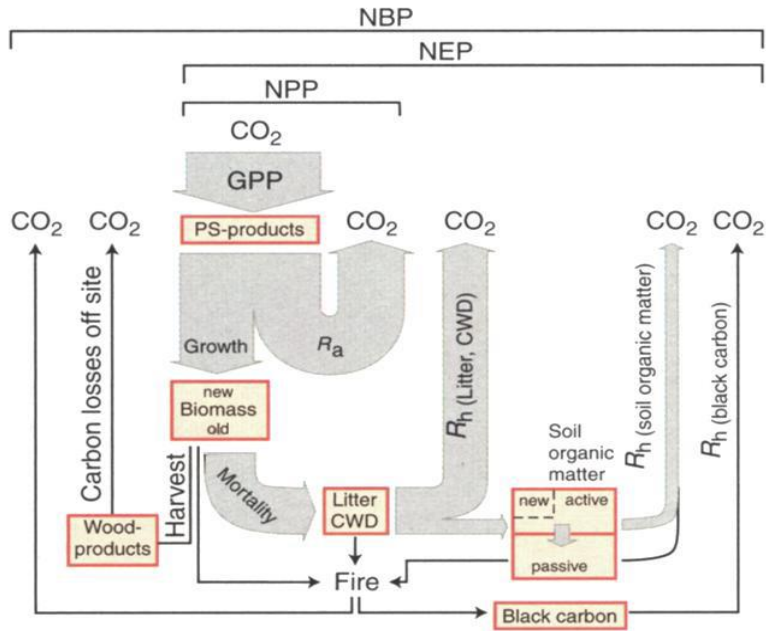


Figura 2. Representación esquemática del ciclo del carbono terrestre. Las flechas indican la dirección del flujo del carbono; los recuadros indican los depósitos. El tamaño de los cuadros representa diferencias en la distribución de carbono en los ecosistemas terrestres. CWD (escombros leñosos gruesos); Rh, (respiración heterotrófica por organismos del suelo); PS, fotosíntesis. Tomado de: Schulze *et al.* 2000.

DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE LOS FLUJOS (f) Y ALMACENES (a) DE CARBONO EN UN ECOSISTEMA FORESTAL

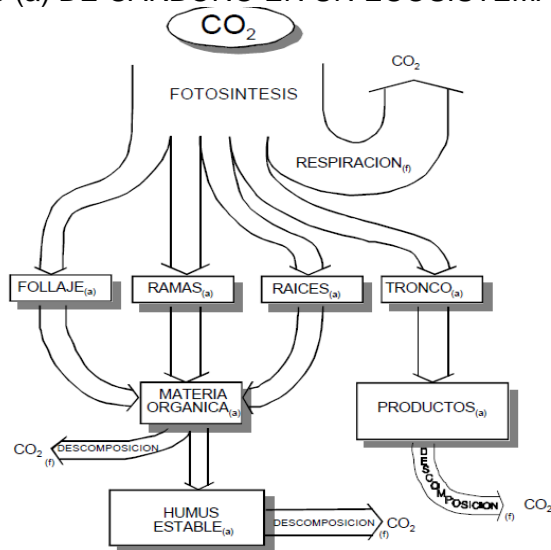


Figura 3. Diagrama que representa los flujos y almacenes de carbono en los ecosistemas forestales. Tomado de Benjamín y Masera (2001).

El diagrama (figura 3) representa los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal, donde el follaje, las ramas, las raíces, el tronco, los desechos, los productos y el humus estable son almacenes de carbono, mismos que se reincorporarán al ciclo por descomposición y/o quema de la biomasa forestal (Benjamín y Masera, 2001).

Los procesos de captura y emisión de carbono que se dan en nuestro planeta interactúan de manera distinta entre sí y dependen del tiempo en que se encuentren almacenados en los diferentes reservorios de este como pueden ser los seres vivos, la vegetación aérea y subterránea, materia en descomposición, los suelos, productos forestales y los océanos.

De acuerdo con Lal (2007) los bosques secuestran 3060 Pg de Carbono, distribuidas 560 en la parte aérea y el resto en el suelo. Lai (2004) menciona que los reservorios terrestres de Carbono en bosques tropicales son de 120 Mg/ha (tons) en vegetación y 123 Mg/ha en suelo, indicando que los reservorios en la vegetación se incrementan a una tasa de 0.9 a 1.2 conforme se incrementa la latitud.

En diversos trabajos sobre la captura de carbono en bosques templados, en particular en la biomasa aérea se tiene que Cumes (2014) menciona una captura promedio de 80.13 Mg/ha⁻¹, Aryai (2018) 73.81 Mg/ha⁻¹; Rodríguez *et. al.* reportan para los bosques de Chiapas una media de 380 Mg/ha⁻¹, mientras que Pimienta et al (2007) indican 51.12 Mg/ha⁻¹ para Durango. Tavoni et al reportan 41 Mg/ha⁻¹ promedio para bosques del este de Europa. Para “El Faro”, Arcos (2017) reporto un promedio de 63.5 Mg/ha⁻¹. Como se aprecia hay una variación muy grande en la captura de bióxido de carbono en los bosques, lo cual está definido por una gran cantidad de variables como son las especies, la densidad, el manejo forestal que se les presta, el tipo de suelo entre otras.

5.2. Gases de Efecto Invernadero

En la actualidad para la población mundial, el cambio que se manifiesta en el clima del planeta representa una gran preocupación por el impacto negativo que éste manifiesta en el medio ambiente, afectando también, la salud, así como las actividades sociales y económicas de la población.

El incremento en la abundancia de los gases de efecto invernadero atmosféricos se vio favorecido a partir de la revolución industrial, como resultado de la actividad humana. Estos gases son, en gran parte, responsables de los aumentos observados en la temperatura

global, dentro de este grupo podemos mencionar, el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), así como el monóxido de carbono (CO) que es un indicador importante de la contaminación del aire (NOAA, 2019).

De acuerdo con múltiples especialistas en la materia, el calentamiento global ha ido incrementado debido a la gran producción de los gases de efecto invernadero (GEI) siendo considerado el bióxido de carbono (CO_2) como el más importante de este grupo debido a su abundancia en la atmósfera.

De acuerdo con la NOAA (2019), el CO_2 permanece en la atmósfera durante mucho tiempo, y las emisiones provenientes de cualquier lugar se mezclan en la atmósfera en aproximadamente un año. A nivel global, el 23% de las emisiones de GEI provienen de la deforestación, los incendios forestales y el cambio de uso de suelo, así como de la agricultura (IPCC, 2019).

En un periodo de tiempo que comprende de 1979-2018 (figura 4) la abundancia de carbono atmosférico ha ido incrementando en promedio 1.83 ppm por año. En las últimas décadas, el aumento de las concentraciones de CO_2 en la atmósfera se ha ido está acelerando, en la década de 1980 el aumento promedio fue de 1.6 ppm por año y 1.5 ppm por año en la década de 1990, la tasa de crecimiento aumentó a 2.3 ppm por año durante la última década (2009-2018). Y más recientemente en el periodo de tiempo comprendido del 1 de enero de 2018 al 1 de enero de 2019 se detectó un aumento de 2.5 ± 0.1 ppm (NOAA, 2019)

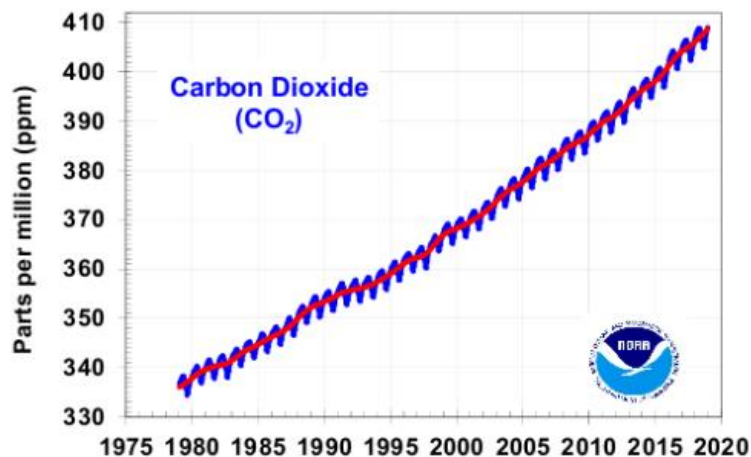


Figura 4: Abundancia promedio global dióxido de carbono. La red mundial de muestreo de aire de NOAA está trazada desde principios de 1979. Tomada y modificada de The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI). 2019.

En México, de acuerdo con Benjamín y Masera (2001), entre los principales emisores de GEI se encuentran el sector energético, debido al uso de combustibles fósiles, el cambio de uso de suelo y forestería, y la industria del cemento, en el 2001 estas industrias emitían cerca de 117 Mt de carbono a la atmosfera.

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, para México en el 2015, las emisiones netas, que incluyen las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) sumaron 551 Gg de CO₂e, siendo el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) los gases de efecto invernadero con mayor representación (INEGyCEI, 2018).

Por otro lado, de acuerdo al último informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). En nuestro país los principales sectores productores de GEI, emiten cerca de 102 Mt de CO₂e. Siendo el sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) el principal responsable de la emisión de estos gases. Este sector presenta absorciones de una magnitud de 148 Mt de CO₂e, resultado de las permanencias y reservorios en bosques y selvas del país. (IPCC,2019).

De esta manera los sistemas naturales contribuyen de manera importante a la mitigación del cambio climático, por lo tanto, se necesita favorecer la protección, conservación y restauración de éstos (IPCC,2019). Lal (2007) menciona que la captura de carbono por los sistemas naturales está en cuatro reservorios: en el terrestre con 560 Pg, en el Suelo con 2,500 Pg, en los Combustibles fósiles del subsuelo con 4130 Pg (siendo el carbón el más alto con 3,510 Pg) y el Océano con 30,400 (siendo las profundidades el mayor almacén con 36, 730 Pg). Como se aprecia la contribución de los bosques a la captura de carbono es la más baja, apenas con un 0.01% del total, pero aun así es importante ya que es junto con el carbón almacenado en el suelo (0.6%) una acción que podemos controlar e incrementar a través de programas de reforestación, manejo forestal y conservación de los suelos.

La gran cantidad de emisiones generadas en el país, hacen sea considerado como uno de los 20 países con mayores emisiones de GEI a nivel mundial.

Esto es una situación preocupante, puesto que las características propias de nuestro país lo hacen vulnerable a los impactos derivados del cambio climático debido a sus condiciones bioclimáticas y socioeconómicas (Benjamín y Masera, 2001).

Santibañez (2014), propone una serie de acciones que permitirán reducir los niveles de CO₂ atmosféricos. Estas se centran principalmente en: mejorar la eficiencia de las tecnologías

relacionadas con la producción de energía; reemplazar tecnología antigua por tecnología que, durante su proceso, emita niveles menores de CO₂ a la atmosfera y la tercera acción se centra en el secuestro o almacenaje del CO₂ atmosférico.

5.3. Captura de Bióxido de Carbono como servicio ambiental

La investigación de la captura de carbono basada en el uso de los ecosistemas se encuentra relacionada con el estudio del valor de las funciones ecológicas, es en 1976 cuando surge la idea de que los bosques podrían servir como “almacenadores” de las emisiones provenientes de la quema de combustibles fósiles. Cuando se habla de captura de carbono se hace referencia a uno de los múltiples valores de uso indirecto de los ecosistemas forestales (Yáñez, 2004).

La mayor parte de los procesos productivos y actividades domésticas requieren del uso de energía derivada de combustibles fósiles. Esta combustión emite óxidos de carbono (principalmente CO₂) y otros gases que contribuyen al calentamiento atmosférico global.

Los ecosistemas terrestres y el suelo son depósitos considerables de CO₂. Los bosques del mundo contienen un estimado de 340 Pg (picogramos) de CO₂ (1 Pg=10¹⁵ g) (1 GtC=gigatonelada=billón de ton) en vegetación, y 620 Pg de CO₂ en suelo. Durante el último siglo, aproximadamente, 150 Pg de CO₂ han sido liberadas a la atmósfera, como consecuencia de los cambios en el uso del suelo (Corredor-Camargo, *et. al.*, 2012).

Derivado de las múltiples cumbres internacionales relacionadas con el medio ambiente, muchos países se han comprometido a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera y tomar así medidas adicionales para proteger al medio ambiente. En particular podemos mencionar la Conferencia de Río de Janeiro de 1992 en donde también se desprende la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático entró en vigor en marzo de 1994, posteriormente surge el Protocolo de Kyoto que entra en vigor en 2005 y actualmente se tienen los Acuerdos de París vigentes desde noviembre de 2016.

Es en estas cumbres donde se plantean una serie de programas o instrumentos que proponen emplear mecanismos ecológicos en favor de la conservación ambiental y la reducción de emisiones.

La disminución de la concentración atmosférica del carbono puede darse como consecuencia de la conservación de los bosques (evitando la tala) o mediante la captura de carbono (absorción por almacenes naturales), de esta manera las empresas emisoras de CO₂ pueden compensar los efectos negativos de las emisiones producto de sus actividades, mediante la inversión o compra de “créditos” en proyectos cuyo resultado sea la captura de carbono (Yáñez, 2004).

Los países desarrollados pueden satisfacer sus compromisos de reducción de niveles de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂, comprando unidades de reducción de emisiones de otro país o región. De esta forma, el manejo apropiado de la vegetación se convierte en un mecanismo para la reducción de concentraciones de CO₂ a nivel global, y por consecuencia su captación a través de vegetación se transforma en una estrategia productiva (Torrez y Guevara, 2002).

La fijación del carbono por bacterias y animales, es otra manera importante de disminuir la cantidad de CO₂ disponible en la atmosfera, aunque cuantitativamente es menos importante que la fijación de carbono que realizan las plantas y el intercambio gaseoso que realiza en los océanos.

Por lo tanto, consideramos importante destacar el papel de representan los bosques y selvas en la captura, almacenamiento y liberación de carbono a la atmosfera como resultado de los procesos fotosintéticos, de respiración y de degradación de la materia.

Durante el tiempo en que el carbono se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es nuevamente remitido (ya sea al suelo o la atmosfera), se considera que se encuentra almacenado (Benjamín y Maser, 2001).

La estimación de la captura de carbono se refiere a *la cantidad de carbono fijado en la biomasa de organismos vivos que se gana año con año* (Ordoñez, 2008). El saldo es una captura neta positiva cuyo monto depende del manejo que se le dé a la cobertura vegetal, así como de la edad, distribución de tamaños, estructura y composición de ésta.

Este servicio ambiental que proveen bosques o selvas como secuestradores de carbono (sumideros) permite equilibrar la concentración de este elemento, misma que se ve incrementada debido a las emisiones producto de la actividad humana (Torrez y Guevara, 2002).

De acuerdo con SEMARNAT (2003) la captura de carbono, como un servicio ambiental tiene relevancia de primer orden porque se relaciona con los más graves problemas ambientales que hoy afectan al planeta en su conjunto: el cambio climático, el efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono. Este servicio ambiental contribuye a remediar el calentamiento de nuestro planeta, puesto que evita la acumulación de CO₂ en la atmósfera.

Los servicios ambientales que proporcionan los bosques mediante la captura de carbono serán, por lo tanto, determinantes para disminuir el calentamiento global y estabilizar el cambio climático.

Torrez y Guevara (2002), también mencionan que en 1993 se realizó un análisis preliminar para México, donde se asume que manteniendo las áreas naturales protegidas, realizando un manejo de los bosques de manera sustentable en las áreas comerciales, reforestando las áreas boscosas degradadas, se podía llegar a niveles de captura de carbono en dichas zonas del orden de 3,500 a 5,400 millones de toneladas en un periodo de 100 años, lo que equivale a una captura anual, bajo este escenario hipotético, de 35-54 millones de toneladas de carbono por año.

En el caso de los programas de captura de carbono en nuestro país, se presentan diferentes áreas de oportunidad, así como beneficios que podrían ser obtenidos de estos y de igual forma se presentan distintos obstáculos y limitaciones para su operación exitosa, en distintas escalas como describe a continuación (Yáñez, 2004).

Tabla 2. Áreas de oportunidad, obstáculos y limitaciones de los mercados de carbono en nuestro país. Tomado y modificado de Yáñez, 2004.

Escala	Área de oportunidad o beneficios obtenidos	Obstáculos y limitaciones
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Carbono capturado. • Carbono no emitido. • Conservación de biodiversidad. • Conservación de cuencas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Debate sobre la medición de parámetros de captura y almacenamiento. • Dificultades para evaluar todos los impactos ambientales. • Investigación <i>in situ</i> muy limitada y bajo presupuesto.
Socioeconómica	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor calidad de vida y capacitación para la producción. • Alternativas viables para la población local. • Promueve el conocimiento científico y se generan datos. • Provee financiamiento adicional para las prioridades nacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades para el financiamiento. • Historia de promesas y decepción para los campesinos. • Insuficiente o inadecuada organización campesina. • Desplazamiento potencial de emisiones.

Escala	Área de oportunidad o beneficios obtenidos	Obstáculos y limitaciones
Institucional	<ul style="list-style-type: none"> • Buena imagen en negociaciones internacionales. • Promueve enfoques de política integral. • Fortalece vínculos entre distintos actores sociales. • Mejora la relación con el sector académico. • Fortalece a las O.S.C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinación ineficiente entre los niveles de gobierno e instituciones. • Marco legal e institucional débil para la implementación de programas de captura de carbono. • Riesgo por corrupción y actividades ilegales.

Como podemos observar en la tabla 2, los programas de captura de carbono con base en el uso de los recursos forestales presentan una serie de beneficios que impactan positivamente y de manera directa en el medio ambiente, la economía y la sociedad, toda una vez que los obstáculos sean identificados y resueltos.

Paralelo a la captura de carbono, provista por nuestros recursos naturales, se está trabajando en el desarrollo de tecnología que pudiera realiza esta misma función.

Santibáñez (2014), menciona que este modelo tecnológico para a captura de carbono, debería considerar tres aspectos importantes para su desarrollo.

- El primero de ellos tiene que ver con la captura de CO₂ proveniente de diferentes fuentes emisoras, como pueden ser plantas generadoras de electricidad cuya base de operación es el carbón, así como empresas de productoras de cemento, acero y/o fierro, refinerías de petróleo, entre otras.
- El segundo tiene que ver con la compresión y el transporte del CO₂ capturado y finalmente,
- el tercero implica la inyección y almacenaje en reservorios geológicos, geográficamente dispersos, entre estos se pueden considerar: acuíferos salinos, localizados a grandes profundidades, pozos de gas o petróleo consumidos y pozos oceánicos profundos.

Sin embargo, consideramos que por tener especificaciones tecnológicas particulares y ser tecnológicas aun en desarrollo, este tipo de planteamientos alternativos a los procesos naturales, resultan difíciles de implementar y representan gastos económicos importantes.

5.4. Valoración biológica del carbono

La valoración biológica del carbono nos permite conocer la cantidad de carbono que se encuentra capturado en la materia orgánica, en el caso de los bosques nos referimos a la biomasa.

Históricamente el valor adjudicado los recursos forestales ha sido solamente por los recursos maderables que estos ofrecen a la población, es por ello que los métodos actuales de valoración permiten vislumbrar beneficios asociados, que antes no habían sido considerados, como son los servicios ambientales y los ecológicos.

Rivas (2002), propone que la evaluación de los recursos forestales, puede darse de dos maneras distintas:

- *La evaluación directa*, ésta se basa en realizar mediciones que se obtienen de forma inmediata del recurso que nos interesa, como por ejemplo el diámetro a la altura del pecho.
- La evaluación indirecta, se basa en mediciones que nos permiten inferir datos del recurso de una manera menos inmediata. En este tipo de evaluación tendremos primero efectuar una serie de cálculos con datos obtenidos previamente. Para después poder obtener otra serie de datos.

5.4.1. Métodos para evaluar la captura de Bióxido de Carbono

Brown (2011) sugiere que para estimar la fijación de carbono en la materia orgánica pueden ser utilizados procedimientos indirectos, como la aplicación de fórmulas empíricas, pero que también es posible hacer mediciones más directas, por ejemplo, muestreos *in situ* en diferentes tipos de vegetación.

Benjamín y Masera (2001) refieren que para establecer la cantidad de carbono capturado por la vegetación se debería considerar el carbono contenido en la biomasa (aérea y de las raíces), la biomasa aérea comprende el tronco, hojas, ramas y follaje. Midiendo esta cantidad capturada en toneladas de carbono por hectárea en un año (tC/ha/año).

Para poder realizar la estimación adecuada de la cantidad de biomasa de la cobertura vegetal y, por consiguiente, conocer la cantidad de carbono contenida en la biomasa aérea podemos considerar diferentes metodologías:

- **Biomasa**

La biomasa es todo tipo de materia orgánica que tiene origen en un proceso biológico. En las plantas, durante la fotosíntesis, se absorbe la energía solar en la clorofila y se transforma el dióxido de carbono (CO₂) del aire y el agua del suelo en carbohidratos que almacenan energía química, mediante el proceso de conversión fotoelectroquímica de la fotosíntesis (Bustamante *et. al.*, 2016).

Como resultado del proceso fotosintético las plantas obtienen alimento para seguir desarrollando una gran cantidad de estructuras, en el proceso van creciendo y utilizan cada vez una mayor cantidad de carbono atmosférico.

La biomasa, cobra un principal interés puesto que ha sido el primer combustible empleado por el hombre y el principal hasta la revolución industrial. En la actualidad aún se sigue usando con estos fines y su combustión libera CO₂ a la atmosfera, sin embargo, algunos autores consideran que el CO₂ generado en la combustión es reabsorbido mediante el proceso fotosintético, y al contribuir con el crecimiento de las plantas, no aumenta la cantidad de CO₂ presente en la atmósfera.

Schelegel (2001), señala que la estimación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que esta permite determinar los montos de carbono y otros elementos químicos existentes es cada uno de sus componentes y representa la cantidad potencial de carbono que puede ser libreado a la atmosfera o conservado en esta.

- **Inventarios forestales**

Este es un instrumento que vincula estos dos tipos de evaluaciones, indirectas y directas, ya que en campo se obtienen datos dasométricos de cada uno de los individuos localizados en el área, y a su vez estos datos pueden ser utilizados posteriormente para la obtención de otros datos como los índices de diversidad.

Los inventarios forestales tienen como principal objetivo proveer información sobre la cantidad, ubicación y la calidad de los recursos forestales; y constituye una herramienta básica para la toma de decisiones con respecto al manejo, aprovechamiento, conservación y restauración forestal (IEFyS, 2013)

En el INFyS (2018) se proponen además de los objetivos antes mencionados, algunos objetivos un tanto más particulares, que pueden servir para realizar evaluaciones indirectas, por ejemplo, la estimación de la captura de carbono. Entre estos objetivos tenemos:

- *Actualizar la información sobre la superficie, localización y estadísticas del recurso forestal a una escala nacional,*
- *Generar indicadores de la condición actual de los ecosistemas del país, que ayuden a cuantificar los recursos forestales y su estado de conservación*
- *Estimar parámetros dasométricos del arbolado y de aquellas especies de interés.*

Si consideramos que la cantidad de biomasa de las especies forestales es clave para conocer la cantidad de carbono que se encuentra capturado, es necesario recalcar la importancia de la productividad.

- **Productividad**

Návar-Cháidez y Jurado-Ybarra (2009), mencionan que la *productividad* primaria, es clave en el entendimiento de los almacenes y flujos de varios elementos biogeoquímicos, entre ellos el carbono. Puesto que aproximadamente 90% de la biomasa acumulada en la tierra se localiza en los bosques en forma de fustes, ramas, hojas, raíces y materia orgánica.

Si la productividad de los organismos vegetales, y por consiguiente la cantidad de biomasa generada que es en donde el carbono se encuentra capturado, se ve influenciada por la disponibilidad de los recursos necesarios para su crecimiento, podríamos decir que está ligada a la calidad del sitio en donde estos individuos se desarrollan.

- **Calidad de sitio**

El sitio es el equivalente al hábitat y se considera como la suma de los factores que soportan e influyen en el desarrollo de la vegetación, la calidad de estación o sitio (en inglés site index), se entiende como la capacidad productiva de un lugar para una determinada especie forestal, en otras palabras, la calidad del sitio se define como la capacidad de un área determinada que favorece el crecimiento de árboles. (Salazar *et. al.*, 2012; González *et. al.*, 2013).

Como respuesta a esta calidad en los sitios, el desarrollo de una determinada especie arbórea se ve favorecida o no, con base en las condiciones ambientales (edáficas, climáticas y bióticas) existentes en un determinado lugar; se ha optado por representar la calidad de sitio a través de un índice denominado índice de sitio o índice de productividad, ambos muy populares porque son una expresión cuantitativa de la calidad de sitio y permiten una comparación cuantitativa entre diferentes lugares (González *et. al.*, 2013).

Lo que nos llevaría a deducir que sitios con una mejor calidad, serian benéficos para el desarrollo adecuado de los árboles, aumentando su productividad y favoreciendo de manera indirecta una mayor cantidad de carbono capturado en el proceso de desarrollo.

- ***Determinación del contenido de Carbono***

Existen diversas metodologías que permiten contabilizar la cantidad de carbono que se encuentra capturado en la materia vegetal, algunas de estas técnicas se basan en evaluaciones indirectas utilizando la información que proveen estudios previos como pueden ser los inventarios forestales.

Sin embargo, la mayoría de estas evaluaciones consideran de suma importancia a la biomasa ya que esta permite determinar los montos de carbono presentes en cada individuo.

Schelegel (2001) refiere que la cantidad de carbono almacenado en los sitios de muestreo es variable y depende del tipo y estado de desarrollo del bosque puesto que la fijación de carbono está en función de la especie, el índice de sitio o el turno, entre otros factores. En este sentido la calidad del sitio también es importante, como un factor a considerar al momento de realizar una evaluación de carbono.

Existen métodos directos e indirectos que permiten estimar la biomasa de un bosque. De manera directa, el árbol se tiene que cortar y de manera inmediata se procede a pesar la biomasa directamente, posterior a este paso es necesario registrar su peso en seco. De manera indirecta se utilizan una serie de ecuaciones y modelos matemáticos calculados por medio de análisis de regresión entre las variables colectadas en campo y en inventarios forestales (Brown, 1997)

De acuerdo con la Guía para la Estimación de Absorciones de Dióxido de Carbono (2019). Los modelos de estimación de biomasa se confeccionan a partir de datos obtenidos en

campo mediante el apeo, desramado, pesado de fracciones de biomasa en campo, y la determinación de la materia seca en el laboratorio, y se estructuran de la siguiente manera:

- Variables explicadas: Peso seco de las distintas fracciones de biomasa del árbol.
- Variables independientes: Diámetro norma y altura total del árbol.
- Análisis estadístico: Ajuste de sistemas de ecuaciones mediante distintos procedimientos.

También se puede estimar la biomasa de a través del volumen del fuste, utilizando la densidad básica para determinar el peso seco y un factor de expansión para determinar el peso seco total (biomasa total del árbol) (Schelegel, 2001).

Mediante el proceso fotosintético los árboles absorben CO₂ atmosférico que utilizan junto nutrientes disponibles en el suelo y agua, para obtener energía y poder crecer, este crecimiento se ve reflejado en aumento en sus dimensiones debido a la producción de madera que contiene carbono y que forma parte de troncos, ramas y otros elementos.

La cantidad de bióxido de carbono que el árbol captura durante un año de crecimiento consiste en el pequeño incremento anual que se presenta en la biomasa del árbol (madera) multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono. Aproximadamente 42% a 50% de la biomasa de un árbol (materia seca) es carbono. Hay una captura de carbono neta, únicamente mientras el árbol se desarrolla para alcanzar madurez. Cuando el árbol muere, emite la misma cantidad de carbono que capturó. Lo primordial es cuanto carbono (CO₂) captura el árbol durante toda su vida (Zwaan y Koen, 2009).

La capacidad de los ecosistemas forestales para almacenar carbono en forma de biomasa aérea varía en función de la composición florística, la edad de estos y la densidad de población de cada estrato por comunidad vegetal (Schulze *et. al.*, 2000)

La aplicación conjunta de métodos de evaluación directos e indirectos permiten generar información relevante y resultan ser de gran utilidad para realizar la estimación de la cantidad de carbono que se fija en la materia orgánica. En el presente trabajo, por ejemplo, los datos obtenidos *in situ* por Arcos y Silva (2018), que se basan en la calidad de sitio, fueron procesados, tiempo después, en el laboratorio con la finalidad de calcular la cantidad de carbono que se captura en la zona de estudio, así como la cantidad potencial de carbono que la zona de estudio puede capturar, esto sin la necesidad de intervenir en la zona de estudio nuevamente.

6. ECONOMÍA AMBIENTAL

En las últimas décadas la forma en que se perciben los problemas ecológicos ha variado sustancialmente y la idea de que hay un límite se ha afianzado, tanto en la opinión pública como en los círculos más especializados. Este reconocimiento general de la llamada crisis ecológica global suele correr paralelo al cuestionamiento del actual sistema de producción y consumo de la sociedad (Valdivielso, 1999).

La creciente preocupación por el deterioro ambiental originado por las actividades económico-industriales, es un tema de relevancia internacional, que ha sido abordado por diferentes investigadores desde finales de los sesentas y ha sido expuesto en instituciones gubernamentales, académicas y de representación internacional como la organización de las naciones unidas en las llamadas cumbres por el medio ambiente.

En estas cumbres se han adoptado a lo largo de su historia, una serie de estrategias que buscan mejorar la calidad de vida de las personas, así como la conservación de los recursos naturales y la disminución de emisiones contaminantes a la atmosfera, principalmente.

Una de las cuestiones que en la actualidad resultan atractivas para el estudio de los economistas del mundo es la valoración monetaria de los beneficios y costos ambientales, parte del desarrollo e implementación de estos instrumentos económicos son propuestos en la cumbre de Rio en 1992.

Estas iniciativas nacen como consecuencia de los supuestos de la llamada economía ambiental, esta área de estudio deriva de la economía estándar y tiene entre sus temas centrales de investigación el problema de la valoración de los recursos naturales. Dentro de los temas de valoración la economía ambiental estudia habitualmente dos cuestiones: el problema de las externalidades y la asignación intergeneracional óptima de los recursos agotables (Aguilera y Alcántara, 2011).

De acuerdo con Osorio (2001), el desarrollo sostenible en su expresión más amplia, debe hacer compatibles tres objetivos principales: el crecimiento económico, la equidad social y la sostenibilidad ambiental, que articulados permiten alcanzar un objetivo común: lograr un mejoramiento cualitativo de las condiciones de vida de las poblaciones a través del desarrollo de las instituciones y de la organización social de los actores.

Desde este enfoque se propone la administración de los recursos naturales desde una perspectiva de gobernanza ambiental, en la cual de acuerdo con Vatn (2015) las

interacciones entre actores económicos, políticos y de la sociedad civil contribuyen con la administración adecuada de los recursos naturales desde una visión institucional y multidisciplinaria.

- los actores económicos son aquellos que poseen/usan a los recursos productivos, estos podrían ser agrupados también como productores y/o consumidores;
- los actores políticos; dentro de este grupo podemos encontrar dos tipos: las autoridades públicas donde la figura principal generalmente es el estado y las Organizaciones Internacionales. Estos pueden ser considerados como son aquellos tienen el poder de definir los derechos de propiedad/uso, así como las reglas o normas de interacción;
- los actores de la sociedad civil; abarcan un campo muy amplio, pueden estar organizados o no, están definidos como aquellos que aseguran la legitimidad democrática en la acción política, además de que estos actores definen la base normativa de la sociedad. Dentro de este grupo se engloban a las organizaciones no gubernamentales (ONG's), los medios de comunicación masiva, empresas, partidos políticos y a la academia.

El desarrollo del presente trabajo busca abordar el valor económico del servicio ambiental, captura de carbono, como una herramienta que pueda servir para evidenciar por qué los programas implementados por las instituciones gubernamentales, que impulsan el manejo sustentable de los recursos forestales en nuestro país no siempre logran sus objetivos, y cómo la economía es un factor importante que presiona a las personas para explotar de manera indiscriminada a los recursos naturales, por otro lado buscamos contribuir con la mejora de las políticas públicas que impulsan a estos programas ya que no siempre conectan de manera real con los ecosistemas y la sociedad lo que evita que se logren los objetivos con los que fueron concebidos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2009) a través del subprograma de gobernanza ambiental propone como uno de los objetivos de este, que los conocimientos científicos bien fundamentados pueden ser utilizados para la adopción de decisiones, consideramos que este trabajo a través de la determinación de la cantidad de carbono atmosférico que el área de estudio captura y la cantidad que puede capturar, así como la valoración económica del servicio ambiental puede ser utilizada como una herramienta que contribuya en la toma de decisiones con respecto al uso y manejo del bosque.

6.1. Economía Ambiental en la Declaración sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.

La Conferencia de Rio de Janeiro de 1992, fue precedida por la Conferencia de Estocolmo realizada en 1972, que fue la primera conferencia mundial sobre el medio ambiente en Estocolmo, como resultado de esta reunión se escribió el informe del Club de Roma: *Los límites del crecimiento*.

Este informe aporta argumentos que buscan promover un mejoramiento en la cuestión ambiental y en él se reconoce que los recursos naturales no son ilimitados y que, por lo tanto, la economía los debe manejar de manera más cuidadosa (Eschenhagen, 2007).

Es en la cumbre de Estocolmo, donde se propuso implementar estrategias interdisciplinarias que permitan disminuir los daños en el ambiente ocasionados por las actividades económicas de la sociedad.

Por otro lado en ese mismo año la UNESCO funda el proyecto *Man and Biosphere* (MAB), con el objetivo de: “Proporcionar los conocimientos fundamentales de ciencias naturales y de ciencias sociales necesarios para la utilización racional y la conservación de los recursos de la biosfera y para el mejoramiento de la relación global entre hombre y el medio, así como para predecir las consecuencias de las acciones de hoy sobre el mundo del mañana, aumentando así la capacidad del hombre para ordenar eficazmente los recursos naturales de la biosfera” (Novo, 1995).

Posterior a este primer abordaje por parte de las naciones unidas respecto al deterioro ambiental y su relación con las actividades económicas, tiempo después y antecedido por el Informe Brundtland *Nuestro Futuro común* (1987), en 1992 se propone una nueva reunión en Rio de Janeiro, Brasil.

El objetivo de la Cumbre de Rio de Janeiro fue integrar el desarrollo económico y la protección ambiental siguiendo los lineamientos del Informe Brundlandt. M. Strong, quien presidió la cumbre, afirmó: “el funcionamiento de las fuerzas del mercado puede y debe ser su aliado poderoso para propiciar los incentivos para el cambio”. (Eschenhagen, 2007). Así como: “*establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas*”.

Con la firma de la Declaración de Río se buscó el crecimiento económico y social, vaya de la mano de un desarrollo sostenible que busque mejorar la calidad de vida de las personas. Fueron veintisiete los principios firmados en esta Declaración, que contuvieron lineamientos o criterios no vinculantes para los Estados firmantes.

El principio dos de la Declaración de Río, el principio de soberanía en el aprovechamiento de los recursos de cada estado en los siguientes términos:

Principio dos: *“Los Estados tienen el derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus propias políticas ambientales y de desarrollo, y la responsabilidad de velar por que las actividades realizadas dentro de su jurisdicción o bajo su control no causen daños al medio ambiente de otros Estados o de zonas que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional”* (ONU, 2019)

Esta declaración también busca impulsar el desarrollo sostenible entre los gobiernos, también se propone que los gobiernos generen e implementen políticas públicas en favor del medio ambiente.

Principio tres: *El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.*

Principio cuatro: A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.

Principio once: *Los Estados deberán promulgar leyes eficaces sobre el medio ambiente. Las normas, los objetivos de ordenación y las prioridades ambientales deberían reflejar el contexto ambiental y de desarrollo al que se aplican. Las normas aplicadas por algunos países pueden resultar inadecuadas y representar un costo social y económico injustificado para otros países, en particular los países en desarrollo.*

Principio 17: *“Deberá emprenderse una evaluación del impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente y que esté sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente”.*

En esta declaratoria se sientan las bases para crear sistemas económicos amigables con el medio ambiente, se busca también internalizar las externalidades derivadas de la contaminación.

Principio 12: *“Los Estados deberían cooperar en la promoción de un sistema económico internacional favorable y abierto que llevara al crecimiento económico y el desarrollo sostenible de todos los países, a fin de abordar en mejor forma los problemas de la degradación ambiental...”*

Principio 13: *“Los Estados deberán desarrollar la legislación nacional relativa a la responsabilidad y la indemnización respecto de las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales...” “...causados por las actividades realizadas dentro de su jurisdicción, o bajo su control, en zonas situadas fuera de su jurisdicción”.*

Es en el principio 16 donde se hace explícita la necesidad de crear instrumentos económicos que permitan conocer los costos ambientales.

Principio 16: *“Las autoridades nacionales deberían procurar fomentar la internalización de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos, teniendo en cuenta el criterio de que el que contamina debe, en PRINCIPIO, cargar con los costos de la contaminación, teniendo debidamente en cuenta el interés público y sin distorsionar el comercio ni las inversiones internacionales”.*

Durante el desarrollo de la Cumbre de Río, también se firmó un tratado internacional en materia de biodiversidad, el Convenio sobre Diversidad Biológica, que estableció. Se elaboraron sólo dos Convenios vinculantes para los firmantes, que son el Convenio de la Biodiversidad y el Convenio sobre el Cambio Climático (Eschenhagen, 2007).

Posteriormente se han desarrollado otras Reuniones y Conferencias, en la Tabla 3 se hace un resumen cronológico de estas:

Tabla 3. Cronología de las principales Cumbres Mundiales sobre el Medio Ambiente. Tomado y editado de: De Vengoechea, 2012; Eschenhagen, 2007; ONU, 2012; ONU, 2017

CRONOLOGÍA DE LAS PRINCIPALES CUMBRES MUNDIALES	
1972 Primera Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano	En ese entonces el cambio climático no estaba a la orden del día. El debate giró en torno a temas como la contaminación química, las pruebas de bombas atómicas y la caza de ballenas. Pero es aquí cuando los líderes mundiales deciden reunirse cada diez años para

CRONOLOGÍA DE LAS PRINCIPALES CUMBRES MUNDIALES	
(conocida también como la Conferencia de Estocolmo)	realizar un seguimiento del estado medio ambiental y analizar el impacto que sobre él pueda conllevar el desarrollo
1979 Primera Conferencia Mundial sobre el Clima en Ginebra	Por primera vez se consideró el cambio climático como una amenaza real para el planeta. La Conferencia adoptó una declaración que exhortaba a los gobiernos a prever y evitar los posibles cambios en el clima provocados por el hombre
1988- IPCC Aparece el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), creado por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente	<p><i>Sólo con medidas fuertes para detener las emisiones de gases de efecto invernadero, se impediría que el calentamiento global fuera grave.</i> Eso fue lo que concluyó el Grupo que reunió opiniones de 400 científicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una respuesta oficial a la amenaza del cambio climático comenzó con las negociaciones en las Naciones Unidas en la década de 1990 en lo que eventualmente se convertiría en la Convención de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). • Se sientan las bases para la elaboración de los informes de evaluación sobre cambio climático, que incluyen la ciencia del fenómeno, así como sus posibles impactos y soluciones. • El cuarto informe, correspondiente a 2007, fue elaborado por cerca de seiscientos autores provenientes de cuarenta países, y revisado por seiscientos veinte expertos y representantes de los gobiernos.
1992 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (popularmente conocida como la Cumbre de la Tierra) en Río de Janeiro, Brasil	Los líderes mundiales adoptaron el plan conocido como <i>Agenda 21</i> , un ambicioso programa de acción para el desarrollo sostenible global. Sus áreas de actuación eran básicamente la lucha contra el cambio climático, la protección de la biodiversidad y la eliminación de las sustancias tóxicas emitidas. Entró en vigor en 1994, después de haber recibido el número necesario de ratificaciones.
1995 Primera Conferencia de las partes Berlín	Desde la adopción del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la Conferencia de las Partes (COP), el grupo de naciones que han firmado la CMNUCC, se ha reunido anualmente.
1997 Protocolo de Kioto	Es aquí donde los países industrializados adquirieron compromisos concretos y un calendario de actuación. Fue sin duda un gran avance, pues se logró un acuerdo vinculante a todos los países firmantes para que durante el período del 2008 al 2012, se redujeran las emisiones de los seis gases que más potenciaban el efecto invernadero en un 5,2% con respecto a 1990.
2002, Johannesburgo	<p>En esta Cumbre, como lo indica su nombre, ya no parece interesar el medio ambiente como tema primordial, sino el desarrollo sostenible, haciendo apenas unas menciones muy marginales a lo específicamente ambiental.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se emplean las categorías: capital humano, capital cultural y capital natural, asignando valores monetarios. • Aparece la sociedad civil participando en el tema.

CRONOLOGÍA DE LAS PRINCIPALES CUMBRES MUNDIALES	
2007, Bali	<p>Se inició el proceso de negociación para el segundo periodo de cumplimiento del Protocolo de Kioto, que tendría vigencia entre 2012 y 2020.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La primera fase de cumplimiento del protocolo fue prevista para 2008-2012. Los países desarrollados debían haber reducido sus emisiones en 5,2% en relación con 1990 (que no se logró). • Los compromisos de Kioto resultaron insuficientes. Por lo tanto, en Bali se fijó una hoja de ruta (Bali Road Map) con el fin de posibilitar la implementación plena, efectiva y sustentada de la Convención y trazar los lineamientos hacia un acuerdo post-2012. La hoja de ruta se centró en torno a lograr una visión común, mitigación, adaptación, tecnología y financiamiento. El plan serviría para lograr un resultado acordado y adoptar una decisión en la Conferencia de Copenhague.
2009, Copenhague	<p>En esta conferencia se firmó el acuerdo de Copenhague, en el cual se logró fijar la meta de que el límite máximo para el incremento de la temperatura media global sea 2°C.</p> <p>Sin embargo, no se mencionó como se alcanzaría esta meta en términos prácticos. Adicionalmente en el acuerdo se hace referencia a mantener el incremento de la temperatura bajo los 1,5°C, una demanda clave hecha por países en desarrollo vulnerables.</p>
2010, Cancún	<p>La Conferencia de Cancún fue importante para asegurar que en las Conferencias de las Partes se llegue a compromisos políticos para enfrentar el cambio climático</p> <p>Dentro de los ejes logrados en los acuerdos de Cancún resalta la creación del Fondo Verde para el Clima para proveer financiamiento a proyectos y actividades en países en desarrollo.</p> <p>Adicionalmente se acordó en Cancún la operacionalización hasta el 2012 de un mecanismo tecnológico para promover la innovación, desarrollo y difusión de tecnologías amigables al clima.</p>
2011, Durban XVII Conferencia sobre el Cambio Climático	<p>Una de las cuestiones sin resolver siguió siendo el futuro del Protocolo de Kioto que pidió a las naciones industrializadas reducir las emisiones.</p> <p>De acuerdo con la resolución aprobada en Durban, los principales emisores de gases de efecto invernadero, como EE.UU. y los países de reciente industrialización -Brasil, China, India y Sudáfrica- están dispuestos a iniciar un proceso que se completó en 2015 y que concluirá con un acuerdo legalmente vinculante de protección climática.</p>
2012, Cumbre Río+20	<ul style="list-style-type: none"> • Se reafirmaron los Principios de Río y los planes de acción anteriores a esta cumbre.

CRONOLOGÍA DE LAS PRINCIPALES CUMBRES MUNDIALES	
	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizó una evaluación de los avances logrados hasta el momento y de lo que aún queda por hacer en cuanto a la aplicación de los resultados de las principales cumbres sobre el desarrollo sostenible, y solución de las dificultades nuevas y emergentes. • Se fomentó la participación de los grupos principales y otros interesados. Por ejemplo, grupos legislativos y de gobierno, organizaciones de la sociedad civil, entre otros.
2017, Conferencia sobre los Océanos Naciones Unidas, Nueva York	<p>La cumbre aborda principalmente los problemas de salud de los océanos y los mares con soluciones concretas.</p> <p>La Conferencia también promovió el avance del objetivo 14, que es parte de la Agenda 2030 adoptada por los 193 estados miembros de la ONU en 2015.</p> <p>El objetivo principal de esta conferencia es concientizar sobre la importancia de la conservación y el uso sostenible de los océanos, los mares y los recursos marinos.</p>

Estas Conferencias son el resultado de los movimientos ambientalistas de los años 60's y de la publicación de la Ley Ambiental de Estados Unidos de América el 1 de enero de 1970. La primera Cumbre en Estocolmo Suecia de aborda el ambiente desde una perspectiva de la Salud Humana, posteriormente se tienen diferentes reuniones en donde se abordan los problemas ambientales desde el ambiente mismo, en 1982 se adopta la Carta Mundial de la Naturaleza en donde uno de sus temas relevantes es "Los ecosistemas y organismos, así como la tierra, el mar y los recursos atmosféricos utilizados por el hombre, deben gestionarse para alcanzar y mantener una óptima productividad sostenible, pero no de tal manera que ponga en peligro la integridad de otras especies o ecosistemas". En 1988 surge el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para que facilitara evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta, y hasta la fecha continua con sus labores.

Posteriormente se han desarrollado diferentes reuniones y se han tomado acuerdos con el objetivo de reducir emisiones atmosféricas a través de diversos mecanismos. En 2020 concluye la vigencia del Protocolo de Kioto e inicia la vigencia de los Acuerdos de París, cuyos efectos habremos de seguir en los próximos años.

6.2. Definición y origen de la economía ambiental.

Desde el inicio la Economía Clásica, ha considerado a los recursos naturales como proveedores de materias primas para los procesos de producción y ha relacionado el medio ambiente con un posible límite al crecimiento económico; es decir, ha considerado los recursos naturales como factores de producción o medios para producir bienes o servicios que pueden satisfacer directa o indirectamente necesidades humanas (Londoño, 2006).

Desde la década de los sesenta algunos economistas comienzan a concientizarse sobre de los impactos de las actividades económicas sobre los ecosistemas y se hizo necesario reconocer la realidad inevitable de las externalidades generadas por los procesos económicos.

Esto condujo a la Economía como ciencia social, a interesarse progresivamente por las cuestiones del medio ambiente, máxime cuando se admite y cuestiona que el crecimiento económico se ha conseguido a costa del ambiente (Hartley, 2008).

Se hizo visible que en la medida en la que el sistema socioeconómico modifica a los sistemas biológicos, este se ve obligado a su vez a adaptarse a los cambios introducidos en el ambiente, de manera que sea capaz de comprender los efectos de las modificaciones sobre los ecosistemas (Aguilera y Alcántara, 2011).

Desde su concepción, la economía ambiental manifiesta su preocupación y trata de abordar cuestiones tales como: la dimensión crítica del capital natural, la contaminación del medio ambiente o la sostenibilidad planetaria (Hartley, 2008).

Dentro del enfoque neoclásico de la economía, que se caracteriza por describir un sistema económico general, surge el paradigma del desarrollo sustentable que parte del principio de que los recursos son escasos y hay que valorarlos económicamente, a través del diseño de instrumentos económicos de valoración de la naturaleza. Así mismo se busca internalizar las externalidades con base en medidas de política económica (Cataño, 2001; Foladori, 2005; Fuente, 2008).

Uno de los objetivos centrales de la corriente neoclásica, dentro la cual se sitúa la economía ambiental, es el análisis de las condiciones necesarias para que, funcionando un sistema de mercado(s) libre(s), la economía alcance resultados eficientes en la asignación de recursos escasos (Valdivielso, 1999).

El desarrollo teórico y conceptual que hasta ahora se registra sobre los servicios ambientales y los mecanismos de compensación para su permanencia, se funda en la economía ambiental, que sostiene que es necesario valorar económicamente los recursos escasos a fin de conservarlos; por lo tanto, los recursos naturales se conciben como activos susceptibles de ser cuantificados y valorados económicamente (De la Mora, 2011; Aguilera y Alcántara, 2011).

Puesto que, en realidad, la actividad económica no puede existir sin el sustrato biofísico que la sostiene. Para ello se han empleado diversas metodologías económicas a fin de calcular el valor de los mismos (De la Mora, 2011; Aguilera y Alcántara, 2011).

Autores como Hartley (2008), refieren que la economía ambiental propone básicamente tres tareas con las que sería posible, desde el punto de vista económico, realizar una mejor administración de los recursos naturales, estas tareas están orientadas principalmente a:

- La valoración económica de los recursos naturales,
- La valoración económica de los impactos negativos sobre el entorno,
- La utilización de instrumentos económicos en sus análisis.

En su conjunto la economía ambiental ofrece alcanzar un crecimiento económico tal, que permita mejorar la calidad de vida y al mismo tiempo, ampliar y mantener el stock del capital natural asegurando su disponibilidad para generaciones futuras.

Otro enfoque que se ha manejado es el propuesto por Vant (2015), el cual está enfocado principalmente en las diferentes formas de describir y definir a la naturaleza, lo cual está sujeto principalmente al enfoque que se aborda y al nivel de conocimiento con que se cuenta.

Considerando que más allá de como veamos al ambiente y desde cualquier punto de vista que se aborde, el ambiente es importante para sostener nuestras vidas; en el manejo del Ambiente se presentan conflictos que van desde aquellos que se pueden resolver fácilmente, hasta aquellos que debido a su complejidad requieren de una intervención más profunda, en donde se involucran muchas aristas y que pueden requerir mediaciones muy complicadas.

Menciona Vant (op. cit.), que para abordar los conflictos que se presentan en el manejo de los recursos naturales se tiene la Gobernanza la cual se refiere a la dirección en donde el elemento de la autoridad está involucrado, involucrando procesos mediante los cuales

resuelve los conflictos. Ahora bien, se indica que la Coordinación a diferentes niveles facilita el Proceso el cual junto con la Organización debe ser administrado a través de la Estructura, la cual involucra a los actores e Instituciones para en conjunto construir las prioridades y asegurar el cumplimiento de las metas que se tienen para el acceso a los recursos, y aquellas reglas relativas a las interacciones dentro y entre los actores que tienen acceso, mientras estas reglas sean sostenidas, se tendrá una convivencia adecuada entre los diversos actores y las interacciones.

En el siguiente nivel en donde se tiene la estructura de la Gobernanza se tienen los actores económicos, políticos y civiles, los cuales tienen derechos sobre los recursos y se tienen asimismo actores que tienen el poder de definir las Instituciones que gobiernan el proceso económico. Los actores tienen diferentes motivaciones o intereses, pero también tienen diferentes capacidades, derechos y responsabilidades, que están definidas por las Instituciones. Aquí las estructuras institucionales son clave para determinar el poder de los varios actores involucrados en la protección de sus intereses.

En la zona de estudio se tienen Instituciones que rigen el manejo de los recursos y se tienen identificados a los actores involucrados, y se pueden presentar situaciones que el mismo Vant menciona, mientras que institucionalmente se puede tener un Pago por Servicios Ambientales con el objetivo de conservar la zona, también se pueden presentar una actividad informal que es la tala clandestina, siendo que esta última les provee a los interesados mayores recursos económicos que permiten satisfacer sus requerimientos básicos, mientras la acción formal no lo hace. Puede considerarse que en este caso la Institución no ha desarrollado correctamente el instrumento para la conservación del bosque.

6.3. Elementos regentes de la economía ambiental.

Algunos autores proponen que la economía ambiental debería buscar la integración de los ecosistemas ecológicos con los económicos y consideran la importancia que las externalidades tienen para lograr estos objetivos.

La existencia de estos efectos externos o externalidades sobre diversos agentes económicos, conduce a que el mercado no alcance el óptimo de Pareto, esto es que no se

puede mejorar el bienestar de un individuo sin empeorar el de otro, a no ser que se internalicen correctamente dichos efectos externos (Hartley, 2008).

Aguilera y Alcántara (2011) refieren que algunas de las medidas que podrían ser adoptadas para atender las externalidades negativas consecuencia de las actividades económicas podrían ser:

- Que la empresa (fuente emisora) que contamine responda por los perjuicios ocasionados.
- Que la empresa (fuente emisora) pague un impuesto en función de los daños ocasionados.
- Que se aparte a la fábrica (fuente emisora) de los distritos residenciales.
- Cuando no existen relaciones contractuales entre el causante y los afectados por la externalidad, el Estado, si así lo desea, puede impulsar o restringir de un modo extraordinario las inversiones en dichas actividades.

Dentro del marco de la economía ambiental surgen dos reglas que podrían ayudar a lograr la sustentabilidad del sistema ambiental (Hartley, 2008):

- La extracción de los recursos no debe superar la capacidad de los mismos para su auto regeneración, o, en otras palabras, no se debe explotar el recurso más allá del Rendimiento Máximo Sustentable (RMS), y
- No arrojar residuos al ambiente más allá de su capacidad de asimilación.

El uso de indicadores monetarios, es de gran utilidad puesto que permite valorar y evaluar los impactos de la economía sobre el medio ambiente, así como también evaluar los beneficios de las actividades de conservación, protección, preservación o restauración de los recursos naturales y ambientales (Castiblanco, 2007).

Hartley (2008), señala que algunos de los instrumentos y herramientas: que utiliza la economía ambiental son:

- Establecimiento de niveles óptimos de contaminación con criterios de mercado,
- Utilización de incentivos económicos como: impuestos, subvenciones, permisos de contaminación,
- Utilización de metodologías de valoración de los recursos naturales en niveles macroeconómicos,

- Utilización del análisis costo – beneficio para la toma de decisiones con respecto al uso y manejo de los recursos naturales.

6.4. Mercados para bienes y servicios ambientales.

Desde el punto de vista de la economía neoclásica, existe un universo de objetos que resultan ser apropiados para su valoración puesto que, se consideran, pueden ser productibles.

Este universo deja fuera aquellos bienes y servicios que no cumplen con estas características, estos bienes que frecuentemente, tienen un valor de uso, pero no de mercado, como es el caso de los bienes ambientales. De ahí aparece la necesidad de establecer criterios de valoración monetaria directos e indirectos, para estos bienes, fuera del mercado real o establecido (Aguilera y Alcántara, 2011)

De acuerdo con Resico (2011), el mercado es definido como una institución económica en la cual se produce el punto de encuentro entre las dos partes que intercambian un bien o servicio. En el mercado de los bienes y servicios entran en juego la oferta (oferente) y la demanda (demandante) de los bienes y servicios.

Para la construcción de mercados para los bienes y servicios ambientales es necesario considerar la calidad y/o cantidad de los servicios ofrecidos por el entorno, o directamente la pérdida del acceso de las personas hacia estos.

De modo que, en relación con el ambiente lo que se propone es precisamente, asignar precios a los bienes y servicios ambientales para que, a través del sistema de mercado, se distribuyan de manera eficiente (Hartley, 2008).

En el sentido económico de los mercados de bienes y servicios, la distribución eficiente de estos, hace referencia a la “optimalidad en sentido de Pareto”. En la cual se busca que tanto el oferente como el demandante obtengan una utilidad optima, es decir, es un punto de acuerdo en el que no es posible mejorar a alguien (demandante u oferente) a menos que otro agente resulte perjudicado (Kolstad, et. al., 2000).

Kolstad *et. al.* (2000), menciona que el primer teorema de la economía del bienestar establece que para que un mercado sea competitivo, debería existir un equilibrio del mismo,

en el sentido de Pareto, abordado desde un contexto de oferta y demanda y es desde este argumento que se generan dos tipos de excedentes, los del consumidor y el productor.

El excedente del consumidor, es una medida de valor que los bienes tienen para el consumidor, en particular la cifra pagada por estos bienes. El excedente del productor es una medida de las ganancias obtenidas por la venta de un bien, después de tomar en cuenta el costo de producción.

De una manera general Ozdemiroglu y Hails (2016) sugieren que para establecer los precios de mercado para cualquier bien o servicio ambiental. Es necesario ver la cantidad de alimentos, agua, madera, combustible, minerales, etc. que las personas compran (y a qué precio) ya sea para consumo directo o para usar como insumo para la producción, esto estaría relacionado con el excedente del consumidor mencionado por Kolstad *et. al.* (2000).

Posterior a esta observación, identificar cómo cambia esta compra en respuesta a los cambios en la calidad y cantidad de los bienes y servicios. El precio que se establezca no necesariamente refleja todos los componentes de valor (o externalidades). Sin embargo, sigue siendo útil utilizar los datos del mercado como una aproximación del valor.

Desde un punto de vista más puntual Aguilera y Alcántara, (2011) sostienen que

- El precio de la unidad de un recurso natural, debe estar formado por su costo marginal de extracción, más el costo de oportunidad o renta de escasez que se deriva de la imposibilidad física de volver a extraer la unidad del recurso que ya se extrajo.
- La maximización de la renta de escasez —que se obtiene restando del precio de mercado el coste marginal de extracción— se obtiene siempre que ésta crezca al mismo ritmo que el tipo de interés. Dicho de otra manera, que el valor actual descontado de la renta de escasez sea el mismo en cada período, pues de lo contrario existirían incentivos para desplazar la extracción de un período a otro.

Autores como Solow (2011), sugieren que el valor de mercado de los recursos naturales depende de las perspectivas de su explotación y venta, ya que el precio de mercado y el ritmo de la extracción se conectan por la curva de demanda del recurso natural.

Los mercados ambientales incluyen el de carbono, los inicios de este mercado aparecen con la firma de los acuerdos tomados durante la Cumbre de Rio (1992) y posteriormente el protocolo de Kyoto (1997) define la arquitectura del mercado de carbono donde se

establecen los objetivos cuantificados de estas reducciones de emisiones y se definen los mecanismos de mercado para disminuir el costo de la implementación (Díaz-Cruz, 2016).

Es importante considerar que en condiciones tranquilas los mercados de recursos naturales tenderán a seguir sus rutas de equilibrio, o por lo menos no tenderán a alejarse mucho de ellas. Pero tales mercados pueden ser vulnerables a las sorpresas. Pueden responder a noticias violentas sobre el volumen de las reservas, o la competencia proveniente de materiales nuevos, o los costes de las tecnologías competidoras, o aun los acontecimientos políticos a corto plazo, mediante movimientos bruscos del precio (Solow, 2011).

6.5. Estado del arte.

Alberto (2009), señala que la oferta de servicios ambientales que son generados en nuestro país, puede tener un amplio potencial para ser considerados en los mercados internacionales, estos mercados en los que los servicios ambientales mexicanos pueden incursionar podrían ser: captura de carbono, biodiversidad y ecoturismo, entre otros.

De acuerdo con CONAFOR (2011) en nuestro país, se han creado mercados para varios servicios ambientales algunos de ellos de carácter hidrológico, por ejemplo, en las sierras de Coahuila y Veracruz, o para pagar por carbono capturado en las selvas chiapanecas, o bien para pagar por la belleza de los paisajes costeros de Oaxaca, entre otros.

Forest Trends (2007), sugiere que podrían darse transacciones abiertas entre vendedores y compradores, de bienes y servicios ambientales bajo un marco regulatorio con cuotas, como se propuso en la cumbre de Kioto, con la finalidad de reducir la cantidad de emisiones de CO₂ a la atmosfera

6.5.1. Mecanismos de Desarrollo Limpio y REED

Con la finalidad de promover el desarrollo sostenible, mediante la reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero principalmente de los países industrializados, surge en 1997 el Protocolo de Kioto.

Este protocolo entró en vigor en febrero de 2005, establece, por primera vez, objetivos de reducción de emisiones netas de gases de efecto invernadero para los principales países

desarrollados y economías en transición, con un calendario de cumplimiento, mediante la firma de compromisos jurídicamente vinculantes, las emisiones de gases de efecto invernadero de los países industrializados deberían reducirse al menos un 5% por debajo de los niveles de 1990 en el período 2008-2012, conocido como primer periodo de compromiso del Protocolo de Kioto (MITECO, 2020).

En el ámbito de este protocolo se propone la creación de una serie de instrumentos que permitan contribuir al cumplimiento de estos objetivos y lograr una reducción en los niveles de emisiones de GEI. Dentro de estos instrumentos se destacan, los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL).

De acuerdo al artículo 12 de dicho protocolo, el objetivo principal de MDL es *ayudar a las Partes no incluidas en el anexo I a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las Partes incluidas en el anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo* (Protocolo de Kyoto).

Los Mecanismos de Desarrollo Limpio, permiten la posibilidad de que un país, que tenga compromiso de reducción de emisiones (país del Anexo I), pueda adquirir Reducciones Certificadas de Emisión (RCEs), generadas por proyectos de MDL implantados en países en desarrollo (países del No-Anexo I), como forma de cumplir parte de sus obligaciones cuantificadas en el ámbito del Protocolo (Fronzizi, 2009).

La idea consiste en que estos proyectos desarrollados generen, al ser implementados, beneficios ambientales (tales como: reducción de emisiones de GEI o remoción líquida de CO₂) en forma de un activo financiero, negociable, denominado Reducción Certificada de Emisión. Tales proyectos deben implicar reducciones de emisiones adicionales a aquellas que ocurrirían en la ausencia del proyecto desarrollado, garantizando beneficios reales, medibles y de largo plazo para la mitigación del cambio climático, en los términos del Artículo 12° del Protocolo de Kyoto (Fronzizi, 2009).

Fronzizi (2009), considera que los MDL son los únicos mecanismos adicionales de implementación que permiten la participación de países no Parte, es decir países no pertenecientes al Anexo I del protocolo de Kyoto. Las Partes No-Anexo I (llamadas así porque no constan en el Anexo I de la Convención) son naciones en desarrollo y no poseen metas de reducción.

Los proyectos forestales de MDL son desarrollados con el objetivo de remover CO₂ de la atmósfera por el proceso de fotosíntesis en forestas formadas a partir de acciones antropogénicas de forestación o reforestación (FR) (Fronzizi, 2009).

De acuerdo con la Guía de Orientación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (2009). En el desarrollo de estos mecanismos se pueden encontrar una serie de barreras que pueden detener su implementación o desarrollo, entre estas barreras podemos tres tipos:

- Barreras económicas: *De inversión*, relacionadas principalmente con la disponibilidad de financiamiento para este tipo de proyectos.
- Barreras sociales: *Institucionales* (ligadas a riesgos debido a incertidumbre de política o a la falta de rigor en la legislación forestal); *Tecnológicas* (debidas principalmente a la falta de acceso a material de plantación o de infraestructura para implementación de la tecnología); *Debido a la tradición local* (ligadas al conocimiento tradicional o falta de él cuanto, a leyes, usos y costumbres, condiciones de mercado o prácticas propias de la región); *Práctica común* (referente al desconocimiento, es decir, al funcionamiento o impactos del proyecto puesto que será el primero de su tipo, en el país o región); *Debido a condiciones sociales* (por ejemplo, derechos de posesión, uso, herencia o propiedad de la tierra, conflictos sociales entre grupos de la región, prácticas ilegales corrientes, falta de mano de obra suficientemente entrenada, falta de organización local de comunidades)
- Barreras ambientales: dentro de estas son consideradas las *condiciones ecológicas locales* (por ejemplo: suelo degradado, por agua/ viento/salinidad; la incidencia de catástrofes naturales o inducidas, como deslizamiento de tierra o fuego; condiciones meteorológicas desfavorables; especies oportunistas invasivas que impidan la regeneración de árboles; sucesión ecológica desfavorable; presión biótica en términos de pastoreo o recolección predatoria).

Dentro de los proyectos considerados en los MDL, el sector forestal es considerado como uno de los principales actores, que pueden contribuir significativamente a la reducción de la acumulación de CO₂ en la atmosfera, considerado este como uno de los GEI más significativos, a pesar de ello, el sector forestal resulta ser uno de los más afectados por las actividades humanas.

En 2005, un grupo de países liderado por Papua Nueva Guinea, llevó el tema de la deforestación evitada a la agenda de la Conferencia de las Partes, realizada en Montreal

(COP 11). Así, la discusión sobre el papel de los bosques en la lucha contra el cambio climático volvió al debate internacional. Durante la COP 13, realizada en Bali en 2007 (IUCN, 2020).

Durante esta conferencia (COP 13) surge el Plan de Acción de Bali, el cual se avoca en tratar cuatro módulos principales respecto al tema forestal: mitigación, adaptación, tecnología y financiación; además incluye un objetivo global a largo plazo para la reducción de emisiones. En esta reunión se incluyeron el uso de enfoques por sector, enfoques para mejorar la rentabilidad de las acciones de mitigación, incluidos los mecanismos de mercado, y el tema de la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques en países en desarrollo (REDD).

REED es entendido en el contexto amplio del conjunto de opciones de mitigación forestal tal como se expresa en el Plan de Acción de Bali –reducir emisiones por la deforestación y la degradación forestal incluyendo el rol de la conservación, el manejo sustentable de los bosques y los incrementos de las reservas de carbono en los países en desarrollo. REDD-plus puede potencialmente ser una fuente significativa de beneficios financieros para los países con bosques. Los pagos consistirían en la compensación de los costos de oportunidad de los cambios del uso del suelo más la llamada renta REDD (IUCN, 2009).

Existen dos razones principales para distribuir beneficios. La primera, es para crear incentivos efectivos a través de la compensación a individuos, comunidades, organizaciones y negocios por acciones que cambien los usos del suelo y reduzcan las emisiones. Esto significa proveer beneficios mayores a los costos de sus sacrificios para cambiar el comportamiento, que de todas maneras es legal. La prevención de actividades ilegales no debería ser recompensada. La segunda razón es para construir una mayor legitimidad nacional (e internacional) y para apoyar al mecanismo REDD-plus. Esto sólo puede alcanzarse si las personas directamente afectadas por las acciones REDD-plus y un mayor público son tratados de manera justa y equitativa. Esto puede significar el distribuir beneficios más ampliamente de lo que un enfoque estricto en incentivos pueda dictar.

El Funcionamiento de los fondos REDD parte de un fondo internacional que llega a un Fondo Nacional y este puede estar basado en proyectos donde los fondos van directamente a dichos proyectos. El otro camino es organizarse dentro o separado de la administración estatal. La distribución de los beneficios tiene dos dimensiones esenciales: vertical y horizontal. La distribución vertical de los beneficios entre el nivel nacional y las partes no-

gubernamentales interesadas a través de gobiernos e intermediarios regionales al nivel local. La distribución de los beneficios entre y dentro de las comunidades, hogares y otras partes interesadas a nivel local es llamada distribución horizontal de los beneficios; una preocupación importante para el desarrollo de fondos REDD nacionales efectivos: si demasiadas partes interesadas en la mitad del camino (intermediarios) demandan una distribución de los beneficios, los incentivos para las acciones locales.

Dentro de las acciones para la distribución de beneficios REED se contempla: Proyectos integrados de conservación y desarrollo (ICDPs –por sus siglas en inglés); Gestión Forestal Comunitaria (CFM-por sus siglas en inglés); la Producción Forestal; el pago por servicios ambientales forestales (PES por sus siglas en inglés); los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL); y los mercados voluntarios de carbono

En el sentido forestal, dentro del plan de acción de Bali, se consideran varios abordajes que están enfocados en el uso de distintos instrumentos que permiten considerar oportunidades de uso de mercados.

Los MDL pueden ser considerados como mecanismos de mercado que estimulan la participación activa del sector privado, pero en el que pueden participar también entidades públicas y asociaciones público-privadas de las Partes del Anexo I y de las Partes del No-Anexo I del protocolo de Kyoto (Fronidzi, 2009).

6.5.2. Mercados de Carbono

En virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), los países han creado mecanismos internacionales de mercado que ofrecen un incentivo económico para reducir las emisiones. (Carbon Market Wach, 2017).

La conceptualización del llamado “mercado de carbono” no es algo estático, pero varios autores coinciden en que este mercado de carbono permite comercializar las emisiones de CO₂ con la finalidad de reducir la cantidad de emisiones atmosféricas según lo acordado con la firma del Protocolo de Kyoto (1997).

A continuación, en la tabla 4, se presentan una serie de definiciones de los mercados de carbono.

Tabla 4. Definiciones de los mercados de carbono. Elaboración propia.

Definición	Autor/Año
<i>Sistema de intercambio de los bonos o créditos de carbono. Existen varias modalidades: sistemas de adopción de techo y comercio de emisiones en países que cumplen con los objetivos fijados en el Protocolo de Kyoto e intercambio de bonos.</i>	Gardner, 2008.
<i>El mercado de carbono es un sistema de comercio en el cual se compran y venden emisiones reducidas o secuestradas de Gases Efecto Invernadero obtenidas a través del desarrollo de proyectos creados para este fin específico, disminuyendo el efecto nocivo causante del cambio climático; además contribuyendo a la transferencia de tecnología y el desarrollo sostenible, pero además a alcanzar beneficios económicos.</i>	Samayoa, 2011
<i>El Mercado de Carbono es el que se comercia con reducciones de emisiones de carbono, generalmente en forma de créditos de carbono (reducciones verificadas o certificadas).</i>	Angelsen, et. al., 2013.
<i>Mecanismo de ventas que consiste en que si una empresa o país logra reducir sus emisiones de CO₂ puede poner en venta dicha reducción a países desarrollados que estén obligados a emitir menos gases, dando paso a generar beneficios para la sociedad.</i>	Méndez y Restrepo, 2013.
<i>Lugar donde se compran, venden y valorizan instrumentos financieros denominados certificaciones o bonos de carbono destinados a la reducción de emisión de GEI, con el propósito de que los países del Anexo I a los que hace referencia el Protocolo de Kyoto puedan cumplir con los compromisos de reducción adquiridos.</i>	Díaz-Cruz, 2016.

Para poder cuantificar la reducción de los GEI existe un sistema de equivalencias con base a una unidad de referencia que es el dióxido de carbono equivalente (CO₂e). Bajo este sistema, las actividades que reduzcan o capturen GEI recibirán un precio por tonelada reducida o removida de CO₂ equivalente (tCO₂e). La medida en la que un gas de efecto invernadero determinado contribuye al calentamiento global se define como su Potencial de Calentamiento Global (PCG) (Samayoa y Sosa, 2011)

Samayoa y Sosa (2011) explican que, si consideremos, por ejemplo, un proyecto, o un ecosistema marino o terrestre que captura diez mil toneladas de CO₂ equivalente por año (10,000 tCO₂e/año). Y sí consideramos también el potencial de calentamiento global podremos obtener distintos valores con respecto a los bonos de carbono generados que podrían ser integrados al mercado de carbono.

Por ejemplo, si el gas reducido fuera CO₂, dicho proyecto reduciría 10,000 t CO₂e/año; lo cual generaría un volumen de 10, 000 bonos de carbono anuales. Por el contrario; un proyecto que reduzca 10, 000 t de CH₄ por año, considerando que el potencial de calentamiento global del CH₄ de 21, dicho proyecto reduciría 210,000 tCO₂e/año y, por tanto, generaría un volumen de 210, 000 bonos de carbono por año.

Como se ha mencionado antes el efecto causado por emisión de GEI a la atmósfera es medido por el índice de Poder de Calentamiento Global – PCG (GWP, por sus siglas en inglés). De acuerdo con la CEPAL (2004), son seis los GEI (tabla 5) considerados por el Protocolo de Kyoto que se piensa, son los mayores responsables del incremento de la temperatura global y los disturbios en los patrones de clima.

Tabla 5. Principales gases de efecto invernadero, descripción y poder de calentamiento global (PCG). Elaborada con base en datos aportados por la CEPAL, 2004.

GEI	DESCRIPCIÓN	PCG
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Gas natural liberado como un producto de la combustión de combustibles fósiles, algunos procesos industriales y cambios en el manejo de usos de suelo.	1
Metano (CH ₄)	Gas emitido en la minería de carbón, rellenos sanitarios, ganadería y extracción de gas y petróleo.	21
Óxido Nitroso (N ₂ O)	Gas emitido durante la elaboración de fertilizantes y combustión de combustibles fósiles donde el sector transporte es usualmente el contribuyente más significativo.	296
Hidrofluorocarbonados (HFCs).	Se emite algunos procesos industriales y frecuentemente es usado en refrigeración y equipos de aire acondicionado.	1, 300
Perfluorocarbonados (PFCs)	Similar a los HFCs. PFCs fueron desarrollados e introducidos como una alternativa para los gases CFCs y HCFCs que destruían la capa de ozono. Estos gases son emitidos en una variedad de procesos industriales.	6.500 a 9.200
Hexafluoruro de Azufre (SF ₆)	Este gas es lanzado en muy pocos procesos industriales representa el más potente GEI, es emitido durante la producción de magnesio y se aplica en algunos equipos eléctricos.	22.000

Como consecuencia de la CMNUCC surgen una serie de iniciativas que buscan verificar el cumplimiento de los acuerdos tomados. Una de estas es Carbon Market Watch que nace como un ente observador en las negociaciones climáticas de la ONU, y que trabaja para

asegurar que los nuevos mecanismos de mercado puedan cumplir con los acuerdos que contribuyen a la lucha contra el cambio climático.

Díaz-Cruz (2016), señala que el mercado de carbono trabaja con tres clases de activos:

- *Permisos de emisión*, los cuales son asignados por los gobiernos de los países que aparecen en el Anexo I a las empresas que emiten GEI, de acuerdo con los compromisos asumidos en el marco del Protocolo de Kyoto.
- *Certificados de Reducción de Emisiones*, basados en proyectos, los cuales se originan en el momento en que un proyecto de mitigación se establece en un país en desarrollo o en Europa y se puede demostrar que se reducen emisiones de GEI. Dichos certificados pueden ser CERs que se obtienen en los proyectos de mecanismo de desarrollo limpio (MDL) llevados a cabo en países en desarrollo, y los certificados EURs (Emission Reduction Units) originados en los proyectos de los Mecanismos de Implementación Conjunta (MIC) en Europa.
- *Certificados de Reducción de Emisiones voluntarias*, son aquellos que se comercializan en los mercados de carbono voluntarios.

Por otro lado, en el 2010 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Propone dos tipos de mercados de carbono: los de cumplimiento regulado y los voluntarios.

- *El mercado regulado* es utilizado por empresas y gobiernos que, por ley, tienen que rendir cuentas de sus emisiones de GEI. Está regulado por regímenes obligatorios de reducción de carbono, ya sean nacionales, regionales o internacionales.

Los mecanismos por los cuales opera nacen como iniciativas planteadas dentro del protocolo de Kioto. Siendo estas: el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), la Ejecución Conjunta (JI, siglas en inglés) y el Régimen para el comercio de derechos de emisión de GEI de la Unión Europea (ETS, siglas en inglés).

- *En el mercado voluntario*, el comercio de créditos se produce sobre una base facultativa. Este tipo de mercados se logra gracias a *la responsabilidad social* de las empresas, en este tipo de mercado el sector privado puede comprar los créditos de carbono directamente de los proyectos, de las empresas (p. ej., EcoSecurities) o de los fondos de carbono (p. ej., Fondo de Biocarbono del Banco Mundial)

En América uno de los mercados de carbono más representativo por sus alcances se localiza en Estados Unidos, es conocido como la Bolsa del Clima de Chicago (CCX, siglas en inglés) constituye un importante sistema de comercialización de GEI. Acepta proyectos que generan reducción de emisiones derivadas del metano agrícola, el suelo agrícola, el manejo forestal y las actividades de pastos (FAO, 2010).

En atención al cumplimiento de los acuerdos de París, para el 2022 México propone arrancar con un mercado de carbono propio. Durante la cumbre One Planet (2017) en Francia, el entonces presidente de México Enrique Peña Nieto anunció el establecimiento de un mercado de carbono regional, compartido con Estados Unidos y Canadá.

La *Declaración sobre Precio al Carbono en las Américas*, consiste en que los Gobiernos de Canadá, Colombia, Chile, México y Costa Rica, junto con los Gobiernos locales de California, Oregon, Washington, Alberta, Columbia Británica, Nueva Escocia, Ontario y Quebec promoverán los mercados de carbono intrarregionales y estandarizarán sus sistemas de determinación de precios (SEMARNAT, 2018).

A pesar de la implementación oficial del mercado de bonos de carbono en México hasta el 2022, desde el 2016 ya se encuentran operando algunas iniciativas. Estas, en su mayoría, resultan ser voluntarias para este mercado de carbono en desarrollo en nuestro país.

De acuerdo con la Plataforma Mexicana de Carbono (2016) una de estas iniciativas de mercado voluntario es el *Proyecto de Captura de Carbono en los Bienes Comunales de Santiago Tlacotepec*. Este proyecto consistió en la captura de CO₂ en el bosque localizado en estos bienes comunales. En un periodo de tiempo comprendido entre los meses febrero a octubre de 2016, se logró la captura de 6,599 toneladas de CO₂e de las cuales 1,887 fueron comercializadas, los recursos económicos obtenidos fueron destinados a la conservación y mantenimiento del bosque.

A nivel mundial el avance en el desarrollo e implementación de mecanismos o sistemas de comercio de emisiones (ETS, por sus siglas en inglés) aún es muy lento y cada uno de estos opera de manera particular.

El Banco Mundial en 2019 reporta solo 27 iniciativas de precios de carbono implementadas en todo el mundo estas abarcan a 37 países, figura 5. Estas iniciativas cubrirían 5 GtCO₂e, lo que representa el 9.8% de las emisiones globales de GEI.

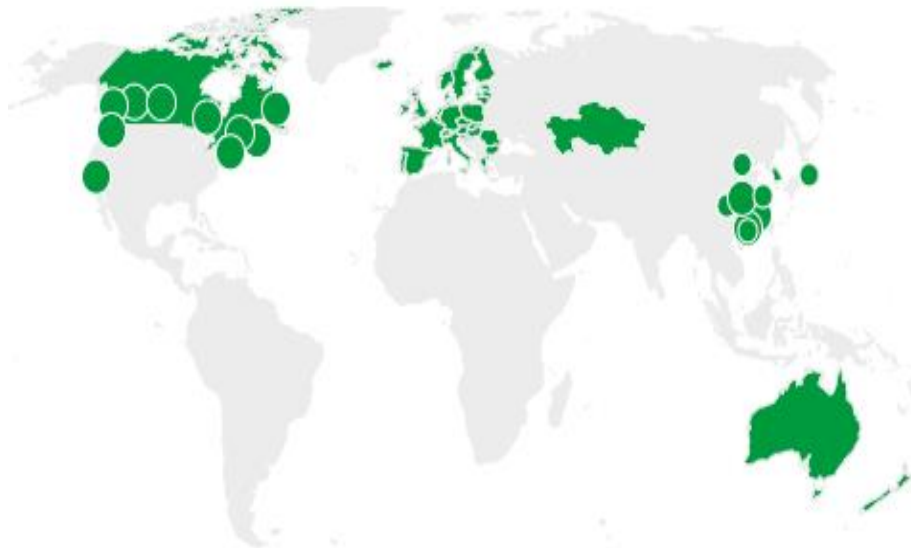


Figura 5. Países donde se han implementado diversos Sistemas de Comercio de Emisiones (ETS) a nivel mundial. Elaborado con datos del Banco Mundial. 2019.

Dentro de estas iniciativas reportadas por el banco mundial en 2019, podemos mencionar el caso de Japón.

En 2010, en Japón fue implementado el Programa *Tokyo Cap-and-Trade* que es un sistema de línea de base y crédito, el Tokyo CaT es el primer mercado de carbono obligatorio de Japón y está vinculado al Saitama ETS. El Tokyo CaT introdujo objetivos obligatorios de reducción de emisiones para grandes emisores, relacionados con el uso de energía de los sectores de la industria, la energía y los edificios.

El 29 de marzo de 2019, el Gobierno Metropolitano de Tokio (TTON) finalizó las regulaciones para su tercer período de cumplimiento (2020-2024) de su ETS, incluida una expansión de opciones para que las entidades reduzcan las obligaciones de cumplimiento mediante el uso de energía baja en carbono. En el tercer período de cumplimiento, se requerirá que las entidades cubiertas por el CaT de Tokio reduzcan las emisiones de CO₂ en un 25-27% por debajo de su línea base del año 2000, frente al 15-17% en el año fiscal 2015-2019.

Dentro de este sistema los operadores tienen que pagar por las emisiones de GEI, solo si se supera el nivel de emisión de referencia, solo así los operadores deben entregar una cantidad de créditos. Además, los pequeños usuarios de energía y los edificios residenciales están exentos del Tokyo CaT.

El precio por las emisiones atmosféricas emitidas sobre la línea base, asciende a 600 JPY/tCO₂e (US \$5/tCO₂e) se calcula que para el 2019 este sistema haya recaudado cerca de \$11 millones de dólares.

Por otro lado, en la Unión Europea se han desarrollado distintos sistemas de comercio de emisiones, uno de ellos es Sistema Europeo de Negociación de CO₂ (SENDECO₂)

Esta iniciativa lanzada en 2004 está dedicada a la compraventa de derechos de emisión por cuenta propia y al asesoramiento técnico y administrativo de las Instalaciones Industriales sujetas a la Directiva de Comercio de la Unión Europea (ETS). Se encarga de negociar con los de Derechos de Emisión de Dióxido de Carbono (EUA) y Créditos de Carbono (CER). En ambos casos corresponde un coste por tonelada. En el caso de los derechos de emisión su compra-venta se realiza mediante de mecanismo de subasta.

El régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea (RCDE UE) en 2019, menciona que las empresas pueden recibir o comprar derechos de emisión con los que pueden comerciar entre sí en función de sus necesidades.

También pueden comprar cantidades limitadas de créditos internacionales procedentes de proyectos de reducción de emisiones de todo el mundo.

Al final de cada año, las empresas deben entregar suficientes derechos para cubrir todas sus emisiones ya que, en caso contrario, son sancionadas. Si una empresa reduce sus emisiones puede conservar sus derechos sobrantes para cubrir necesidades futuras, o bien venderlos a otra empresa que no tenga suficientes (RCDE UE, 2019).

En esencia, un país incluido en el Anexo I (Protocolo de Kioto) hace la inversión en proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que permitan reducir las emisiones de GEI, y el país no incluido en el Anexo I es el país en desarrollo receptor de tales proyectos. Los países que invierten pueden obtener Certificados de Reducción de Emisiones por un monto que corresponde a la cantidad de bióxido de carbono equivalente (t CO₂ e) que se dejó de emitir a la atmósfera como resultado de los proyectos realizados (SEMARNAT, 2019).

Para el 2019, el precio promedio de compra/venta reportado por SENDECO₂ de EUA fue de 24,84 € (27.12 dólares) y el de los CER 0,22 € (0.24 dolares). En el primer bimestre de este año (2020) el promedio oscila entre 24,14 € (26.35 dólares) y 0,25 € (.27 dólares) para los EUAs y los CERs respectivamente.

El Banco Mundial (2019), señala que el Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (EU ETS) representa el pilar central de la política de cambio climático de la UE y es el ETS más antiguo y aún más grande para los GEI que operan en todo el mundo. Introducido en 2005 y ahora en su tercera fase, el sistema ha pasado por varias reformas y cambiará nuevamente con el inicio de la fase 4 en enero de 2021.

Este ETS es utilizado en la Unión Europea, Noruega, Islandia y Liechtenstein y se aplica a las emisiones de CO₂ provenientes de los sectores de la industria, la energía y la aviación e incluye las emisiones de procesos industriales. También cubre las emisiones de N₂O de ciertos sectores químicos y las emisiones de PFC de la producción de aluminio primario.

El valor calculado por la tonelada emitida para el 2019 fue de 25 EUR/tCO₂e (\$31/tCO₂e dólares) este sistema aportó un ingreso aproximado de \$45,521 millones de dólares.

En América del norte, más específicamente en California en 2012 se implementó un Programa de Cap-and-Trade, este sistema tiene como objetivo encaminar a California en el cumplimiento de su objetivo de reducir las emisiones de GEI a los niveles de 1990 para 2020 y, en última instancia, lograr una reducción del 80% de los niveles con respecto a 1990 para el 2050. Y está vinculado con el CaT de Quebec desde 2014 bajo la Iniciativa del Clima Occidental WCI.

El CaT de California se aplica a las emisiones de GEI (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HFC, PFC, NF₃ y otros GEI fluorados) de los sectores de la industria, la energía, el transporte y los edificios e incluye emisiones de procesos industriales.

Dentro de este sistema, los derechos de emisión bajo el límite se distribuyen mediante una combinación de asignación gratuita y de subasta.

Las instalaciones industriales, por ejemplo, reciben asignaciones gratuitas para asistencia de transición y para evitar fugas de carbono. Las asignaciones gratuitas se asignan de acuerdo con puntos de referencia específicos, como volúmenes de producción reales, factores de ajuste de límite general y factores de asistencia de la industria basado en una evaluación del riesgo de fuga de carbono.

Los distribuidores de electricidad y los proveedores de gas natural reciben asignaciones consignadas en nombre de sus contribuyentes que tienen que subastar. Estos ingresos de la subasta deben utilizarse para beneficiar a los contribuyentes y para medidas de reducción de emisiones. Otras instalaciones no reciben subsidios gratuitos.

Las emisiones emitidas están valuadas en \$17/tCO₂e dólares sin embargo el precio de reserva de la subasta (es decir, el precio mínimo por el que se pueden vender los derechos de emisión en una subasta) se fijó en \$15,62/tCO₂e dólares en 2019, aumentando en un 5% más inflación. En el 2019 este mecanismo registro un ingreso \$5,461 millones de dólares.

De acuerdo con la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) en 2019 se dio inicio a la implementación de una fase piloto del denominado mercado mexicano de carbono que tendrá una duración de tres años, al final de la cual se hará la transición hacia un Sistema de Comercio de Emisiones (SCE) completo en 2022. En el ejercicio participan más de 100 compañías que provienen de diferentes sectores: energía, transporte, aviación, acero, cemento, entre otros. Combinados, estos sectores representan más de dos tercios de las emisiones de GEI del país.

Con respecto al uso de instrumentos económicos que buscan incentivar el uso de energías limpias y reducir los niveles de emisiones de GEI, carbono principalmente, a la atmosfera, se han implementado al rededor del mundo una serie distinta de estos instrumentos, por ejemplo, en México y Argentina se ha implementado un impuesto por carbono.

En 2019, el Banco Mundial reporta que en México se implementó desde 2014: *el impuesto al carbono mexicano*.

Este es un impuesto al consumo de los combustibles fósiles, manifestado bajo el impuesto especial sobre producción y servicios (Ley del impuesto especial sobre producción y servicios). No es un impuesto sobre el contenido total de carbono de los combustibles, sino sobre el contenido adicional de emisiones de CO₂ emitidas en comparación con el gas natural (BM, 2019).

Este impuesto está limitado al 3% del precio de venta del combustible, siendo los productores e importadores de combustibles fósiles responsables del pago del impuesto. Las compañías pueden optar por pagar el impuesto al carbono con créditos de proyectos de mecanismos de desarrollo limpio (MDL) desarrollados en México o CER que también son elegibles para el cumplimiento en la Unión Europea, que serían equivalentes al valor de mercado de los créditos, al momento de pagar el impuesto (BM, 2019).

El pago por este impuesto es variable, el tope superior a llegado a registrar hasta \$58/tCO₂e (US \$3/tCO₂e) y el límite inferior ha registrado \$7/tCO₂e (US \$0.37/ tCO₂e). En el 2018 el

pago por este impuesto reportó ingresos por \$ 306 millones de dólares y para el 2019 se recaudó cerca de \$ 324 millones de dólares.

De manera más reciente en 2018, un impuesto similar fue implementado en Argentina bajo el nombre de *Impuesto al dióxido de carbono*.

El impuesto al carbono de Argentina se aplica a las emisiones de CO₂ de todos los sectores, con algunas excepciones para ciertos sectores y cubre casi todos los combustibles líquidos y el carbón. Al igual que en nuestro país son los productores, distribuidores e importadores de los combustibles fósiles los que son responsables de cubrir el pago del impuesto de manera mensual.

El impuesto a pagar por los combustibles líquidos corresponde a US \$ 6/tCO₂e. Las tasas impositivas para la mayoría de los combustibles líquidos se actualizan trimestralmente por inflación. Para el carbón mineral, coque de petróleo, y el aceite de combustible, la tasa de impuesto se inició en 2019 con el 10% de la tasa de impuesto completo, aumentando anualmente por 10% para llegar a 100% en 2028. Este impuesto aportó en el 2019 cerca de \$200 millones de dólares al gobierno argentino (BM, 2019).

La plataforma mexicana de carbono, señala que, desde el lanzamiento del sistema de comercio de emisiones de California en 2013, el desempeño del mercado ha sido muy positivo ya que las reducciones en emisiones han superado las esperadas y no se ha perjudicado a la economía del estado (el PIB de California creció 4.1% en 2015, por encima del promedio del país). El desarrollo e implementación del mercado de carbono es considerado como un beneficio importante para la economía estatal a tal grado que, en julio de 2017, California realizó modificaciones en su legislación para ampliar su programa de cap-and-trade, extendiéndolo hasta 2030.

Observamos que, en el caso de América latina, los mercados de carbono basados en el sector forestal aun no son instrumentos bien desarrollados, creemos que esto puede ser debido a que se enfrentan a una serie de barreras que impiden su implementación e impulso, entre estas podemos considerar principalmente a las de carácter social y ambiental, desde el ámbito social consideramos, por ejemplo, los derechos de posesión, el uso, herencia o propiedad de la tierra son factores importantes para la implementación de estos, así mismo observamos, cómo aunque la legislación ambiental sanciona actividades consideradas como ilegales, estas prácticas se mantienen activas. Desde el contexto ambiental observamos principalmente el deterioro que existe en los ecosistemas.

La FAO 2004 reporta que los estudios sobre el mercado de carbono realizados en América Latina establecían que México presenta posibilidades para el desarrollo de proyectos MDL debido básicamente al tamaño de su economía y su desarrollo industrial, sin embargo nuestro país no ha tenido una participación importante dentro de estos mercados, según la FAO esto se podría explicar básicamente por dos razones: a) la carencia de oportunidades para el desarrollo de las energías renovables en función de políticas de estado favorables y por el stock de recursos para energías renovables disponibles, y b) por el dinamismo interno, lento o carente, desde las instituciones para la promoción del MDL.

Considero que estos factores sociales y ambientales presentes en menor o mayor grado en los países latinoamericanos, los hacen poco atractivos para la implementación exitosa de instrumentos que aporten beneficios económicos al sector forestal, desde los mercados de carbono o de otros instrumentos económicos como los provistos por REED o por algún otro Mecanismo de Desarrollo Limpio.

En nuestro país aún se trabaja en la implementación de los mercados de carbono enfocados al contexto monetario, sin embargo, existen reportados desde el 2016, mercados de carbono voluntarios, estos mercados se han abocado a contribuir de manera exitosa con la reducción de GEI como el metano y el carbono.

En el caso del metano en 2016, en Jalisco se implementó la captación de metano en 24 granjas porcinas y 3 vacunas, mismo que fue quemado y utilizado para la producción de 32, 670 MWh anuales de energía eléctrica destinada al autoconsumo.

En el caso particular del CO₂ en 2016 se implementó el proyecto de Captura de Carbono en los Bienes Comunales de Santiago Tlacotepec. El bosque involucrado en este proyecto capturó 6,599 toneladas de CO₂e. En un periodo de tiempo comprendido entre los meses febrero a octubre de 2016, de las toneladas totales de CO₂e capturadas, 1,887 fueron comercializadas, los recursos económicos obtenidos fueron destinados a la conservación y mantenimiento del bosque.

Los mercados de carbono al tener una base económica más que una ecológica, se ven influenciados por la tibieza e inseguridad regulatoria de los gobiernos, viéndose afectados por diferentes circunstancias como el Brexit, el Pacto Verde Europeo o actualmente el coronavirus, que ha ocasionado un fuerte descenso del precio del CO₂ en Europa.

La COP26 que debería realizarse este año en Glasgow, Reino Unido, ha sido pospuesta, con la base de pretender que para el 2021 se puedan tener más bases para "incrementar

la ambición climática, construir resiliencia y reducir emisiones", considerando el trabajo de Rockstrom (2009) en el cual se fijan los límites planetarios (Cambio Climático, Acidificación de los Océanos, Capa de Ozono, Contaminación del aire, Contaminación química, Ciclos de Fosforo y Nitrógeno, Cambio Uso del Suelo, Pérdida de la Biodiversidad, Pérdida de Agua dulce), y posteriormente retomado por Raworth (2017), se concluye que bajo los límites de la Tierra están los doce fundamentos sociales. Entre las fronteras sociales y planetarias se encuentra un espacio ambientalmente seguro y socialmente justo en el que la humanidad puede prosperar.

7. EVALUACION

7.1. Conceptualización

De forma general, podemos decir que el término evaluación, es un término elástico que tiene diferentes usos y que puede aplicarse a una gama muy variada de actividades humanas. De acuerdo con la Real Academia Española: evaluar proviene del francés évaluer, cuyo significado es "señalar el valor de una cosa" puede también significar: estimar, apreciar o calcular el valor de algo.

Torrice *et. al.* (2007), señalan que la evaluación es un proceso que tiene por objeto determinar en qué medida se han logrado los objetivos previamente establecidos, que supone un juicio de valor sobre la programación establecida, y que se emite al contrastar esa información con dichos objetivos.

La evaluación se puede entender de diversas maneras, dependiendo de las necesidades, propósitos u objetivos que se plantean, tales como: el control y la medición, el enjuiciamiento de la validez del objetivo o la rendición de cuentas, por citar algunos propósitos. Desde esta perspectiva se puede determinar en qué situaciones es pertinente realizar una valoración, una medición o la combinación de ambas concepciones (Mora, 2004)

Mora (2004) propone que las bases de valoración que deben considerarse al evaluar algo son: expectativas de los usuarios, mérito del servicio y hasta qué punto éste es necesario. Además, se deben considerar otros aspectos de la evaluación: así como la viabilidad y la equidad y si requiere ser comparada, centrándose en un producto o servicio.

De igual forma se proponen una serie de normas que podemos considerar al momento de llevar a cabo un proceso de valoración:

- Ser útil al facilitar información acerca de virtudes y defectos, así como soluciones para mejorar.
- Ser factible al emplear procedimientos evaluativos que se puedan utilizar sin mucho problema.
- Ser ético al basarse en compromisos explícitos que aseguren la necesaria de cooperación, la protección de los derechos de las partes implicadas y la honradez de los resultados.
- Ser exacto al describir el objeto en su evolución y contexto, al revelar virtudes y defectos, al estar libre de influencias y al proporcionar conclusiones.

7.2. Tipos de evaluaciones

Según Cohen y Franco (1998), no todas las evaluaciones son iguales. Pueden establecerse diferencias entre ellas según variados criterios como el tiempo de su realización y los objetivos que persiguen, quiénes las realizan, la naturaleza que poseen, la escala que asumen y los niveles de toma de decisión a los que van dirigidas por lo tanto pueden existir diferentes tipos de evaluaciones:

- *En función del momento en que se realiza y los objetivos perseguidos con la evaluación*

En la construcción de la tipología, así como en otras dimensiones de la evaluación, es posible distinguir las tradiciones de la economía de aquéllas que provienen de otras ciencias sociales. En el caso que las raíces se encuentren en la ciencia económica, la distinción clásica es la de evaluación ex-ante y ex-post.

- Evaluación ex-ante

Tiene por finalidad proporcionar criterios racionales para una decisión cualitativa: si el proyecto debe o no implementarse. También permite ordenar los proyectos en función de sus grados de eficiencia y eficacia en la consecución de los objetivos perseguidos.

- Evaluación ex-post

Es necesario distinguir la situación de los proyectos que están en curso de aquellos que ya han concluido. En los proyectos que se están ejecutando, lo cualitativo tiene que ver con la escoger entre, continuar con el proyecto o no proseguir con el mismo, sobre la base de los resultados obtenidos hasta el momento. En los proyectos terminados se presenta una situación análoga a la anterior.

- Evaluación de procesos

Determina la medida en que los componentes de un proyecto contribuyen o son disfuncionales a los fines perseguidos. Se realiza durante la implementación y, por tanto, afecta la organización y las operaciones. Su propósito es detectar las dificultades que se dan en la programación, administración, control, etc., generando información que permita corregir y revisar oportunamente, aumentando así la probabilidad de éxito del proyecto.

- Evaluación de impacto

Busca determinar en qué medida el proyecto alcanzó sus objetivos y cuáles han sido sus efectos secundarios (previstos y no previstos).

- *En función de quien realiza la evaluación*
 - Evaluación externa

Es la realizada por personas ajenas a la organización agente. Se supone que, el evaluador externo tiene mayor experiencia en esas actividades y, por lo mismo, podrá comparar los resultados obtenidos en el caso concreto con otros similares que le haya tocado conocer, pudiendo realizar así contrastaciones sobre la eficacia y eficiencia de diferentes soluciones a los problemas enfrentados.

- Evaluación interna

Es la que se lleva a cabo dentro del marco de la organización gestora del proyecto. Sus aspectos positivos serían, en primer lugar, que elimina las fricciones propias de la evaluación externa. En contra de esta forma de evaluación, se sostiene que daría menores garantías de objetividad, ya que la organización agente es “juez y parte”.

- Evaluación participativa

Persigue minimizar la distancia existente entre el evaluador y los beneficiarios. Se la recomienda especialmente en caso de pequeños proyectos, que buscan crear condiciones

para que se genere una respuesta endógena del grupo, y por esta vía asentar los cambios propugnados.

- *En función de la escala de los proyectos evaluados*
 - Estrategia de la evaluación

En los proyectos grandes, la estrategia es predominantemente analítica y objetiva. La evaluación se descompone en las distintas dimensiones estructurales y dinámicas, del proyecto.

Es posible realizar evaluaciones parciales de las distintas etapas, para medir el logro alcanzado en objetivos intermedios; el avance en la consecución de objetivos específicos; la articulación del eslabonamiento de los procesos (dinámicos) de diagnóstico, la programación y la implementación; el grado de eficiencia de la organización (adecuación administrativa a los objetivos del programa, y flujos de y hacia el programa).

En cambio, con los proyectos pequeños se sigue una estrategia básicamente cualitativa. El énfasis se pone en la comprensión del conjunto y de los casos individuales que lo integran.

7.3. Diseño de la evaluación.

De acuerdo con Cohen y Franco (1998), en los procesos de evaluación de proyectos grandes se retoman los diseños basados en el método experimental, es decir experimental clásico, cuasiexperimental, y no experimental. Ellos suponen una captación particular de la realidad, que se dimensiona (grupo experimental, grupo de control), a los efectos de determinar el grado de éxito o fracaso del proyecto.

Mientras que, en los proyectos pequeños se parte de la realidad global, buscando entender el proyecto a través de las articulaciones que los individuos generan en el tejido social del grupo o comunidad.

Por las características de la zona de estudio y la naturaleza del proyecto consideramos que esta evaluación podría considerarse a una escala pequeña, en donde nos interesa conocer cómo es que se relacionan los usuarios del servicio ambiental con el bosque que lo provee, a partir de esta relación pretendemos conocer la disposición que los usuarios tienen a pagar o a ser compensados por la provisión de este servicio ambiental.

7.4. Técnicas de análisis y resultados de la evaluación.

Cohen y Franco (1998), enfatizan que, en el caso de los proyectos grandes, las técnicas de análisis son cuantitativas, complementadas a veces por otras de tipo cualitativo.

Mientras que los resultados de las evaluaciones se interpretan de acuerdo con sus dimensiones, por ejemplo, los resultados de presentaran de manera general si los proyectos son grandes, por el contrario, en proyectos de dimensiones menores los resultados serán más puntuales.

Dado su tamaño, cabe diferenciar etapas, dimensiones, procesos o eslabones diferentes y hacer afirmaciones respecto a las características de cada uno de ellos.

Asimismo, los individuos que participan o son afectados por el proyecto son vistos como clases de actores y no individualmente. En los proyectos pequeños, en cambio, se hace una consideración específica de quienes participan en él, analizando asimismo los casos desviados.

7.5. Patrones de evaluación

Al realizar la evaluación de cualquier proyecto y poder establecer el éxito o fracaso de este, es necesario realizar una comparación de los logros alcanzados o metas cumplidas con alguna norma o patrón, ya sea local o global establecidos o propuestos previamente.

Cohen y Franco (1998), recomiendan que para evaluar los proyectos grandes sean consideradas normas explícitas, planteadas previo a la iniciación del proyecto o que resultan de patrones internacionales o nacionales, o de experiencias similares, o de tendencias históricas. En los proyectos pequeños, las normas son intuitivas o, incluso, se carece de ellas.

Para la construcción o implementación de estos patrones que permiten conocer el avance o los logros obtenidos dentro de los proyectos se deberá considerar:

- *Los destinatarios de la evaluación*

Al ir precisando los alcances y contenidos de la evaluación, se busca tratar de responder a la pregunta ¿para qué se evalúa? se evalúa para escoger racionalmente entre proyectos

alternativos y para incrementar la eficacia y la eficiencia de los mismos (Cohen y Franco,1998).

El diseño, contenido, metodología y tipos de análisis a realizar, dependerán de quienes sean, los destinatarios a los que se les presentara la evaluación, estos destinatarios pueden ser:

- Los directivos superiores

Tienen a su cargo la definición de las políticas, y establecen las prioridades entre los proyectos, en función de los objetivos que persigue la institución. Adoptan decisiones de tipo cualitativo, determinando los proyectos que van a realizarse, y de tipo cuantitativo, estableciendo la cantidad de recursos que serán asignados a cada uno de ellos.

- Los administradores

Realizan la distribución de los recursos para el logro de los objetivos y metas establecidos. Ellos deben generar modelos de asignación que optimicen la relación insumo-producto.

- Los técnicos.

Tienen como tarea, la ejecución concreta de los proyectos que derivan de todas las decisiones adoptadas anteriormente. Deben centrarse en los aspectos operativos, para que los modelos se traduzcan en modalidades congruentes de implementación.

Puesto que vivimos en un mundo en el que los recursos son limitados y las elecciones son inevitables es útil comprender las ventajas y desventajas relativas de las diferentes opciones. Nuestra existencia, salud y felicidad dependen del entorno natural (Ozdemiroglu y Hails, 2016). Pero cuando tomamos decisiones sobre cómo lo usamos, a menudo no consideramos todas sus dimensiones y sus variados valores.

La evaluación es un proceso reflexivo, sistemático y riguroso de indagación sobre la realidad, que atiende al contexto, considera globalmente las situaciones, atiende tanto a lo explícito como lo implícito y se rige por principios de validez, participación y ética. Evaluar implica valorar y tomar decisiones que impactan directamente en la vida de los otros. Se requiere de un proceso reflexivo que asuma una posición de análisis crítico en torno a las acciones que se realizan conjuntamente con las intenciones que se persiguen. Siendo el conocimiento sobre evaluación una construcción teórica, no es de extrañar que en su práctica convivan diferentes modelos (Silva, 2012)

En el caso del ambiente se asignan diferentes valores, tanto cuantitativos como cualitativos, cuando se modifican las características del ambiente, también se modifica la percepción de los valores asignados, pudiendo tener ambientes que se tienen en un alta estima o ambientes a los que no se les asignan valores.

Evaluar es un acto de valorar una realidad, que forma parte de un proceso cuyos momentos previos son los de fijación de características de la realidad a valorar, y de recogida de información sobre las mismas, y cuyas etapas posteriores son la información y la toma de decisiones en función del juicio emitido (Juste, 1989).

Los estudios de evaluaciones económicas de los servicios ambientales, pueden ser utilizados para apoyar el proceso de toma de decisiones con respecto al uso y manejo de los recursos naturales, ya que éstos pueden servir como una herramienta de asesoramiento en la generación de políticas públicas relacionadas al medio ambiente, la efectividad en el uso de análisis económicos para el asesoramiento en las políticas públicas y en general en la toma de decisiones, depende de la metodología utilizada y de su calidad metodológica (Born et. al., 2005).

En general podemos decir que la evaluación económica tiene el potencial de ser utilizada para apoyar la toma de decisiones con respecto a la virtual pérdida o ganancia de recursos financieros derivados del uso y manejo de los recursos ambientales.

Sin embargo, de acuerdo con Ozdemiroglu y Hails (2016) la evaluación o los análisis económicos no son un sustituto del debate social o político para la toma de decisiones con respecto al uso y manejo de los recursos naturales, la mejor práctica debería ser, utilizar todo tipo de evidencia de alta calidad para respaldar la mejor toma de decisiones, incluidas las diferentes interpretaciones del "valor" de los recursos y nuestras elecciones.

Born, *et. al.* (2005) consideran que las evaluaciones económicas pueden soportar dos campos distintos de apoyo a la generación de políticas públicas con respecto a los bienes y servicios ambientales, el primero de ellos menciona que estas evaluaciones pueden respaldar la toma de decisiones sobre la elección de una estrategia de conservación de los recursos naturales que permita la continuación de la provisión de los bienes y servicios ambientales.

Por otro lado, el segundo campo de aplicación nos habla de cómo estos estudios permiten generar una sensibilización general entre la sociedad, mediante la evaluación de los daños

generados por la pérdida del medio ambiente que impacta directamente en la provisión de los bienes y servicios ambientales; y en el bienestar de la población en general.

Los análisis económicos, como los análisis de costo-beneficio o costo-efectividad, tienen como objetivo proporcionar información sobre si una determinada acción es útil o no, y cuál es la mejor estrategia a seguir con respecto a la toma de decisiones, lo que permite generar criterios más específicos que permitan abordar mejor alguna problemática ambiental.

La adopción de políticas ambientales derivadas de los procesos evaluación ambiental presentan una serie de sesgos, que van desde un problema teórico en el planteamiento del instrumento a utilizar, hasta la realización de una evaluación inespecífica de los bienes y servicios ambientales (Graves, 2010).

Las evaluaciones económicas permiten percibir la pérdida de la provisión de los bienes y servicios ambientales como consecuencia de las actividades antropogénicas, principalmente, y a los impactos que estas generan en el medio ambiente, por ejemplo muchos estudios económicos se concentran en impactos primarios y directos que son fáciles de cuantificar, como las pérdidas de producción en la agricultura o la pesca derivadas del deterioro del ambiente, por otro lado tenemos que los efectos indirectos a menudo se ignoran, ya que generalmente no se reflejan directamente en los mercados y deben medirse por separado (Born et. al., 2005).

Un ejemplo son los problemas de salud causados por el deterioro ambiental, que son difíciles de cuantificar y no están obviamente vinculadas a los costos monetarios. La mayoría de los efectos sociales ocurren indirectamente. La pérdida de biodiversidad es un ejemplo.

Entre otros efectos, la pérdida de biodiversidad deroga indirectamente el bienestar social, por ejemplo, a través de la pérdida de recursos genéticos con valor farmacéutico potencial (Born et. al., 2005).

Existen dos perspectivas para realizar un estudio económico, ya sea en un negocio o en un nivel económico. En consecuencia, los estudios pueden proporcionar asesoramiento a nivel empresarial (¿qué medida es rentable o cuál es el impacto en mi negocio por las alteraciones en el medio ambiente?) o proporcionar información a la sociedad en general (¿qué medida debe ser preferida por la sociedad para evitar el deterioro ambiental? o ¿cuáles son impactos socialmente relevantes de los proyectos a realizar?) (Born et. al., 2005).

Born, *et. al.* (2005) consideran que el nivel económico proporciona una base para evaluar todos los costos y beneficios sociales, es decir, la gama completa de categorías de valor atribuidas a los bienes y servicios ambientales. Los análisis económicos consideran los efectos externos, que son característicos del deterioro ambiental debido a la naturaleza pública de los múltiples bienes y servicios afectados por los impactos de las actividades humanas.

Por lo tanto, si el enfoque de un estudio de evaluación es sobre temas de conservación, es razonable concentrarse en la evaluación económica, en lugar de la evaluación de negocios. Esto implica evaluar si la conclusión de una medida específica es perjudicial o positiva para la sociedad; en otras palabras: ¿la relación beneficio-costo es positiva o no? (Born *et. al.*, 2005).

La principal fortaleza y debilidad de los análisis económicos es desglosar la multidimensionalidad de los impactos en todos los tipos de bienes y servicios ambientales en una escala unidimensional mediante la transferencia de estos impactos en unidades monetarias (Born *et. al.*, 2005).

Al combinar el conocimiento ecológico y la evaluación económica, la evaluación de criterios múltiples abre nuevas formas de producir resultados relevantes para la generación de políticas (Born *et. al.*, 2005) cuya finalidad es justificar o rechazar la toma de decisiones con respecto al uso y manejo de los bienes y servicios ambientales, de igual forma permite orientar éstas al uso sustentable de los recursos naturales.

Los economistas, filósofos y ambientalistas han tenido caminos contrastantes de pensamiento acerca de la evaluación ambiental. Los economistas, siempre resuelven las cosas usando el concepto de carestía o rareza, al no tener todo lo que se necesita el mercadeo, y si se piensa fuertemente en el proceso de análisis de costo-beneficio, se puede hacer una mejor decisión. En el caso de contar con “información perfecta, se arguye que al considerar el balance costo-beneficio se obtiene la decisión perfecta, el debate se centra en conocer si estos cálculos son los correctos (Graves, 2003).

En el caso de los filósofos y ambientalistas son muy críticos con el paradigma de los economistas, ya que este punto de vista es antropocéntrico, y que no se tiene un conocimiento adecuado de cómo funcionan los sistemas naturales (Idem), por lo que asignarles un valor es una tarea poco objetiva.

Debe de considerarse que las actividades ya sean de producción o de servicios en última instancia provienen de la naturaleza. Los recursos naturales se consumen en forma directa como plantas o animales, o como servicios, esto es el aire que se respira o el agua que bebemos; también se puede considerar que proveen valores indirectos como pueden ser los eslabones en una cadena alimenticia, o en diferentes funciones de interacción, o como un paisaje espectacular (Silva, 2012).

La economía ambiental no es más que análisis económico tradicional aplicado o extrapolado al campo del medio ambiente, por ello en el campo de la valoración de la naturaleza, sus supuestos básicos se fundamentan en la teoría neoclásica del valor, propia de la economía de libre mercado. En general, son dos las hipótesis que están implícitas en la valoración económica del medio ambiente, de acuerdo con los postulados de la economía ambiental: uno, las preferencias de los individuos revelan el grado de bienestar por el aprovechamiento del medio ambiente, y dos, sólo los individuos determinan sus preferencias mediante su disponibilidad a pagar o a recibir; planteamientos que fundamentan la construcción o diseño de los denominados métodos de valoración económica de los recursos naturales en el marco de la corriente tradicional económica (Carba, 2012).

Esto indica que si se valora el ambiente desde las perspectivas que nos dan los métodos de valoración económica, se estarán minimizando las variables ecológicas. El método de valoración Contingente, utilizado en este estudio, es un método que intenta averiguar el valor que otorgan las personas a un bien ambiental, a través de la pregunta directa, lo que lo convierte en un mecanismo simple.

El inconveniente radica en que para las personas en general, la relación con el ambiente no siempre lo tienen claro y mucho menos se tiene la capacidad de valorarlo ya sea de forma económica o como un bien por sí mismo, y para los habitantes del bosque en ocasiones solamente lo consideran como una fuente económica, y no se le asigna un valor de conservación.

8. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL: CAPTURA DE CARBONO

La riqueza ambiental es la base principal del desarrollo social y económico de un país. Ésta, brinda un enorme flujo de bienes y servicios ambientales, que dependen del estado de los recursos naturales y del medio ambiente, para poder mantenerse (Múnera y Correa, 2004). Por lo tanto, es necesario realizar un aprovechamiento sustentable de los recursos, para esto es necesario reconocer el valor que los recursos naturales poseen.

El acto de valorar, supone, de acuerdo con la Real Academia de la Lengua, un proceso mediante el cual se señala el precio de una cosa o en términos más amplios, se reconoce el valor de una cosa; el término valor es definido, entonces, como el grado de utilidad o aptitud de las cosas, para satisfacer nuestras necesidades o proporcionar bienestar o deleite (Azqueta *et. al.*, 2007).

Los términos "sistema de valores", "valor" y "valoración" tienen un rango de significados en diferentes disciplinas. Los "sistemas de valores" se refieren a constelaciones intrapsíquicas de normas y preceptos que guían el juicio y la acción humanos. Se refieren a los marcos normativos y morales que las personas usan para asignar importancia y necesidad a sus creencias y acciones. Usamos el término "valor" para significar la contribución de una acción u objeto a los objetivos, las condiciones o los objetivos especificados por el usuario (Farber, *et. al.*, 2002)

Preguntarse sobre el valor de algo, supone una operación de la razón que, hoy por hoy, parece que es efectuada por los humanos, puesto que parece que es la única especie que analiza las implicaciones y repercusiones de su comportamiento en nuestro planeta, sin embargo, el hecho de que únicamente el ser humano esté en condiciones de valorar o de dar valor, no quiere decir necesariamente que todo el valor sea originado desde la óptica antropocéntrica.

Como veremos más adelante, podemos considerar el valor socio cultural que los servicios ambientales tienen para la sociedad, de acuerdo con las percepciones que se generan a su alrededor. Por otro lado, conocer el valor ecológico de los recursos naturales nos permite entender, que el mantenimiento adecuado de las estructuras y funciones que se generan dentro de los ecosistemas, representa un alto valor para el bienestar humano y el equilibrio ecológico.

Para el establecimiento del valor de recursos naturales suelen ser empleados una serie de instrumentos generados principalmente desde la academia y por organizaciones internacionales que enfocan sus esfuerzos en el uso sustentable y la conservación de la naturaleza.

Cada método de valoración logra una aproximación al valor desde su enfoque teórico, requiriéndose la interacción de métodos que complementen la visión de ambiente (económicos, socioculturales y ecológicos), para lograr así, una aproximación holística al “capital natural” (Rodríguez y Cubillos, 2012).

Desde el enfoque de la economía ambiental, la necesidad de incluir los métodos de valoración es, por una parte, debido a su estrecha relación con las actividades antrópicas de producción y consumo, para las cuales los estudios de valoración de los pasivos y activos ambientales tienen un amplio uso en la actualidad, gozan de flexibilidad y adaptabilidad a diversas situaciones e incluyen el componente social y de preferencias a la hora de realizar las valoraciones (Rodríguez y Cubillos, 2012).

Dentro de estos métodos de valoración y el que utilizaremos en este trabajo se encuentra el método de valoración contingente (VC), mismo que describiremos más adelante. De manera general podemos mencionar que este método de basa en evidenciar la disposición a pagar (DAP) que tienen las personas por garantizar su acceso a un servicio ambiental, así como a ser compensados (DAC) por la pérdida del acceso a este.

Acorde con Múnera y Correa (2004), la disposición a pagar refleja en términos monetarios las preferencias individuales por los bienes ambientales o la disposición a aceptar por la pérdida de calidad ambiental. Este uso del dinero como numerario no pretende representar un precio, sino un indicador monetario del valor que tiene para un individuo o conjunto de individuos el servicio en cuestión. Este valor revela una aproximación al verdadero costo del uso y escasez de los recursos, permitiendo aprovechar el potencial económico de los mismos desde una base sustentable.

Rodríguez y Cubillos (2012) señalan que los cálculos económicos permiten, a través de los métodos de valoración, establecer una función de demanda del bien a valorar o de bienes relacionados con este, traducir el comportamiento del consumidor en términos de precios y cantidades, y conseguir un valor parcial de mercado que permita tener elementos de juicio en la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos naturales.

De acuerdo con Ozdemiroglu y Hails (2016) la evaluación o los análisis económicos no son un sustituto del debate social o político para la toma de decisiones con respecto al uso y manejo de los recursos naturales, la mejor práctica debería ser, utilizar todo tipo de evidencia de alta calidad para respaldar la mejor toma de decisiones, incluidas las diferentes interpretaciones del "valor" de los recursos y nuestras elecciones.

Múnera y Correa (2004), mencionan que la valoración monetaria permite la comparación entre los bienes y servicios ambientales y los beneficios del desarrollo. Ahora, esta comparación es necesaria para evaluar la gestión de protección, conservación y explotación adecuada de los recursos naturales, así mismo mencionan que las estimaciones económicas pueden ser en los tribunales de justicia, puesto que estos métodos son de gran ayuda a la hora de calcular las indemnizaciones que se han de pagar por los daños causados al medio ambiente

8.1. Valor

La teoría del valor en la que se enmarcan las valoraciones de los bienes y servicios ecosistémicos, BSE, desde la corriente de la economía ambiental, corresponde a los postulados sobre el valor subjetivo. El valor subjetivo de un bien o servicio, ya sea natural o manufacturado, está determinado por la utilidad que genera el consumo para la satisfacción de una necesidad en particular y para un individuo en particular, lo que se conoce como las preferencias del consumidor, esta escuela ha incorporado otros elementos al concepto de valor que posee un recurso natural y que complejizan la persistente tarea de asignarle un valor absoluto. (Rodríguez y Cubillos, 2012).

Estos valores mencionados, concuerdan con los propuestos por Azqueta *et. al.* (2007) que sugieren que los seres vivos, además de los humanos, en conjunto con los objetos inanimados tienen un valor en sí mismos, independientemente del reconocimiento de este, por parte de los humanos, ellos distinguen tres tipos de valor:

- Valor inmanente: es el valor que pertenece a la esencia misma del ser de modo inseparable, y que tienen los seres u objetos por sí mismos.
- Valor intrínseco: este tipo de valor es esencial e íntimo al sujeto que lo posee, es otorgado por un ente ajeno al mismo, y es pues un valor derivado.

- Valor extrínseco: este valor es el que poseen determinados seres u objetos inanimados, sin ser característica esencial de los mismos, porque así tiene a bien otorgárselo quien puede hacerlo.

La forma en la que las personas y las sociedades en general asignan el valor que tiene nuestro entorno, se basa o es abordada desde una visión antropocéntrica y utilitarista en la cual, según Azqueta, *et. al.* (2007), se pone énfasis en el bienestar de los individuos como criterio de demarcación de los distintos valores y, en consecuencia, otorga valor a todo aquello que contribuya al bienestar de la persona ya sea de manera positiva o negativa.

El medio ambiente adquiere una serie de valores porque cumple una gama de funciones que afectan positivamente al bienestar, utilidad o deleite de las personas que componen a las diversas sociedades, ya sea como productor de bienes y servicios ambientales, como espacio de esparcimiento, de estimulación para el perfeccionamiento personal, como reducto de una civilización o como símbolo de cultura (Azqueta *et. al.*, 2007).

Desde un enfoque socio cultural, Rodríguez y Cubillos (2012) mencionan que las aproximaciones de valor parten desde la percepción de los recursos naturales, esta percepción de la naturaleza es completamente diferente a lo que puede ser tangible dentro de ella, aunque en ambos casos tanto lo que se percibe y lo que es tangible, son beneficios que se obtienen de la preservación. Para este sistema socio cultural, el concepto de valor es primordialmente interpretado en términos de significados, percepciones y asociaciones cualitativas entre la naturaleza y la mente humana, que permitieron el desarrollo histórico de las capacidades cognitivas, espirituales y artísticas de las sociedades.

Los métodos para capturar un valor de las preferencias socio culturales se realizan mediante herramientas de tipo participativo como los instrumentos de tipo verbal (talleres grupales, narraciones históricas) o de tipo gráfico (cartografía social o mapas históricos).

Desde un enfoque ecológico, el valor de cualquier acción u objeto se mide por su contribución al mantenimiento de la salud y la integridad de un ecosistema o especie, per se, independientemente de su contribución a la satisfacción humana (Farber, *et. al.*, 2002).

Considerando lo anterior Rodríguez y Cubillos (2012), señalan que las aproximaciones al valor ecológico. Entendiendo que el mantenimiento de las estructuras y funciones de los ecosistemas, implica un alto valor para el beneficio humano y para el equilibrio ecológico, cualquier indicador biofísico que mida el estado y la calidad de los recursos naturales es susceptible de ser usado como medida de su valor ecológico, así mismo valoración

ecológica nos permite entender de forma más clara cómo la pérdida o generación de valor ecológico que causada por los procesos de producción-consumo de bienes y servicios manufacturados afecta el bienestar de la sociedad y de los seres vivos.

Existen argumentos que aparecen de manera frecuente en la sociedad, que se refieren a que debemos proteger a los ecosistemas por razones puramente morales y/o estéticas, y que no necesitamos asignar un valor desde el punto de vista económico para este lograr el reconocimiento del valor que representa la naturaleza.

Pero los argumentos morales y económicos ciertamente no son mutuamente excluyentes. Ambas discusiones pueden y deben continuar en paralelo, las integraciones de ambas en la toma de decisiones con respecto al medio ambiente permitirán un manejo adecuado de los recursos que permita conservar y mejorar, a largo plazo, la calidad de vida de las personas minimizando la pérdida de los servicios que el ambiente nos provee (Costanza, 1997).

Para esto es necesario considerar el grado de "utilidad" que podemos darles a los ecosistemas, por ejemplo, Farber (2002) menciona que Aristóteles primero distinguió entre valor en uso y valor en intercambio y que Galiani definió el valor como una relación de equivalencia subjetiva entre una cantidad de un producto y una cantidad de otro, señaló que este valor depende de la utilidad y la escasez (*utilita et rarita*). Doscientos años después, Adam Smith formuló una teoría del valor del costo de producción, según la cual los salarios, las ganancias y la renta son las tres fuentes originales del valor de cambio.

Sraffa (1960) estableció condiciones bajo las cuales los índices de intercambio entre productos pueden determinarse en función de su uso en la producción; es decir, un conjunto de precios de productos básicos que agotarían el producto total.

Sraffa también, dividió los productos en básicos (productos que entraron en todos los procesos de producción) y no básicos, y demostró que un estándar de valor invariable sería una combinación de productos básicos que reflejaran proporciones de entrada promedio en la producción.

Este "producto básico" artificial podría utilizarse como medida de la riqueza o el ingreso nacional. Postuló que la intensidad del deseo por una unidad adicional disminuye con unidades sucesivas del bien. Reemplazando el término "deseo por una unidad adicional" con el término "Utilidad marginal".

Otra aportación importante fue la realizada por Lancaster y Kelvin (1971) introdujeron el concepto de tecnología de consumo, de acuerdo con este concepto los consumidores consideran las características de los bienes, por ejemplo, los alimentos pueden ser evaluados en contenido calórico, proteico o vitamínico, por lo tanto, diferentes alimentos son sustituibles dependiendo de la composición de sus características y el cumplimiento de estas.

Las personas asignan su presupuesto en función de las características, comprando productos que son fuentes eficientes de las características deseadas; bajo este precepto podríamos decir que la incapacidad tecnológica para sustituir características puede restringir los márgenes sobre los cuales se pueden valorar los bienes y servicios ambientales.

Cuando los servicios públicos son medibles en la disposición monetaria a pagar (willingness to pay- WTP) o la disposición a aceptar (willingness to accept - WTA), estos parámetros representan el valor monetario marginal de cada característica (Farber, 2002).

Mientras que los teóricos clásicos buscaban una unidad estándar de producto físico para medir el valor de cambio, los teóricos neoclásicos no necesitaban tal producto. Como se suponía que el valor estaba determinado por la utilidad en el margen, y se suponía que los consumidores asignaban el dinero de manera óptima en todos los usos, la utilidad marginal del dinero era la misma para un individuo en todos sus usos. El dinero se convirtió así en la unidad estándar de medida Farber (2002).

Entonces, aunque el asignar un valor a los ecosistemas es ciertamente difícil y el proceso para hacerlo, está lleno de incertidumbres, tenemos la opción hacerlo o no, durante el proceso es necesario considerar que las decisiones que tomamos como sociedad sobre los ecosistemas implican en menor o mayor grado, realizar una valoración, que no necesariamente tendrían que ser expresadas en términos monetarios.

Podemos optar por hacer explícitas o no estas valoraciones; podemos hacerlo con un reconocimiento explícito de las enormes incertidumbres involucradas o no; pero mientras estemos obligados a tomar decisiones, estamos pasando por el proceso de valoración (Costanza *et. al.* 1997).

8.2. Valoración

El tema de la valoración es inseparable de las elecciones y decisiones que tenemos que tomar sobre los sistemas ecológicos. Algunas personas sostienen que la valoración de los ecosistemas es imposible o imprudente, que no podemos poner un valor o cosas "intangibles" como la vida humana, la estética ambiental o los beneficios ecológicos a largo plazo que recibimos de la naturaleza.

Pero, de hecho, lo hacemos todos los días, cuando por ejemplo establecemos estándares de construcción para autopistas, puentes y construcciones similares, valoramos la vida humana (reconocida o no), porque entonces, gastar más dinero en una construcción salvaría vidas humanas (Costanza *et. al.*, 1997).

Por otro lado, también existen argumentos que aparecen de manera frecuente y se refieren a que debemos proteger a los ecosistemas por razones puramente morales o estéticas, y no necesitamos valoraciones monetarias de los ecosistemas para este propósito.

Pero también, existen argumentos morales igualmente convincentes que pueden estar en conflicto directo con el argumento moral para proteger los ecosistemas; por ejemplo, el argumento moral de que nadie debe pasar hambre (Costanza *et. al.*, 1997), el tratar de satisfacer esta necesidad básica de las sociedades humanas justificaría entonces, la modificación de los ecosistemas con la finalidad de generar cultivos agrícolas que servirían para alimentar a la creciente población y por consiguiente se eliminarían durante el proceso el resto de servicios que el ambiente, proveía previo a la modificación.

De acuerdo con Costanza (1997) los argumentos morales traducen el problema de la valoración y la decisión en un conjunto diferente de dimensiones y un lenguaje diferente del discurso; una que, hace que el problema de la valoración y la elección sea más difícil y menos explícito.

Un ejercicio de valoración es acerca de la evaluación de las compensaciones hacia el logro de un objetivo. Todas las decisiones que implican compensaciones implican la valoración, ya sea implícita o explícitamente (Costanza *et. al.*, 2014).

Definimos "valoración" como el proceso de expresar un valor para una acción u objeto en particular (Farber, *et. al.*, 2002). Por otro lado, Ozdemiroglu y Hails (2016) mencionan que la valoración económica es una forma de comprender cuánto vale algo para determinadas personas o para la sociedad en general.

En el contexto actual, la valoración del ecosistema representa el proceso de expresar un valor para los bienes o servicios del ecosistema, lo que brinda la oportunidad para la observación y medición científica. El valor de cualquier acción u objeto se mide por su contribución al mantenimiento de la salud y la integridad de un ecosistema o especie, *per se*, independientemente de la satisfacción humana (Farber, *et. al.*, 2002).

Por lo tanto, el valor de los bienes y servicios ambientales es relativo a la contribución de los ecosistemas para lograr los objetivos antes mencionados. Existen múltiples formas de evaluar esta contribución, algunas de las cuales están basadas en las percepciones del individuo de los beneficios que se derivan del medio ambiente pero también existen métodos para evaluar beneficios que no son percibidos por los individuos o por las comunidades, beneficios necesarios para la sostenibilidad de los ecosistemas (Costanza *et. al.*, 2014).

Acorde con Costanza, *et. al.* (2014) los ecosistemas no pueden proporcionar ningún beneficio, por sí solos a las personas, puesto que es necesaria la presencia de tres factores que interactúan entre sí y que permiten obtener y aprovechar los bienes y servicios que los ecosistemas nos brindan, estos son el capital humano (presencia de personas), el capital social (sus comunidades) y el capital construido (entorno construido).

Es la interacción entre estos tipos de capital la que permite realizar un enfoque más integral sobre la valoración que se realiza a los bienes y servicios ambientales, y es particularmente desde los instrumentos de valoración generados por el capital humano que podemos obtener una aproximación del valor los de recursos naturales.

Por tanto, la valoración ambiental es una herramienta que puede permitir un acercamiento para asignar un valor a algo que para la mayoría de las personas es intangible, y que, a través de esto, se puedan percibir de la importancia que los recursos naturales tienen y sobre todo a el mantenimiento de estos.

Puesto que los servicios de los ecosistemas no fluyen directamente del capital natural al bienestar humano es sólo a través de la interacción con las otras tres formas de capital que el capital natural puede proporcionar beneficios a las personas, por lo tanto el reto en la valoración de los servicios ambientales es evaluar la contribución relativa del stock de capital natural en esta interacción y equilibrar nuestros activos para mejorar el bienestar humano y que al mismo tiempo sea sostenible (Costanza *et. al.*, 2014)

Constanza (1997) sugiere que el ejercicio de valoración de los servicios de capital natural, consiste en eliminar las diferencias que los cambios relativamente pequeños en estos servicios hacen al bienestar humano.

Los cambios en la calidad o la cantidad de los servicios de los ecosistemas tienen valor en la medida en que cambian los beneficios asociados con las actividades humanas o los costos de esas actividades. Estos cambios en los beneficios y los costos tienen un impacto en el bienestar humano a través de mercados establecidos o a través de actividades que no son de mercado. (Costanza *et. al.*, 1997).

La contribución relativa de los servicios de los ecosistemas se puede expresar en varias unidades, el capital construido, en la economía, expresado en unidades monetarias, es uno de los colaboradores necesarios, ya que la mayoría de la gente entiende los valores expresados en unidades monetarias, esto es a menudo un denominador conveniente para expresar las contribuciones relativas de las otras formas de capital, incluyendo el capital natural (Costanza *et. al.*, 2014).

Sin embargo, existen otras unidades que permiten interpretar el valor que podemos dar a los bienes y servicios ambientales por ejemplo el tiempo, la energía invertida, o la distancia, la elección de la unidad a utilizar para expresar el valor dependerá del público al que dirigamos la valoración.

El uso de la energía como unidad de valoración está propuesto desde un enfoque biofísico, donde se ha desarrollado un método para evaluar los flujos de energía dentro de los ecosistemas. Los precios que podemos asignar a los ecosistemas, basados en la energía se han desarrollado como una medida alterna a la “disposición a pagar” que es la base de otros métodos de valoración de los ecosistemas.

De acuerdo con Kratena (2004) este enfoque utiliza análisis de entrada y salida de energía dentro de los ecosistemas, que sirven para calcular el contenido energético directo, y acumulativo de los flujos energéticos, dentro de los ecosistemas y así vincular a estos últimos con las actividades económicas de la población.

Sin embargo, el concepto de valoración utilizando a la energía como “moneda”, se enfrenta a problemas de conceptualización y a deficiencias dentro de la implementación, que no permiten obtener conclusiones relevantes que sean de interés para los mercados y no necesariamente reflejan el bienestar del consumidor, puesto que se enfatiza en el aspecto

tecnológico de la producción de los bienes y servicios dejando de lado el impacto en la sociedad.

De acuerdo con Farber, *et. al.*, (2002) la teoría de la utilidad de valor marginal nos permite entender el concepto evolutivo de la valoración de servicios ecosistémicos puesto que puede usarse para medir valores de uso, no solo valores de intercambio, en unidades monetarias.

El modelo general de optimización de trabajo/ocio y consumo/ahorro dado el tiempo y las restricciones de riqueza producirían equivalencias de bienes por dinero, bienes por tiempo y tiempo por dinero. Por lo tanto, el tiempo o el dinero pueden utilizarse como un estándar de medida del valor de uso; ¿Cuánto tiempo o dinero sacrificará voluntariamente una persona para obtener el producto X? por lo tanto los valores de bienes y servicios basados en la utilidad se reflejan en la disponibilidad a pagar, por parte de las personas para alcanzarlos, o en su compensación por su disposición a aceptar pagar para evitarlos.

Las estimaciones del valor global de la contabilidad de los servicios ambientales expresados en unidades monetarias, son útiles principalmente para crear conciencia sobre la magnitud de estos servicios en relación con otros servicios prestados por el capital construido por el hombre en el punto actual en el tiempo (Costanza *et. al.*, 2014). Las medidas de valor económico están diseñadas para reflejar la diferencia que algo hace para satisfacer las preferencias humanas (Farber, *et. al.*, 2002).

Existen algunas consideraciones para la valoración de los servicios ambientales, por ejemplo, los promedios globales por hectárea pueden variar entre dos períodos de tiempo, por tres razones distintas: (1) existencia de nuevas estimaciones de los valores unitarios de servicios de los ecosistemas por ha (y en general suelen ser más numerosas y completas); (2) cambios en la funcionalidad media del ecosistema por hectárea; y (3) cambios en el valor por hectárea debido a cambios del capital humano, o cambios en el capital social construido. (Costanza *et. al.*, 2014).

El procedimiento tradicional de valoración económica consiste en establecer valores individuales utilizando alguno de los métodos de valoración, posterior a ello, los valores individuales aislados se agregan para representar una unidad de valor socialmente relevante para una comunidad, un estado, una nación o el planeta entero.

Cada método de valoración logra una aproximación al valor desde su enfoque teórico, requiriéndose la interacción de métodos que complementen la visión de ambiente

(económicos, socioculturales y ecológicos), para lograr así, una aproximación holística al “capital natural” (Rodríguez y Cubillos, 2012).

Farber *et. al.* (2002), señalan que en la mayoría de las veces las medidas económicas y ecológicas de valor pueden estar en desacuerdo entre sí, puesto que los valores intrínsecos de las características y procesos del sistema natural, pueden poseer propiedades de abundancia y de valor funcional, diferentes al de los valores económicos que pudieran corresponderles.

Por ejemplo, el valor económico que tiene un bosque por su producción de madera, o incluso la recreación que proporciona a los usuarios, es un proceso de valoración generado por un individuo. Sin embargo, otros valores del bosque pueden tener representación comunitaria, es decir, el bosque tiene un valor particular para una comunidad cuyo sistema social, folclore, entre otros, dependen íntimamente de él, entonces, el bosque resulta presentar un valor que va más allá del económico o un valor otorgado por un solo individuo (Farber, *et. al.*, 2002).

8.3. Valoración económica.

Los servicios ambientales han sido abordados desde diferentes disciplinas, tales como la ecología, la economía y la política, entre otras, y por lo tanto existe una amplia variedad de metodologías para valorarlos (Avila-Foucat, 2007).

Como se describió anteriormente se pueden utilizar diferentes unidades para llevar a cabo la valoración de un bien o servicio ambiental, sin embargo, en este documento estimaremos el valor económico en términos monetarios, por lo cual se prefiere utilizar como unidad de estimación de valor el dinero, porque es una unidad de medida con la que todos estamos familiarizados, que es comparable y es continua en una escala temporal.

La valoración de los bienes ambientales torna alrededor de dos ámbitos consustanciales al realizar análisis económicos: el análisis costo-beneficio (ACB) y el proceso de revisión de la contabilidad nacional, tanto en lo que se refiere a la valoración del denominado capital natural como a la corrección del PIB y/o el PNB como indicadores de bienestar social (Aguilera y Alcántara, 2011)

Ozdemiroglu y Hails (2016) mencionan que el uso del dinero permite la comparación de costos y beneficios financieros, ambientales y sociales, además que existen diferentes maneras de estimar el valor económico dependiendo de qué beneficio queremos estimar.

El valor económico de un cambio positivo en el entorno natural se mide por lo que las personas están dispuestas a pagar para obtener este beneficio, o lo que están dispuestos a aceptar como compensación para renunciar a él.

El valor económico de un cambio negativo, por otro lado, se mide por lo que los individuos están dispuestos a pagar para evitar dicho costo, o lo que están dispuestos a aceptar como compensación para tolerarlo. Las dos medidas se conocen como la disposición a pagar (DAP) y la disposición a aceptar o a ser compensados por la pérdida de la calidad ambiental (DAC) Ozdemiroglu y Hails (2016).

La disposición a pagar (DAP) es un concepto usado en microeconomía y teoría económica para expresar la cantidad máxima que pagaría un consumidor por adquirir un determinado bien, o un usuario para disponer de un determinado servicio, mientras que la disposición a ser compensado (DAC) refleja la mínima cantidad de dinero que un individuo estaría dispuesto a recibir para renunciar a dicho bien (Del Saz, 2002)

En realidad, no debería existir una gran diferencia entre ambos conceptos, pero al depender de la conceptualización de cada persona, puede resultar un tanto complejo.

A la hora de explicar la disposición a pagar por el medio ambiente nos encontramos con un problema teórico-interpretativo importante. Si partimos de la idea de que los individuos tienen un comportamiento racional como agentes económicos, ¿cómo podemos explicar el hecho de que tales individuos estén dispuestos a aceptar sacrificios económicos con el fin de proteger el medio ambiente? En principio, si entendemos el medio ambiente como un fondo de propiedad común, la literatura sobre bienes públicos establece la predicción teórica de que se producirá un comportamiento masivo de “gorrón” o freerider, en el que cada individuo, orientado por su propio bienestar individual, se negará a aceptar sacrificios en pos de la sostenibilidad ambiental. Y la consecuencia será el deterioro inevitable del entorno natural en ausencia de normas o incentivos que cambien los comportamientos individuales, esto se puede apreciar en el artículo de Hardin (1968) la tragedia de los comunes (Jaime, 2011).

También se ha observado que, bajo ciertas condiciones, los individuos están dispuestos a asumir limitaciones a su propio bienestar a cambio de producir un efecto positivo sobre el medio ambiente. Asimismo, los individuos responden ante los incentivos que se introducen para promover comportamientos ambientales, bien sea en sentido negativo (como respuesta a posibles sanciones de comportamientos contaminantes) o en sentido positivo (como respuesta ante estímulos que promueven el reciclaje, por ejemplo) Idem.

También se ha observado que muchas veces las personas actúan de forma altruista, realizando sacrificios personales a favor del medio ambiente, como contribución al bienestar general de la sociedad (Fehr y Schmidt, 2006), las personas en general tienen diferentes escalas de valores (Schwartz, 1987) para sostener la correlación entre altruismo y valores ambientalistas (Stern, 2000).

También debe considerarse que actualmente se tiene una nueva forma de pensar sobre el medio ambiente, que puede estar influenciada por la gran cantidad de publicidad sobre todo en lo que respecta a la conservación de la biodiversidad, incrementándose la responsabilidad y la conciencia ambiental. De tal forma que las personas podrían considerar que si no actúan adecuadamente en pro del ambiente se pueden tener graves consecuencias, y otro escenario es proteger al ambiente porque las personas están convencidas que así debe ser.

Es importante considerar a los usuarios de los bienes y servicios ambientales al momento de realizar una valoración económica, estos usuarios serán aquellos cuyo bienestar sea (o se espera que sea) afectado por el cambio ambiental positivo o negativo.

Esto es independiente de si actualmente se están beneficiando del bien o del servicio ambiental en cuestión, esta consideración debería tenerse manera local, es decir a los usuarios y también a los responsables de la admiración de los bienes y servicios que contribuyen al mantenimiento de los mismos.

El cambio valorado podría ser notado en la calidad y/o cantidad de los servicios ofrecidos por el entorno, o directamente en la pérdida del acceso de los individuos a él, por ello Ozdemiroglu y Hails (2016) sugieren que la valoración económica es, un proceso de tres pasos.

Primero, la forma en que una decisión influirá en el entorno debe ser entendida (evaluación cualitativa). En segundo lugar, el cambio en el medio ambiente y los beneficios relacionados

deben medirse (evaluación cuantitativa). Sólo entonces puede tener lugar el tercer paso de la valoración en términos monetarios.

Ahora bien, se utilizan tres tipos de datos para el tercer paso del proceso, la valoración monetaria: precios de mercado, comportamiento observado del consumidor y declaraciones de valor de los individuos.

Precios de mercado: Para poder realizar la estimación, podemos ver la cantidad de alimentos, agua, madera, combustible, minerales, etc. que las personas compran (y a qué precio) ya sea para consumo directo o para usar como insumo para la producción. Podríamos, entonces, observar cómo cambia esta compra en respuesta a los cambios en la calidad y cantidad de los bienes y servicios.

El precio no refleja todos los componentes de valor (o externalidades). Sin embargo, sigue siendo útil utilizar los datos del mercado como una aproximación del valor.

Comportamiento observado del consumidor: Necesitamos primero identificar cuál es el bien o servicio ambiental a evaluar, una vez identificado podemos seleccionar el método o técnica de evaluación económica que mejor se ajuste a él. Por ejemplo, si queremos evaluar la belleza escénica de un paisaje, probablemente el método que mejor se ajuste sea el método de Costo de Viaje.

Declaraciones de valor de los individuos o preferencias declaradas: valores estimados de uso y no uso: A través de un cuestionario cuidadosamente diseñado podemos presentar las opciones directamente a las personas. Los cuestionarios explican las opciones de elección, sus impactos ambientales y de otro tipo, quién es responsable de su implementación y cómo se organizará el flujo de dinero ofrecido o solicitado. Se toma una muestra de un grupo de personas lo suficientemente grande y variado y se analizan los datos para estimar el valor económico y para explicar cómo cambia. Estos métodos son conocidos como encuestas de preferencia declarada.

Ozdemiroglu y Hails (2016), mencionan que los valores obtenidos de una evaluación económica se pueden utilizar para comparar los costos/beneficios financieros contra los beneficios/costos ambientales para que se pueda contribuir a las decisiones de inversión, políticas y asignación de presupuestos relacionados al uso y manejo de los recursos naturales.

La evidencia de valor económico se puede utilizar para mejorar nuestra comprensión de cómo nos beneficia el medio ambiente natural. Una mejor comprensión del valor económico del entorno natural también puede resaltar oportunidades sostenibles para los negocios. Esto es particularmente relevante para la contabilidad de capital natural y ejercicios a gran escala (Ozdemiroglu y Hails, 2016).

La evidencia de valor también se puede utilizar para presentar un caso de negocios para inversiones que generarán valor económico, pero no necesariamente rendimiento financiero, la evidencia de valor económico se puede utilizar para capturar parte del valor actualmente ignorado por los mercados. Por ejemplo: el costo económico de la contaminación ambiental se puede utilizar para establecer el nivel de los impuestos de contaminación (Ozdemiroglu y Hails, 2016).

Dentro de la evaluación ambiental en los proyectos de desarrollo, los análisis o evaluaciones económicas ambientales, pueden jugar un rol importante en distintas etapas, la primera de ellas tiene que ver con la evaluación de impactos de un proyecto propuesto y sus alternativas; otra de las etapas abarca los análisis de opciones de prevención y mitigación; y en la tercera etapa se concluye con la evaluación de proyecto una vez que una alternativa específica ha sido seleccionada.

De acuerdo con Dixon y Pagiola (1998), en la primera etapa el análisis económico consistirá en la estimación de los costos y beneficios monetarios (valoración) de los varios impactos ambientales, recurriendo al uso de los llamados métodos o técnicas de valoración económica.

En la segunda etapa, el análisis ampliado considera los costos y beneficios de medidas de prevención y mitigación, por último, en la tercera etapa, los valores monetarios de la alternativa seleccionada son integrados dentro de la evaluación económica completa del proyecto propuesto.

Ozdemiroglu y Hails (2016) señalan una serie de factores que provocan una variación en los valores económicos de los bienes y servicios, tanto de los ambientales como de los manufacturados, en ambos casos estos se ven afectados debido a:

- La condición y ubicación.

Un recurso se valora menos cuando se encuentra en mal estado, porque no puede proporcionar todos los servicios que es capaz de proporcionar. La ubicación es

particularmente importante para los valores de uso. El acceso fácil puede significar valores más altos para algunos recursos, pero esto no significa necesariamente que los recursos inaccesibles sean menos valiosos, sino que dependen del recurso, sus usos y los tipos de valor.

- Escasez y sustituibilidad.

Los recursos tienen diferentes valores dependiendo de si hay sustitutos disponibles: cuanto más escaso es un recurso (menos sustitutos), mayor es su valor.

- La dirección, escala y tiempo.

Los individuos tienden a valorar los cambios negativos más que la cantidad equivalente de cambios positivos. En términos de escala: cuanto mayor es el cambio, mayor es su valor. En términos de tiempo, los cambios de hoy se valoran más que los cambios del próximo año y así sucesivamente.

- Individuos.

Las personas tienen valores diferentes para la misma cosa, al igual que reaccionan de manera diferente a los precios. También tienen ingresos diferentes que influyen en su disposición a pagar más que su disposición a aceptar una compensación.

Por lo anterior, podemos decir que la valoración económica para el servicio ambiental captura de carbono, resulta ser un instrumento de gran utilidad, puesto que nos permite identificar en la zona de estudio, un área de oportunidad, para ingresar a los mercados de carbono o ser considerada como una zona en la que se pueden llevar a cabo proyectos relacionados con los MDL ligados al área forestal, que le permitirían generar ingresos económicos adicionales para su mantenimiento y las labores relacionadas, por otro lado esta valoración nos permite entender por qué a los poseedores de predios forestales les es más rentable vender la madera generada en el bosque que realizar acciones de conservación del mismo, ya que a corto plazo la venta de madera les confiere mayores ingresos económicos, sin embargo a largo plazo las acciones de tala indiscriminada traerá consigo afectaciones ambientales y a su bienestar.

La valoración económica del servicio ambiental en la zona de estudio serviría también para ayudar en la toma de decisiones con respecto al uso y manejo de los recursos naturales presentes en la zona y en áreas similares.

8.4. Métodos de valoración económica

Las diferencias entre los valores ecológicos y económicos se relacionan con la abundancia relativa de los servicios ecosistémicos dentro de ecosistemas y sus economías, de acuerdo con Farber (2002), es probable que las estructuras y los procesos de los ecosistemas específicos tengan algún rol funcional en un ecosistema y, por lo tanto, tengan "valor", es posible que no tengan un valor directo o indirecto en las economías de mercado.

Puede haber casos en que un ecosistema esté tan aislado de la actividad económica humana que lo que sucede en él sea irrelevante para la actividad humana, incluso cuando se consideran todas las posibles conexiones espaciales y temporales, es decir, solo queda el valor intrínseco.

El valor de cambio de los servicios de los ecosistemas son las relaciones comerciales para esos servicios. Cuando los servicios son directamente negociables en los mercados normales, el precio es el valor de cambio. El valor de bienestar basado en el intercambio de un bien o servicio natural es su precio de mercado neto del costo de llevar ese servicio al mercado (Farber, *et. al.*, 2002).

Si bien, el valor de cambio requiere mercados u oficios observables, el valor que representan los servicios ambientales, para la sociedad, es mucho más amplio y difícil de medir, por lo tanto, se han desarrollado una serie de técnicas para valorar los servicios de los ecosistemas y el ambiente.

Los conceptos subyacentes para los valores sociales que los economistas han desarrollado derivan en lo que una sociedad estaría dispuesta y sería capaz de pagar por un servicio (DAP), o lo que estaría dispuesta a aceptar para renunciar a ese servicio o también conocida como la disponibilidad a ser compensados por la pérdida de ese servicio (DAC), otra forma de entender la base de la construcción de la metodología de valoración económica es, esencialmente, que se construyen instrumentos que permitan captar la disponibilidad a pagar por algún servicio ambiental (DAP); o se construye la compensación adecuada por la pérdida de un servicio o de otra manera la disponibilidad a ser compensados por la pérdida de ese servicio ambiental (DAC) (Farber, *et. al.*, 2002).

Como hemos establecido anteriormente, los análisis económicos pueden ser utilizados para evaluar las estrategias de gestión de la conservación del medio ambiente, lo que permite que la sociedad continúe siendo prevista de los diferentes bienes y servicios ambientales,

por lo tanto, las técnicas de valoración económica deberían considerar todos los efectos sobre los bienes y servicios ambientales. El concepto económico más común utilizado para analizar el espectro completo de valores de tales bienes y servicios es el concepto del valor económico total (VET) (Born *et. al.*, 2005).

De acuerdo con Born *et. al.*, (2005) este concepto hace una distinción principal entre los valores de uso y no uso. Los valores de uso se dividen en valores de uso directo y de uso indirecto.

Los valores de las opciones, es decir, los valores atribuidos para mantener la opción de usar los servicios del ecosistema más adelante, pueden atribuirse a los valores de uso y/o los valores de no uso.

Los valores de no uso van más allá del uso y más allá de una evaluación económica restringida. Sin embargo, su desaparición representa una pérdida de utilidad para los individuos. Por ejemplo, las alteraciones en la composición de las especies nativas podrían disminuir el valor de uso indirecto para la recreación de la región.

Existen algunas técnicas o métodos que pueden ser implementadas durante la valoración económica de servicios ambientales, que se efectúan cuando las valoraciones de mercado no capturan adecuadamente el valor social que puede ser atribuido a los servicios ambientales.

Los efectos monetarios positivos (beneficios) y negativos (costos) de los impactos pueden evaluarse con diferentes métodos y pueden basarse en datos comerciales y económicos Born *et. al.*, (2005).

Algunas de estas técnicas son: Costo evitado (CE), Costo de reemplazo (CR), Costo de viaje (CV), Precios hedónicos (PH) y Valoración contingente (VC) (Farber, *et. al.*, 2002), mercados contruidos (Graves, 2010), Transferencia de benéficos (TB) (Dixon y Pagiola , 1998), además, algunos autores como Ozdemiroglu y Hails (2016) mencionan el método de Función de producción (FP) y destacan la importancia del método conocido como Valor Económico Total (VET) que permite conocer el valor real que tienen los ecosistemas en todas sus dimensiones, en este método de valoración se reconocen por ejemplo: los valores de uso, de no uso y de opción.

- Valor Económico Total (VET)

De acuerdo con Ozdemiroglu y Hails (2016), el valor económico total es un marco desarrollado para caracterizar por qué y cómo las personas valoran los beneficios recibidos del medio ambiente; la palabra "total" se refiere a la suma de los valores de uso, opción y no uso. El valor total cambia en respuesta a los cambios en el entorno, que pueden ser positivos o negativos.

El enfoque de la valoración económica total (VET) consiste en "descomponer" el ecosistema, el bien o servicio ambiental es una cantidad de categorías de valor, puesto que cualquier bien o servicio está compuesto por varios atributos, algunos son concretos y fácilmente medibles, mientras que otros son difíciles de cuantificar, por lo tanto, el valor total es la suma de todos esos componentes (Dixon y Pagiola, 1998).

El medio ambiente es muy complejo con respecto a las interacciones que se dan en él, para poder entender su valor nos resulta de utilidad un sistema de clasificación, estos sistemas de clasificación pueden establecerse, por ejemplo, en la forma en cómo las personas perciben los beneficios brindados por el medio ambiente.

A lo largo de la historia las sociedades humanas nos hemos beneficiado de los muchos usos del entorno natural, ya sea de forma directa o indirecta, estos beneficios que obtenemos del ambiente varían conforme la utilidad que les asignamos para una tarea y decimos entonces que tienen un valor de uso.

El valor de uso, es según Azqueta *et. al.* (2007), el valor más elemental de todos, puesto que hace referencia al carácter instrumental, que pueden adquirir los atributos de la naturaleza, y que les hacen ser "útiles" a las sociedades humanas, las personas utilizan los bienes ambientales, y se ven afectadas, por tanto, por cualquier cambio que ocurra con respecto a la calidad, existencia o accesibilidad de los mismos.

El valor de uso también puede entenderse como la noción convencional asociada con el consumo de un bien, que puede incluir el uso actual, el uso esperado, y el uso posible que podemos dar a un servicio ambiental, esto de acuerdo con Kolstad, (2000).

El valor de uso puede dividirse de acuerdo a la percepción del grado de utilidad que las sociedades dan a los bienes y servicios ambientales, entonces, tenemos el valor de uso directo, conocido también como de uso extractivo, consuntivo o estructural, que deriva de

bienes que pueden ser extraídos, consumidos o disfrutados directamente (Dixon y Pagiola, 1998).

El valor de uso indirecto, también conocido como valor de uso no extractivo o valor funcional, se deriva de los servicios que el ambiente provee, estos servicios tienen un valor, pero no requieren que algún bien sea cosechado, por ejemplo, los humedales que a menudo filtran agua, mejorando su calidad (Dixon y Pagiola, 1998).

El valor no de uso es considerado para algunos autores como controversial puesto que es considerado como una ganancia de utilidad para una persona, sin que esta use realmente un servicio ambiental (Kolstad, 2000). Los valores de no uso, son valores que no están ligados directamente a la utilización de los servicios ambientales.

Es decir, podemos valorar a los ecosistemas ubicados en partes remotas del mundo por razones diferentes al hacer uso u obtener algún beneficio de ellos. Por ejemplo, podemos valorar a las zonas protegidas de la Sierra Nevada, no porque planeemos hacer uso de ellas, sino porque otros podrían hacerlo y eso nos hace sentir bien, es decir nos da utilidad.

Dentro de este tipo de valor, podemos encontrar diferentes variantes, que se describen a continuación y se enuncian en la figura uno.

Los seres humanos nos beneficiamos también, al saber que los recursos ambientales que actualmente no usamos seguirán existiendo, y que estarán disponibles si los necesitamos en el futuro, un poco como una póliza de seguro. Este valor es conocido como valor de opción.

El valor de opción según Dixon y Pagiola (1998), es el valor obtenido de conservar la opción de aprovechar el valor de uso (extractivo o no extractivo) de algo a fecha posterior.

Por ejemplo, existen personas que, aunque en la actualidad no están utilizando el bien ambiental, prefieren tener abierta la opción de hacerlo en algún momento futuro, para ellas la desaparición de un parque natural (aunque no hayan estado nunca en él) supone una pérdida indudable del bienestar, de acuerdo con Azqueta *et. al.* (2007) el valor de opción puede dividirse en dos tipos de valor dependiendo del impacto que se tenga dentro de los actores de la sociedad, puede ser un valor de opción, propiamente dicho, que deriva de la incertidumbre individual, con respecto a si el bien o servicio ambiental en cuestión estará o no disponible para su uso en un futuro.

Por otro lado, encontramos en valor de cuasi-opción este concepto de valor tiene un mayor impacto en el campo de la gestión de los recursos naturales, está relacionado con la incertidumbre que tiene el tomador de decisiones, puesto que en muchas ocasiones ignora la totalidad de los costes y los beneficios ambientales, derivados de las acciones a emprender en material ambiental.

El valor de cuasi-opción refleja, el beneficio neto obtenido al posponer la decisión, en espera de despejar total o parcialmente la incertidumbre, mediante la información en torno a los recursos naturales que se disponen a administrar (Azqueta *et. al.*, 2007)

El valor de cuasi-opción es un concepto relacionado al valor de opción, que deriva de la posibilidad que, aun cuando algo aparezca hoy sin importancia, la información recibida con posterioridad puede llevarnos a evaluarlo Dixon y Pagiola (1998).

Además de estos tipos de valores, podemos valorar el medio ambiente por razones desinteresadas: querer que esté allí para el beneficio de otras personas durante nuestras vidas (valor altruista), para las generaciones futuras (valor de legado) y por el bien de la naturaleza en sí, independientemente del uso que podamos darle (valor de existencia), los bienes ambientales pueden representar parte de la identidad de un colectivo o un grupo particular la sociedad (valor simbólico), como se mencionó anteriormente estos "componentes" se denominan colectivamente valores de no uso.

El realizar una Evaluación Económica Total, requiere realizar una integración de conocer cada uno de los valores antes mencionados, debido a la magnitud y complejidad de este instrumento de evaluación, no es tarea fácil ni puede realizarse en periodos de tiempo cortos, en la figura 6, se resumen los valores a considerar para realizar una correcta aplicación de este instrumento de evaluación.

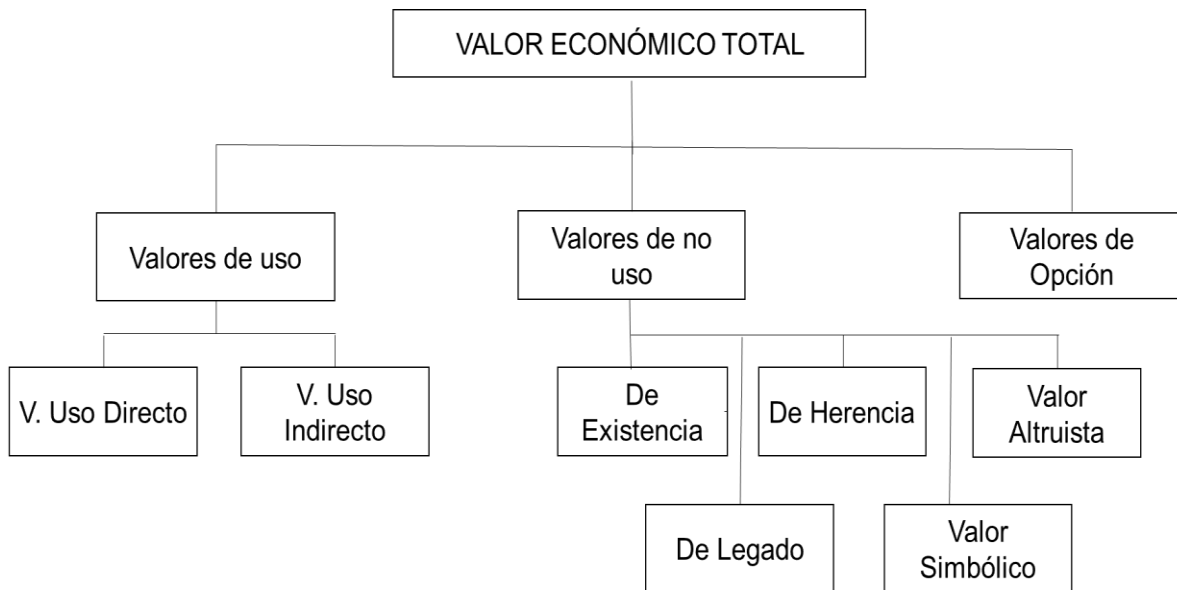


Figura 6. Valores a considerar dentro de una Evaluación Económica Total. Tomada y modificada de Azqueta *et al*, 2007.

- Costo evitado (CE)

Con este método podemos observar lo que las personas compran y cuánto gastan cuando sienten la necesidad de compensar los beneficios decrecientes del entorno natural. Por ejemplo, si la gente compra filtros y agua embotellada.

Las compras pueden realizarse por múltiples razones: algunas personas simplemente prefieren el sabor del agua filtrada / embotellada, mientras que otras creen que el agua del grifo no está lo suficientemente limpia, lo que las personas gastan en dichos productos de mercado es una indicación de cuánto valoran el beneficio natural que ya no tienen (Ozdemiroglu y Hails, 2016).

- Costo de reemplazo (CR)

Este método consiste en calcular los costes necesarios para reponer a su estado original todos aquellos activos ambientales afectados negativamente por un cambio en la calidad o cantidad de los recursos naturales (Azqueta, 2007).

El método de costo de reemplazo es particularmente útil para evaluar el costo asociado con daños en activos tangibles, cuyos costos de reparación y de reemplazo son fácilmente medibles.

Los costos de reposición indican el esfuerzo que es necesario realizar para recuperar el valor íntegro, y las funciones, de un bien ambiental que se había perdido derivado de alguna actividad particular, al perderse el servicio ambiental, la actividad responsable del deterioro generó, entonces, una pérdida de valor de carácter económico que se puede medir analizando los costos de las inversiones monetarias necesarias para neutralizar la pérdida del servicio ambiental.

Esta información puede ser utilizada para decidir si es más eficiente permitir que ocurra el daño y pagar los costos de reemplazo o invertir al inicio en prevención de la contaminación.

Por ejemplo, utilizando este método de evaluación puede realizarse la estimación del costo de la contaminación de fuentes de agua potable.

Dixon y Pagiola (1998), mencionan que el enfoque de costo de reemplazo es a menudo usado como una estimación del costo de la contaminación, este enfoque se concentra en el costo del daño potencial medido a través de estimaciones ex ante contables o ingenieriles de los costos de reemplazo o restauración, si el daño de la contaminación ocurriera.

- Costo de viaje (CV)

Este método de valoración busca deducir valores del comportamiento observado en las personas.

Según Dixon y Pagiola (1998), este método utiliza información de gasto total de los turistas que visitan un sitio para derivar su curva de demanda por los servicios del sitio, esta técnica asume que cambios en los costos totales de viaje son equivalentes a cambios en el valor de la entrada al sitio visitado.

Con este método podemos observar cuánto gasta la gente en viajes (en términos de combustible, alojamiento, comida, tarifas de entrada, tiempo, etc.), por ejemplo, a un hermoso paisaje para recreación. Lo que pagan por viajar es al menos cuánto valoran los beneficios recreativos, de lo contrario no harían el viaje. Los datos recopilados sobre el número de visitas y los costos de viaje se pueden analizar para estimar la demanda de los beneficios recreativos de un sitio Ozdemiroglu y Hails (2016).

- Precios hedónicos o Métodos Hedónicos (PH o MH)

La noción fundamental que subyace a todos los métodos hedónicos es simplemente que a las personas les gusta estar tan bien como sea posible, exactamente las suposiciones que se hacen sobre el comportamiento en la construcción de mercados ordinarios, el enfoque hedónico requiere una percepción perfecta de los beneficios ambientales que se proveen en esa zona geografía o sus alrededores, así como un amplio conocimiento de cómo la calidad ambiental varía en el espacio Graves (2010).

Con este método de valoración podemos calcular el precio superior que los compradores están dispuestos a pagar por vivir en un área más limpia, cerca de un parque, con buenas vistas o con un jardín, también se puede usar para estimar cuánto se debe compensar a los compradores de vivienda (a través de precios más bajos) por un desastre como el ruido del aeropuerto (Ozdemiroglu y Hails, 2016).

En general los modelos hedónicos han sido ampliamente usados para examinar la contribución de diferentes atributos al precio de las viviendas y al nivel del salario, incluyendo el aporte de la calidad ambiental (Dixon y Pagiola, 1998).

El método de compensación de la renta, derivada de la valoración hedónica, nos indica el valor de la propiedad en los mercados inmobiliarios, este método orienta en cuánto se venderá o alquilará una casa derivado también de los rasgos que posee la propiedad, por ejemplo: el diseño estructural, la vecindad con amenidades, bienes o servicios públicos y la calidad ambiental. En este último rasgo indica el impacto que un cambio dado en la calidad ambiental tendrá en los valores promedio de las propiedades. Graves (2010).

- Mercados construidos (MC)

De acuerdo con Graves (2010) el método actualmente disponible para la determinación de los valores de preservación y/o existencia es el de Mercados construidos, puesto que es inevitable que haya algunas circunstancias en las que el valor de conservación será grande en relación con el valor de uso que se le puede atribuir a los servicios ambientales, por lo tanto la evaluación de mercado construido, permite considerar, los valores de preservación y/o existencia y evitar que estos sean ignorados en la construcción de la política ambiental independientemente del grado de influencia de estos servicios en el ecosistema.

- Transferencia de benéficos (TB)

Dixon y Pagiola (1998), mencionan que la transferencia de beneficios se refiere al uso de estimaciones obtenidas (por cualquier método) en un determinado contexto, que permiten estimar valores en un contexto diferente, la transferencia de benéficos provee una forma de bajo costo para estimar valores, cuando el tiempo o los recursos no permiten estudios de valoración más completos, o cuando el bien o servicio a ser valorado no ha sido aún creado o identificado.

La transferencia de beneficios puede proveer estimaciones a nivel de orden de magnitud válidas y confiables bajo ciertas condiciones, primero el producto o servicio que está siendo valorado tiene que ser muy similar al del sitio donde la estimación fue hecha previamente y el sitio donde será aplicado, y segundo la población involucrada debe ser muy similar a la original.

- Función de Producción (FP)

Este método se puede utilizar para estimar cuánto contribuye un bien o servicio ambiental dado a la entrega de bienes o servicios de mercado, puede potencialmente valorar todos los bienes y servicios utilizados como insumo para la producción de otros bienes o servicios (Ozdemiroglu y Hails, 2016).

- Valoración contingente (VC)

Este método intenta averiguar el valor que otorgan las personas a un determinado recurso ambiental, preguntando de manera directa al público usuario del servicio ambiental (Azqueta, 2007).

En 1994, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), generó un manual donde se reconoce la utilidad de este método de valoración, ya que es capaz de ser utilizado en múltiples disciplinas, que van desde las áreas administrativas que necesitan evaluar las iniciativas propuestas, hasta las organizaciones preocupadas por el medio ambiente que desean saber el valor social del patrimonio natural, así como los tribunales que deben imponer sanciones económicas a quienes causen daños a bienes colectivos.

La VC es considerada por la CEPAL como el único procedimiento razonable que permite medir la pérdida de utilidad, de los bienes y servicios ambientales, en personas que no van

a disfrutar de forma inmediata de un bien singular, pero que estarían dispuestas a pagar algo por la opción de disfrutarlo en el futuro (valores de no uso).

Gracias a la elasticidad y cantidad de información que proporciona este método de valoración ha sido utilizado en estudios de valoración en áreas naturales protegidas a lo largo de América latina.

Garzón en 2013, realizó una búsqueda literaria sobre estudios realizados en países latinoamericanos, que hayan utilizado esta metodología de valoración en áreas naturales, encontrando una manifestación a pagar por parte de los usuarios que osciló entre el 45 y 76% por el cobro de entrada a dichas áreas naturales, esto para valores de recreación y de servicios ambientales, además de beneficios sociales e implementación de políticas públicas.

Asimismo, se pudo observar un comportamiento económico del consumidor por las respuestas obtenidas para el rango de precios establecidos en las encuestas. Un incremento en el valor de DAP se reflejaba en una disminución de respuestas positivas para el mismo, debido a que la disposición a pagar depende directamente de los ingresos del individuo encuestado (Garzón, 2013)

Se observó, dentro de este análisis, que la valoración contingente también ha sido empleada en estudios para determinar la disposición a pagar de comunidades locales, involucradas directamente con la conservación de servicios ambientales que proveen las áreas protegidas, en países como Venezuela, considerando estos resultados como claves, que permitirán ayudar a la reducción de los efectos negativos de las actividades realizadas por la población aledaña a estas zonas.

Riera (1994), considera que la valoración contingente junto con el modelo del costo del desplazamiento y el modelo de precios hedónicos, son los únicos métodos utilizados para valorar bienes sin un mercado establecido o desarrollado.

Por otro lado, los efectos sobre los no usuarios de los bienes o servicios ambientales, no pueden medirse con los modelos del coste del desplazamiento o de los precios hedónicos, pero sí con el método de la valoración contingente (Riera, 1994).

En el método de valoración contingente, se utilizan cuestionarios que juegan el papel de un mercado hipotético (planteamiento hipotético), donde la oferta viene representada por la persona entrevistadora y la demanda por la entrevistada, estas preguntas se hacen de

manera directa a los consumidores de un bien o servicio ambiental (usuarios directos o indirectos).

El método se basa en hacer preguntas directas sobre la disposición a pagar por tener acceso a un bien o servicio ambiental; o la disposición a ser compensado por su pérdida (DAP/ DAC), este método presenta un "modelado de elección" que exterioriza, a los encuestados, opciones que implican diferentes costos y les pide que elijan a su favorito (Ozdemiroglu y Hails, 2016).

Cuando utilizamos este método de valoración consideramos que la persona entrevistada se encuentra en una situación parecida a la que diariamente se enfrenta en el mercado: comprar o no, una cantidad determinada de un bien o servicio a un precio dado. La diferencia fundamental es que en esta ocasión el mercado es hipotético y no necesariamente tiene que pagar la cantidad que revela (Riera, 1994).

La aplicación de encuestas, entrevistas o cuestionarios, en los que el entrevistador construye un mercado simulado, para servicio ambiental, objeto de estudio, tiene como objetivo averiguar el precio que pagaría el entrevistado por tener o conservar el acceso al mismo (Azqueta, 2007).

Estas encuestas pueden usarse para establecer el valor de los diferentes bienes y servicios ambientales; este método es considerado el único método de valoración económica que puede estimar los valores de no uso (Ozdemiroglu y Hails, 2016).

Con este método es indispensable incluir una detallada descripción de los bienes involucrados, junto con detalles acerca de cómo los servicios ambientales son provistos, en este método, la valoración real puede ser obtenida de diversas formas, tales como preguntando al encuestado nombrar una figura, teniendo que escoger de entre un número de opciones, o preguntándoles si ellos pagarían una cantidad específica (Dixon y Pagiola, 1998).

Según Azqueta (2007), el diseño de las encuestas suele estructurarse en tres bloques: el primero contiene la información más relevante sobre el objeto de estudio; el segundo indaga sobre algunas de las características socioeconómicas más relevantes del público usuario del bien o servicio ambiental; y el tercero se dirige a averiguar la disposición a pagar, o en su caso, la compensación exigida, por parte del usuario.

Por lo tanto, la formulación de las preguntas a realizar durante la encuesta o cuestionario, deben estar orientadas a evidenciar la disposición a pagar por parte del usuario para mantener, mejorar la calidad o cualquier otra modificación positiva que se proponga, o sobre la compensación exigida para renunciar a ello. Para ello es necesario introducir un medio de pago que sea reconocido fácilmente y que se considere aceptable

Las preguntas pueden realizarse de tres maneras distintas: la primera es en un formato abierto, donde solo se busca responder a la pregunta ¿Cuánto pagaría por...? o ¿Cuánto vale para usted...?; el segundo formato es el de subasta en este formato el entrevistador adelanta una cifra, y pregunta al entrevistado si estaría dispuesto a pagar esa cifra o no, la cifra puede incrementarse o disminuir de acuerdo con las preferencias expresadas por el consumidor; el tercer formato es el binario o dicotómico este formato consiste en plantear la pregunta sobre la disposición a pagar por un cambio no de forma abierta, si no binaria por ejemplo: ¿Pagaría usted tanto por...? ¿sí o no?

Azqueta (2007) hace mención sobre la importancia de la consideración de las llamadas respuestas-protesta, en este caso cuando a la persona se le realiza la pregunta: ¿Cuánto estaría usted dispuesto a pagar por...? Esta puede responder: “nada” o simplemente se niega a responder, estas respuestas pueden dejarse abiertas a la interpretación del encuestador y hacer pensar que la valoración del bien, por parte del usuario, es nula o no tiene valor, lo que llevaría a generar datos falsos durante el análisis.

De acuerdo con Born, et. al. (2005) el método de valoración contingente (MVC) es el único método empleado para evaluar los valores relevantes de los aspectos de conservación de la naturaleza, según Dixon y Pagiola (1998) la valoración contingente puede proveer una estimación que incluya la totalidad de los costos y beneficios percibidos de los cambios en el ambiente.

Graves (2010), menciona que el 15 de enero de 1993 un panel especializado de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), agencia científica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos, concluyó en un informe que los estudios de evaluación, en particular, las aplicaciones del método de valoración contingente, pueden producir estimaciones lo suficientemente confiables y servir como el punto de partida de un proceso de evaluación de los bienes y servicios ambientales, donde incluso se incluyen la pérdida por el uso pasivo de estos.

Si bien, el método de valoración contingente es uno de los más utilizados por las bondades descritas anteriormente, es importante tener a consideración una serie de problemas que pueden presentarse al momento de desarrollar y aplicar el instrumento; estos problemas derivan básicamente de las posibles respuestas ofrecidas durante la entrevista, puesto que pueden no reflejar la verdadera valoración conferida al servicio ambiental objeto del estudio, es decir las respuestas pueden estar sesgadas.

De acuerdo con Azqueta (2007), los principales sesgos en las respuestas pueden tener su origen en diferentes formas:

- El sesgo puede ser originado en el punto de partida.

Este aparece cuando la cantidad primeramente sugerida, en el formato de subasta, condiciona la respuesta final, puesto que el entrevistado ofrece una respuesta cercana a ella, ya que tiende a pensar que si se la sugiere alguien que tiene más información al respecto (entrevistador), su respuesta debe ser razonablemente cercana a la propuesta previamente.

- El sesgo del medio, o vehículo de pago.

Parece, en efecto, que las personas no son indiferentes entre los distintos medios de pago, y que el ofrecido en el cuestionario puede condicionar su valoración. Es decir, la disposición a pagar se ve condicionada por la actividad a realizar con el servicio ambiental, los usuarios expresan cantidades distintas si se plantea cobrar por acceder al servicio, por dar un mantenimiento al mismo o si se requiere destinar a su conservación.

- El sesgo del entrevistador, o sesgo de complacencia.

Cuando el ejercicio se lleva a cabo de manera directa, se ha observado que el entrevistado, tiende a exagerar la disposición a pagar por mejorar la calidad ambiental, por temor a parecer ignorante del tema, ser inconsciente o poco solidario, o meramente por simpatía con el entrevistador.

- El sesgo del orden.

Este aparece cuando se valoran simultáneamente varios bienes, la disposición a pagar por un determinado bien, es mayor cuando este aparece en los primeros lugares de la secuencia y es menor si aparece en los últimos.

- El sesgo de la información.

Partimos de la base de que la persona está informada sobre el cambio propuesto, sus características y que lo que presenta para ella.

- El sesgo de la hipótesis.

Dado el carácter meramente hipotético de la situación que se le plantea a la persona, esta no tiene ningún incentivo para ofrecer una respuesta correcta, porque, al fin y al cabo, todo se mueve en un terreno hipotético, por lo cual la respuesta dada no tendría consecuencias negativas aparentes.

- El sesgo estratégico.

Aparece cuando la persona cree que, con su respuesta, puede influir en la decisión final que se tome sobre la propuesta sometida a su consideración, de manera que este obtenga un beneficio.

De acuerdo a la naturaleza del valor que queremos evaluar, en un bien o servicio ambiental, podemos echar mano de cualquiera de las técnicas o métodos de valoración, descritas anteriormente; a su vez estas, pueden no dar los mejores resultados si no se seleccionan o plantean de manera adecuada, con respecto al bien o servicio ambiental objeto del estudio. En la figura dos, proponemos el método que puede resultar más adecuado de utilizar, con base en el tipo de valor que queremos evaluar.

Como podemos observar en la figura 7, el método de valoración contingente (en gris), es el método, que, por su conceptualización y versatilidad, resulta ser el más adecuado para evaluar los diferentes tipos de valor de la naturaleza (de uso, de opción y de no uso).



Figura 7. Tipos de valor y métodos propuestos, que resultan más adecuados, para su valoración. Tomada y modificada de Dixon y Pagiola, 1998.

Para este trabajo consideramos que el método de valoración contingente resulta ser el adecuado, puesto que nos permite conocer como interactúan los usuarios de la zona de estudio con el bosque que provee el servicio ambiental; mediante el uso de escenarios hipotéticos, podemos conocer que tan relacionados están los usuarios con la problemática ambiental actual y cómo ésta afecta a las zonas forestales, y al bosque que los rodea, la VC, nos permite identificar el valor que otorgan los usuarios, desde un abordaje ambiental, económico y social al bosque, otra razón importante para emplear la VC es que este instrumento de valoración ha sido usado por en distintos trabajos realizados en áreas naturales protegidas, con la finalidad de identificar la disposición a pagar por parte de los usuarios para conservar la provisión de diversos servicios ambientales, arrojando resultados significativos, que han sido empleados en la toma de decisiones sobre el uso y manejo de los recursos naturales.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.

1. Área natural protegida - Parque estatal: “Cerro el Faro” y “Cerro de los Monos”

En el año de 1992, el área del “Cerro El Faro” y el “Cerro de los Monos” fue donada por la fábrica “Papeles de Calidad San Rafael, S.A. de C.V.” al Gobierno del Estado de México con fines de conservación ecológica; sin embargo, el terreno estuvo abandonado por largo tiempo y debido a esto fue objeto de asentamientos irregulares, tala clandestina, ocoteo, incendios forestales y utilización como tiradero de basura (Moctezuma y González, 2007).

El 19 de noviembre de 1998, en el contexto de la firma del Convenio General para el Desarrollo Sustentable de la Sierra Nevada entre la Universidad Autónoma Metropolitana, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, la Secretaría de Desarrollo Social y el Gobierno del Estado de México, se firmó el primer Convenio Específico para ceder en Uso y Administración los predios “Cerro El Faro” y “Cerro de los Monos” a la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).

El 8 de agosto de 2003 el Lic. Arturo Montiel Rojas, Gobernador Constitucional del Estado de México, expidió en la Gaceta del Gobierno la declaratoria por medio de la cual el “Cerro El Faro” y el “Cerro de los Monos” se establecen como Área Natural Protegida con categoría de Parque Estatal (Moctezuma y González, 2007).

El código vigente para la biodiversidad del Estado de México (2006), define a las Áreas Naturales Protegidas como: *las zonas del territorio del Estado de México respecto de las cuales ejerza su jurisdicción y en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad humana y que requieran ser restaurados o preservados para salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres, lograr el aprovechamiento racional de los elementos y recursos naturales mejorando la calidad del ambiente en los centros de población y sus alrededores, quedando sujetas a cualquiera de los regímenes de protección previstos...*

De igual forma dicho código, en el artículo 2.96., menciona que los parques estatales se *constituirán, tratándose de representaciones biogeográficas a nivel estatal de uno o más ecosistemas que tengan importancia por su belleza escénica, su valor científico, educativo,*

de recreo, su valor histórico y por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo sostenible o bien por otras razones análogas de interés general.

Además, señala que en los parques estatales sólo podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con la protección de sus elementos naturales, el incremento de su flora y fauna, y en general con la preservación de los ecosistemas y de sus elementos, así como actividades de investigación, recreación, turismo, cultura y educación ambiental, previa autorización de la autoridad competente.

En el caso particular de la zona de estudio, en la gaceta de gobierno (2003) donde se emite la declaratoria para el establecimiento de la ANP con categoría de Parque estatal, se establece en su artículo séptimo, la regulación sobre el uso y aprovechamiento de los recursos naturales. De la siguiente forma:

- I) Queda prohibida cualquier obra o actividad que contravenga el destino y aprovechamiento de los elementos naturales dentro del área natural protegida y los criterios que se determinan para el programa de manejo respectivo;*
- II) Queda prohibido el aprovechamiento de los mantos acuíferos, de la flora y fauna silvestre y la tala de árboles, excepto las de carácter fitosanitario;*
- III) Queda prohibida la caza de fauna silvestre, a excepción de aquella que sea nociva para la conservación del ecosistema;*
- IV) Queda prohibida la introducción de especies animales y vegetales en no compatibles con las condiciones ecológicas del área natural protegida;*
- V) Queda prohibida la apertura de minas y la explotación de yacimientos pétreos y cualquier otra actividad de extracción del subsuelo o superficie cielo abierto; y*
- VI) Quedan prohibidos los asentamientos humanos.*
- VII) Cualquier programa de recuperación, restauración y manejo que se pretenda aplicar sobre la reserva estatal deberá estar aprobado por la Secretaría de Ecología*

Así mismo en el artículo octavo se establecen los lineamientos mediante los cuales se realizará la elaboración del plan de manejo, en los que incluyen, entre otros, los siguientes criterios: *la descripción general de las características físicas, biológicas, sociales, culturales e históricas del área natural protegida, así como el análisis de la situación que guarda la tenencia de la tierra en la superficie respectiva.*

El Parque Estatal “Cerro El Faro” y “Cerro de los Monos”, se encuentra ubicado en el municipio de Tlalmanalco, Edo. de México, forma parte de la Reserva Ecológica de la Sierra Nevada, la cual se compone de distintos corredores biológicos, productos del encuentro de dos reinos biogeográficos (el neártico y el neotropical) causa principal de la enorme riqueza biológica en nuestro país. Sin embargo, a pesar de contar con la protección legal para la conservación de estos corredores, se ha observado en los últimos años un crecimiento acelerado de los asentamientos humanos que se encuentran a su alrededor lo que pone en

peligro la conservación y manejo adecuado del este parque estatal (Moctezuma y González, 2007).

La Sierra Nevada cobra importancia particular por sus 30 mil hectáreas forestales, que forman parte del sistema metropolitano del Valle de México, en donde ya se han encaminado una gran variedad de proyectos innovadores para el manejo forestal sustentable. Asimismo, se ha considerado una zona de captura de carbono y generación de oxígeno al capturar 1'137,009 toneladas de carbono al año. Y producir oxígeno para 10 millones de habitantes del Valle de México (Ezcurra *et. al.* 2001).

1.1. Localización

De acuerdo con el Programa de Conservación y Manejo (2007), el Área Natural Protegida con categoría de Parque Estatal, el “Cerro El Faro” se encuentra ubicado en la localidad de San Rafael, municipio de Tlalmanalco, Edo. De México, aproximadamente a 5 kilómetros de la cabecera municipal, en las coordenadas: 19°12'32” de latitud N y 98°45'28” de longitud W.

Colinda al Norte con el Ejido de Tlalmanalco, al Este y al Sur con la población de San Rafael y al Oeste con el Ejido de San Juan Atzacualoya, cuenta además con una extensión de 40.5 hectáreas (figura 8).

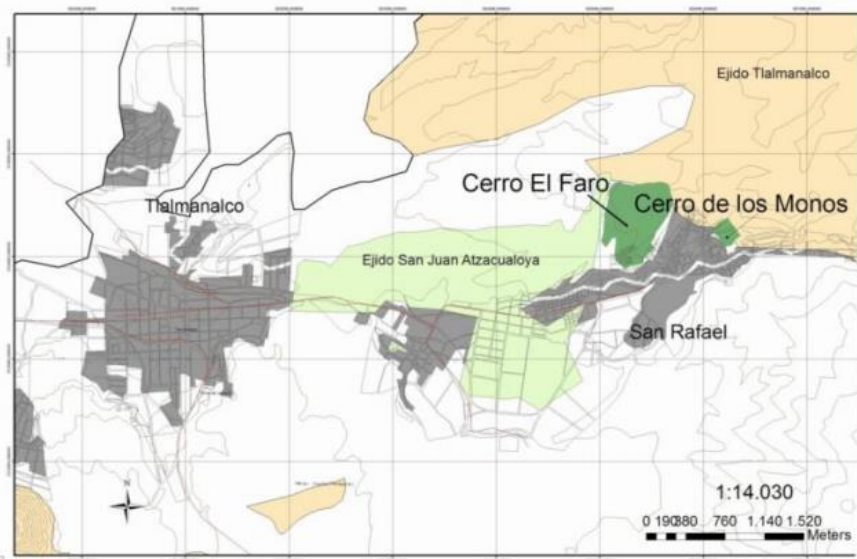


Figura 8. Localización de la zona de estudio. Tomada del Centro para la Sustentabilidad Incalli Ixcahuicopa – UAM. 2020.

1.2. Clima

De acuerdo con García (2004), el clima presente en el “Cerro El Faro” es del tipo templado húmedo, con régimen de lluvias dominantes durante el verano. La simbología correspondiente a este tipo de clima es Cb' (w2) (w) k' i g, que, de acuerdo con el mismo autor, significa que, en la zona, la precipitación invernal equivale a una cantidad menor al 5% respecto del total de precipitación anual, el verano es fresco y largo, la variación u oscilación de temperatura entre el mes más frío y el mes más caliente del año es menor a 5°C y que la mayor temperatura en el año se presenta antes del solsticio de verano.

Por la oscilación térmica, el clima es considerado isotermal y presenta una marcha anual de la temperatura tipo Ganges, es decir, el mes más caliente es antes del Solsticio de Verano y por lo tanto se considera Intertropical (Noyola y Méndez, 2005).

Entre los meses de noviembre y febrero se presentan numerosas heladas. La temperatura media anual es de 13.2°C; el mes más frío es enero con temperatura de 10.9°C y el más cálido es abril con 15.4°C. La precipitación anual es de 1,092 mm, concentrándose el 90% durante los meses de abril a octubre y donde febrero es el mes más seco con 8.6 mm y julio el más lluvioso con 228.8 mm (Chávez y Trigo, 1996). Los vientos dominantes son de norte a sur en el invierno y durante los meses de agosto y septiembre, los cuales varían de oeste a este de marzo a julio, así como también en octubre y noviembre (Noyola y Méndez, 2005).

1.3. Fisiografía

El “Cerro El Faro” se encuentra en la Sierra Nevada, parte del eje Neovolcánico Transversal, en la Cuenca del Valle de México, formada por sierras volcánicas que se levantaron una tras otra en círculo, y que la Sierra Chichinautzin cerró hace 600,000 años, de tal manera que esta cuenca no tiene salida natural al mar (Moctezuma y González, 2007).

La geomorfología del “Cerro El Faro” tiene el mismo origen que la geomorfología del Volcán Iztaccíhuatl, resultado de diferentes y complejos procesos de erosión, ocasionados principalmente por erupciones volcánicas, deshielo de glaciares y los provocados por corrientes fluviales, El “Cerro El Faro” cuenta con altitudes que van desde los 2,520 metros sobre el nivel del mar (msnm) hasta los 2,680 msnm (Noyola y Méndez, 2005).

El “Cerro El Faro” es un conjunto de colinas que pertenece a las faldas del Volcán Iztaccíhuatl, uniéndose con éste en su porción Norte. Se destaca en él un par de cárcavas originadas por corrientes intermitentes que actualmente concentran parte de los escurrimientos que alimentan el Río Tlalmanalco, una de las cuales inicia en el área del Parque y la otra inicia en terrenos del Ejido Tlalmanalco, indicando el límite del Parque Estatal con aquél y con el Ejido de San Juan Atzacualoya. Así también, la porción este del ANP, justo en la colindancia con la localidad de San Rafael, se caracteriza por ser una pendiente abrupta con afloraciones rocosas en algunos puntos (Moctezuma y González, 2007).

1.4. Hidrología

El área del Parque Estatal pertenece a la región hidrológica Cuenca del Panuco. De manera específica, pertenece a la microcuenca del Río Tlalmanalco, que forma parte de la Sierra Nevada la cual se ubica al oriente de la Cuenca Endorréica del Valle de México. El Parque Estatal no cuenta con corrientes superficiales ni cuerpos de agua permanentes, solo con dos corrientes intermitentes que se integran al Río Tlalmanalco, las cuales se encuentran contaminadas por residuos sólidos urbanos que depositan los habitantes de las colonias vecinas (Moctezuma y González, 2007).

1.5. Geología

La geología del ANP es producto del fenómeno eruptivo del Iztaccíhuatl; este volcán estuvo activo hasta el Pleistoceno Superior, por lo que se le atribuye una edad cuaternaria. Las rocas que lo caracterizan se pueden dividir en tres series; una de éstas es la serie volcánica Xochitepec, que son las rocas más antiguas, correspondientes al Terciario Medio y constituidas por traquiandesitas de hornblenda de color muy claro, con afloramientos en el “Púlpito del Diablo” y las cañadas del “Negro” y “San Rafael”; por tanto, son las que se encuentran en el Área Natural Protegida. Este tipo de rocas volcánicas son de tipo arenoso y sumamente permeable, de ahí su capacidad de infiltración de aguas de lluvia y deshielos que posteriormente se incorporan a corrientes subterráneas que nutren las grietas, poros y otros espacios entre las rocas, almacenando enormes cantidades de agua en el acuífero. Actualmente, el Área Natural Protegida queda insertada en la Zona Dos de Riesgo

Volcánico, ante posibles erupciones del Volcán Popocatepetl (Moctezuma y González, 2007).

1.6. Suelos

El tipo de suelo predominante en el “Cerro El Faro” es el Andosol Ócrico, caracterizado por ser producto de cenizas volcánicas, pobre en materia orgánica, con retención de fósforo y muy susceptible a la erosión (Burns, 2000).

En el Parque Estatal se encuentra una capa superficial u horizonte O, rico en materia orgánica compuesta principalmente por los restos de la vegetación local. El horizonte A, medianamente rico en materia orgánica, generalmente es de color oscuro, y se percibe que es de textura franco-arenosa (Moctezuma y González, 2007).

1.7. Vegetación

El bosque mixto es característico de la parte alta de la Sierra Nevada, teniendo su óptimo crecimiento entre los 2,300 y los 2,800 msnm. La vegetación típica de este ecosistema la conforman principalmente las coníferas y encinos. (Moctezuma y González, 2007).

En el “Cerro El Faro” el tipo de vegetación presente es un bosque mixto de *Pinus* y *Quercus*, perturbado debido a asentamientos humanos y tala clandestina. La vegetación se distribuye de la siguiente manera: el estrato arbóreo superior está formado por *Pinus montezumae*, *P. ayacahuite*, *P. leiophylla* y *Cupressus lusitanica*. Dentro de las especies que se encuentran dentro del ANP, *Cupressus lusitanica* tiene la categoría Pr (sujeta a protección especial) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010

El estrato arbóreo inferior está formado por *Abies religiosa*, *Alnus jorullensis*, *Arbutus xalapensis*, *Buddleia cordata*, *Crataegus mexicana*, *Eucalyptus camaldulensis*, *E.globulus*, *Garrya laurifolia*, *Prunus serotina*, *Quercus rugosa*, *Q. crassipes*, *Q. laurina*, *Q. aff dysophylla* y *Salix paradoxa*.

El estrato arbustivo está formado por plantas de los géneros *Berberis*, *Ceanothus*, *Lippia*, *Monnina*, *Stevia*, *Senecio*, *Valeriana* y *Verbesina*.

El estrato herbáceo se compone de plantas de las familias Amaryllidaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Geraniaceae, Lamiaceae, Onagraceae, Oxalidaceae, Piperaceae, Poaceae, Polypodiaceae, Ranunculaceae, Resedaceae, Rosaceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Scrophulariaceae, Smilacaceae y Solanaceae.

En las partes más húmedas se encuentra un estrato rasante formado por musgos y hepáticas de las clases Marchantiopsida y Bryopsida (Moctezuma y González, 2007).

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. Aunque los criterios del sistema de clasificación taxonómica definidos para las especies pertenecientes al género *Quercus* se encuentran todavía lejos de ser satisfactorios, en forma conservadora cabe reconocer para México más de 150 especies, si se toma en cuenta que de este número más de la mitad son árboles dominantes o codominantes en los bosques. 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 (Moctezuma y González, 2007).

1.8. Fauna

Moctezuma y González (2007) consideran dentro del programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal “Cerro El Faro” y “Cerro de los Monos” (2007), que la fauna que se encuentra dentro del ANP presenta un alto porcentaje de endemismos atribuidos al origen geológico de la región, y a sus características fisiográficas que en conjunto han actuado como aislantes, dentro de mismo plan se reportan lo siguientes datos.

- **Mastofauna**

Dentro de la fauna, los mejor representados son los animales del orden Rodentia como ardillas de la familia Sciuridae (*Sciurus* sp.), tuzas de la familia Geomyidae (*Pappogeomys merriami*), ratones de la familia Cricetidae (*Reithrodontomys* sp., *Neotomodon* sp. y *Peromyscus* sp.), el orden Lagomorpha como conejos de la familia Leporidae (*Sylvilagus floridanus*). También se encuentran individuos del orden Edentata, como armadillos de la

familia Dasypodidae (*Dasypus novencinctus*) y del orden Quiroptera como el murciélago (*Corynorhinus mexicanus*) (Ceballos, 1984).

- **Aves**

En cuanto a la ornitofauna, las zonas altas y montañosas favorecen el establecimiento de comunidades vegetales variadas, generando ambientes y microambientes de gran importancia para la supervivencia de innumerables especies de aves.

Se contabilizaron 45 especies de 20 familias, por observación y captura en redes. Se encontró que la familia más abundante fue Parulidae con un 22% de las especies reportadas. Del total de estas especies, tres están sujetas a protección especial (Pr), las cuales son: *Melanerpes formicivorus*, *Xenotricus mexicanus* y *Vermivora crissalis*; y una se encuentra amenazada (A): (*Oporornis tolmiei*) NOM-059-SEMARNAT-2010

- **Anfibios y reptiles**

Mediante observación se han identificado individuos de los géneros *Bufo*, *Conopsis*, *Tamnophis* y *Sceloporus*.

CAPÍTULO IV

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Conociendo la captura potencial de carbono, es posible conocer el valor económico de este servicio ambiental en el bosque templado de sierra nevada e incidir en la generación de políticas públicas para su uso y manejo?

OBJETIVO GENERAL.

Realizar la evaluación de la captura de carbono como servicio ambiental, en el bosque templado de sierra nevada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización de la zona.
- Identificar la cantidad potencial de carbono capturado en el bosque templado de sierra nevada localizado dentro del parque estatal “El faro”.
- Realizar una valoración económica para el servicio ambiental: captura de carbono.

CAPÍTULO V

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se hará una breve descripción de la zona estudiada, así como de la metodología utilizada para la valoración del servicio ambiental captura de bióxido de carbono.

1. Área de estudio.

Se eligió la zona conocida como Parque Estatal “El Faro”, en donde:

- I. Se realizó la evaluación biológica del área de estudio con ayuda de bibliografía relacionada con la zona, así mismo se consultaron los planes de manejo implementados para nuestra zona de estudio.
- II. Se realizó una revisión bibliográfica sobre los servicios ambientales que son provistos en los bosques templados.
- III. Se realizó una visita prospectiva a la zona de estudio y posteriormente visitas para muestreo y entrevistas.
- IV. Se identificaron los servicios ambientales que son provistos en la zona a estudiar.

2. Evaluación económica

- I. Se realizó un análisis de los métodos de valoración económica y biológica, para seleccionar el que más se adecuara a la zona de estudio.
- II. Se eligió el método de valoración contingente el cual es considerado por diferentes autores e instituciones internacionales como el único método que puede ser empleado para evaluar los valores relevantes de los aspectos de conservación de la naturaleza.

Este método de valoración puede proveer una estimación que incluya la totalidad de los costos y beneficios, monetarios y no monetarios, percibidos o derivados de los cambios en el ambiente

Es considerado como el único método que nos permite conocer los costos y/o beneficios ambientales, sociales y económicos derivados del uso adecuado de los recursos naturales

Con base en el método seleccionado de valoración Contingente, se diseñó una encuesta con base en los lineamientos propuestos por la CEPAL, que fue aplicada, a los usuarios del servicio ambiental: captura de carbono, la cual aparece en el anexo uno.

- i. El diseño de la encuesta se realizó con base a los lineamientos propuestos por el método de valoración contingente. Se presenta en el anexo.
- ii. La encuesta se diseñó de manera tal que nos permite conocer cinco aspectos fundamentales de los usuarios y su relación con el medio ambiente, la encuesta tiene 5 bloques:
 - a. Un primer bloque con el perfil sociodemográfico.
 - b. Un segundo bloque con el origen y hábitos del visitante.
 - c. Un tercer bloque con aspectos del medio ambiente en general.
 - d. Un cuarto bloque con aspectos del medio ambiente enfocado a servicios ambientales.
 - e. Un quinto bloque con aspectos de economía ambiental
- iii. La aplicación de encuestas se realizó al público en general, que se encontraba visitando el “Cerro el Faro” así como a la gente que reside o visitó la localidad de San Rafael, en el momento de la aplicación de esta.
- iv. Se realizó el análisis de los datos recabados mediante la aplicación de la encuesta.
- v. Con los mismos datos obtenidos en la encuesta se realizó otro análisis para averiguar la disposición que tienen los usuarios a pagar o a ser compensados por el acceso al servicio ambiental y la conservación de los recursos naturales.

La estimación de la Disposición a Pagar (DAP) mediante Valuación Contingente requiere que sea asociada la respuesta dada por el respondiente a la pregunta de elección dicotómica con la función de utilidad del individuo, asumiendo que la respuesta dada provee al sujeto la máxima utilidad posible. En base al desarrollo de Hanemann (1984), se supone que los individuos conocen con certeza su función de utilidad, aunque algunos componentes de dicha función no son directamente observables para el investigador -por ejemplo, características y/o atributos individuales, opiniones no brindadas en el relevamiento; etc.-. Por tal motivo, la función de utilidad **U** puede ser dividida en dos partes: **V** -que puede ser observada directamente- y ε -un componente estocástico que no puede ser observado en forma directa-. Por lo tanto, es posible expresar a **U** como:

[1]

$$U = V(p_i, Y; \pi; Z) + \varepsilon_i$$

Donde:

U: Función de utilidad indirecta
V: Función de utilidad directamente observable
p_i: Precio
Y: Ingreso
π: Variables actitudinales -vinculadas a percepciones de riesgos y factores de confianza, hábitos de búsqueda de información; etc.-
Z: Variables sociodemográficas
ε_i: Término de error

Siendo en este trabajo:
i = 0 en el caso de un NO
i = 1 en el caso de un SI

La pregunta de elección dicotómica que se formula al encuestado es “¿estaría dispuesto a pagar por el servicio ambiental?”, teniendo un porcentaje que es la diferencia de precios relativa, entre el precio observado -medido en términos de \$ por Tonelada para el carbono, medida en términos porcentuales. La probabilidad de que el individuo conteste afirmativamente dicha pregunta puede ser expresada como:

$$\begin{aligned} Pr [s_i] &= Pr [U_1 > U_0] = Pr [V_1(p_1, Y; \pi; Z) + \varepsilon_1 > V_0(p_0, Y; \pi; Z) + \varepsilon_0] \\ Pr [s_i] &= Pr [V_1(p_1, Y; \pi; Z) - V_0(p_0, Y; \pi; Z) + \varepsilon_0 - \varepsilon_1] \\ Pr [s_i] &= 1 - F_\eta(-\delta V) \end{aligned}$$

Siendo:
 $\eta = \varepsilon_0 - \varepsilon_1$

F: Función de distribución acumulativa
 $-\delta V = V_1 - V_0$

Dado que el investigador desconoce la verdadera DAP de cada individuo, los valores esperados de esta variable aleatoria pueden ser expresados en forma continua a través de la siguiente expresión (Hanemann, 1984):

[2]

$$E(DAP) = \int_{-\infty}^{\infty} p f(p) dp = \int_0^{\infty} [1-F(p)] dp - \int_{-\infty}^0 F(p) dp$$

Donde $F(p)$ es la función de densidad acumulativa que representa la probabilidad de una respuesta negativa a la pregunta dicotómica (es decir, “no está dispuesto a pagar el precio”) y $f(p)$ es la función de densidad probabilística.

Como en este caso $F(p)$ es una función logística, los estimadores de parámetros necesarios para calcularla pueden ser expresados como:

[3]

$$F(b) = \text{Prob}(DAP \leq p) = \{1 + \exp[-(\alpha + \beta(p))]\}^{-1}$$

Donde $\alpha + \beta(p)$ es la ecuación de diferencia de utilidad del individuo (Hanemann, 1984). Los estimadores se obtienen, en este caso, aplicando un Modelo de Regresión Logística.

Dado que la DAP es una variable aleatoria no negativa -ya que el análisis se efectúa respecto de un producto que presenta utilidad positiva puesto que su consumo genera beneficios para el consumidor- la ecuación [2] se reduce a la siguiente función logística:

[4]

$$E(DAP) = \int_0^{\infty} [1-F(p)] dp$$

Por medio de la cual se estima el valor promedio de la disposición a pagar por el producto en cuestión. Si se asume que la función indirecta de utilidad del consumidor presenta una forma funcional lineal como la que sigue:

[5]

$$\delta V = \alpha + \beta_1(p) + \beta_2 Y + \beta_3 \pi + \beta_4 Z$$

Donde los parámetros se corresponden con las definiciones dadas en [1] y considerando una función de distribución logística para la pregunta de elección dicotómica, se estima un Modelo de Regresión

Logística Múltiple Binomial, donde la variable dependiente es la DAP del encuestado *i* para el servicio *j*:

[6]

$$DAP_{ij} = \alpha + \beta_1(p) + \beta_2 Y_j + \beta_3 \pi_j + F(Z_j)$$

Donde:

DAP_{ij}: Disposición de pago del encuestado *i* por el servicio *j*

α, β₁, β₂ y β₃: Coeficientes a ser estimados -la variable *p* representa el sobreprecio a pagar por un el servicio

La ecuación [6] se estima por el método de Máxima Verosimilitud. La DAP es calculada como lo propuso Hanemann (1984) y ha sido aplicada en varios estudios (Afroz *et. al.*, 2005; Donovan y Nicholls, 2003; Loureiro y Umberger, 2003). Para el caso particular de este Estudio se expresa de la siguiente forma:

[7]

Donde:

$$DAP_{ij} = H + \frac{1}{\beta_1} \ln \left[\frac{1 + \exp[-(d + \beta_1 H)]}{1 + \exp(-d)} \right]$$

β₁: Coeficiente estimado de la variable que mide el sobreprecio existente, para el servicio *j*, entre las posibilidades indicadas.

H: Máximo sobreprecio relevado en el mercado, para el servicio ambiental *j*, entre las posibilidades indicadas.

-d = α + β₂Y_j + β₃π_j + F(Z_j) tal como se observa en la ecuación [6]

Variables utilizadas en la estimación del modelo

La selección de las variables a incluir en el modelo se realizó en base a estudios previos realizados sobre estimación de la disposición de pago para servicios ambientales, dichas variables seleccionadas se describen a continuación tablas (6 - 9)

Tabla 6. Disposición a pagar un precio por el servicio ambiental

Variable Explicada	Descripción	Valores
DAP	Estaría dispuesto a pagar X precio por el servicio ambiental.	1 = si 0 = caso contrario
ConsRN1	Estaría dispuesto a pagar por conservar el bosque (p.31)	1 = Si 0 = Caso contrario
Variables Explicativas	Descripción	Valores
O_visita	Son visitantes del área natural protegida (p. 7)	1 = Si 0 = Caso contrario
Activ1	Realiza actividades recreativas dentro del bosque (p. 13, inciso uno)	1 = Si 0 = Caso contrario
Activ2	La actividad que realiza se relaciona con la conservación de servicios ambientales (p. 14, inciso uno)	1 = Si 0 = Caso contrario
ConsRN	Considera importante la conservación de los recursos naturales (p. 18)	1 = Si 0 = Caso contrario
SrvcsAmb	El entrevistado sabe qué es un servicio ambiental (p. 20)	1 = Si 0 = Caso contrario
SrvAmbCC	Conoce la relación del bosque con la regulación climática (p.24)	1 = Si 0 = Caso contrario

Tabla 7. Disposición a conservar el bosque y recibir una compensación

Variable Explicada	Descripción	Valores
DAC	Estaría dispuesto a recibir X cantidad de dinero como compensación por contribuir a la conservación del bosque.	1 = si 0 = caso contrario
CmpnscnMon	Estaría dispuesto a recibir una compensación de tipo económica por conservar el bosque (p. 34, inciso 4)	1 = Si 0 = Caso contrario
Variables Explicativas	Descripción	Valores
O_reside	Reside cerca del área natural protegida (p.7)	1 = Si 0 = Caso contrario
Activ1	Realiza actividades recreativas dentro del bosque (p. 13, inciso uno)	1 = Si 0 = Caso contrario
SrvcsAmb	El entrevistado sabe qué es un servicio ambiental (p. 20)	1 = Si 0 = Caso contrario
SrvAmbCC	Conoce la relación del bosque con la regulación climática (p.24)	1 = Si 0 = Caso contrario
ConsRN1	Estaría dispuesto a recibir una compensación por conservar el bosque (p.33)	1 = Si 0 = Caso contrario

Tabla 8. Disposición a conservar el bosque con base en proteger el servicio ambiental

Variable Explicada	Descripción	Valores
Cnsrvcn	Estaría dispuesto a conservar los recursos naturales que garanticen la provisión del servicio ambiental	1 = Si 0 = caso contrario
ConsRN	Estaría dispuesto a pagar por conservar el bosque (p. 31)	1 = Si 0 = Caso contrario
Variables Explicativas	Descripción	Valores
O_visita	Son visitantes del área natural protegida (p.7)	1 = Si 0 = Caso contrario
O_reside	Reside cerca del área natural protegida (p.7)	1 = Si 0 = Caso contrario
ConoceANP	Conoce el estatus de ANP (p.9)	1 = Si 0 = Caso contrario
Activ1	La actividad que realiza se relaciona con la conservación de servicios ambientales (p. 14, inciso uno)	1 = Si 0 = Caso contrario
Activ2	La actividad que realiza se relaciona con la extracción de recursos provenientes del bosque (p. 14, incisos:4 y 6)	1 = Si 0 = Caso contrario
ConsRN	Considera que este bosque este conservado adecuadamente (p. 16)	1 = Si 0 = Caso contrario
SrvcsAmb	El entrevistado sabe qué es un servicio ambiental (p. 20)	1 = Si 0 = Caso contrario
Aprv	Considera que podemos aprovechar varios recursos forestales (p. 22 inciso 7)	1 = Si 0 = Caso contrario
SrvAmbCC	Conoce la relación del bosque con la regulación climática (p.24)	1 = Si 0 = Caso contrario

Tabla 9. Diferenciación de valor que proporciona el bosque

Variable Explicada	Descripción	Valores
Valor	El área natural protegida tiene un valor diferente del económico para usted	1 = si 0 = caso contrario
Activ1	La actividad que realiza tiene que ver con actividades que no le representan ingresos monetarios (p. 13, incisos 1,2,3 y 5)	1 = Si 0 = Caso contrario
Variables Explicativas	Descripción	Valores
Ocupación	Su ocupación se relaciona con el bosque (p.5 incisos 1 y 6)	1 = Si 0 = Caso contrario
O_reside	Reside cerca del área natural protegida (p.7)	1 = Si 0 = Caso contrario
ConsBsq	Considera importante la conservación del buen estado del bosque (p.30 incisos 3 y 4)	1 = Si 0 = Caso contrario
DAPCnsrv	Estaría dispuesto a pagar por conservar el bosque (p. 32)	1 = Si 0 = Caso contrario

Fuente: elaboración propia en base a la encuesta realizada en la zona, 2020.

3. Captura de carbono.

- I. Con respecto a la captura de carbono del bosque se utilizaron los datos obtenidos por Arcos y Silva (2018), en donde se obtuvo la captura de toneladas de carbono por hectárea.
- II. Para determinar el contenido de carbono, en las especies estudiadas se utilizó la metodología propuesta por diversos autores, calculando el contenido de carbono con la propuesta de Brown (1989).
- III. Los resultados obtenidos a partir de los datos obtenidos por Arcos y Silva (2018) se presentan en la tabla 10:

Tabla 10. Contenido de carbono calculado con los datos de Arcos y Silva (2018) en el área de estudio “Cerro El Faro”.

Rodal	Contenido C (Mg/ha)	Edad promedio	Carbono por año (Mg/ha)
1	5191.7231	31	167.474939
2	2722.3405	44	61.871375
3	4489.6731	54	83.1420944
4	3217.7164	57	56.4511649
5	3.6643	48	0.07633958
6	1543.4726	44	35.0789227
7	3201.5749	44	72.7630659
8	556.8582	57	9.76944211
9	584.907	27	21.6632222
10	4868.9011	55	88.5254745
11	3635.5674	52	69.9147577
12	7.1954	47	0.15309362
13	546.1205	42	13.002869
14	552.5105	22	25.1141136
15	147.8235	49	3.01680612
16	1111.3157	34	32.6857559

VI. Volumen de madera producido.

- I. Con base en los datos dasométricos obtenidos en la zona de estudio, por Arcos y Silva (2018), se calculó el volumen (m^3) de la madera producida en cada rodal que conforma la zona de estudio.

- II. Para ello se utilizaron los siguientes datos dasométricos: Diámetro (m), altura (m), Se consideró el valor de π (3.1416) y un factor de 0.75, conforme a la siguiente ecuación.

$$V= 3.1416 \times (\text{diámetro a la altura del pecho})^2 \times \text{Altura} \times 0.75 / 4$$

CAPITULO VI

RESULTADOS

1. Zona de estudio

Para realizar el presente trabajo consideró el área natural protegida con categoría de parque estatal: “Cerro el Faro” y “Cerro de los Monos” puesto que esta área forma parte de la Reserva Ecológica de la Sierra Nevada, la cual tiene gran relevancia por la diversidad biológica y cultural que alberga. Asimismo, se ha considerado una zona con gran capacidad de captura de carbono y generación de oxígeno que beneficia a cerca de 10 millones de habitantes del Valle de México.

Para la realización del presente estudio se decidió utilizar el método de valoración contingente, debido a que este método es considerado por diferentes autores e instituciones internacionales como el principal método de valoración que puede ser empleado para evaluar y conocer los valores relevantes de los aspectos de conservación de la naturaleza.

Por otro lado, este método de valoración provee una estimación que incluye la totalidad de los costos y beneficios, monetarios y no monetarios, percibidos o derivados de los cambios en el ambiente.

Se diseñó una encuesta que es el instrumento utilizado por este método de valoración, considerando los lineamientos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL.

Las encuestas fueron aplicadas desde el mes de junio al mes de septiembre del año 2019, se aplicaron de manera aleatoria entre el público usuario de la zona de estudio. Se aplicaron un total de 150 encuestas de las cuales resultaron ser de utilidad solo 77.

A partir de la información obtenida de la encuesta, se realizó una serie de gráficos que permiten visualizar información socio-demográfico-ambiental relativa a la zona de estudio, así mismo nos permiten conocer la relación que tienen los usuarios con el bosque localizado dentro del área de estudio esta información se presenta en el anexo dos, del presente documento.

2. Evaluación captura de carbono

La valoración de la captura de carbono se realizó desde dos perspectivas, desde el punto de vista de la valoración contingente y desde el punto de vista biológico.

El desarrollo de los análisis se realizó con base al desarrollo propuesto por Hanemann (1984) para la valoración contingente, a grosso modo este modelo se basa en una elección dicotómica que se formula al encuestado con respecto al servicio ambiental, lo que nos interesa es averiguar la disposición a pagar por parte de los usuarios, de manera puntual preguntamos “¿estaría dispuesto a pagar por el servicio ambiental?”.

La disposición a pagar (DAP) en este trabajo es calculada como lo propuso Hanemann (1984) y ha sido aplicada en varios estudios (Afroz *et. al.*, 2005; Donovan y Nicholls, 2003; Loureiro y Umberger, 2003).

A partir de las variables seleccionadas para la construcción del modelo de disposición a pagar, derivado de la valoración contingente se realizaron las regresiones logísticas para cada una de las variables independientes (tablas 1- 4), estas variables fueron seleccionadas con base a estudios previos, los resultados de presentan a continuación:

a. **Variable Explicada: DAP** (Disposición a pagar)

“Estaría dispuesto a pagar X precio por el acceso al servicio ambiental”.

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.406663529
Coefficiente de determinación R²	0.165375226
R² ajustado	0.09383596
Error típico	0.35893261
Observaciones	77

El valor de F es 2.3116707, y el valor crítico de F es 0.04292705, lo que nos indica que con una significancia de 5% se rechaza la hipótesis nula.

b. **Variable Explicada: DAC** (Disposición a ser compensado)

“Estaría dispuesto a recibir X cantidad de dinero como compensación por contribuir a la conservación del bosque”.

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.446128081
Coeficiente de determinación R ²	0.199030265
R ² ajustado	0.142623946
Error típico	0.426573934
Observaciones	77

El valor de F es 3.528510052, y el valor crítico de F es 0.006615897, lo que nos indica que con una significancia de 5% se rechaza la hipótesis nula.

c. **Variable Explicada: Cnsrvcn** (Conservación)

“Estaría dispuesto conservar los recursos naturales que garantizan la provisión del servicio ambiental”

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.432793224
Coeficiente de determinación R ²	0.187309975
R ² ajustado	0.076993501
Error típico	0.35935551
Observaciones	77

El valor de F es 1.95909232, y el valor crítico de F es 0.058178, lo que nos indica que con una significancia de 5% se rechaza la hipótesis nula.

d. **Variable Explicada: Valor**

“El área natural protegida tiene un valor diferente del económico para usted”

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.458062749
Coeficiente de determinación R ²	0.209821482
R ² ajustado	0.165922676
Error típico	0.309021289
Observaciones	77

El valor de F es 4.77966257, y el valor crítico de F es 0.001779326, lo que nos indica que con una significancia de 5% se rechaza la hipótesis nula.

En todos los casos se rechaza la hipótesis nula, lo que nos indica que hay una correlación entre los factores y la variable elegida en cada caso.

De manera general observamos que, para las cuatro variables dependientes analizadas, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.4 a 0.45, que se encuentra en una posición media. Por otro lado, en el caso del coeficiente de determinación (R^2) se observó un comportamiento cercano a cero.

Considerando que cuando r tiene un valor mayor a 0 es un indicador de que existe una correlación positiva, es decir los dos tipos de variables se correlacionan en sentido directo. Observamos, en este trabajo, que para las variables analizadas se obtuvo 4 como valor de correlación es decir existe una correlación positiva entre las variables, de acuerdo con el modelo propuesto por Hanemann (1984) descrito anteriormente.

Utilizando los datos obtenidos en los cuatro modelos se presentan los valores estimados de los coeficientes de las variables incluidas en las regresiones; el Estadístico Z de Wald, el nivel de significación obtenido al aplicar dicho Test y los cocientes de chances (odds ratio) obtenidos al aplicar la regresión logística. Los resultados se presentan a continuación, en la tabla 11.

Tabla 11. Análisis Estadístico

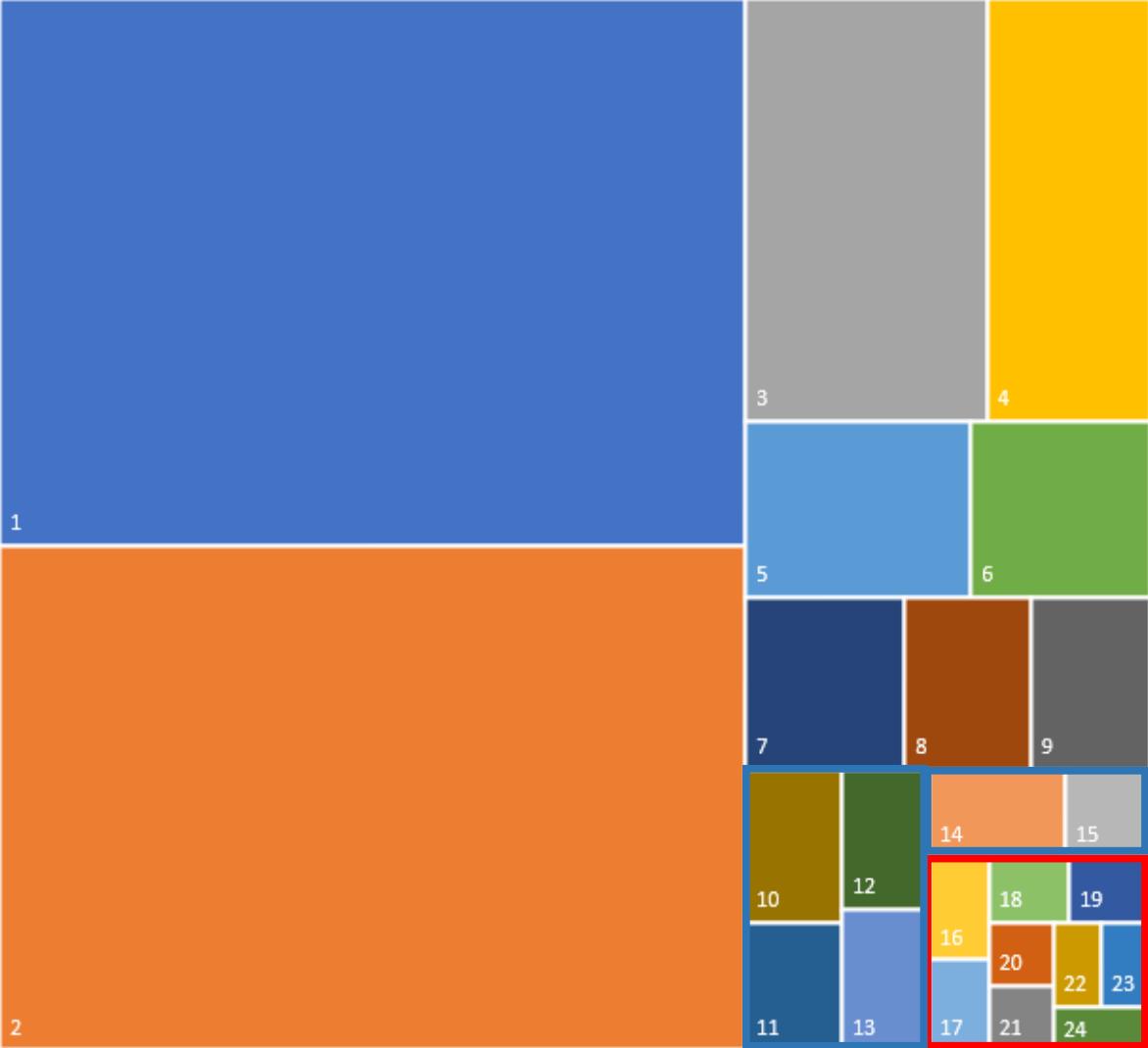
Modelo	Variable	B	Wald	p-valor	exp(B)	Explicación a los chances exp(B)
Disponibilidad a pagar DAP	O_visita	2.28198595	4.69674288	0.03021984	9.79611565	Los visitantes del área están 9.7 veces dispuestos a pagar
	Activ1	1.90416161	3.81928104	0.05066597	6.71377651	Los que realizan actividades recreativas están 6.7 veces dispuestos a pagar
	Activ2	-2.39241682	6.52684991	0.0106258	0.0914085	Los que realizan actividad relacionada con la conservación de servicios ambientales con menos de 1
	ConsRN	-1.64038353	0.86184453	0.35322303	0.19390566	Los que consideran importante la conservación de los recursos naturales son menos de 1
	SrvcsAmb	4.52501453	5.88075333	0.01530727	92.297267	Los que saben qué es un servicio ambiental son 92 veces dispuestos a pagar
	SrvAmbCC	1.96093879	1.89411647	0.16873835	7.10599494	Los que conocen la relación del bosque con la regulación climática son 7.1 veces dispuestos a pagar.
	Constante	-3.97040854	3.16852862	0.07507005	0.01886572	
Disponibilidad a conservar y recibir una compensación DAC	O_reside	2.8227986	6.73971975	0.00942894	16.8238681	Los residentes cerca del área natural protegida tienen 16.8 veces más disposición a recibir compensación por conservar
	Activ1	1.0704487	3.03807319	0.0813324	2.91668792	Las personas que realizan actividades recreativas dentro del bosque están 3 veces más dispuestas a recibir compensación por conservar.
	SrvcsAmb	1.09666706	2.86217024	0.09068507	2.99416999	Las personas que conocen que es un servicio ambiental están 3 veces más dispuestas a recibir compensación por conservar
	SrvAmbCC	0.76924693	1.28785548	0.25644353	2.15814041	Las personas que conocen la relación del bosque y la regulación climática

Modelo	Variable	B	Wald	p-valor	exp(B)	Explicación a los chances exp(B)
						están 3 veces más dispuestas a recibir compensación por conservar
	ConsRN1	-0.061229	0.00492298	0.94406315	0.94060782	Las personas que saben que es conservar están 1 vez más dispuestas a recibir compensación por conservar
	Constante	-0.9968177	1.32080412	0.25044779	0.36905202	
Disposición a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental Cnsrvcn	O_visita	0.30461793	0.09679074	0.7557154	1.35610678	Los visitantes están 1.3 veces más dispuestos a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
	O_reside	0.30461793	0.09679074	0.7557154	1.35610678	Los residentes están 1.3 veces más dispuestos a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
	ConoceANP	1.66981485	2.88611913	0.08934591	5.31118433	Los que reconocen el estatus del ANP presentan 5.3 veces más disposición a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
	Activ1	1.61375949	2.89525205	0.08884088	5.02165465	Las personas que realizan actividades para conservar el bosque están 5 veces más dispuestas a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
	Activ2	-2.95201506	2.78643541	0.09506548	0.05223434	Las personas que realizan actividades de extracción de recursos del ANP presentan menos de 1 vez disposición a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
	ConsRN	21.212685	7.5716E-07	0.99930572	máximo	Las personas consideran que este bosque esta conservado adecuadamente
	SrvcsAmb	1.0712407	1.30527123	0.25325261	2.91899887	Las personas que saben que es un servicio ambiental están 2.9 veces más dispuestas a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
	Aprv	1.29620532	1.22005533	0.26934979	3.65539925	Las personas que piensan que podemos aprovechar varios recursos

Modelo	Variable	B	Wald	p-valor	exp(B)	Explicación a los chances exp(B)
						forestales están 3.6 veces más dispuestas a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental.
	SrvAmbCC	3.25576151	6.97614117	0.00826035	25.93936	Las personas que conocen la relación del bosque con la regulación climática tienen 25 veces más disposición a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental.
	Constante	-1.67960508	1.6133165	0.20402623	0.18644759	
Reconocer el valor del bosque VALOR	Ocupación	0.42958309	0.10908385	0.74118957	1.53661677	Las personas que tienen o realizan actividades relacionadas con el bosque tienen 1.5 veces más disposición a reconocer el valor del bosque.
	O_reside	0.60730836	0.40184878	0.52613601	1.83548427	Las personas que residen cerca del bosque tienen 1.8 veces mayor disposición a reconocer el valor del bosque.
	ConsBsq	0.24806563	0.08780166	0.76699072	1.28154404	Las personas que saben qué es conservación tienen 1.3 veces más disposición a reconocer el valor del bosque
	DAPCnsrv	2.03812611	3.6508549	0.05604044	7.6762113	Las personas que estarían dispuestas a pagar por conservar el bosque muestran 7.67 veces más disposición a reconocer el valor del bosque
	Constante	-0.33435199	0.04083993	0.83984721	0.71580178	

Haciendo un análisis de estos resultados, se encontró que hay conceptos con los que las personas están familiarizados o que en determinado momento estarían más dispuestas a aceptarlos, en la siguiente figura vemos que tenemos 9 conceptos que son más aceptados o son aquellos de los que visitantes tienen mejor comprensión, 6 son aquellos con los que los visitantes están medianamente relacionados y son 9, con los que los visitantes tienen menos relación o presentan menor disposición a internalizar.

Figura 9. Conceptos de la encuesta. Familiarización de los entrevistados con estos.



Esta distribución está acorde con lo que se indica en la siguiente tabla:

Tabla 12. Interpretación de los cocientes de chances

No.	Modelo	Variable
1	CONSERVAR	Las personas consideran que este bosque esta conservado adecuadamente
2	DAP	Los que saben qué es un servicio ambiental son 92 veces dispuestos a pagar
3	CONSERVAR	Las personas que conocen la relación del bosque con la regulación climática 25 veces más disposición a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
4	DAC	Los residentes cerca del área natural protegida tienen 16.8 veces más disposición a recibir compensación por conservar
5	DAP	Los visitantes del área están 9.7 veces dispuestos a pagar
6	VALOR	Las personas que estarían dispuestos a pagar por conservar el bosque están 7.67 veces más disposición a reconocer el valor del bosque
7	DAP	Los que realizan actividades recreativas están 6.7 veces dispuestos a pagar
8	CONSERVAR	Los que reconocen el estatus del ANP están 5.3 veces más disposición a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
9	CONSERVAR	Las personas que realizan actividades para conservar el bosque están 5 veces más disposición a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
10	CONSERVAR	Las personas que piensan que podemos aprovechar varios recursos forestales están 3.6 veces más disposición a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
11	DAC	Las personas que realizan actividades recreativas dentro del bosque están 3 veces más disposición a recibir compensación por conservar.
12	DAC	Las personas que conocen que es un servicio ambiental están 3 veces más disposición a recibir compensación por conservar
13	DAC	Las personas que conocen la relación del bosque y la regulación climática están 3 veces más disposición a recibir compensación por conservar
14	DAC	Las personas que saben que es un servicio ambiental están 2.9 veces más disposición a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
15	VALOR	Las personas que residen cerca del bosque están 1.8 veces más disposición a reconocer el valor del bosque

No.	Modelo	Variable
16	V ALOR	Las personas que tienen actividades relacionadas con el bosque están 1.5 veces más disposición a reconocer el valor del bosque.
17	V ALOR	Las personas que saben que es conservación están 1.3 veces más disposición a reconocer el valor del bosque
18	CONSERVAR	Los visitantes están 1.3 veces más disposición a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
19	CONSERVAR	Los residentes están 1.3 veces más disposición a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
20	CONSERVAR	Las personas que realizan actividades de extracción de recursos del ANP están menos de 1 veces en disposición a conservar el bosque para proteger el servicio ambiental
21	DAP	Los que realizan actividad relacionada con la conservación de servicios ambientales con menos de 1
22	DAP	Los que consideran importante la conservación de los recursos naturales son menos de 1
23	DAP	Los que conocen la relación del bosque con la regulación climática son menos de 1
24	DAC	Las personas que saben que es conservar están 1 vez más disposición a recibir compensación por conservar

Se puede observar que las personas están familiarizadas con la conservación en un 33%, particularmente perciben que el bosque bajo estudio está bien conservado e identifican lo que son los servicios ambientales y el cambio climático. Con respecto a la economía se tiene que las personas en un 50%, visualizan al bosque como una fuente de recursos forestales y que, además, les puede permitir percibir un pago por su conservación. Finalmente, en un 17% las personas realizan actividades en el bosque, pero no ven la necesidad de conservar y menos en pagar por disfrutar la zona, y tampoco le asignan algún tipo de valor.

Sustituyendo los valores obtenidos en la regresión logística tenemos:

$$\text{DAP} = -3.97040854 + 2.28198595 \text{ O_visita} + 1.90416161 \text{ Activ1} + -2.39241682 \text{ Activ2} + -1.64038353 \text{ ConsRN} + 4.52501453 \text{ SrvcsAmb} + 1.96093879 \text{ SrvAmbCC}$$

$$\text{DAP} = 2.66889199$$

$$\text{DAC} = -0.9968177 + 2.8227986 \text{ O_reside} + 1.0704487 \text{ Activ1} + 1.09666706 \text{ SrvcsAmb} + 0.76924693 \text{ SrvAmbCC} + -0.061229 \text{ ConsRN1}$$

$$\text{DAC} = 4.70111459$$

$$\text{Cnsrvcn} = -1.67960508 + 0.30461793 \text{ O_visita} + 0.30461793 \text{ O_reside} + 1.66981485 \text{ ConoceANP} + 1.61375949 \text{ Activ1} + -2.95201506 \text{ Activ2} + 21.212685 \text{ ConsRN} + \text{SrvcsAmb} + 1.29620532 \text{ Aprv} + 3.25576151 \text{ SrvAmbCC}$$

$$\text{Cnsrvcn} = 26.0970826$$

$$\text{Valor} = -0.33435199 + 0.42958309 \text{ Ocupación} + 0.60730836 \text{ O_reside} + 0.24806563 \text{ ConsBsq} + 2.03812611 \text{ DAPCnsrv}$$

$$\text{Valor} = 2.9887312$$

En los modelos encontramos que el mayor valor es para Conservación, seguido por la disposición a recibir compensación por conservar, y la disposición a pagar por conservar el servicio ambiental y al final tenemos a los valores.

La prueba de Wald permite evaluar la significación estadística de una variable explicativa i sobre la variable dependiente binaria, bajo la hipótesis nula: $H_0: \beta_i = 0$ –La probabilidad de éxito es independiente de la variable explicativa.

Esta hipótesis, para las variables incluidas en los modelos estimados, es rechazada para un nivel de significación menor al 5%.

Las variables incluidas en los respectivos modelos refieren a la percepción. Un signo positivo observado en los coeficientes es indicativo de que las correspondientes variables contribuyen a incrementar la disposición de pago. La incidencia de estas variables explicativas en la DAP puede ser interpretada, adicionalmente, a través del cociente de chances $[\text{Exp}(\beta)]$.

La interpretación de los cocientes de chances permite identificar los factores incluidos en los respectivos modelos de regresión que están contribuyendo en mayor medida a las disposiciones de pago estimadas, como se indica en la Tabla 12.

3. Evaluación social de la captura de carbono

La implementación de la encuesta de valoración contingente permitió observar el comportamiento de las personas entrevistadas que mostraron una disposición a pagar por seguir teniendo acceso a este servicio ambiental, esto mediante la conservación del bosque. Se observó que el 83% de los visitantes mostró una disposición inmediata a pagar, por el contrario, el 17% de los entrevistados que mostró una negativa al respecto, es decir, no estaría dispuesto a realizar ningún tipo de contribución económica.

Al momento de plantear la implementación del pago por un boleto que permita el acceso a la zona de estudio, el 90% de los entrevistados mostró una disposición a pagar dicho boleto, por el contrario del 10% de los entrevistados que no presenta dicha disposición.

Se observó que el 24% de los entrevistados estaría dispuesto a pagar menos de \$10 pesos por el acceso al parque; el 18% pagaría un boleto de acceso que va de los \$10 a los \$20 pesos.

Por otro lado, el 30% de los entrevistados pagaría en boleto con un costo entre \$20 y \$50 pesos, siendo este el rango de precio el más representativo.

Otro 24% de la población entrevistada estaría dispuesta a pagar de \$50 a \$100 pesos por entrar al parque. Y en menor proporción (4%) los visitantes estarían dispuestos a pagar un boleto con un costo mayor a \$100 pesos.

Derivado del siguiente planteamiento hipotético: *Para atender la pérdida de la superficie de los bosques, se implementará un programa nacional dirigido a su conservación, que también permitirá ayudar a las personas que poseen un predio con árboles (predio forestal). Considerando que usted tuviera uno con esas características: ¿Estaría usted dispuesto a recibir una compensación, por conservar su predio?*

Se observó que 65% de los entrevistados está dispuesto a recibir algún tipo de compensación por conservar dicho predio. Por el contrario, un 35% de los entrevistados no aceptaría algún tipo de compensación. Algunos de los usuarios entrevistados, mencionaban que no estarían dispuestos a recibir algún tipo de compensación puesto que consideran que la conservación del bosque debería ser una obligación intrínseca.

A los usuarios entrevistados se les preguntó: ¿Cuál sería el tipo de compensación que estaría usted dispuesto a recibir? El 66% de la población total entrevistada no está dispuesta a aceptar una compensación monetaria por conservar el predio forestal, si este

fuera el caso. Por el lado contrario el 34% de los entrevistados seleccionó una compensación monetaria.

De la población entrevistada que está dispuesta a recibir una compensación monetaria le preguntamos: *¿Cuál sería la cantidad, en pesos, por hectárea de terreno y de manera anual, estaría usted dispuesto a recibir como compensación por conservar su predio?*

Se observó que el 30% de los entrevistados preferiría recibir una compensación menor o igual a \$500 por hectárea/año, el otro 30% señaló un intervalo de \$500 a \$ 1,000 pesos como una cantidad adecuada. Un 9% prefiere una cantidad que va los de \$1,000 a los \$ 1,500 pesos por hectárea anual. Otro grupo de 9% de entrevistados refiere una cantidad que sea mayor a los \$1,500 pesos, pero menor a los \$ 2 mil.

Por último, un porcentaje importante de los entrevistados (22%) refiere que una compensación adecuada sería una cantidad mayor a los \$ 2 mil pesos, pero menor los \$2,500.

Se identificó que la zona de estudio también representa otro valor distinto al económico para los visitantes de la zona de estudio y este tiene que ver con la manera en la que los visitantes aprovechan el espacio o las actividades que realizan.

Se observó que la población no realiza actividades extractivas que generen algún tipo de ingreso económico, la mayoría de la población entrevistada (44%) refirió realizar actividades relacionadas con la recreación. El 17% de la población entrevistada refiere acudir a realizar actividad física; el 13% refirió realizar actividades educativas, relacionadas, principalmente con educación ambiental; el 6% refirió acudir a la zona de estudio a realizar actividades culturales. El 20% de la población seleccionó el inciso “otras” que hace referencia a actividades distintas a las propuestas anteriormente, sin embargo, no refirieron cuales eran dichas actividades.

4. Evaluación biológica y económica de la captura de carbono.

Existen trabajos previos al presente, realizados dentro de la zona de estudio que han estado orientados al tema de carbono, por ejemplo, el de Arcos y Silva (2018), que realizó la valoración de captura de Bióxido de Carbono (CO₂) en la biomasa aérea de las coníferas

presentes en la zona de estudio, algunos datos obtenidos en este estudio fueron tomados como base para el desarrollo de la valoración económica de este servicio ambiental.

Los datos dasométricos obtenidos en trabajos previos en la zona de estudio se analizaron en función de la captura de carbono realizada por la biomasa aérea (figura 10).

Se calculó la cantidad de carbono capturado en esta zona, obteniendo un valor económico, asignado por diferentes mecanismos de comercio emisiones, para las toneladas de carbono capturadas por la zona de estudio y para la superficie total que ocupa el bosque.

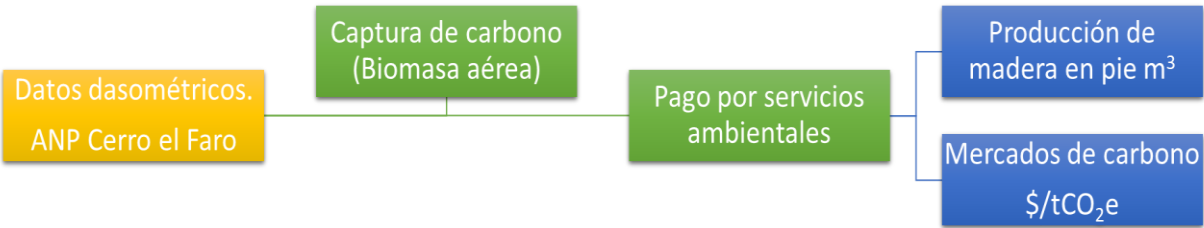


Figura 10. Esquema de análisis de los datos dasométricos obtenidos en la zona de estudio. ANP Cerro el faro.

Se obtuvo el volumen (m³) total de madera generada en cada uno de los rodales que conforman la zona de estudio. Una vez generados estos datos se obtuvo el precio para el volumen de madera generada de acuerdo con lo reportado por el Sistema de Precios de Productos Forestales Maderables (SIPRE) de la CONAFOR.

Con la información generada a partir de los datos obtenidos (Arcos y Silva, 2018), se obtuvo la cantidad total de carbono capturado en la zona de estudio de acuerdo con la propuesta de Brown (1989). Así mismo se calculó la cantidad potencial promedio y la cantidad mínima de carbono (Mg/ha) que podría ser capturado en 16 hectáreas del bosque localizado en la zona de estudio, dicha información se resume en la siguiente tabla:

Tabla 13. Captura de carbono realizada en la zona de estudio.

Carbono Capturado (Mg/ha/año)	
Total (16 has)	740.70
Promedio	46.29
Mínimo	3.017

Con base en el promedio de captura y considerando la extensión total del bosque que corresponde a 40.5 hectáreas, se obtuvo que la cantidad potencial promedio de carbono total que el bosque puede capturar por año es de aproximadamente 117.18 toneladas. Esto considerando que el bosque se mantenga como hasta ahora, es decir, no existan perturbaciones que lo afecten de manera negativa o positiva.

Si se considera un escenario en el cual el bosque sea afectado de manera significativa reduciendo así su capacidad para capturar carbono; teniendo a consideración que la cantidad mínima de carbono de capturado en la zona de estudio (16 hectáreas) corresponda a 3 Mg/ha/año; dentro de escenario, la afectación en el área total que ocupa el bosque (40.5 ha) ocasionara que este solo fuera capaz de capturar 7.6 toneladas de carbono al año.

Por otro lado, respecto a la valoración económica, con base en los datos generados por el banco mundial con relación a la implementación de mecanismos o sistemas de comercio de emisiones de CO₂, se seleccionaron cuatro mecanismos distintos que operan en regiones distintas del planeta por ejemplo en Asia seleccionamos a mecanismo *Tokyo Cap and Trade*, en América del Norte seleccionamos a *California Cap and Trade*, y en la unión Europea seleccionamos un mecanismo de la iniciativa privada, SENDECO. Este mecanismo se encarga de negociar con los de Derechos de Emisión de Bióxido de Carbono (EUA) y Créditos de Carbono (CER) y al mecanismo Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (EU ETS).

El precio a pagar por los usuarios del bosque se desprende de las encuestas aplicadas en donde se tiene:

Tabla 14. Disponibilidad a pagar de los usuarios de la zona de estudio

Precio a pagar en pesos	Porcentaje
10	24
10 a 20	18
20 a 50	30
50 a 100	24

Ponderando los precios con los porcentajes se obtiene un precio de \$11.87.

Con los datos obtenidos sobre las toneladas máximas, mínimas y promedio de carbono que podrían capturarse en la zona de estudio y los datos económicos arrojados por estos mecanismos de comercio de emisiones reportados por el Banco Mundial, se realizó el cálculo de los ingresos económicos que se esperaría obtener en la zona de estudio por la captura de carbono si esta, ingresara a alguno de estos sistemas, cabe destacar que cada uno de los mecanismos propone cubrir el costo en su moneda nacional, para efectos de este trabajo se realizó el cambio de divisa nacional a dólares americanos y posteriormente a pesos, para establecer el costo base por tonelada capturada. Los datos obtenidos de presentan a en la tabla 15.

En la primera columna se observa el Sistema de Comercio de Emisiones (ETS) seleccionado, en la segunda se observa el costo por tonelada de carbono equivalente capturado (\$/tCO₂e), al centro podemos observar las toneladas máximas, mínimas y promedio de carbono capturado en la zona de estudio. En las columnas finales se observa el ingreso esperado por la captura de carbono de acuerdo con los precios propuestos por cada uno de estos sistemas de comercio.

Tabla 15. Muestra el total de toneladas de carbono capturadas en la zona de estudio, así como el monto económico estimado a recibir por su captura, derivado de los diferentes mecanismos de comercio de emisiones. Elaboración propia con base en los datos de Arcos y Silva (2018) y el Banco Mundial (2019).

Modelo de ETS	*\$/tCO ₂ e	Toneladas de CO ₂ Capturadas (máximas)	Toneladas de CO ₂ Capturadas (mínimas)	Toneladas de CO ₂ Capturadas (promedio)	Ingresos Esperados en pesos (tCO ₂ e)					
					Máximo	Mínimo	Promedio			
Tokio	\$100.00	740.70	3.02	46.29	\$74,070.34	\$301.68	\$4,629.40			
California	\$340.00				\$251,839.17	\$1,025.71	\$15,739.95			
UE: Sendeco₂										
UEA	\$542.40				\$401,757.54	\$1,636.32	\$25,109.85			
CER	\$4.80				\$3,555.38	\$14.48	\$222.21			
UE ETS	\$620.00				\$459,236.13	\$1,870.42	\$28,702.26			

*Se calcula el precio en pesos partiendo de precio en dólares y con una conversión de 1 dólar = 20 pesos

En el caso del sistema de comercio de emisiones de la Unión Europea (UE ETS) observamos que ofrece mejores rendimientos económicos con respecto de los otros sistemas, ofreciendo anualmente un ingreso máximo de \$459,236.20, un mínimo de \$1,870.40 y un ingreso promedio de \$28,702.20; considerando esta última cantidad se tendría un ingreso mensual de \$2,391.85.

Considerando el precio que se está dispuesto a pagar el valor mensual sería de \$356.10 y un anual de \$4,273.20.

Para 2020 el salario mínimo mensual es de \$3,696.60 y un ingreso anual de \$44,975.30.

CONAFOR, paga ·\$330.00/Mg/ha al año a los campesinos por la captura de bióxido de carbono

Con base en los datos de captura de carbono realizada en la zona de estudio, se realizó la estimación de la captura promedio y mínima de carbono en el área total que ocupa el bosque que corresponde a 40.5 hectáreas. Se obtuvo que cada una de las hectáreas que conforman al bosque capturan en promedio 2.89 Mg/año de carbono, teniendo en cuenta esto, se obtuvo que el bosque en su totalidad realiza una captura de carbono promedio de 117.18 Mg/año.

Si consideramos que la cantidad mínima que captura cada hectárea del bosque es de 0.18 Mg/año de carbono, observamos que en este caso el bosque podría capturar hasta 7.64 Mg/año de carbono.

Con los datos obtenidos sobre las toneladas mínimas y promedio de carbono que podrían capturarse en el bosque y los datos económicos arrojados por los mecanismos de comercio de emisiones reportados por el Banco Mundial, se realizó el cálculo de los ingresos económicos que se esperaría obtener el bosque, por la captura de carbono si esta, ingresara a alguno de estos sistemas. Los datos obtenidos de presentan, en la tabla 16.

En la primera columna se observa el Sistema de Comercio de Emisiones (ETS) seleccionado, en la segunda se observa el costo por tonelada de carbono equivalente capturado (\$/tCO₂e), al centro podemos observar las toneladas mínimas y promedio de carbono capturado por el bosque. En las columnas finales se observa el ingreso esperado por la captura de carbono realizada por el bosque de acuerdo con los precios propuestos por cada uno de estos sistemas de comercio.

Al igual que con la zona de estudio, observamos que para el bosque los mecanismos de comercio de la unión europea, representan una mejor área de oportunidad para captar el valor económico del servicio ambiental. Puesto que generarían ingresos promedio de \$72,652.60 y \$4,734.60 (pesos) como mínimo, además, observamos que el mercado de Tokio aportaría un menor ingreso económico al bosque.

Tabla 16. Muestra la captura de carbono potencial promedio y mínima del bosque, así como, así como el monto económico estimado a recibir por su captura derivado de los diferentes mecanismos de comercio de emisiones. Fuente: Elaboración propia con base en los datos de Arcos y Silva (2018) y el Banco Mundial (2019).

Ingresos esperados por provisión del servicio ambiental en el bosque (\$/tCO ₂ e)					
Modelo de ETS	\$/tCO ₂ e	Toneladas promedio de CO ₂ capturadas por el bosque	Toneladas mínimas de CO ₂ capturadas por el bosque	Ingreso promedio esperado \$/tCO ₂ e	Ingreso mínimo esperado \$/tCO ₂ e
<i>Tokio</i>	\$100.00	117.18	7.64	\$11,718.00	\$764.00
<i>California</i>	\$340.00			\$39,841.20	\$2,597.60
<i>UE: Sendeco2</i>					
<i>UEA</i>	\$542.40			\$63,558.43	\$4,143.94
<i>CER</i>	\$4.80			\$468.72	\$34.20
<i>UE ETS</i>	\$620.00			\$72,651.60	\$4,736.80

Al igual que con la zona de estudio el mercado de carbono que resulta ser más conveniente para el bosque es el de la Unión Europea puesto que ofrecería mejores beneficios económicos. Observamos que la valoración económica del servicio ambiental proporcionado por la zona de estudio nos permite relacionar el estado de la conservación de la zona, con la cantidad de carbono que se captura y con los ingresos económicos que esta zona podría recibir si es sometida a comercio en algún mercado de emisiones.

Con base en los datos dasométricos obtenidos en la zona de estudio (Arcos y Silva, 2018), se realizó la estimación del volumen (m³) de la cantidad de madera producida por cada uno de los rodales que conforman la zona de estudio los cuales se presentan a continuación en la tabla 17.

Tabla 17. Metros cúbicos, pies tabla y precio asociados de la madera obtenidos en cada uno de los rodales que conforman la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia con base en los datos de Arcos y Silva (2018) y SIPRE - CONAFOR.

Rodal	Volumen total M ³	Precio por m ³	\$/M ³ /ha (Rollo)	Pies/tabla/ha	Precio Pie/tabla	\$/pie tabla/ha
1	372.54	1,026.12	\$382,270.74	100,585.8	14.60	1,468,552.68
2	133.87		\$137,366.68	36,144.9		527,715.54
3	98.13		\$100,693.16	26,495.1		386,828.46
4	72.24		\$74,126.91	19,504.8		284,770.08

5	20.33		\$20,861.02	5,489.1		80,140.86
6	116.74		\$119,789.25	31,519.8		460,189.08
7	123.81		\$127,043.92	33,428.7		488,059.02
8	53.77		\$55,174.47	14,517.9		211,961.34
9	20.76		\$21,302.25	5,605.2		81,835.92
10	133.58		\$137,069.11	36,066.6		526,572.36
11	126.67		\$129,978.62	34,200.9		499,333.14
12	51.54		\$52,886.22	13,915.8		203,170.68
13	40.9		\$41,968.31	11,043		161,227.8
14	65.56		\$67,272.43	17,701.2		258,437.52
15	34.12		\$35,011.21	9,212.4		134,501.04
16	35.71		\$36,642.75	9,641.7		140,768.82
Promedio	93.77		\$96,216.07	25,317.9		369,641.34

El precio por en volumen (m³) indicado en la columna tres, así como el precio de pie tabla en la columna 6, corresponde al reportado por el Sistema de Precios de Productos Forestales Maderables de la CONAFOR, para el segundo bimestre del 2018. Para la región centro del país, que comprende a los estados de: Guerrero, Jalisco, Michoacán y Puebla. El primer precio es categorizado como libre a bordo en brecha, es decir en el predio la trocería se dispone en el camino (brecha) para ser cargada al camión. Y el segundo precio corresponde a los pies tabla a pie de aserradero.

Observamos que los volúmenes de producción de madera en la zona de estudio son importantes, además aportan un ingreso económico considerable por hectárea, en promedio la zona de estudio produce un volumen de 93.77 m³, lo que representaría un ingreso económico promedio de \$96,216.07 pesos; y el precio que se alcanzaría con los pies tabla es de \$369,641.34.

CAPÍTULO VII

DISCUSIÓN

La zona de estudio es un Área Natural Protegida de orden Estatal que en primera instancia se alinea con la definición que se encuentra en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente: "... en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas ...", debido a que se considera que actualmente la zona está prestando diversos servicios ambientales, en donde desde luego se incluye la captura de bióxido de carbono.

En esta área de estudio se han realizado una importante cantidad de trabajos de investigación que abordan una amplia gama de temas, siendo el carbono un tema central en algunos de estos estudios, por ejemplo, Arcos y Silva (2018) trabajaron en la determinación del carbono capturado por la biomasa aérea en esta área natural, por otro lado Rodríguez (2019) trabajó con el carbono capturado en el suelo de este ecosistema, la obtención de datos como estos resultan importantes porque permiten abordar otro tipo de problemática presente en los ecosistemas forestales que tiene que ver con la sobreexplotación del bosque y su afectación a la provisión de los servicios ambientales.

De acuerdo con Lal (2008), se tienen cinco reservorios de carbono, siendo el más importante el oceánico, seguido del terrestre, el cual incluye el carbono de la vegetación y el que se tiene en el suelo, asimismo la conversión de los bosques naturales a ecosistemas manejados (agrosistemas, zonas urbanas, etc.) acababa con las cantidades de carbono almacenadas e intensifica la emisión de gases a la atmósfera (Lal, 2018), haciendo necesarias estrategias que mantengan los niveles de carbono estables dentro del ecosistema.

Una forma de comprender lo que significan los servicios ambientales es a través de su valoración económica. Esta valoración, se ha delineado como una estrategia factible para promover la conservación, ya que los servicios, al tener un valor económico pueden ser mayormente apreciados.

Los servicios ambientales no son bien identificados por la población en general, se tiene a algunas personas que al haber convivido y gozado de ellos los consideran como procesos permanentes en el tiempo.

Ahora bien, los servicios ambientales dependen directamente del estado de conservación de los ecosistemas, siendo que muchas de las actividades humanas tienen una fuerte incidencia sobre ellos, modificando sus características, deteriorando la prestación del servicio ambiental.

En este trabajo se abordaron dos aspectos; la valoración económica a través de la metodología denominada evaluación contingente; y la valoración económica relacionada con las actividades y productos que ofrece el bosque.

Dentro de los métodos de valoración económica del ambiente se tienen varios métodos como se mencionó con anterioridad, destacándose el de costos de reemplazo¹, factor de ingreso², análisis hedónico³, valoración contingente que es la disposición de las personas a pagar por un servicio ambiental y se estima a través de encuestas.

La metodología de Evaluación Contingente aplicada en este estudio inicia con la aplicación de una encuesta, este método de valoración se considera útil para la zona de estudio, puesto que, de acuerdo con López *et. al.* (2010), en un bien o servicio normal, los precios se determinan mediante el libre juego de la oferta y la demanda a través de un mercado establecido; sin embargo, al hablar de los activos ambientales se torna difícil la medición monetaria de los problemas ya que carecen del elemento principal que es el mercado.

De la Maza (1996), menciona que este método permite evaluar valores de conservación y permite valorar una gran variedad de situaciones simuladas, principalmente escenarios que reflejen un deterioro en el ambiente, además utilizando este método de valoración no es necesario identificar algún bien que ya se comercialice y cuyos mercados ofrezcan evidencia que permita inferir el valor del bien que no se transe en el mercado.

Las visitas a la zona de estudio para la aplicación de la encuesta se programaron inicialmente abarcando distintos días de la semana, sin embargo, ya en la zona de estudio

¹ Evalúan el reemplazo de los sistemas ambientales por sistemas humanos que puedan ofrecer el mismo servicio. Por ejemplo, un humedal y una planta de tratamiento de agua.

² Se estima el incremento en ingresos económicos generados por los servicios ambientales, por ejemplo, una laguna en buenas condiciones producirá más peces y más ingresos a los pescadores.

³ Indica el valor de un servicio ambiental a través de reconocer el servicio ambiental desde la perspectiva de adquisiciones, por ejemplo, una casa en el bosque.

al momento de la aplicación de las encuestas identificamos que había muy pocos visitantes entre semana, por lo tanto, y atendiendo las recomendaciones de los mismos visitantes, se decidió realizar estas visitas únicamente los días sábado, domingo y lunes que eran los días en los que había un mayor flujo de personas en la zona.

Se identificó que en la zona de estudio los visitantes son recurrentes y al momento de solicitarles su ayuda para responder la encuesta no presentaban disposición, y al no existir una diversidad de actividades o actividades que resulten atractivas para las personas, la integración de nuevos visitantes a la zona de estudio se ve restringida, lo que complicó la aplicación de las encuestas.

El número total de encuestas que resultaron útiles para el presente estudio fue de 77; en campo se identificó que algunas de estas presentaban un sesgo, el del entrevistador, Azqueta (2007) menciona que cuando el ejercicio se lleva a cabo de manera directa, se ha observado que el entrevistado, tiende a exagerar la disposición a pagar por mejorar la calidad ambiental, por temor a parecer ignorante del tema, ser inconsciente o poco solidario, o meramente por simpatía con el entrevistador, resultando en información que no fue útil para la investigación, otras encuestas presentaban información incompleta y en algunos casos se seleccionaba más de una respuesta, consideramos que estos factores podrían alterar los resultados del presente trabajo.

La encuesta generada nos permite identificar como se relacionan los visitantes de la zona de estudio con el bosque, también nos permite conocer como interaccionan con el bosque desde un contexto económico, social y ambiental.

Desde el perfil sociodemográfico identificamos que el 61% de los entrevistados fueron mujeres que eran las que presentaban una mejor disposición por participar, en su mayoría fueron personas que tenían entre 15 y 25 años las más participativas, esto debido a que el camino de acceso a la zona no se encuentra en óptimas condiciones lo que resulta una dificultad para el acceso a personas mayores.

De acuerdo con los entrevistados el promedio de integrantes por familia es de 5 personas, que viven con un ingreso mensual menor o igual a \$ 5,000 pesos y en general un 56% de los entrevistados manifestaron tener estudios de educación media y media superior, cabe mencionar que ninguno de los entrevistados manifestó tener educación básica. En su mayoría los visitantes mencionaron ser empleados por lo tanto utilizan alguno de sus días de descanso para acudir a la zona de estudio a desarrollar algún tipo de actividad, solo un

porcentaje muy pequeño (1%) de los entrevistados señaló dedicarse a las labores del campo.

Esta zona resulta ser visitada casi en partes iguales por residentes de la localidad de San Rafael y por residentes del resto del municipio (Tlalmanalco), sin embargo, existen visitantes que viajan hasta 90 min para acudir a El Faro y realizar algún tipo de actividad. En general se encontró que la mayoría de las personas en el ANP, son visitantes recurrentes.

Estos visitantes acuden en su mayoría porque la zona les ofrece condiciones que consideran adecuadas para realizar actividades de convivencia relacionadas con la recreación, esparcimiento o culturales, lo que nos indica que el tipo de valor que le otorgan a la zona no tiene que ver con el monetario, solo el 1% de los entrevistados señaló realizar actividades extractivas siendo la madera o leña el recurso más sustraído, asimismo se indicó que en ciertas temporadas se extraen hongos comestibles y frutos (piñas) de coníferas.

Con respecto a los recursos naturales la mayoría (97%) de la población entrevistada considera importante la conservación de los recursos naturales y consideran que el bosque está en buenas condiciones, más de la mitad de los visitantes desconocía que se encontraba en un Área Natural Protegida. La zona de estudio presenta características similares a otras zonas dentro del mismo municipio o municipios vecinos, sin embargo, a diferencia de estos, en la zona de estudio no existe un cobro por el acceso a esta. Por ejemplo, el parque ecoturístico Dos Aguas, que se localiza dentro de la misma localidad y que es administrada por ejidatarios, el acceso a esta zona tiene un costo de \$50 pesos, a diferencia de nuestra zona de estudio, esta es más atractiva para los visitantes por la diversidad de actividades que se pueden realizar. Se debe considerar que también se está muy cerca del volcán Iztaccíhuatl, y las personas prefieren acudir a estas áreas.

Se le pregunto de manera directa a los entrevistados si sabían que era un servicio ambiental, solo el 31% afirmó saber que son y de estos solo el 14% pudo mencionar alguno asociándolo con los servicios de provisión y de sustento principalmente. Se puede considerar que este tema es de acuñación muy reciente, ya que de manera formal se incluyó en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Organización de Naciones Unidas) en 2005.

Identificamos que de manera intrínseca la gente puede identificar servicios ambientales que se generan en los bosques, por ejemplo, el 86% es consciente de que gracias a los bosques el calor es menos intenso, esto desde el punto de vista científico tiene relación con la mitigación de los efectos del cambio climático mediante la captura y almacenamiento de carbono. En este caso, esto resulta importante puesto que el desconocimiento de la información sobre los beneficios intangibles que obtenemos del bosque y los recursos naturales en general impacta de manera negativa en el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Mediante el planteamiento de escenarios hipotéticos, identificamos la disposición a pagar que tienen los entrevistados por acceder al servicio ambiental, así como la disposición a ser compensados por conservar los recursos naturales.

Desde los datos recabados, observamos que mientras la entrevista transcurría, los entrevistados identificaban la importancia que tiene el bosque, una vez que preguntamos si estaría dispuesto a pagar un boleto de acceso a la zona de estudio, con la finalidad de que lo recabado fuera destinado a realizar actividades de conservación del bosque el 90% mostró dicha disposición, considerando adecuado un rango de precios de los \$20 a los \$50 pesos y que resultaría un costo menor o igual a otros parques que han visitado.

Tras el planteamiento de los escenarios solo un 34% de los entrevistados mostró una disposición a recibir una compensación económica por conservar una hectárea de terreno forestal al año y garantizar de esta manera la provisión del servicio ambiental; un 60% refirió estar dispuesto a recibir una compensación menor o igual a \$1,000 ha/año por conservar el predio y asegurar la provisión del servicio ambiental, por el contrario, el 22% de los entrevistados estarían dispuestos a recibir una cantidad igual o menor a los \$ 2,500 ha/año. Es importante mencionar que, al aplicar la encuesta, en este apartado específicamente se les pidió a los entrevistados señalar alguna otra cantidad económica distinta a las propuestas dentro de la encuesta que creyeran representara un aporte significativo por la conservación de los recursos naturales y la provisión del servicio ambiental, sin embargo, esto no ocurrió, lo cual es indicador del desconocimiento que tienen las personas con respecto al aprovechamiento que tienen los recursos naturales.

Una parte importante de esta temática es la conciencia que puedan tener las personas en relación con el medio ambiente, que al ser un tema de actualidad y que nos concierne a todos, es importante que sea explicado y conseguir que llegue a toda la población.

Este proceso corresponde a la Educación Ambiental, que es un proceso que dura toda la vida y que tiene como objetivo impartir conciencia ambiental, conocimiento ecológico, actitudes y valores hacia el medio ambiente para tomar un compromiso de acciones y responsabilidades que tengan por fin el uso racional de los recursos y poder lograr así un desarrollo adecuado y sostenible.

Los objetivos de este tipo de educación vienen definidos por la UNESCO, y son los siguientes: Toma de conciencia: concienciar a la gente de los problemas relacionados con el medio; Conocimientos: ayudar a interesarse por el medio; Actitudes: adquirir interés por el medio ambiente y voluntad para conservarlo; Aptitudes: ayudar a adquirir aptitudes para resolver el problema.

Por otro lado, al ser los servicios ambientales recursos no tangibles, para las personas les resulta difícil concebir la idea de pagar por algo que han tenido de manera ilimitada en sus vidas y es difícil también expresar una cantidad monetaria que reflejaría la disposición a pagar por tener acceso a los servicios ambientales en general.

Incluso para personas con conocimientos biológicos, resulta difícil asignar un valor monetario para algo que no tiene un mercado.

Por lo que se puede decir que los resultados obtenidos en la encuesta son buenos, ya que esta temática puede resultar muy compleja en su entendimiento.

Para efectos de este trabajo, el método de valoración contingente resultó adecuado, ya que a través de los escenarios hipotéticos planteados a los usuarios pudimos conocer la disposición a pagar que tienen por conservar la provisión del servicio ambiental, así como la disposición a ser compensados por la conservación del bosque. Mediante la aplicación de la encuesta pudimos conocer además como se relacionan los visitantes con la zona de estudio.

Por otro lado, De la Maza (1996), resalta que la principal desventaja que presenta este método de valoración es que los individuos podrían tomar todo el estudio como hipotético e intrascendente y dedicar poco esfuerzo en la determinación de su Disposición a Pagar.

Como se menciona al inicio de este apartado, para este trabajo pudimos identificar una serie de sesgos presentes en más de la mitad de las encuestas realizadas lo que, nos llevó a reducir el número de la muestra.

Con los datos surgidos de la encuesta se aplicó una regresión logística binomial, de los cuales se obtuvieron varios resultados interesantes.

De acuerdo con los análisis de correlación, cuando r tiene un valor superior a 0 se dice que entre las variables analizadas existe una correlación directa positiva, identificamos que en este trabajo existe esa correlación positiva, si bien no se observó una correlación perfecta, es decir r igual a 1 .

Al realizar los análisis se obtuvo que de manera general que existe una correlación relativamente baja entre las variables dependientes e independientes es decir las variables seleccionadas para generar el estudio fueron las correctas, sin embargo es posible que este valor obtenido sea bajo debido a que expresa la apatía de la gente con respecto a temas ambientales, aunque también es posible que al aplicar las encuestas se haya presentado un sesgo, considerado como el sesgo de la hipótesis (Azqueta , 2007) por parte de los respondientes, sobre todo en el apartado de economía ambiental, dado el carácter meramente hipotético de la situación que se le plantea a la persona, esta no tiene ningún incentivo para ofrecer una respuesta correcta, porque, al fin y al cabo, todo se mueve en un terreno hipotético, por lo cual la respuesta dada no tendría consecuencias negativas aparentes y por la tanto las respuestas obtenidas no necesariamente reflejaban el sentir de los entrevistados.

Una ventaja que ofrece el optar por el enlace logístico es que el exponencial de los parámetros estimados se interpreta como un cociente de chances, lo cual facilita la comprensión de los resultados. Las “chances” (odds) de obtener éxito ($Y = 1$) quedan definidas como el cociente entre la probabilidad de éxito y la probabilidad de fracaso para cada modalidad de las covariables. El cociente de chances indica, por lo tanto, cuántas más chances de éxito tiene un individuo si la variable explicativa asume el valor 1 que si asumiera el valor 0 . Los parámetros del modelo logístico son los logaritmos de los cocientes de chances y la variación unitaria en una covariable –controlando por las restantes– tiene un efecto multiplicativo sobre el cociente de chances igual a e^β .

La aplicación del análisis de regresión (Estadístico Z de Wald) al ser un test generalista que es aplicable en múltiples disciplinas de investigación, nos permitió comparar entre los resultados observados y los esperados. En este estadístico el valor de p nos permite aceptar o rechazar la hipótesis, por ejemplo, si el valor de p , es menor que 0.05 , se rechaza esa hipótesis nula. Es decir, se rechaza esa hipótesis nula que afirma que ese coeficiente

es cero, y se entiende entonces que ese coeficiente no es cero y que, por lo tanto, el modelo es útil para representar una determinada relación. Si, por el contrario, el valor de p es mayor que 0.05 eso significa que el valor del coeficiente podría ser perfectamente cero y lo que hace obtener esos resultados, por lo tanto, esa variable no influye a la hora de determinar la variable dependiente.

Dentro de los modelos propuestos en los análisis, los valores que la gente reconoce o con los que está más familiarizada, tienen que ver principalmente con la conservación del bosque; la disposición a pagar que manifiestan tiene que ver con la conservación del bosque, puesto que conocen de manera empírica los beneficios que son provistos por este, los cuales son utilizados para satisfacer sus necesidades, otorgando un valor utilitario que no está ligado al valor *per se* del bosque.

De acuerdo con los datos obtenidos con ayuda de este estadístico, observamos que existen temas o conceptos con los que los usuarios del área de estudio están más relacionados o tienen mejor concepción de estos y por tanto manifiestan tener una mejor aceptación entre las personas, estas concepciones sobre el tema de conservación no necesariamente están fundamentados en conocimiento científico.

En la legislación capitalina, así como en muchas legislaciones estatales, el término conservación está definido como: *el conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones, de detección, rescate, saneamiento y recuperación, destinadas a asegurar que se mantengan las condiciones que hacen posible la evolución o el desarrollo de las especies y de los ecosistemas propios...* (LAPTFD, 2000). Sin embargo, observamos en campo que la concepción del término conservación es diferente.

Para los usuarios entrevistados el término conservación está relacionado con la presencia o ausencia de factores que contribuyan al deterioro del bosque, puede ser presencia o ausencia de basura o con la presencia o ausencia de árboles, este valor de la conservación se fundamenta principalmente en la percepción de las personas y en la información que reciben de distintos medios de comunicación.

Castillo, *et. al.* (2009) propone que para conocer como la percepción de las personas impacta en el uso o aprovechamiento de los recursos naturales es importante entender cómo la sociedad construye imágenes sobre el ambiente que les rodea y cómo le dan significado a su relación con los ecosistemas.

Por medio de las percepciones podemos acercarnos a conocer lo que los grupos sociales piensan sobre los problemas ambientales, cómo comprenden y valoran el mundo natural y cómo visualizan su responsabilidad y la de otros actores con los que conviven.

Observamos que la concepción del término conservación, desde estas aristas, es decir la legislativa, que se fundamenta en la ciencia y desde el concepto que la gente construye, son completamente distintas y por lo tanto tienen diferentes interpretaciones en cuanto a su aplicación y su impacto, así mismo el concepto de valor, asignado al bosque por parte de los usuarios está ligado a la percepción que tienen del mismo.

Por otro lado, el valor que otorgan los entrevistados al bosque, es asignado desde el punto de vista utilitario y desde esa utilidad, consideran o no, estar dispuestos pagar por conservar o a ser compensados por conservar el bosque, el planteamiento de alguno de estos dos escenarios a los usuarios genera conflicto porque no poseen información previa que les permita considerarlos y relacionar la utilidad con el valor, que no necesariamente tendría que ser de uso o de uso inmediato, al ser los servicios ambientales materiales no tangibles, para las personas resulta difícil concebir la idea de pagar por algo que han tenido de manera ilimitada en sus vidas y es difícil también expresar una cantidad monetaria que reflejaría la disposición a pagar por tener acceso a los servicios ambientales en general.

La conservación de las especies y la belleza de la naturaleza son razones para la conservación comúnmente asociadas con valores intrínsecos ya sea de las especies o de los ecosistemas, como el bosque.

La incorporación de valores de no uso o de valores de opción como los culturales, podrían crear asociaciones positivas entre las personas y los recursos naturales. De acuerdo con Dixon y Pagiola (1998), el valor de opción, está definido como el valor obtenido de conservar la opción de aprovechar el valor de uso (extractivo o no) en una escala temporal futura. De acuerdo a lo observado los visitantes no están familiarizados o no son capaces de considerar estos de valores.

Por ejemplo, la incorporación de creencias locales podría ayudar a entrelazar el patrimonio espiritual y el natural otorgando un enfoque que puede ayudar a la vigilancia ambiental, contribuyendo a la conservación y mantenimiento de los recursos naturales, de igual manera otorgaría un valor diferente al de uso, esta asociación puede trascender los límites de los intereses de particulares y crear una conciencia ambiental colectiva (Roman, 2016; Pearson, 2016).

Al brindar información más completa sobre los recursos naturales, en particular del bosque y los beneficios que aporta a distintas escalas, así como ayudar a la gente a identificar los valores de no uso o de opción, que el bosque puede proveer, podría incrementar el interés de las personas e involucrarlos en los temas ambientales y en el mejor de los casos crearía una necesidad por conservar el bosque y los servicios ambientales que se generan en la zona de estudio.

Pearson (2016). Resalta el papel de los bosques en la regulación del clima, este es un servicio del ecosistema con alcance global que podría estar mejor protegido en parte, a través de las fuerzas del mercado, puesto que, en los ámbitos regionales y locales, la valoración monetaria, no necesariamente ligada a un mercado tiene un gran potencial para la conservación en todos los niveles biológicos. La incorporación de valoraciones monetarias no relacionadas con el mercado en la toma de decisiones económicas apoya la implementación de una fuerte regulación ambiental e incentivos basados en el mercado para la conservación, dando lugar a decisiones sobre el uso de la tierra que aumentan el beneficio neto general para la sociedad

Los datos de carbono capturado en la zona de estudio nos permiten identificar como varía la captura de carbono en función del manejo que reciba el bosque, por ejemplo en un escenario como el actual, es decir con el manejo que la zona tiene hoy en día, podremos garantizar la captura de 740.70 toneladas de carbono al año como máximo, en la zona de estudio que comprende 16 hectáreas, donde de acuerdo con el trabajo de Arcos y Silva (2018) la calidad de sitio influye de manera directa en el desarrollo de las especies y por lo tanto en la captura de carbono. Si se implementara una serie de acciones que permitan mejorar las condiciones actuales en las que se desarrollan las especies, se incrementaría la cantidad de toneladas de carbono que la zona de estudio puede capturar.

Si existiera un escenario donde se redujeran, en cantidad, el número de sitios calificados como buenos o muy buenos, llegando a ser tipificados como regulares o incluso malos, el cambio de calidad en los sitios también reduciría la cantidad de carbono que la zona de estudio podría capturar pasando de 740.70 Mg/año a capturar 46.29 Mg/año de carbono.

Por otro lado, si se considera un escenario donde la zona de estudio sufriera alguna perturbación significativa como podría ser cambio de uso de suelo, tala clandestina o incendios forestales que reduzcan la calidad de los sitios, entonces la captura de carbono

presentaría una reducción extrema pasando de una captura de 740.70 Mg/año a capturar tan solo 3 Mg/año.

Observamos que, en caso del bosque como unidad, ofrece una captura de carbono menor con respecto a la zona de estudio, esto debido a que los cálculos se realizaron con base en los datos de la zona de estudio que representa cerca de una tercera parte del total del bosque, además de la heterogeneidad que este presenta con respecto a la calidad de sitios.

A diferencia de la zona de estudio, no se realizó la estimación de la captura máxima de carbono que realiza el bosque, porque este es muy heterogéneo con respecto a la calidad de los sitios que están inmersos en él, no podemos asegurar que el bosque en general tenga el mismo desarrollo en sus 40 hectáreas totales que en las 16 muestreadas, es por eso que solo calculamos las capturas promedio y mínima de carbono, que corresponden a cantidades que si se pueden asegurar sean capturadas por el bosque independientemente de la calidad de los sitios.

En ambos casos se observó una cantidad importante de carbono capturado, por ejemplo, Ordoñez *et. al.* (2015), reportan una captura promedio de carbono de 129 Mg/ha/año, en bosque cuya área abarca 1, 842 hectáreas. Es decir, una superficie 45 veces más grande que nuestra área se estudió, sin embargo, en nuestra zona de estudio existen hectáreas que pueden capturar hasta 167 Mg/Ha/año. El encontrarse en una superficie con mayor extensión, que también está destinada a la conservación y presenta manejo adecuado permite que la cantidad total que se captura en la zona sea mucho mayor que nuestra zona de estudio.

Una parte esencial para lograr la valoración de los servicios ambientales tiene que ver con la adecuada identificación y cuantificación de los servicios ambientales considerada como una etapa previa a la estimación del valor económico (Herrador y Dimas, 2000). Una vez que obtuvimos la cantidad de carbono que puede ser capturado en la zona de estudio realizamos la valoración económica en distintos sistemas de comercio de emisiones.

Observamos que los mercados de carbono que resultan ser más convenientes para el comercio de la captura de carbono realizada por la zona de estudio, si así fuera el caso, son los de la Unión Europea: SENDECO₂ y UE ETS puesto que, en los tres casos, con una captura máxima, mínima o promedio resultan proporcionar mejores beneficios económicos a la zona de estudio. A diferencia del sistema de emisiones de Tokio que ofrecería menor beneficio económico con respecto a este.

Al obtener el volumen (m³) promedio de madera producida por cada uno de los rodales que conforman la zona de estudio identificamos que cada una de estas hectáreas genera cantidades importantes de madera, cuando relacionamos el volumen promedio de madera con un precio por metro cubico observamos que la ganancia neta es elevada, por ejemplo si contáramos con una hectárea de terreno forestal que produjera un volumen de 372.54 m³ de madera y vendiéramos de manera aleatoria a los árboles que conforman esta hectárea a lo largo de un año, obtendríamos un ingreso de \$382,270.74 al año, lo que representaría un ingreso promedio mensual de \$31,855.90 este ingreso permitiría vivir de manera holgada a una familia de cinco integrantes, como las reportadas por la encuesta de valoración contingente.

El escenario antes planteado lo podemos resumir en la tabla 18, que considera diversos datos como son: el número de integrantes promedio de las familias que habitan en la zona de estudio, así como el ingreso económico mensual promedio, datos obtenidos de la valoración contingente (VC); de igual forma considera el salario mínimo, que de acuerdo con la Secretaría de Trabajo y Previsión Social tiene un monto fijo de \$123.22 pesos diarios, lo que reflejaría un ingreso mensual de \$3,819 pesos.

Rodal	integrantes de la familia (VC)	Ingreso promedio (VC)	S. M mensual (STPS)	Toneladas de carbono capturado (ha)	ETS de la U.E. (mensual)	Ingreso proyectado a 5 años PSA	Volumen (m ³) de madera producida (ha)	Ingreso \$ por venta mensual
1	5	\$ 5,000	\$3,819	167.47	\$8,574.74	\$514,484.40	372.54	\$31,855.90
15				3	\$148.80	\$8,928.00	34.12	\$2,917.60

Tabla 18. Muestra la relación entre los ingresos económicos de una familia de cinco integrantes, de acuerdo obtenido de la valoración contingente (VC), el salario mínimo mensual (STPS), el ingreso esperado, calculado con base en las toneladas de carbono capturado (ETS UE), la proyección a cinco años y el calculado con base en el volumen (m³) de madera (SPPFM – CONAFOR) Fuente: Elaboración propia con base en los datos de Arcos y Silva (2018), el Banco Mundial y SIPRE - CONAFOR.

Consideramos, además, los datos obtenidos para la captura de carbono, en toneladas por hectárea (rodal) y el ingreso económico mensual si estas se someten al sistema de

comercio de emisiones de la unión europea. Por otro lado, consideramos el volumen de madera producida por hectárea, así como el ingreso obtenido por su venta de acuerdo con el Sistema de Precios de Productos Forestales Maderables.

En el escenario del rodal uno, observamos que una familia que vive en la zona de estudio necesita un ingreso superior al salario mínimo para satisfacer sus necesidades, si consideramos que son propietarios de una hectárea de terreno forestal que captura cerca de 167.47 tCO₂ y se inscriben en un programa de pago por servicios ambientales estarían asegurando un ingreso mensual de \$8,574.74, una cifra superior al ingreso económico actual, en un año esta familia obtendría ingresos por \$102,896 y considerando que los contratos por la provisión se realicen por al menos cinco años, la familia estaría recibiendo ingresos \$514,484. Y si decidiera implementar medidas de restauración de su predio que mejoren las condiciones en las que crecen los árboles, el carbono capturado se implementaría, Sin embargo, si esta familia decidiera vender la madera que se genera este predio en un año recibiría por la venta \$382,270.74 y el predio se quedaría sin madera que vender.

Por otro lado en el escenario del rodal 15, debido a que las toneladas de carbono capturado y los volúmenes de madera producida son muy pocos, el ingreso mensual esperado que podría tener una familia no alcanzaría para solventar los gastos de un mes, en este caso se tendrían distintas alternativas por tomar, por ejemplo se vendería la madera del predio en uno o dos cortes, lo que generaría un ingreso único de \$35,011, y una vez quedando el suelo sin esta cobertura es posible que su uso sea destinado a actividades agrícolas o ganaderas. En este escenario la inscripción a un pago por servicios ambientales no sería una opción viable puesto que las toneladas de carbono capturado son pocas, así como la cantidad mensual que recibirían por la provisión de este servicio (\$148.80).

En el primer caso observamos que optar por la conservación de los recursos naturales y asegurar la provisión de los servicios ambientales, podría traer mejores beneficios económicos para los proveedores de estos servicios, y contribuir a mejorar su calidad de vida que es lo que se busca en un escenario ideal de pago por servicios ambientales.

En el segundo escenario observamos que derivado de la necesidad económica muchos de los poseedores de los predios forestales, se ven en la necesidad de hacer un cambio en el uso del suelo de sus predios, lo contribuye a generar más emisiones de CO₂ a la atmosfera,

puesto que la conservación de sus recursos no resulta viable para la subsistencia de sus familias.

Observamos que el ingreso económico obtenido, puede ser considerado como un factor decisivo para la provisión de los servicios ambientales de origen forestal mediante la conservación del bosque que los provee. Del mismo modo, Figueroa *et. al.* (2016) menciona que el ingreso económico, en sí mismo se vuelve un factor central para la toma de decisiones, en zonas donde existen condiciones de alta vulnerabilidad e incertidumbre económica además del acceso limitado a la información a través de la educación y la capacitación.

Para el caso de las áreas naturales protegidas con ecosistemas forestales el ingreso al mercado de carbono resulta una alternativa viable, puesto que las ganancias económicas derivadas de la provisión del servicio ambiental pueden ser utilizadas para su mantenimiento y desarrollo de estrategias de restauración y conservación que les permita seguir subsistiendo. En el caso de la zona de estudio, los ingresos anuales ascenderían a \$ 440,867 que representarían recursos adicionales y ajenos a los destinados por el gobierno federal para el sostén de esta área natural protegida con categoría de parque estatal.

Cuando se hace un análisis global de precios, ingresos y salarios (figura 11), y tomando como base el ingreso generado por la valoración del servicio ambiental (lo que las personas están dispuestas a pagar) que son \$4,273.20 anuales, esta 1,052.5% debajo del salario mínimo, 671.7% por debajo del precio de la Unión Europea, 2,251.61% por debajo de lo que se podría obtener por la venta de la madera en rollo, 8,650.2% por debajo de lo que se podría obtener si se vendiera la madera en forma de tablones y 7.7% por encima de lo que el gobierno pagaría por el servicio ambiental. De esto se puede desprender que las persona prefieren conservar el bosque para obtener productos tangibles como la madera, que conservar para mantener un servicio ambiental.

De los esfuerzos internacionales por establecer estrategias de conservación de los recursos naturales la Organización de las Naciones Unidas, desde 1972 ha reunido a los países en las grandes Conferencias Ambientales. De la reunión de Río de Janeiro de 1992 se desprendió una Declaración respecto de la Ordenación, la Conservación y el Desarrollo Sostenible de los Bosques de todo tipo.

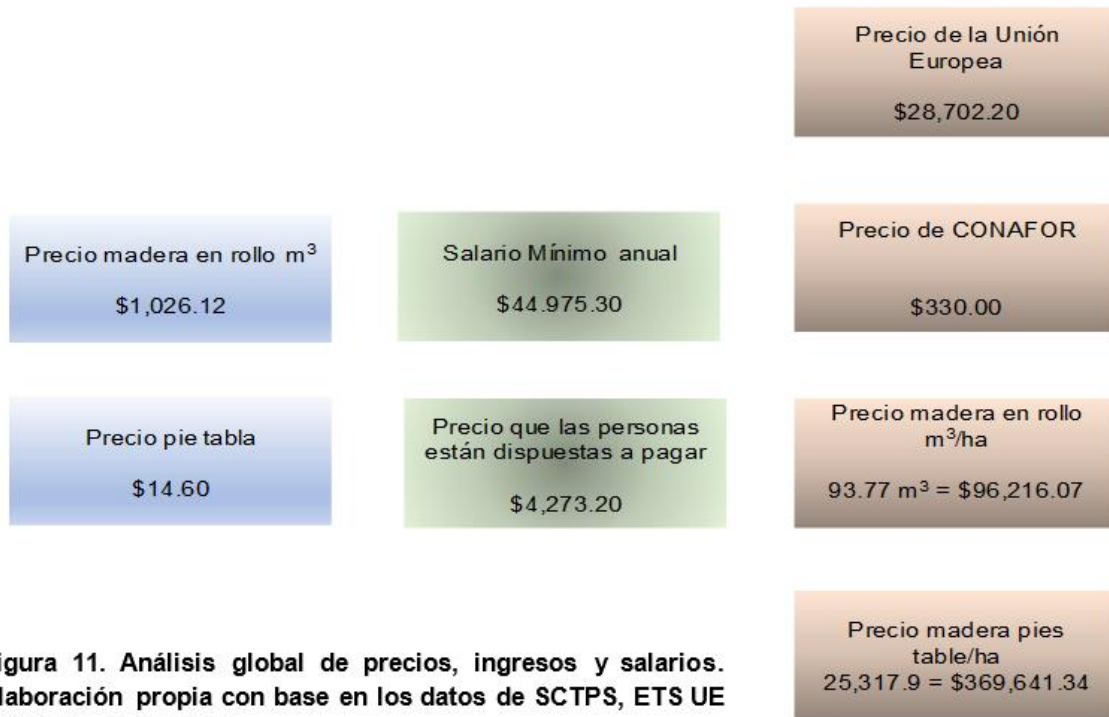


Figura 11. Análisis global de precios, ingresos y salarios.
 Elaboración propia con base en los datos de SCTPS, ETS UE y SIPRE - CONAFOR.

Se indica que la cuestión de los bosques guarda relación con toda la gama de problemas y oportunidades en el contexto del medio ambiente y el desarrollo, incluido el derecho al desarrollo socioeconómico en forma sostenible.

Estos principios obedecen al objetivo rector de aportar una contribución a la ordenación, la conservación y el desarrollo sostenible de los bosques y de tomar disposiciones respecto de sus funciones y usos múltiples y complementarios.

Y se indica que los problemas y las oportunidades que existen en el ámbito de la silvicultura deben ser examinados con un criterio holístico y equilibrado en el contexto general del medio ambiente y el desarrollo, teniendo en cuenta los múltiples usos y funciones de los bosques, entre ellos los usos tradicionales, y los probables problemas económicos y sociales que se plantean cuando esos usos son limitados o restringidos, así como las posibilidades de desarrollo que puede ofrecer la ordenación sostenible de los bosques.

En la figura 12, se ilustra la interacción de los tres componentes para un manejo sustentable de los bosques.

Cómo ya vimos, el manejo sustentable de los recursos forestales, se conforma de los tres ejes o dimensiones fundamentales: una dimensión ambiental, cuyo objetivo es el mantenimiento de los recursos forestales de manera permanente, una dimensión económica, que se resume en la producción sostenida de bienes y servicios, y una dimensión social, que promueve y asegura la participación de las personas en los procesos de adopción de las decisiones que incumben al manejo forestal y a la distribución de los beneficios que de él resultan.

Teniendo entonces que el manejo sustentable de recursos forestales tiene como objetivo lograr bosques ecológicamente estables, saludables, diversos y sostenibles, equilibrados con el desarrollo económico e involucrando a la sociedad para lograr que los procesos de los ecosistemas y su productividad se conserven en el corto, mediano y largo para mantener y mejorar el bienestar humano sobre bases ecológica y económicamente sostenibles.

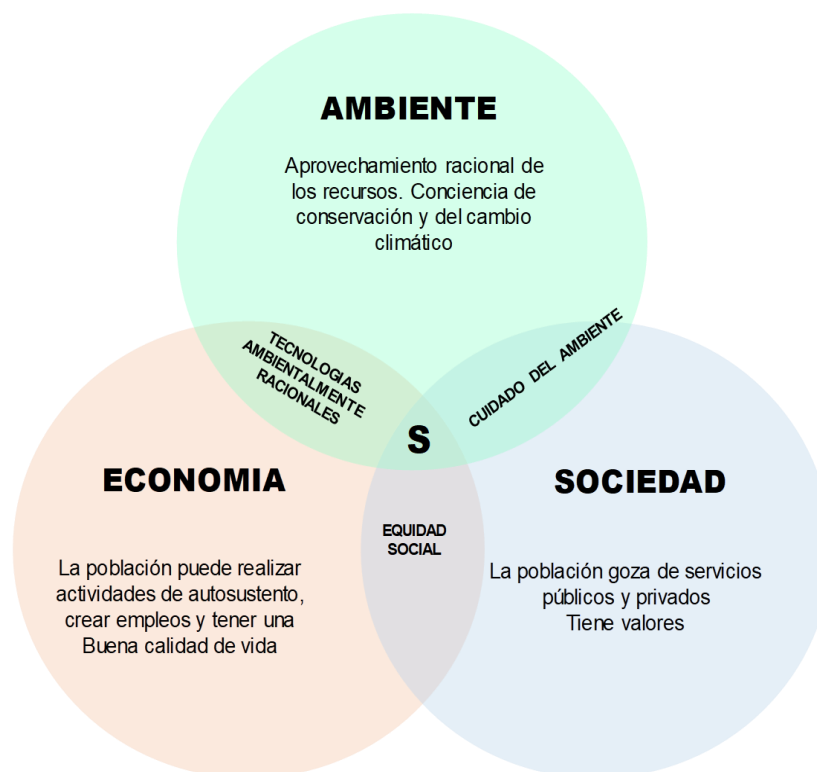


Figura 12. Manejo sustentable de los bosques

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES

- El Área Natural Protegida con categoría de Parque Estatal “Cerro El Faro” y “Cerro de los Monos”, ha estado cumpliendo desde su decreto en 2003 con los objetivos de saneamiento, recuperación, conservación, protección, uso para su desarrollo sustentable.
- La captura de Bióxido de Carbono es una estrategia que permite su remoción de la atmosfera, y su incorporación al ecosistema terrestre.
- La evaluación contingente resulto ser un método adecuado para conocer el comportamiento de las personas que tienen relación con el Faro, con respecto a los servicios ambientales.
- La encuesta generada nos permite identificar cómo se relacionan los visitantes de la zona de estudio con el bosque, también nos permite conocer cómo interaccionan con el bosque desde un contexto económico, social y ambiental.
- Los visitantes a la zona de estudio son recurrentes, puesto que la zona de estudio no resulta atractiva para nuevos visitantes, ya que no existe una diversidad de actividades a realizar dentro de esta.
- El sector poblacional que muestra un mayor porcentaje de participación en relación a temas ambientales es el representado por las mujeres y de manera general el sector que tiene entre 15 y 25 años de edad.
- De acuerdo con los datos sociodemográficos, la población entrevistada que habita cerca de la zona de estudio no depende del bosque para subsistir, tienen acceso a educación media y superior lo que los ha llevado a tener empleos fuera de su comunidad y ajenos de las labores del campo y de la explotación forestal.
- La zona de estudio tiene un valor particular para los visitantes, este valor es distinto al económico, puesto que recorren hasta 90 minutos de trayecto para llegar a esta, la zona de estudio les ofrece las condiciones adecuadas para realizar principalmente actividades de convivencia relacionadas con la recreación, esparcimiento o actividades culturales.
- Observamos que la población entrevistada considera importante la conservación de los recursos naturales, pero carece de información especializada acerca del bosque,

sin embargo, son capaces de identificar de manera intrínseca servicios ambientales que se generan en los bosques.

- Si la población recibe información sobre las características del bosque, así como de los beneficios recibidos y los escenarios de deforestación por los que atraviesan, demuestra mejor aceptación del tema ambiental y tiene una mejor disposición a pagar inmediata por la conservación del bosque.
- La presencia de sesgos e información incompleta afecta de manera negativa este tipo de investigaciones lo que lleva a desechar parte de la información recabada.
- Al realizar los análisis estadísticos, observamos que existe una correlación positiva, si bien no se observó una correlación perfecta, es decir r igual a 1, la correlación observada entre las variables es buena.
- Se identificó que las personas tienen un concepto de la conservación que no está relacionado con asignarle un valor por sí mismo.
- Las personas no perciben que se puede conservar a la naturaleza a través de un pago por mantener el servicio ambiental, ya sea recibirlo o aportarlo.
- Observamos que existe una relación importante entre la calidad de sitio, la captura de carbono y el beneficio económico que podrían recibir los bosques y las comunidades que dependen este para su subsistencia, gracias al servicio ambiental, captura de carbono.
- El servicio ambiental captura de carbono prestado por la zona de estudio, podría servir como un servicio “sombrilla” ya que al ser conservado el bosque que lo genera, a la vez se asegura la provisión de otros servicios ambientales por los que no se está cubriendo una cuota económica pero que de igual forma son aprovechados.
- Al implementar acciones de conservación y restauración, que permitan mejorar las condiciones actuales en las que se desarrollan las especies forestales, se incrementaría la cantidad de toneladas de carbono que la zona de estudio puede capturar.
- Para el caso de las áreas naturales protegidas con ecosistemas forestales el ingreso al mercado de carbono resulta una alternativa viable puesto que las ganancias económicas derivadas de la provisión del servicio ambiental pueden ser utilizadas para su mantenimiento y para el desarrollo de estrategias de restauración y conservación que les permita seguir subsistiendo.

- El cálculo de los ingresos económicos o valoraciones económicas, resulta una herramienta importante puesto que permite realizar una toma de decisiones adecuada para el manejo de la zona y también permite contribuir con el mejoramiento de la calidad de vida de las personas que dependen de los recursos naturales para subsistir por medio de la creación o mejoramiento de políticas públicas existentes, como por ejemplo el pago por servicios ambientales.
- En este estudio identificamos que la valoración económica de los servicios ambientales puede servir para entender, porqué la explotación desmedida de los recursos naturales puede ser más benéfica o tractiva en cuestiones monetarias para las personas, que la conservación de los recursos naturales.
- Con el análisis de los precios de los productos forestales en el mercado, el pago que el gobierno hace por los servicios ambientales no resulta en absoluto atractivo para los habitantes.
- La apertura de mercados de carbono, distintos a los voluntarios, en la economía nacional, podría ayudar con la disminución de la presencia de GEI en la atmósfera y contribuir con el incremento del PIB, tal como ocurrió en California.
- Las alianzas regionales para el establecimiento de los mercados de carbono podrían ser de gran utilidad para el desarrollo e implementación de estos, así mismo el ingreso a los MDL contribuirían con el fortalecimiento de la economía y desarrollo social en comunidades que dependen de los ecosistemas para su subsistencia.
- El fortalecimiento de las relaciones entre los diferentes actores sociales, políticos y económicos relacionados con los recursos naturales, podría contribuir con una administración más eficiente sobre el uso y manejo sustentable de estos.
- Se requiere realizar programas de educación ambiental que le permitan a las personas concretizar los conocimientos sobre la conservación y los servicios ambientales.
- Es necesario que, para un desarrollo sustentable de los bosques, se consideren los ejes ambiental, social y económico.
- La provisión del servicio ambiental, en comunidades que dependen de los recursos forestales, puede contribuir con algunos de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), por ejemplo:
 - El número uno (*Fin de la pobreza*) mediante la inserción del bosque a los distintos mecanismos económicos derivados de la implementación de MDL, el PSA o la inserción dentro de los Mercados de carbono, las comunidades

podrían percibir ingresos económicos que contribuyan a mejorar su calidad de vida.

- El objetivo ocho (*Trabajo decente y crecimiento económico*) la inserción dentro los mecanismos de mercado de las comunidades con vocación forestal puede contribuir con crecimiento económico a partir de economías sustentables.
- Objetivo 13 (*Acción por el clima*) que se enfoca en la reducción del aumento en la temperatura global y en los efectos del cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, K. F. y Alcántara V (comp). 2011. De La economía Ambiental a la Economía Ecológica. 9 -20 pp. Barcelona, España.
- Alfaro, L., Herrera, C. y Rojas, M. 2017. Guía Metodológica Manejo de Recursos Naturales en Áreas Silvestres Protegidas. Ministerio de Ambiente y Energía. Dirección de Geología y Minas. Costa Rica. 60p.
- Alberto V.A. 2009. Propuesta metodológica para un sistema de pago por servicios ambientales en el Estado de México. Cuadernos Geográficos (44). 29-49 p.p
- Álvarez-Icaza, P. 2014. El uso y la conservación de la biodiversidad en propiedades colectivas. Una propuesta de tipología sobre los niveles de gobernanza. Revista Mexicana de Sociología. 76. 199-226 pp.
- Angelsen, A., Brockhaus, M., William, S. y Verchot L. 2013. Análisis de REDD+: Retos y opciones. (p 471). Indonesia: CIFOR ORG.
- Andrade A., Arguedas S., Vides R. 2011. Guía para la aplicación y monitoreo del Enfoque Ecosistémico. CEM-UICN, CI-Colombia, ELAP-UCI, FCBC, UNESCO-Programa MAB, , 42 p.
- Annabel L. Smith, L. A. et al. 2020. Global gene flow releases invasive plants from environmental constraints on genetic diversity. Proceedings of the National Academy of Sciences 117 (8) 4218-4227
- Arcos, T. 2018. Valoración de captura de Bióxido de Carbono (CO₂) en coníferas, en el Parque estatal “El Faro”, Tlalmanalco, Estado de México, México (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Ciudad de México. México.
- Armenteras, D., González, T.M., Vergara, L.K., Luque, F.J., Rodríguez N. y Bonilla M.A. 2016. Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. Ecosistemas 25(1): 83-89.
- Aryai, D. R. et al. 2018. Potencial de almacenamiento de carbono en áreas forestales en un sistema ganadero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 9(48): 150-180.
- Ávila-Foucat, V. S. 2007. Los modelos de la economía ecológica: una herramienta metodológica para el estudio de los servicios ambientales. Gaceta Ecológica. 85-91.
- Azqueta, D. 2007. El valor del medio ambiente. En Fernández J.I. (Ed.), Introducción a la economía ambiental. (pp. 69-97), Aravaca (Madrid) España. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA.
- Azqueta, D. 2007. Métodos de valoración de la calidad ambiental. En Fernández J.I. (Ed.), Introducción a la economía ambiental. (pp. 99-139), Aravaca (Madrid) España. McGraw-Hill/Interamericana de España
- Balvanera P. y H. Cotler. 2007. Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones. Gaceta Ecológica. INE-SEMARNAT 84-85: 117-123.

- Balvanera P. y H. Cotler. 2007. Acercamiento al estudio de los servicios ecosistémicos. 2007. Gaceta Ecológica. INE-SEMARNAT 84-85: 8-15.
- Banco Mundial. 2019. Carbon Pricing Dashboard. Disponible en https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data fecha de consulta 11 de febrero de 2020.
- Benjamín, J.A y Masera, O. 2001. Captura de Carbono ante el cambio climático. Madera y Bosques. 7 (1). Instituto de Ecología, Xalapa, México. 3 – 12 pp.
- Bolsa Mexicana de Valores (BMV). 2018. El mercado de carbono mexicano iniciará en 2022, después de una fase piloto de tres años. Disponible en <https://blog.bmv.com.mx/2018/11/27/el-mercado-de-carbono-mexicano-iniciara-en-2022-despues-de-una-fase-piloto-de-tres-anos/> fecha de consulta: 10 de enero del 2020.
- Born, W., Rauschmayer, F., Bräuer, I. 2005. Economic evaluation of biological invasions— a survey. Ecological Economics (55). 321– 336
- Brown, S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest: a Primer*. FAO Forestry Paper 134. Rome, Italy. 55 p.
- Brown, S., Lugo, A. y Chapman, J. 2011. Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget. Canadian Journal of Forest Research. (16). 390-394 pp.
- Burns, E. 2000 (Coordinadora). Atlas Municipal de Recursos Naturales de Tlalmanalco. 1º Ed. Universidad Autónoma Metropolitana y Consejo Social Iztaccíhuatl, A.C. México. 108 pp.
- Bustamante, G.V., Carrillo P.A., Prieto R.J., Corral R.J. y Hernández, D. J. 2016. Química de la biomasa vegetal y su efecto en el rendimiento durante la torrefacción: revisión. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 7 (38). 5 -24 pp.
- Castiblanco, C. 2007. La economía ecológica: Una disciplina en busca de autor. Gestión y Ambiente. 10:3. 7-22 pp.
- Carba, I H. A. 2012. Una reflexión crítica en torno a la valoración económica de los recursos naturales y el medio ambiente. Saber, Ciencia y Libertad Vol. 7 (2): 125-133.
- Carbon Market Watch. 2017. Mercados globales de carbono. Disponible en: <https://carbonmarketwatch.org/es/nuestro-trabajo/fijacion-del-precio-del-carbono/mercados-globales-de-carbono-2/> Consultado el 25 de enero de 2020.
- Carbon Market Watch. 2017. Mercado de carbono y precios mínimos de la UE. Disponible en: <https://carbonmarketwatch.org/es/nuestro-trabajo/fijacion-del-precio-del-carbono/mercado-de-carbono-en-la-ue/> Consultado el 25 de enero de 2020.
- Carmel Y, *et al.* 2013. Trends in Ecological Research during the Last Three Decades – A Systematic Review. PLoS ONE 8(4): e59813. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059813>

- Caro-Caro, C. y Torres-Mora, M. 2015. Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: aplicación en agroecosistemas. *ORINOQUIA*, 19(2), 237-252.
- CBD, 2020. Convention of biological diversity. List of parties. <https://www.cbd.int/information/parties.shtml> consultada el 30 de mayo del 2020.
- Centro para la Sustentabilidad Incalli Ixcahuicopa - UAM. 2020. LA FLORA VASCULAR DEL PARQUE ESTATAL "EL FARO", TLALMANALCO DE VELÁZQUEZ, ESTADO DE MÉXICO [en línea] Disponible en: <http://centli.org/forestal.html> Consultada el 5 de junio del 2020.
- Christopher H. Trisos, Cory Merow, Alex L. Pigot. 2020. The projected timing of abrupt ecological disruption from climate change. *Nature* 580: 496–501
- Chávez, C. J. M. y Trigo B. N. 1996. Programa de Manejo para el Parque Nacional Iztaccihuatl-Popocatepetl. Colección Ecología y Planeación. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 299 p.
- CIDAC, 2014. Pagar Para Conservar Nuestros Bosques: ¿Funcionan los pagos por servicios ambientales en México? Centro de Investigación para el Desarrollo, A.C. (CIDAC). México, D.F.
- Código para la Biodiversidad del estado de México. 2006. Disponible en: <https://legislacion.edomex.gob.mx/node/915> consultada el 10 de junio del 2020.
- Cohen, E. y Franco, R. 1998. Tipos de evaluación. En Evaluación de Proyectos Sociales. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES/ONU) y Centro Interamericano de Desarrollo Social (CIDES/OEA). Argentina. Grupo editor latinoamericano. 107 -122 pp.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2008. Los ecosistemas terrestres. Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) 2020. Servicios Ambientales. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/servicios-ambientales-27810> consultada el 15 de marzo del 2020.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) 2019. Apoyos CONAFOR <https://www.gob.mx/conafor/acciones-y-programas/apoyos-conafor?idiom=es> consultada el 30 de mayo del 2020.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2019. <https://www.gob.mx/conafor/prensa/celebra-la-conafor-16-anos-de-la-creacion-del-programa-pago-por-servicios-ambientales>. consultada el 25 de enero del 2020.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2011. Servicios Ambientales y Cambio Climático. CONAFOR. Documento disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/24/2727DOSSIER.pdf>

- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2018. Programas de Manejo de las Áreas Naturales Protegidas de México documento disponible en: <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programas-de-manejo>
- Cornejo – De Latorre, C., Calderón-Patrón, J., Suarez-Ramírez, L. 2014. Los servicios ambientales y la biodiversidad. *Investigación ambiental* 6 (1) 53 -60 p.p.
- Corredor-Camargo, E., Fonseca-Carreño, J., Páez, E. 2012. Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 3 (1). 77-84 p
- Costanza R., D'Arge R., Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R., Jose Paruelo J., Raskin R., Suttonk P., Van Den Belt M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *NATURE*. Vol. 387.
- Costanza R., Groot R., Sutton P., Van der Ploeg S., Anderson S., Kubiszewski I., Farber S., Turner K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26. 152–158
- Daily, G. *et al.* 2009. Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment* Vol 7(1): 21-28.
- Daily, G. C. (ed.). 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, D.C.
- Del Saz, S. S. y L. García M. 2002. IX Encuentro de Economía Pública. Universidad de Vigo. España. 15 pags.
- De la Mora, DLM.G. 2011. Una propuesta de análisis sobre proyectos de compensación por servicios ambientales. *TRAYECTORIAS*.13:32. 28-51 pp.
- Del Mazo, A. 2018. Áreas Naturales Protegidas: Soluciones Naturales al Cambio Climático, en: *Nuestro Ambiente*. 19. 7pp.
- De Vengoechea, A. 2012. Las Cumbres de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Proyecto Energía y Clima de la Fundación Friedrich Ebert – FES. Colombia. Disponible en: <http://www.fes-energiayclima.org/>
- Díaz-Cruz, M. C. 2016. Bonos de carbono: un instrumento en el sistema financiero internacional. *Revista Libre Empresa*. 13(1). 11 -33 pp.
- Dixon, J. y Pagiola, S.1998. *Análisis Económico y Evaluación Ambiental*. Environmental Assessment Sourcebook update. The World Bank. Washington D.C.
- Dourojeanni, M. 1986. *Recursos naturales, desarrollo y conservación en el Perú*. Barcelona.
- Duarte, C. (coord.), Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A., Simó, R. y Valladares, F. 2006. *La maquinaria de la biosfera en Cambio global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Colección divulgación. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 31- 42 pags.
- Elbers, J. (Editor). 2011. *Las áreas protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro*. Quito, Ecuador, UICN, 227 p.

- Environmental Protection Agency (EPA). 2019. Air Topics. Disponible en: <https://www.epa.gov/environmental-topics/air-topics>
- Eschenhagen, M. 2007. Las cumbres ambientales internacionales y la educación ambiental. Oasis (12). 37- 76 pp. Bogotá, Colombia.
- Ezcurra, E., A. Valiente-Banuet, O. Flores-Vilela y Vázquez-Domínguez. E. 2001. Vulnerability to global environmental change in natural systems and rural Areas: A question of latitude? Pp. 217-246. In: J. X. Kasperson, R. e, Kasperson (eds.). Global environmental risk. United Nations University. Tokyo.
- Ezzine de Blas, D., Coq, J. y Guevara, A. (coords.). 2017. Los pagos por servicios ambientales en América Latina. Gobernanza, impactos y perspectivas. Universidad Iberoamericana Ciudad de México. 360 pp.
- Farber, S., Costanza, R., y Wilson, A. 2002. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem Services. *Ecological Economics* (41). 375–392
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2004. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina Documento de Trabajo. Informe nacional - México. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i2215s/i2215s00.htm#TopOfPage> consultado el 12 de febrero del 2020.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005. Hacia la ordenación forestal sostenible. FAO. Roma.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. Situación de los bosques del mundo. FAO, Roma. [en línea] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a0773s/a0773s00.htm> consultado en marzo del 2019.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009. Pago por Servicios Ambientales en Áreas Protegidas en América Latina. Fortalecimiento del Manejo Sostenible de los Recursos Naturales en las Áreas Protegidas de América Latina. FAO. Roma.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. *Mercados de carbono: Qué tipos existen y cómo funcionan*. En: Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor. 5 -11 pp. Documento disponible en: <http://www.fao.org/3/i1632s/i1632s02.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2018. Servicios ecosistémicos y biodiversidad. <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/regulating-services/es/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. Elaboración de una política forestal eficaz. 94 Pags. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i1679s/i1679s00.pdf> Consultado el 11 de noviembre del 2020.

- Figuroa, F., Caro-Borrero, A., Revollo-Fernández, D., Merino, L., Almeida-Leñero, L., Paré, L., Espinosa, D. y Mazari-Hiriarte, M. 2016. "I like to conserve the forest, but I also like the cash". Socioeconomic factors influencing the motivation to be engaged in the Mexican Payment for Environmental Services Programme. *Journal of Forest Economics*. 22. 36 – 51.
- Forest Trends. 2007. en FAO 2009. <http://www.forest-trends.org>. [En línea]. [Consulta: agosto de 2008.]
- Foronda Torrico, José María, & Foronda Zubieta, Claudia Lorena. 2007. La evaluación en el proceso de aprendizaje. *PERSPECTIVAS*, (19),15-30.
- Foladori, G. 2005. La economía ecológica. ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial. México.
- Fronzizi, R. I. 2009. EL Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL en: El Mecanismo de Desarrollo Limpio: Guía de Orientación. Programa de la UNCTAD de Cambios Climáticos. Brasilia. 131 pp.
- Fuente, C. M. 2008. La Economía Ecológica: ¿un paradigma para abordar la sustentabilidad? *Nueva Época*. 21: 56. México.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gardner, G. 2008. La situación del mundo 2008: Innovaciones para una economía sostenible. 181 pp. Barcelona.
- Garzón, L. 2013. Revisión del método de valoración contingente: experiencias de la aplicación en áreas protegidas de América Latina y el Caribe. *Espacio y Desarrollo* (25). 65-78 pp.
- Gaviño de la Torre, G. 2015. Aves de Morelos. Estudio general, guía de campo y recopilación biológica. CONABIO. 572 pp.
- Gómez – Baggethun, E. 2011. Análisis crítico de los pagos por servicios ambientales: de la gestación teórica a la implementación. *Revista española de estudios Agrosociales y Pesqueros*. No.228. p. 33-58
- González, I.E., Barrero M. H. y Carrasco, R.Y. 2013. Evaluación de las clases de calidad de sitio de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en la Empresa Forestal Integral Macurije (Pinar del Río, Cuba). *Ecosistemas* 22 (3):46-51 pp.
- Graves, P.E., 2010. Benefit-Cost Analysis of Environmental Projects: A Plethora of Systematic Biases. CESIFO working paper. *Resource and environment economics*.
- Graves, E. Philip. 2003. Valuing public goods. Department of economic, University of Colorado. 8 pags
- Guía de Orientación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). 2009. Programa de la UNCTAD de Cambios Climáticos. Brasilia. 131 pp.

- Guía para la Estimación de Absorciones de Dióxido de Carbono. 2019. Cálculo de las absorciones generadas por los proyectos de absorción. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guiapa_tcm30-479094.pdf.
- Guzmán-Mendoza, R., Zavala-Hurtado, J. A., Castaño-Meneses, G., y León-Cortés, J. 2014. Comparación de la mirmecofauna en un gradiente de reforestación en bosques templados del centro occidente de México. *Madera y Bosques*. (20) 1: 71-83 pp.
- Hardin, G. 1968. La Tragedia de los Comunes. *Science* 162: 1243-1248
- Hartley, B. M. 2008. Economía Ambiental y Economía Ecológica: un balance crítico de su relación. *Economía y Sociedad*. (33). 55 – 65 pp.
- Herrador, D. y Dimas, L. 2000. Aportes y limitaciones de la valoración económica en la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales. *Prisma*. (41). 15 pgs.
- IEFyS- Oaxaca (Inventario Estatal Forestal y de Suelos Oaxaca). 2013. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional Forestal Disponible en: https://www.cnf.gob.mx:8443/snif/seif_oaxaca/images/pdf/IEFyS_Marco_Conceptual.pdf
- INFyS (Inventario Nacional Forestal y de Suelos) Informe de Resultados 2009-2014. 2018. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 1era. Edición. México. 35pp.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2015. Conceptualización de las metodologías de valoración económica y de la evaluación de los apoyos otorgados por servicios ambientales en materia de bosques y selvas. Primer reporte, 77 pags.
- INEGyCEI (Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015). 2018. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Mexico, Primera edición, 851 pags.
- IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change) .2019. Climate Change and Land. IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems.
- Jaime, C. A., J. Echavarre, M. Herrera. 2011. La disposición a pagar por el medio ambiente Un análisis con datos de Andalucía. Centro de Estudios Andaluces. 29 pags
- Juste, R. y J. M. García Ramos. 1989. Diagnóstico, Evaluación y toma de decisiones. Serie: Tratado de educación personalizada. Ediciones Rialp, S.A. Madrid. Pág. 23.
- Koch, V. 2015. Análisis Comparativo de Instrumentos para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad en el Golfo de California. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH – SEMARNAT- CONANP. 53 p.
- Kolstad, C. 2000. Teoría de la demanda ambiental. En *Economía Ambiental*. (pp 337-361). México. Ed. Oxford.

- Kolstad, C. 2000. Eficiencia y mercados. En *Economía Ambiental*. (pp 57-87). México. Ed. Oxford
- Kratena, K. 2004. 'Ecological value added' in an integrated ecosystem–economy model—an indicator for sustainability. *Ecological Economics*. 48: 189 – 200 pp.
- Lai, R. 2004. Soil Carbon Sequestration in Natural and Managed Tropical Forest Ecosystems. *Journal of Sustainable Forestry*. Vol 21 (1).
- Lal, R. 2018. The carbon sequestration potential of terrestrial ecosystems. *J. of Soil and Water Conservation* :73(6): 145-152.
- Lal, R. 2008. Carbon sequestration. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 363: 815–830
- Lancaster, K.1971. *Consumer Demand: A New Approach*. Columbia University Press, New York.
- Landell-Mills, N. y Porras, I.T. 2002. ¿Bala de plata u oro de tontos? Revisión global de servicios ambientales del bosque y su impacto sobre los pobres. IIED, Londres.
- LGDFS (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable). 2018. Artículo 7. Párrafo XXIII. Diario Oficial de la Federación.
- LGDFS (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable). 2018. Capítulo Uno, *Objeto y Aplicación de la Ley*. Diario Oficial de la Federación.
- LGDFS (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable). 2018. Artículo 1. Diario Oficial de la Federación.
- LGDFS (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable). 2018. Artículo 3. párrafos: *III, IV, XII, XV, XXIII, XXVIII, XXXV, XXXIX y LX*. Diario Oficial de la Federación.
- LGDFS (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable). 2018. Artículo Artículo 10, párrafos *X, XI y XII*. Diario Oficial de la Federación.
- LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente) 2018. SECCIÓN II. Tipos y Características de las Áreas Naturales Protegidas. Diario Oficial de la Federación.
- LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente).2018. Biodiversidad. CAPÍTULO I. Áreas Naturales Protegidas. SECCIÓN I. Disposiciones Generales. Diario Oficial de la Federación.
- LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente).2018. SECCIÓN III. Declaratorias para el Establecimiento, Administración y Vigilancia de Áreas Naturales Protegidas. Diario Oficial de la Federación.
- LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente).2018. SECCIÓN IV. Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Diario Oficial de la Federación.
- Londoño, C. 2006. Los recursos naturales y el medio ambiente en la economía de mercado. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 4(1), 25-42 pp.

- Macip-Ríos y R. Macip, R., F. 2012. PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES (ECOSISTÉMICOS) EN MÉXICO ¿UNA ALTERNATIVA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y EL DESARROLLO? BIOCYT, UNAM, 6(20): 375-387.
- Maass, J.M. y Martínez-Yrizar, A. 1990. Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto. Ciencias. Especial, 4. UNAM. 10 – 20 pp.
- May, R. et al. 2019. Visualizing the linkages between land use, biodiversity and the delivery of wildlife-related ecosystem services. Ecosystem Services Vol 39: 1-12
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2003. Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación. Documento disponible en: <https://www.millenniumassessment.org/es/Framework.html> Ultima consulta: 19 de noviembre de 2019.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) 2003. Ecosystems and human wellbeing: a framework for assessment. Island Press, Washington, D.C.
- Méndez, M. y Restrepo, E. 2013. Los bonos de carbono y el impacto en la economía colombiana. 18 pp. Colombia.
- Ministerio del Ambiente de Perú. 2020. Legislación ambiental. ¿QUÉ SON LOS SERVICIOS AMBIENTALES? [en línea] Disponible en: http://www.legislacionambientalspda.org.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=283&Itemid=4167 consultado el 7 de junio del 2020.
- Miranda, M., Porras I. y Moreno M. 2003. Los Impactos Sociales de los Servicios por Pagos Ambientales en Costa Rica. Markets for environmental services #1. Londres, IIED.
- MITECO. 2020. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Protocolo de Kioto [en línea] Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/protocolo-kioto.aspx> consultado el 5 de junio del 2020.
- Moctezuma, B. P. y González, M. I. (Coords.). 2007. Programa de Conservación y Manejo del Parque Estatal “Cerro El Faro” y “Cerro de los Monos”. CENTLI-PISN. Línea Forestal y de Biodiversidad. 107 p.
- Mora, A. 2004. La evaluación educativa: Concepto, períodos y modelos. Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación", 4 (julio-diciembre). Universidad de Costa Rica.
- Mora, V.R. 2012. Servicios ambientales y ecosistémicos: conceptos y aplicaciones en Costa Rica. PUENTES, VOLUME (13) 2. 1-5.
- Morán, C. 2017. *¿Es la economía un subsistema de la biosfera o al revés?* En: *¿Qué es la economía ecológica? 99 preguntas y 99 Experiencias para aprender a vivir en un mundo justo y sostenible.* Ecologistas en Acción. Madrid.
- Montes, C. 2007. Del desarrollo sostenible a los servicios de los ecosistemas. Ecosistemas. 16 (3):1-3.

- Muñoz, V.C. 2005. Bienes y servicios ambientales en México: caracterización preliminar y sinergias entre protección ambiental, desarrollo del mercado y estrategia comercial. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. ONU.
- Nájera R. M. 2009. ¿Privatización o gestión social de los recursos hídricos? El Cotidiano [en línea] (mayo-junio). Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32512745012>>
- National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA). 2019. What is the Global Greenhouse Gas Reference Network? Disponible en: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/about.html> Fecha de consulta 27 de enero de 2019.
- National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA). 2019. THE NOAA ANNUAL GREENHOUSE GAS INDEX (AGGI). OAA Earth System Research Laboratory. Disponible en: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>. Fecha de consulta 27 de enero de 2019.
- Návar-Cháidez, J. y Jurado-Ybarra, E. 2009. Productividad foliar y radicular en ecosistemas forestales del Noreste de México. Ciencia forestal en México, 34(106), 89-106 pp.
- NOM-059-SEMARNAT-2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Novo, M. 1995. La educación ambiental, bases éticas, conceptuales y metodológicas, Madrid, Editorial Universitas S.A.
- Noyola, J. y Méndez, G. 2005. Enciclopedia de los Municipios de México. Estado de México. Tlalmanalco. Gobierno del Estado de México e Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Página web: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15103a.htm>
- Objetivos del Desarrollo Sostenible. 2020. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [en línea] Disponibles en <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html> consultados el 13 de junio del 2020.
- Odum, E. y R. Elizondo M. 1986. Fundamentos de ecología. Nueva Editorial Interamericana. México. MX. Pag.422 p.
- Odum, E. 1972. Principios y Conceptos relativos al ecosistema, en Ecología. Ed. Interamericana 3era. Edición. México. D.F.
- ONU. 1992. Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Declaratoria disponible en: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>
- ONU. 2012. RIO+20. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible. Río de Janeiro (Brasil). Declaratoria disponible en: https://rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.216-l-1_spanish.pdf.pdf

- ONU, 2017. Conferencia sobre los Océanos. Naciones Unidas, disponible en: <https://www.un.org/es/conf/ocean/about.shtml>
- ONU. 2007. Plan de Acción de Bali. Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Bali.
- Orantes-García, C., Pérez-Farrera, M.A., Del Carpio-Penagos, C. y Tejeda-Cruz, C. 2013. Aprovechamiento del recurso maderable tropical nativo en la comunidad de Emilio Rabasa, Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Madera bosques*. 19 (3). Xalapa, México.
- Ordoñez D. J., 2008. Cómo entender el manejo forestal, la captura de carbono y el pago de servicios ambientales. *Ciencias*, Núm. 90, abril-junio, pp. 37-42. UNAM.
- Orrantia, A. O., Ortega, H. M., Quirós, M. O., Loidi, A.J. 2008. Servicios ambientales del bosque: ensayo en una cuenca atlántica europea con base en la experiencia de Centroamérica. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 56 (4): 2087-2098.
- Ozdemiroglu, E. y Hails, R. (eds), 2016. *Demystifying Economic Valuation, Valuing Nature Paper*.
- Pacchiano, R. 2018. Sin precedentes, el cuidado de nuestras áreas naturales protegidas en: *Nuestro Ambiente*. 19. 4-5 pp.
- Pagiola, S., Bishop, J. y Landell-Mills N., eds. 2002. *Venta de Servicios Ambientales Forestales. Instrumentos de Mercado para la Conservación y el Desarrollo*. Londres y Sterling: Earth scan.
- Perevochtchikova, M., Tamayo – Ochoa A. 2012. Avances y limitantes del programa de pago de servicios ambientales hidrológicos en México, 2003-2009. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3(10), 89-112. Recuperado en 01 de junio de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextpid=S2007-11322012000200008yInq=esyInq=es.
- Pimienta T., D. J., G. Domínguez C. J, O. Aguirre C., F. J. Hernández y J. Jiménez P. 2007. Estimación de biomasa y contenido de carbono de *Pinus cooperi* Blanco, en Pueblo Nuevo, Durango. *Madera y Bosques* 13(1): 35-46.
- Pisanty, I., Urquiza-Haas, E., Vargas-Mena, A. 2016. Instrumentos de conservación *in situ* en México: logros y retos, en *Capital natural de México*, vol. IV: *Capacidades humanas e institucionales*. CONABIO, México, pp. 245-302
- Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020. Decenio de las naciones unidas sobre la biodiversidad. *Diversidad Biológica de los Bosques* [en línea] disponible en <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf> consultado el 1 de junio del 2020.
- Plataforma Mexicana de Carbono. 2016. Proyecto de Captura de Carbono Forestal en Bienes Comunales de Santiago Tlacotepec (Ficha técnica). Disponible en: <http://www.mexico2.com.mx/proyectos.php?id=27>

- Programa de Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA). 2015. Términos y Definiciones. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia 37pgs.
- Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Naciones Unidas. Artículo 12 [en línea]. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf> Consultado el 5 de junio del 2020.
- Raworth. K. 2017. The Doughnut of social and planetary boundaries. <https://www.kateraworth.com/doughnut/#>
- Régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea (RCDE UE). 2019. Disponible en https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_es Consultado el 10 de febrero de 2020.
- Resico, M. 2011. Elementos del mercado en: Introducción a la Economía Social de Mercado. Edición Latinoamericana.
- RCDE UE (Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea). 2019. [en línea]. Disponible en https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_es#:~:text=El%20r%C3%A9gimen%20de%20comercio%20de,de%20gases%20de%20efecto%20invernadero. Consultado el 2 de junio del 2020.
- Riera, P. 1994. MANUAL DE VALORACION CONTINGENTE. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Disponible en: https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/0/35060/Manual_Evaluacion_Contingente.pdf
- Rietkerk, M., & Koppel, J. V. D. 2008. Regular pattern formation in real ecosystems. Trends in Ecology and Evolution, 23(3), 169-175.
- Rivas, T. D. 2002. Sistemas de producción forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 26 pags
- Rockström, J., et al. 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society 14(2): 1-32
- Rodríguez, L. L.A. et al. 2016. Estimación de biomasa y carbono almacenado en los bosques comunitarios de la región Frailesca de Chiapas, México. Rev. Mex, de Ciencias Forestales Vol 7 (37): 77-94
- Rodríguez, K. y Ávila, V. 2014. Instrumentos de política pública para la conservación: su nacimiento y evolución en Colombia. Perfiles Latinoamericanos. 43. 127 – 158 p.
- Ruiz - Pérez M., García- Fernández, C. y Sayer, J. A. 2007. Los servicios ambientales de los bosques. Ecosistemas. 16 (3): 81-90. Septiembre.
- Russo, R. 2002. Recursos Naturales, uso, conservación, sostenibilidad e investigación. En Seminario – Taller “Políticas y Prioridades de Investigación Agropecuaria y Forestal en República Dominicana. 10 pags.

- Salazar, G. J., Santiago, O., Sánchez, M. V., Monroy, R.C y Couttolenc B.E. 2012. Modelo para determinar calidad de sitio a edades tempranas de cuatro especies tropicales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 3:11. 71 – 80 pp.
- Salusso, E. M. 2008. *Regulación Ambiental: Los Bosques Nativos*. Universidad de Belgrano Buenos Aires, Argentina
- Samayoa, S. 2011. *Guía de orientaciones Mercado de Carbono: oportunidades para proyectos de pequeña escala*. 10 pp.
- Santibañez, G. E. 2014. Captura y almacenamiento de carbono para mitigar el cambio climático: modelo de optimización aplicado a Brasil. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 30:3, 235-245 pp.
- Saugier, B. y Pontallier, J. 2006. El ciclo global del carbono y sus consecuencias en la fotosíntesis en el Altiplano boliviano. *Ecología en Bolivia*. 41(3): 71-85 pp.
- Schwartz, S. H. 1987. Toward a Universal Psychological Structure of Human Values. *J. of Personality and Social Psychology*, 53: 550-562.
- Secretaría de Trabajo y Previsión Social. <https://www.gob.mx/stps/prensa/con-aumento-de-20-al-salario-minimo-para-2020-mexico-tiene-las-bases-para-crecer-afirma-presidente-lopez-obrador-230226>
- Sedjo, R. y B. Sohngen. 2012. Carbon Sequestration in Forests and Soils. *Annu. Rev. Resour. Econ.* 4:127–53
- SENDECO₂ (Sistema europeo de negociación de CO₂). Precios de CO₂ disponible en: <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2> consulta el 11 de febrero de 2020.
- Schlegel, B. 2001. Estimación de la biomasa y carbón en bosques del tipo forestal siempre verde. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Chile
- Schulze E. Wirth, M. y Heimann, M. 2000. Managing Forests After Kyoto. *SCIENCE*. 289. 2058-2059 pp.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales 2005. *Actualización 2013*.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2017. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2017.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2003. Introducción a los servicios ambientales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/304629727_Introduccion_a_los_servicios_ambientales?enrichId=rgreq-2cc0f6d3c1273f7c0c889c934cb77055-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMwNDYyOTcyNzUzBUozNzq4MzAyMTM2NjQ3NjIjAMTQ2NzMTU2OTU2Nw%3D%3D&el=1_x_2y_esc=publicationCoverPdf

- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Reglas de Operación del Programa Nacional Forestal 2013. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2018. México y su mercado de Carbono: Avances que ponen el ejemplo. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-y-su-mercado-de-carbono-avances-que-ponen-el-ejemplo?idiom=es>. Fecha de consulta 23 noviembre, 2019.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2019. Mecanismo de Desarrollo Limpio. Disponible en http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_AIRE02_05yIBIC_user=dgeia_mceyIBIC_pass=dgeia_mce Consultado el 11 de febrero de 2020.
- Silva, T. B. 2012. Evaluación Ambiental: Impacto y Daño. Un Análisis Jurídico desde la Perspectiva Científica. Tesis Doctoral Universidad de Alicante. 565 pags
- Simonian, L. 1999. La defensa de la tierra del jaguar. Una historia de la conservación en México. México, INE-Conabio- Imernar.
- Solow, R. 2011. *La Economía de los Recursos o los Recursos de la Economía*. En: De La economía Ambiental a la Economía Ecológica. 83 -97pp. Barcelona, España.
- Sistema de Precios de Productos Forestales Maderables (SIPRE). Reporte Semestral segundo semestre del 2018. Precios de productos forestales. Disponible en: <https://snigf.cnf.gob.mx/precios-de-productos-forestales-maderables-sipre/>
- Sraffa, P., 1960. Production of Commodities by Means of Commodities: Prelude to a Critique of Economic Theory. Cambridge University Press, Cambridge.
- Stern, P. C. 2000. Toward a Coherent Theory of Environmentally Significant Behavior. *J. of Social Issues*, 56(3): 407-424.
- Strengers BJ, van Minnen JG, Eickhout B. 2008. The role of carbon plantations in mitigating climate change: potentials and costs. *Clim. Change* 88:343–66
- Tavoni M, Sohngen B, Bosetti V. 2007. Forestry and the carbon market response to stabilize climate. *Energy Policy* 35(11):5346–53
- The Eliasch Review. 2008. Forest communities and ecosystem services en Climate Change: Financing Global Forests. United Kingdom. 6-8pp.
- Torres, T.M. y Guevara, A. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *GACETA ECOLÓGICA*. 63. 40-59 pp.
- UICN (International Union for Conservation of Nature). 2009. REDD-plus y la distribución de los beneficios. 8 pags [en línea] Disponible en: https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/iucn_redd_benefit_sharing_spanish.pdf consultado en Octubre del 2019.

- UICN (International Union for Conservation of Nature) 2020. ¿Qué es REDD+? [en línea] <https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestro-trabajo/cambio-clim%C3%A1tico-en-am%C3%A9rica-del-sur/bosques-y-cambio-clim%C3%A1tico/%C2%BFqu%C3%A9-es-redd> Consultado el 6 de junio del 2020.
- Unión Europea, 2010. Bienes y servicios ecosistémicos. Ecosistemas. Comisión Europea para el medio ambiente. Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/Eco-systems%20goods%20and%20Services/Ecosystem_ES.pdf
- Valdivielso N.J. 1999. Economía ambiental y economía ecológica: técnica y política en la gestión ambiental. Laguna. Extraordinario. 313-319.
- Vatn, A. 2015. Environmental Governance: Institutions, Policies and Actions. Edward Wlgar Pub. England. Cap 3: 49-73: Cap 6: 133-159
- Vargas, N., Bustos, C., Ordoñez, O., Calle, M. y Noblecilla, M. 2017. Uso y aprovechamiento de los recursos naturales y su incidencia en el desarrollo turístico local sostenible. Caso Pasaje. Revista Interamericana de Ambiente y Turismo. 13 (2). 206 -217 pp.
- Vargas Hernández, J.J. 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en el Norte de México. Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/60S. Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma.
- Vázquez - Navarrete, C.J., Mata - Zayas, E.E., Palma – López, D.J., Márquez -Couturier, G., López - Castañeda A. 2011. Valoración Económica de los Bienes y Servicios Ambientales en Zonas con Influencia Petrolera en Tabasco, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Villahermosa, Tabasco, México. 100 p.
- Villalobos, I. 2000. Áreas naturales protegidas: instrumento estratégico para la conservación de la biodiversidad. Gaceta Ecológica. 54. 24-34 pp.
- Willemen, L. 2020. It's about time: Advancing spatial analyses of ecosystem services and their application. Ecosystem Services. Vol. 44: 1-2
- WRI (Instituto de Recursos Mundiales).2019. Bosques Conservar los bosques para la gente y para el planeta. Disponible en: <https://wrimexico.org/our-work/topics/forests> Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019.
- WRI (Instituto de Recursos Mundiales) 2019. Reporta Global Forest Watch máximos en pérdida de cobertura forestal desde 2001. Disponible en: <https://wrimexico.org/bloga/reporta-global-forest-watch-m%C3%A1ximos-en-p%C3%A9rdida-de-cobertura-forestal-desde-2001>. Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019.
- Wunder, S. 2005. Payments for environmental services: some nuts and bolts. CIFOR Occasional paper 42. Center for International Forestry Research, Bogor.

- Wunder, S. 2007. The Efficiency of Payments for Environmental Services in Tropical Conservation. *Conservation Biology* 21:48–58.
- Wunder, S., Wertz-Kanounnikoff, S., Moreno-Sánchez, R. 2007. Pago por servicios ambientales: una nueva forma de conservar la biodiversidad. *Gaceta Ecológica*. Instituto Nacional de Ecología. 84-85: 32-54
- World Wildlife Found. 2014. Guía práctica para la valoración de servicios ecosistémicos en Madre de Dios. Perú
- Yáñez, S. A. 2004. La captura de carbono en bosques: ¿una herramienta para la gestión ambiental? *Gaceta Ecológica*, (70), 5-18.
- Zwaan A. J. y Koen N. 2009. Carbon emissions from forests: Current situation and long-term scenarios. *Climatic Change*. 35: 265-295.

ANEXO UNO

ENCUESTA DE VALORACION CONTINGENTE



Buenos días/tardes. Mi nombre es Fernando Pineda, estoy realizando esta entrevista para la Universidad Autónoma Metropolitana.

Estoy recabando información sobre temas relacionados con el bosque en su región. La entrevista no durará más de 10 minutos. Todas las respuestas serán tratadas de forma confidencial y no serán utilizadas para ningún otro propósito que el científico.

Por favor, complete los espacios vacíos y/o seleccione con una "X" la opción que represente su(s) respuesta(s). ¡Gracias!

A. PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

- El entrevistado es: 1= Mujer 2= Hombre
- Edad: _____ años.

- ¿Cuántas personas viven en su hogar incluyéndole a usted? _____ personas

- ¿Cuál es el último grado de estudios?
1) Sin estudios 2) Primaria 3) Secundaria 4) Preparatoria/ Bachillerato 5) Universidad

- ¿Cuál es su ocupación?
1 = Agricultor / Campesino 5 = Jubilado
2 = Empleado 6 = Estudiante
3 = Trabajo por mi cuenta. 7 = Ama-o de casa/sus labores
4 = Área de la salud 8 = Otro. ¿Cuál?

- ¿Aproximadamente, cuál es su ingreso promedio mensual?
1) \$ 0 – 5,000 2) \$ 5,001-10,000 3) \$10,001-15,000 4) más de \$ 15,000

B. ORIGEN Y HÁBITOS DEL VISITANTE.

- ¿Reside usted en este municipio? 1 = Si 2 = No
○ ¿Cuánto tiempo hace para llegar aquí? _____ Hrs. _____ Min.
- ¿Sabía usted que este lugar es un área natural protegida, con categoría de parque estatal? 1 = Si 2 = No
- ¿Cuántas personas visitan el parque con usted? _____
- ¿Habían visitado el parque anteriormente? 1 = Si 2 = No
- ¿Cuántas veces visitan el parque por semana?
1) una vez 2) 2 o 3 veces 3) Solo fines de semana 4) Todos los días
- ¿Cuál es el motivo de su visita?
1) Recreación / esparcimiento 2) Actividad física 3) Actividades culturales 4) Educación
5) Otra
- ¿Qué actividad realiza en (o cerca de) el bosque?
1) Avistamiento de aves 2) Pic nic/ merienda 3) Senderismo/ caminata
4) Colecta de especies 5) Campamento 6) Colecta de madera 7) Otra.
¿Cuál? _____
- El año pasado: ¿con qué frecuencia practicaba estas actividades?
1) una o dos veces al año 2) una vez cada tres meses 3) una vez al mes
4) una vez a la semana 5) más de una vez por semana
6) no recuerda

C. MEDIO AMBIENTE

- ¿Considera que el bosque esta conservado adecuadamente? 1= Si 2 = No
- ¿Qué tan importante es para usted el medio ambiente?
1= No importante 2= Poco importante 3 = Importante 4 = Muy importante 5 = No lo sé

- ¿Considera importante la conservación de nuestros recursos naturales? 1= Si 2= No

 - ¿Conoce algún otro lugar que se parezca a este? 1= Si 2= No
 - ¿Dónde se ubica? _____
 - ¿Paga por entrar? 1 = Si 2 = No
 - ¿Cuánto?
- 1) \$ 0 – 10 2) \$10 – 20 3) \$ 20 -50 4) \$ 50 -100 5) más de \$100

D. SERVICIOS AMBIENTALES

- Sabe usted ¿Qué es un servicio ambiental? 1 = Si 2 = No
 - ¿Conoce alguno, cuál?
-

- ¿Qué considera usted que podemos aprovechar del bosque?
- 1) Madera 2) Leña 3) Suelo/ Tierra 4) Paisaje/Vista
 5) Plantas 6) Animales 7) Todas las anteriores 8) Otros _____

<ul style="list-style-type: none"> ➤ ¿Sabía usted que gracias al bosque: 	<ul style="list-style-type: none"> tenemos aire limpio? el calor es menos intenso? podemos tener acceso a madera y otros productos forestales? tenemos agua limpia? tenemos acceso a plantas de ornato y medicinales? sirve como hogar para plantas y animales? 	SI	NO

E. ECONOMÍA AMBIENTAL

Actualmente en nuestro país, la superficie que está cubierta de bosque está disminuyendo, esto como consecuencia de la deforestación, a causa de actividades industriales, agrícolas, ganaderas, y por desarrollos inmobiliarios, principalmente.

- En caso de seleccionar una compensación monetaria: ¿Cuál de las siguientes cantidades por hectárea de terreno y de manera anual, estaría usted dispuesto a recibir como compensación por conservar su predio?

1) 0 – \$ 500

2) \$ 501- \$1,000

3) \$1,001 – \$1,500

4) \$1,501 – \$2,000

5) \$2001 – \$2,500

6) Otra cantidad \$



¡Gracias por su participación!

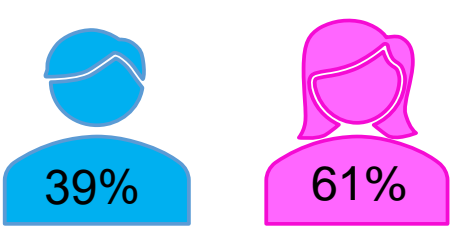
ANEXO DOS

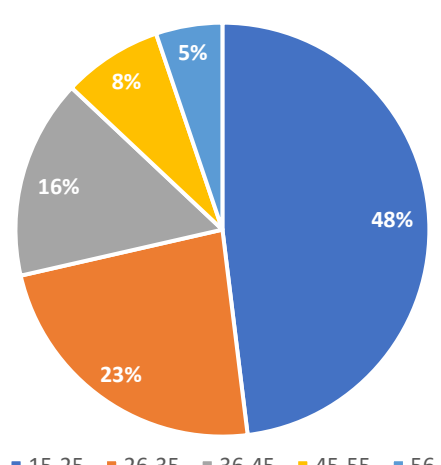
DATOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA DE VALORACIÓN CONTINGENTE

A continuación, se presenta la interpretación de los datos obtenidos como resultado de la aplicación de la encuesta utilizada como instrumento para la valoración contingente.

PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

Este apartado nos permite conocer datos generales de la población a entrevistar, como lo son: sexo, edad, número integrantes de la familia, grado de estudios, ocupación y un promedio del ingreso económico mensual de las familias de la población entrevistada

PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO	
<i>Pregunta uno:</i> El entrevistado es mujer u hombre	
	<p>El 39% de la población total entrevistada está representada por población masculina, mientras que la población femenina representa un 61%.</p> <p>Siendo este grupo el que presentó mayor disposición a participar.</p>

PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO	
<i>Pregunta dos:</i> Edad de los entrevistados.	
<p>Edad de los entrevistados</p> 	<p>Los intervalos de edad fueron establecidos con base en el participante de menor edad y el de mayor edad respectivamente.</p> <p>La población entrevistada con mayor presencia en la muestra es aquella que tiene entre 15 y 25 años de edad (48%), los participantes con este rango de edad presentaban una mayor disposición a participar en el ejercicio.</p>

La población que tiene entre 26 y 35 años (23%) responde al segundo grupo mayormente representado, seguido de la población que tiene entre 36 y 45 años de edad que representa 16% de la muestra.

Por otro lado, la población con menos presencia es aquella con edades entre 45 a 55 años (8%) y las personas con edad igual o mayor a 56 años (5%).

PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

Pregunta tres: ¿Cuántas personas viven en su hogar incluyéndole a usted?

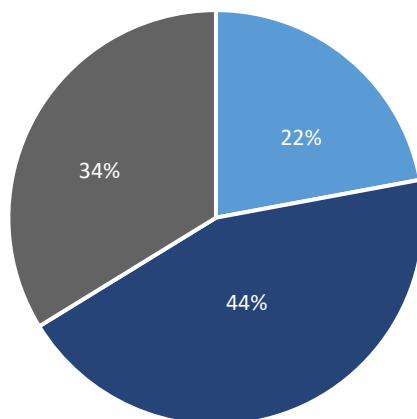
En promedio el número de integrantes de las familias que visitan la zona de estudio es de cinco personas, las familias más pequeñas están formadas por tres personas y, por otro lado, el mayor número de integrantes es una familia es de 15 personas.

PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

Pregunta cuatro: ¿Cuál es el último grado de estudios?

ESCOLARIDAD

- 44% Preparatoria / Bachillerato
- 34% Universidad
- 22% Secundaria



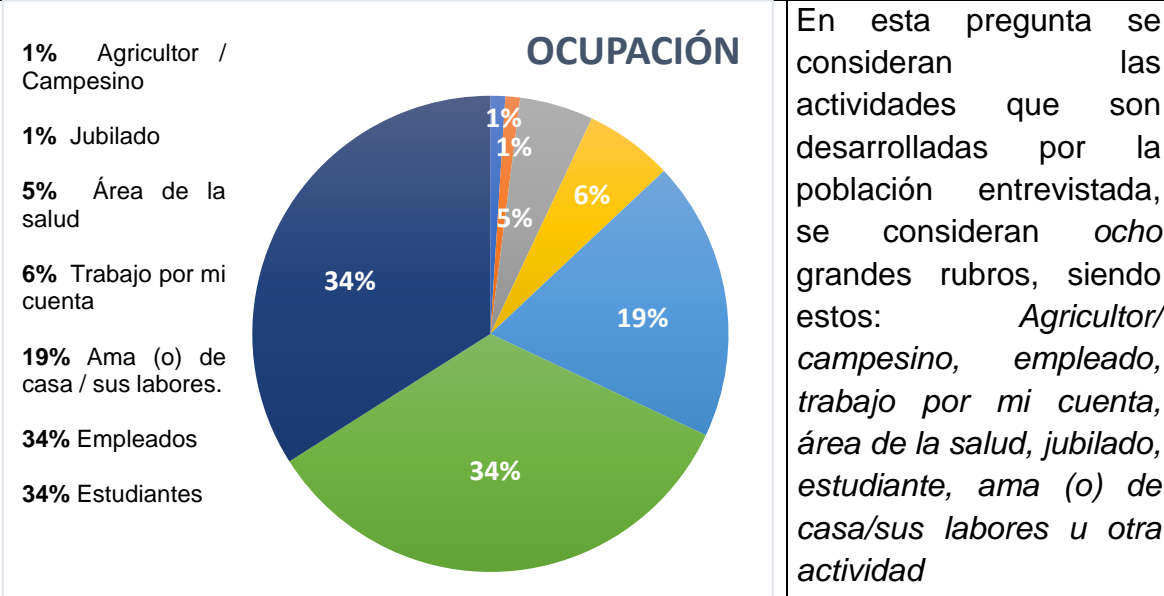
En este apartado de consideraron cinco categorías que reflejaron el nivel de estudios de la población entrevistada, estos fueron: *sin estudios, primaria, secundaria, preparatoria y universidad*. En este último rubro se engloban los estudios de posgrado.

El 44% de la población entrevistada, manifiesta tener estudios de preparatoria o bachillerato.

Seguida de la población que cuenta con estudios universitarios (34%) y la población con menor presencia fue aquella que tiene únicamente estudios de secundaria (22%).

PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

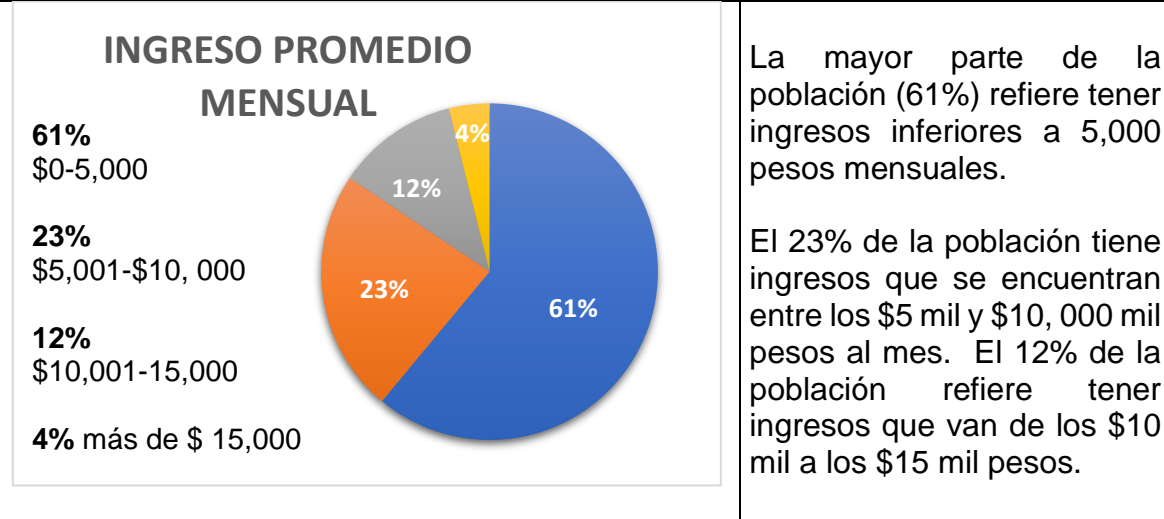
Pregunta cinco: ¿Cuál es su ocupación?



De acuerdo con los resultados obtenidos la mayoría de la población entrevistada son estudiantes o empleados juntos representan al 68% de la muestra (34% cada uno de los grupos). El 19% de la población refiere ser ama de casa o dedicarse a labores domésticas; el 6% de la población refiere trabajar por su cuenta y el 5% se desempeña en actividades relacionadas al área de la salud. El sector de la población con menor presencia en la muestra fue el de los jubilados y el de los agricultores y/o campesinos representando cada uno el 1% de la muestra

PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

Pregunta seis: Aproximadamente, ¿cuál es su ingreso promedio mensual?





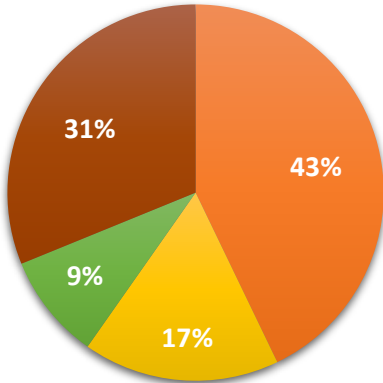
Solo el 4% de la población entrevistada refiere tener ingresos superiores a los \$15 mil pesos mensuales.

ORIGEN Y HÁBITOS DEL VISITANTE.

En este apartado podemos conocer el origen de las personas que visitan el parque, es decir, si residen en la localidad de San Rafael o en otras localidades pertenecientes al municipio de Tlalmanalco o fuera de este, así como el tiempo aproximado que tardan para llegar al lugar.

Este apartado también nos permite conocer si los visitantes del área de estudio son constantes en sus visitas o si es la primera vez que visitan el parque, así como el motivo de su visita y las actividades que realizan dentro del mismo y la frecuencia de estas.

ORIGEN Y HÁBITOS DEL VISITANTE	
<i>Pregunta siete: ¿Reside usted en este municipio?</i>	
 51%	 49%
<p>El 51% de la población entrevistada asegura residir en el municipio, mientras que el 49% de la población restante que visita la zona de estudio, proviene de municipios aledaños o incluso de otros estados.</p>	

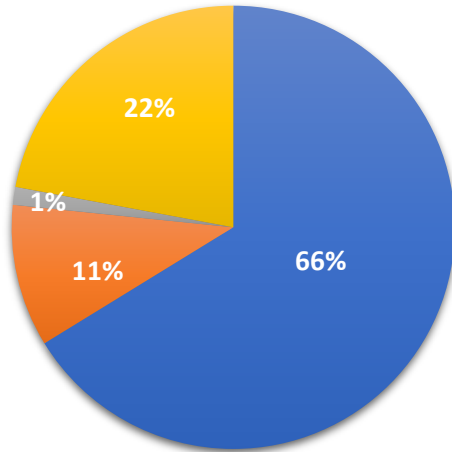
ORIGEN Y HÁBITOS DEL VISITANTE	
<i>Pregunta ocho: ¿Cuánto tiempo hace para llegar aquí?</i>	
<p>TIEMPO DE TRAYECTO (minutos)</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>43% -30</p> <p>31% +90</p> <p>17% 31 - 60</p> <p>9% 61- 90</p> </div>  </div>	<p>Para establecer el tiempo de traslado que hacen los visitantes desde sus hogares hacia la zona de estudio, se establecieron intervalos de tiempo de 30 minutos.</p> <p>El 43% de la población tarda menos de 30 minutos en llegar a la zona de estudio puesto la localidad de San Rafael está localizada en las faldas de esta zona, asumimos que este porcentaje de visitantes residen en dicha localidad.</p>
<p>Mientras que el 17% de la población tarda un lapso de entre 30 y 60 minutos a una hora, estos visitantes podrían provenir de localidades o municipios aledaños, el 9% de la población tarda lapsos de tiempo entre 60 a 90 minutos, y el 31% de la población asegura tardar más de 90 minutos en llegar a la zona de estudio, lo que nos llevaría a pensar que estos visitantes son originarios de otros estados.</p>	

ORIGEN Y HÁBITOS DEL VISITANTE

Pregunta nueve: ¿Cuántas personas visitan el parque con usted?

NÚMERO DE ACOMPAÑANTES

■ 1 -5 ■ 6-10 ■ 11 - 15 ■ 16...



De acuerdo con las entrevistas los visitantes de la zona de estudio no acuden solos a dicha zona, esto es importante puesto que nos permite conocer el tipo de actividades que realizan y la frecuencia de estas.

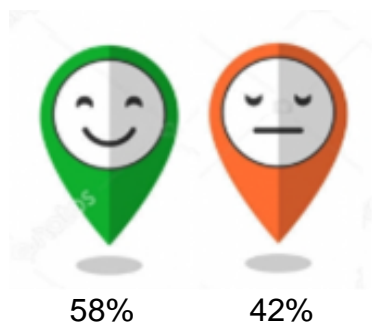
El 66% de los entrevistados refiere visitar la zona de estudio en compañía de una o hasta cuatro personas.

El 11% refiere visitar la zona con un número mayor de acompañantes siendo estos entre seis y diez personas.

Un número menor de visitantes (1%) refirió asistir en un grupo de personas mayor a 10 pero menor de 15 integrantes. Un importante grupo de visitantes (22%) refirió visitar la zona de estudio en grupos integrados por más de 16 personas; parte de estos entrevistados pertenecían a un grupo de estudio.

ORIGEN Y HÁBITOS DEL VISITANTE

Pregunta diez: ¿Habían visitado el parque anteriormente?

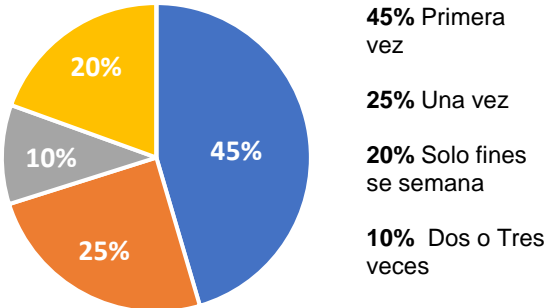


El 42% de los entrevistados refirieron que no habían visitado el parque anteriormente, a diferencia del 58% que indicó haber visitado la zona de estudio en anteriores ocasiones.

ORIGEN Y HÁBITOS DEL VISITANTE

Pregunta 11: ¿Cuántas veces visitan el parque por semana?

NÚMERO SEMANAL DE VISITAS



El 45% de la población entrevistada refirió que era su primera vez en el área de estudio o que sus visitas no eran regulares.

Dentro de la población que visita de manera regular el parque el 25% mencionó que visita el parque al menos una vez a la semana, sin tener un día en particular para hacerlo.

Otro porcentaje importante de visitantes (20%) realizan visitas regulares a la zona de estudio los fines de semana, esto podría deberse a que realizan actividades particulares o en grupos grandes, esto también puede estar relacionado con la disposición de tiempo de los visitantes.

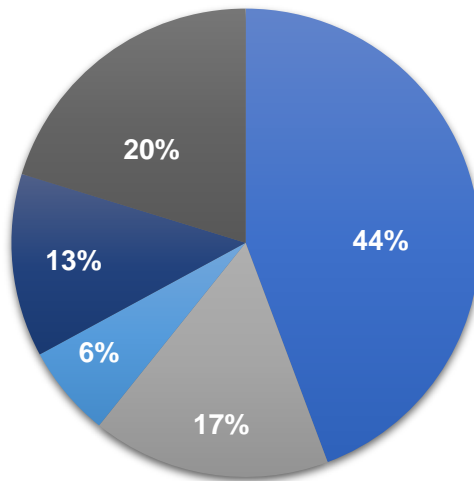
El 10% de los entrevistados refiere visitar el área de estudio de una manera más regular, hasta tres veces por semana. Es importante destacar que en la entrevista se propuso el inciso: *Todos los días*, referente a la visita al área de estudio, sin embargo, no se registró ninguna entrevista que indique esta opción.

ORIGEN Y HÁBITOS DEL VISITANTE

Pregunta 12: ¿Cuál es el motivo de su visita?

MOTIVO DE LA VISITA

- 44% Recreación / esparcimiento
- 17% Actividad física.
- 13% Educación.
- 6% Actividades culturales.
- 20% Otras

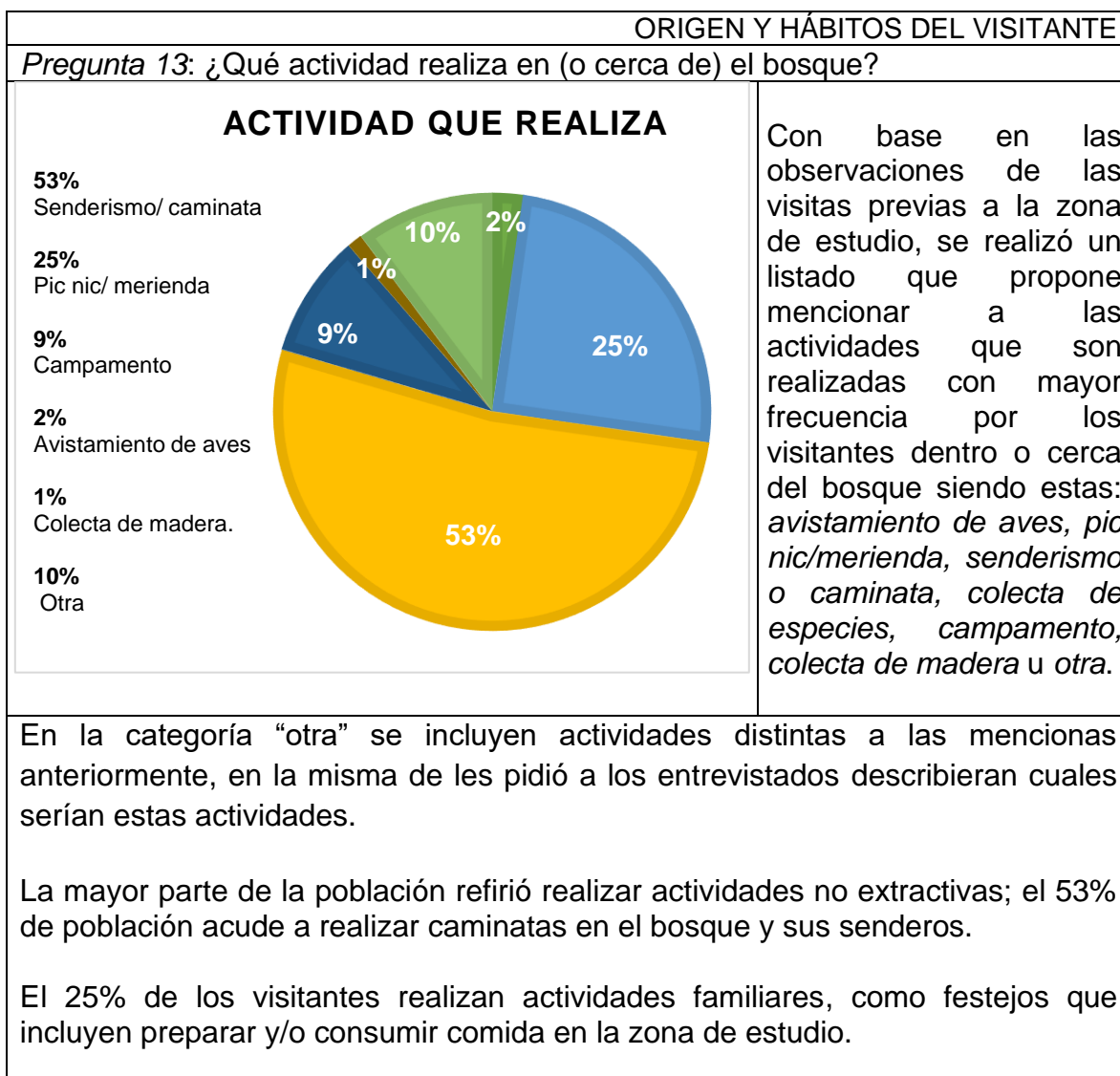


Con base en las visitas previas a la zona de estudio, se propusieron las siguientes actividades como las principales que se realizan dentro de la zona de estudio: *recreación y/o esparcimiento, actividad física, actividades culturales, educación* y se utilizó el término “*otras*” para referirnos a otras actividades realizadas en la zona, distintas a las categorías mencionadas anteriormente.

Se preguntó a los visitantes el motivo por el cual se encontraban visitando la zona de estudio, la mayoría de la población entrevistada (44%) refirió realizar actividades relacionadas con la recreación.

El 17% de la población entrevistada refiere acudir a realizar actividad física; el 13% refirió realizar actividades educativas, relacionadas, principalmente con educación ambiental; el 6% refirió acudir a la zona de estudio a realizar actividades culturales, principalmente con motivos espirituales, como lo es la danza tribal.

El 20% de la población seleccionó el inciso “otras” que hace referencia a actividades distintas a las propuestas anteriormente, sin embargo, no refirieron cuales eran dichas actividades.

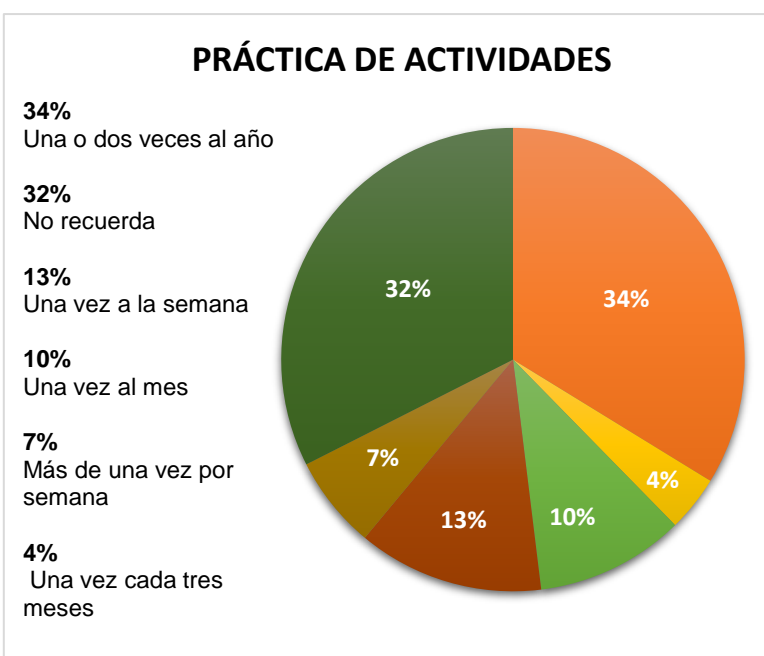


El 9% de los visitantes realiza actividades relacionadas al campismo, por otro lado, un porcentaje pequeño de la población (2%) acude a la zona de estudio a realizar exclusivamente, avistamiento de aves.

El 1% de la población refiere realizar actividades extractivas dentro del bosque, como lo es la colecta de madera. De igual manera un porcentaje importante de la población (10%) refiere realizar actividades distintas a las mencionadas anteriormente, sin embargo, no especifican cuáles son estas.

ORIGEN Y HÁBITOS DEL VISITANTE

Pregunta 14: El año pasado: ¿con qué frecuencia practicaba estas actividades?



Queríamos saber qué tan importante es el bosque para los visitantes, puesto que les permite realizar distintas actividades, estas pueden ser realizadas de manera recurrente.

Esta pregunta se formuló con la finalidad de conocer la cantidad de veces que los visitantes acudieron el año pasado a la zona de estudio a realizar las actividades mencionadas en la pregunta 13.

El 34% de la población entrevistada, no visita el bosque de manera recurrente, refiere realizar la visita, al menos una o dos veces por año.

Una parte importante de la población es un visitante más frecuente a la zona de estudio, por ejemplo, el 4% de la población visita la zona de estudio al menos una vez cada tres meses, el 10% de la población visita el bosque al menos una vez por mes.

Un porcentaje mayor a estos (13%) realiza visitas de manera más frecuente, al menos una vez a la semana y el 7% refiere visitar la zona más de una vez por semana. Por otro lado, gran parte de la población entrevistada (32%) no recuerda la frecuencia de sus visitas al bosque.

Estos porcentajes obtenidos, indican que también son usuarios de la zona de estudio que ven en ella un valor de utilidad para realizar sus actividades, sin embargo, es posible que no vivan cerca del área de estudio y por ello no es posible ser más constantes en sus visitas.

MEDIO AMBIENTE

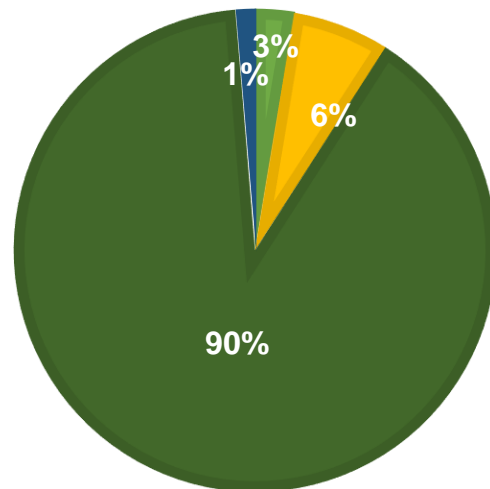
Este apartado nos permite conocer la percepción de los visitantes con respecto al área de estudio, además nos brinda información sobre la importancia que dan los visitantes al medio ambiente y la conservación de los recursos naturales así mismo, nos permite saber si existen lugares similares al área de estudio y si es así, conocer su ubicación y si el acceso tiene un costo y a cuánto asciende el monto.

MEDIO AMBIENTE
<i>Pregunta 15: ¿Sabía usted que este lugar es un área natural protegida, con categoría de parque estatal?</i>
<p>El área de estudio está catalogada como un área natural protegida con categoría de parque estatal, por lo tanto, queríamos saber si los usuarios de la zona de estudio conocen este nombramiento.</p> <p>El 43% de la población entrevistada afirma conocer el estatus de la zona de estudio, por el contrario 57% de la población desconocía que se encontraba dentro de un área natural protegida.</p>

MEDIO AMBIENTE
<i>Pregunta 16: ¿Considera que el bosque esta conservado adecuadamente?</i>
<p>Se les preguntó a los visitantes entrevistados si consideraban que el bosque, al momento de su visita y de acuerdo a sus observaciones se encontraba conservado de manera adecuada.</p> <p>El 65% de la población consideró que el bosque se encontraba conservado adecuadamente contrario al señalamiento del 35% de los entrevistados que señaló que existe un deterioro dentro del bosque.</p>

Pregunta 17: ¿Qué tan importante es para usted el medio ambiente?

IMPORTANCIA DEL MEDIO AMBIENTE



Un parte importante del instrumento de valoración, es la que nos permite conocer la importancia que tiene el medio ambiente para los visitantes del bosque.

En esta pregunta observamos la importancia que tiene el medio ambiente para la población entrevistada. Se utilizaron cinco categorías de importancia estas fueron: *no importante, poco importante, importante, muy importante y no lo sé.*

La mayor parte de los entrevistados (90%) coincidieron en que el medio ambiente es muy importante para ellos. Mientras que el 6% de los visitantes considera como importante al medio ambiente.

Por otro lado, el 3% considera al medio ambiente como no importante, y el 1% restante dice no saber la importancia del medio ambiente

Pregunta 18: ¿Considera importante la conservación de nuestros recursos naturales?

Con esta pregunta queríamos conocer el punto de vista de los usuarios directos del bosque con respecto a la conservación de los recursos naturales.

La mayor parte de los la población entrevistada (97%) considera la conservación de los recursos naturales como un tema importante, mientras que el 3% de los entrevistados no considera a este tema como importante.

Pregunta 19: ¿Conoce algún otro lugar que se parezca a este? ¿Dónde se ubica?

Para poder conocer la disposición que tendrían los visitantes a conservar el bosque localizado dentro de la zona de estudio, les preguntamos si habían visitado lugares similares a este y en donde estaban localizados.

El 53% de los visitantes refirió haber visitado lugares similares a la zona de estudio, estos lugares se localizan en zonas aledañas: *Dos aguas*, un parque ecoturístico localizado dentro de la comunidad de San Rafael y *Zabaleta*, una comunidad contigua a la de San Rafael, también perteneciente al municipio de Tlalmanalco, debido a su cercanía el municipio de Amecameca también es visitado por las personas entrevistadas, estas refieren haber visitado ahí el *Parque la Esmeralda*, *Parque de los venados* y *San Pedro Nexapa*. Otro paraje similar se localiza en *Popo Park* en el municipio de Atlautla y otros más en la ciudad de Toluca, todos ellos en el estado de México.

Otros visitantes refieren que se pueden encontrar parajes similares en otros estados de la república, en la ciudad de México se refieren a la alcaldía de *Tláhuac*, al *Desierto de los leones*, el *Ajusco*, a los *Viveros de Coyoacán* y a la *Marquesa*. Sin embargo, también hacen mención al Bioparque estrella a Tolantongo en Hidalgo y algunos en el estado de Jalisco.

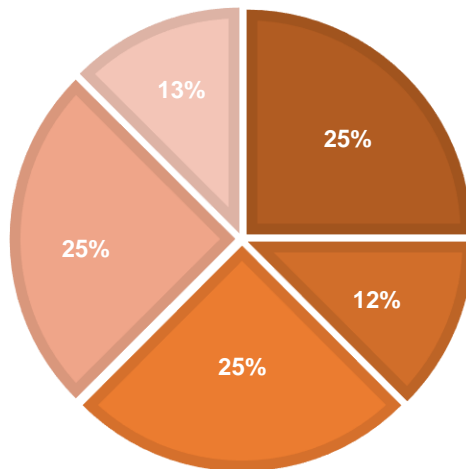
Por otro lado, el 47% de la población entrevistada refiere no conocer lugares similares al bosque de nuestra área de estudio.

Pregunta: ¿Paga por entrar? ¿Cuánto?

Una vez que identificamos las zonas similares a nuestra área de estudio, descritas por los usuarios, preguntamos si el acceso a estas tenía un costo económico y de ser así, a cuantos pesos correspondía, 59% de los entrevistados refirió que existe una cuota de acceso, mientras que el 41% menciona que tal cuota no existe.

RANGO DE PRECIOS DE ACCESO

- 25% \$ -10
- 25% \$ 20-50
- 25% \$ 50-100
- 13% \$10-20
- 12% \$ +100



Se utilizaron los siguientes intervalos: \$0-10, \$10-20, \$20-50, \$50-100 y más de \$100 para poder conocer cuanto están dispuestos los usuarios a pagar por tener acceso a estos lugares.

El 25% de los entrevistados refiere pagar menos de \$10 pesos por el acceso, el 12%

dice haber pagado entre \$10 y \$20 pesos.

Otro 25% dice pagar en boleto de entrada que va de los \$20 a los \$50 pesos, otro 25% refiere haber pagado entre \$50 y \$100 pesos por su visita y un 12% pagó un boleto con un costo mayor a los \$100 pesos por persona, por el acceso.

SERVICIOS AMBIENTALES

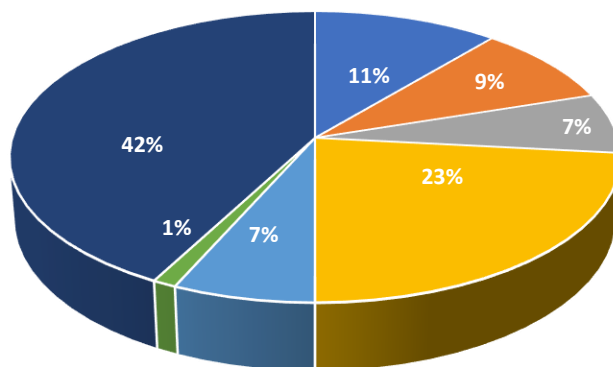
Este apartado de la encuesta nos permite estar al tanto sobre los conocimientos que la gente tiene respecto a los servicios ambientales. Gracias esta serie de preguntas podemos saber cuáles son los beneficios que los visitantes perciben del bosque, es decir, lo que ellos consideran se puede aprovechar.

SERVICIOS AMBIENTALES
<i>Pregunta 20: Sabe usted ¿Qué es un servicio ambiental?</i> <i>Pregunta 21 ¿Conoce alguno? ¿cuál?</i>
<p>Quisimos saber si el público usuario conoce los beneficios que obtenemos del bosque, mediante los servicios ambientales. El 31% de la población entrevistada afirma saber que es un servicio ambiental por el contrario el 69% de la población dice no conocer sobre el tema. De la población que afirma saber qué es un servicio ambiental, solo el 14% afirma conocer alguno.</p> <p>Los servicios ambientales mencionados por los entrevistados están ligados principalmente al bosque y están relacionados con los servicios de provisión (oxígeno, agua potable) y de sustento (retención de suelo, conservación de especies) principalmente.</p>

SERVICIOS AMBIENTALES
<i>Pregunta 22: ¿Qué considera usted que podemos aprovechar del bosque?</i>
<p>Esta pregunta nos permite conocer qué es lo que la gente aprovecha del bosque y de manera indirecta el valor de uso que estos le dan.</p> <p>Para esto se utilizaron ocho categorías: <i>madera, leña, suelo/tierra, paisaje/vista, plantas, animales, todas las anteriores u otras</i>. En la categoría "otras" podemos encontrar actividades que se realizan y que no se engloban en alguna de las categorías anteriores</p>

APROVECHAMIENTO DEL BOSQUE

11% Madera
 9% Leña
 7% Suelo/ Tierra
 23% Paisaje/Vista
 7% Plantas
 1% Animales
 42% Todas las anteriores



Existe una parte importante de los usuarios que considera que se pueden aprovechar productos forestales, como lo son la madera (11%) y la leña como combustible (9%).

El 7% de la población considera que el suelo puede ser aprovechado como abono.

Otra parte importante de los visitantes (23%) considera que se pueden aprovechar la vista o el paisaje que nos ofrece el bosque.

Existen usuarios que visitan el bosque para hacer uso de la de la flora (7%) principalmente con fines extractivos, para usos ornamentales o medicinales, en algunos casos también la fauna es aprovechada (1%) en menor proporción con respecto de la flora. Cabe destacar que el 42% de la población considera que todas las opciones propuestas pueden ser aprovechadas.

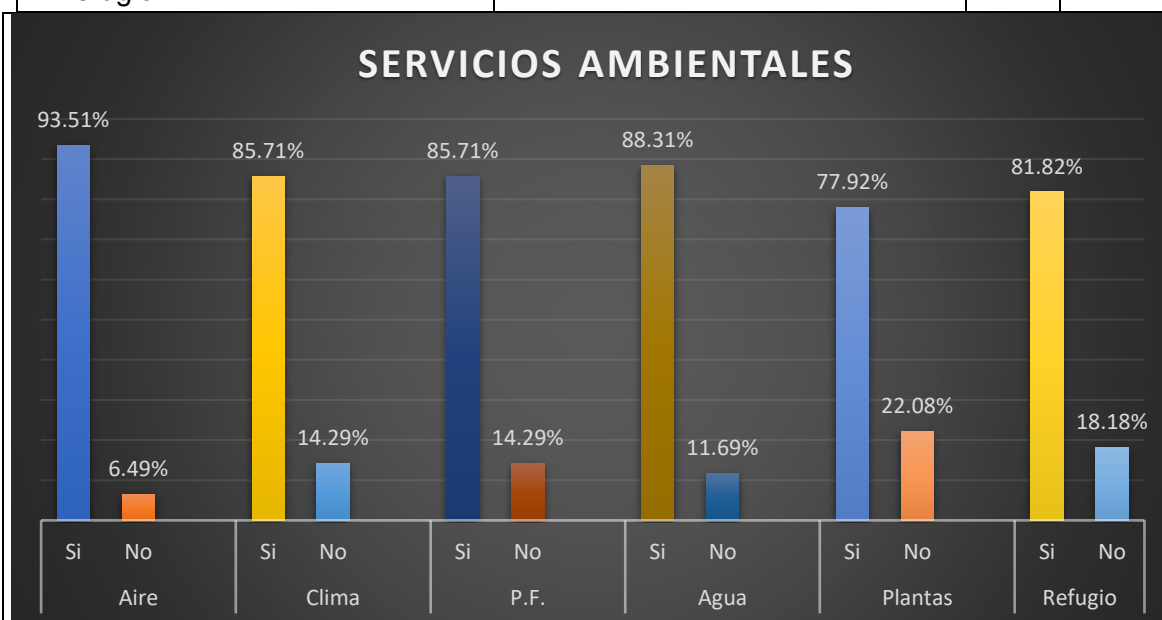
Preguntas de la 23 a la 28: ¿Sabía usted que gracias al bosque...?

Esta pregunta nos ayuda a conocer cuáles son los servicios ambientales con los que la gente se encuentra más familiarizada.

En la primera columna se muestra el servicio ambiental de interés por identificar, en la segunda columna el mismo servicio ambiental tal y como aparece en la encuesta, con la numeración que le corresponde entre paréntesis y en las últimas columnas encontramos el porcentaje de la población que identifica o no, este servicio ambiental.

		SI	NO
Mantenimiento de la calidad de aire.	...tenemos aire limpio? (23)	93%	7%
Mitigación de los efectos del cambio climático mediante la	...el calor es menos intenso? (24)	86%	14%

captura y almacenamiento de carbono.			
Provisión de productos forestales maderables y no maderables.	<i>...podemos tener acceso a madera y otros productos forestales? (25)</i>	86%	14%
Captación, infiltración y provisión de agua de calidad y en cantidad suficientes.	<i>...tenemos agua limpia? (26)</i>	88%	12%
<ul style="list-style-type: none"> • Bioquímicos, medicinas naturales y productos farmacéuticos. • Belleza escénica. • Conservación de la biodiversidad. • Refugio. 	<i>...tenemos acceso a plantas de ornato y medicinales? (27)</i>	78%	22%
	<i>...sirve como hogar para plantas y animales? (28)</i>	82%	18%



Como podemos observar en la gráfica, en eje X se localizan seis recuadros en cada uno de ellos aparece una leyenda "Si" / "No" bajo las columnas, así como un identificador (aire, clima, productos forestales -P.F.-, agua, plantas y refugio). Cada uno de estos recuadros corresponde a la respuesta de los usuarios a las preguntas planteadas (23 a la 28) con respecto a los servicios ambientales.

- *Provisión de aire limpio (aire):* con respecto a este servicio ambiental el 94% de los usuarios son conscientes de la importancia del bosque para la provisión de este servicio ambiental.

- *Regulación climática* (clima): el 86% de la población reconoce la capacidad del bosque para reducir la temperatura en el ambiente.
- *Provisión de madera* (P.F.): el 86% de los entrevistados está al tanto de que podemos hacer uso de recursos maderables provistos por los bosques en general.
- *Provisión de agua potable* (agua): el 88% de la población entrevistada es conoce el papel del bosque como una zona donde de genera y purifica el agua potable.
- *Conservación de biodiversidad* (plantas): 78% de los usuarios está al tanto de que el bosque nos provee de plantas que están disponibles para ser utilizadas como medicina u ornato.
- *Refugio*: el 82% de los usuarios es consciente de que el bosque sirve como hogar, para distintas especies vegetales y animales y que el deterioro de este también implica reducir el hábitat de esto seres vivos.

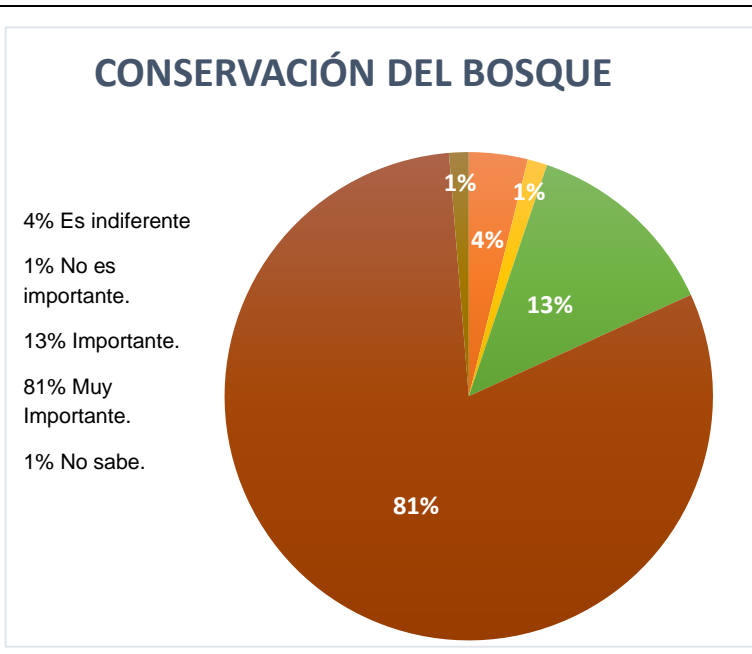
De acuerdo con la gráfica podemos observar que la mayoría de los entrevistados conocen parte de los servicios ambientales, propuestos en la encuesta y que son provistos por el bosque. El servicio ambiental que mejor conocen está relacionado con el aire y el mantenimiento de su calidad, podemos decir que reconocen el papel de la cobertura vegetal como el principal provisor de oxígeno, por el lado contrario el servicio ambiental que menos reconocen en el bosque es el que tiene que ver con las plantas y con sus usos medicinales

ECONOMÍA AMBIENTAL

En este apartado se presenta información sobre el manejo actual de los bosques y escenarios hipotéticos que permiten develar la disposición a pagar por parte de los usuarios del bosque para seguir teniendo acceso a los servicios ambientales que este provee, así mismo se presenta información sobre la disposición a ser compensados por contribuir a la conservación forestal y por ende contribuir a la provisión de los servicios ambientales de los bosques.

ECONOMÍA AMBIENTAL													
<p>Escenario:</p> <p><i>Actualmente en nuestro país, la superficie que está cubierta de bosque está disminuyendo, esto como consecuencia de la deforestación, a causa de actividades industriales, agrícolas, ganaderas, y por desarrollos inmobiliarios, principalmente.</i></p>													
<p>Pregunta 29: ¿Conocía usted esta situación?</p>													
<p style="text-align: center;">DISMINUCION DE LA SUPERFICIE FORESTAL</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>19% No, no la conocía.</p> <p>28% Se un poco del tema.</p> <p>23% Sí, conozco poco sobre esa situación.</p> <p>28% Sí, conozco esa situación.</p> <p>2% No le interesa</p> </div> <div style="flex: 1; text-align: center;"> <table border="1"> <caption>Data for Pie Chart: Knowledge of Deforestation Situation</caption> <thead> <tr> <th>Response</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No, no la conocía</td> <td>19%</td> </tr> <tr> <td>Se un poco del tema</td> <td>28%</td> </tr> <tr> <td>Sí, conozco poco sobre esa situación</td> <td>23%</td> </tr> <tr> <td>Sí, conozco esa situación</td> <td>28%</td> </tr> <tr> <td>No le interesa</td> <td>2%</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	Response	Percentage	No, no la conocía	19%	Se un poco del tema	28%	Sí, conozco poco sobre esa situación	23%	Sí, conozco esa situación	28%	No le interesa	2%	<p>Esta interrogante nos permite saber qué tanto están relacionados los visitantes con el bosque y el conocimiento que tienen con respecto a la reducción de su superficie.</p> <p>Los incisos que permiten conocer el grado de información que tienen los usuarios son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>No, no la conocía</i> • <i>Se un poco del tema.</i> • <i>Sí, conozco poco sobre esa situación.</i>
Response	Percentage												
No, no la conocía	19%												
Se un poco del tema	28%												
Sí, conozco poco sobre esa situación	23%												
Sí, conozco esa situación	28%												
No le interesa	2%												
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sí, conozco esa situación.</i> • <i>No le interesa.</i> <p>Podemos observar que el 19% de los entrevistados aseguran no conocer esta situación, con respecto de un 28% que asegura conoce poco sobre el tema. Un 23% de los usuarios conoce sobre el tema y un poco sobre esta situación, también presente, en la zona de estudio. Por otro lado, un 28% de los usuarios entrevistados asegura conocer sobre esta situación.</p> <p>Algunas de las personas entrevistadas reportan que la principal causa de la deforestación en la zona se debe principalmente a la tala clandestina y a actividades agrícolas.</p>													

Pregunta 30: Considerando esta situación, ¿qué importancia le daría usted a la conservación, del buen estado del bosque?



Derivado del escenario, anteriormente, planteado a los entrevistados. Quisimos saber que tan importante es para ellos, la conservación del bosque. En esta pregunta se utilizaron las siguientes categorías: *es indiferente; no es importante; importante; muy importante y no sabe*

Para el 94% de la población, la conservación del bosque va de ser importante (13%) a muy importante (81%).

Por el lado contrario, para el 5% de los entrevistados la conservación del bosque es un tema que es indiferente (4%) o no importante (1%) para ellos.

La respuesta del 1% de los entrevistados es no saber, con respecto al tema. Se decidió incluir este inciso derivado de las visitas prospectivas a la zona de estudio y a la aplicación de las encuestas piloto.

Con esta pregunta podemos observar que una vez que se plantea el escenario, la opinión de las personas con respecto a la conservación del buen estado del bosque cambia.

Escenario:

Considerando que, se pueden tomar una serie de medidas para mejorar esta situación y permitir la conservación de nuestros bosques, lo que permitirá que usted siga disfrutando de todos los beneficios con los que cuenta actualmente, pero dichas medidas tendrían un costo económico.

Pregunta 31: ¿Estaría usted, en principio, dispuesto a pagar una cantidad de dinero para ayudar a la conservación de los bosques?

Conforme trascurrió la aplicación de la encuesta, y se hizo consiente a los entrevistados con respecto a los beneficios que se obtienen del bosque, así como de su deterioro, quisimos saber si existe o no, una disposición a pagar, por parte de los visitantes por contribuir a la conservación de la zona.

Cuando se realizó esta pregunta, el 83% de los visitantes mostró una disposición inmediata a pagar, por el contrario, el 17% de los entrevistados que mostró una negativa al respecto, es decir, no estaría dispuesto a realizar ningún tipo de contribución económica.

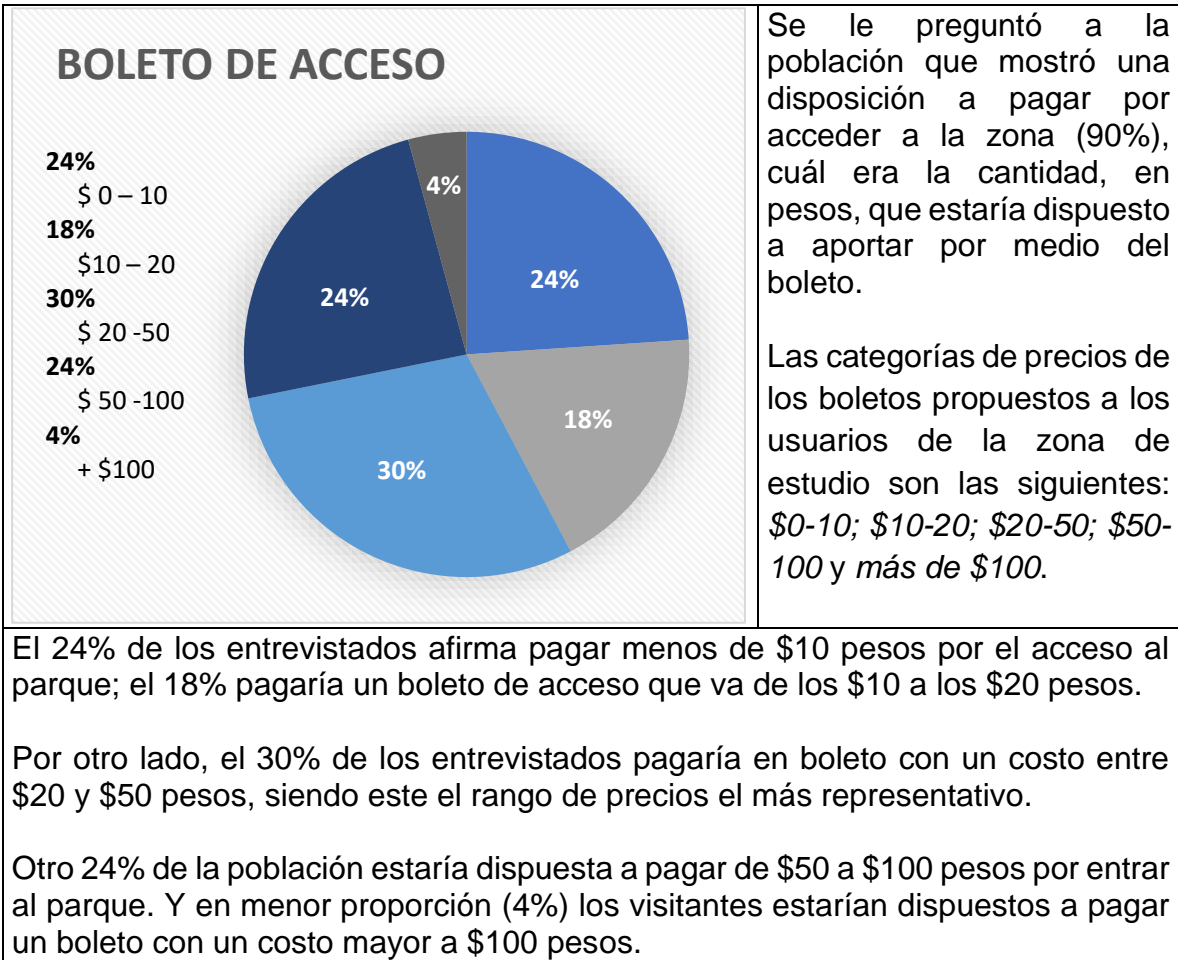
Escenario:

Considerando todos los benéficos que nos brindan los bosques ¿estaría usted dispuesto a pagar un boleto que le permita entrar al parque, y que ayudaría a la conservación de este parque estatal?

Pregunta 32: ¿Si / No? ¿Cuánto?

Una vez expuesta la situación de los bosques en nuestro país y dado que el acceso a la zona de estudio no tiene un costo, preguntamos a los visitantes si estarían dispuestos a pagar un boleto para poder ingresar, considerando que este dinero estaría destinado a la conservación del bosque localizado en nuestra área de estudio.

El 90% de los entrevistados esta dispuesto a pagar dicho boleto, por el contrario del 10% de los entrevistados que no presenta dicha disposición.



ECONOMÍA AMBIENTAL

Escenario:

Para atender la perdida de la superficie de los bosques, se implementará un programa nacional dirigido a su conservación, que también permitirá ayudar a las personas que poseen un predio con árboles (predio forestal). Considerando que usted tuviera uno con esas características:

Pregunta 33: ¿Estaría usted dispuesto a recibir una compensación, por conservar su predio?

Una vez planteado el escenario hipotético con respecto a la posibilidad de ser compensado por la conservación adecuada de la superficie forestal a los entrevistados.

Observamos que un 65% de ellos está dispuesto a recibir algún tipo de compensación por conservar dicho predio. Por el contrario, un 35% de los entrevistados no aceptaría algún tipo de conservación.

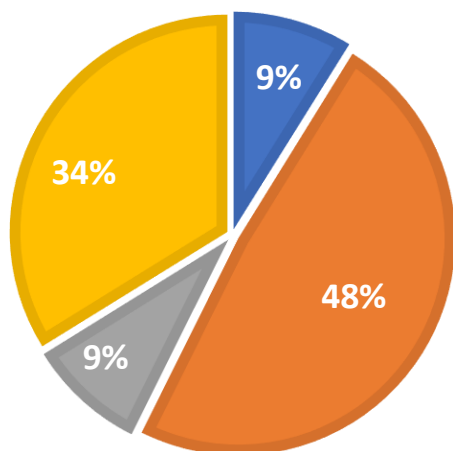
Algunos de los usuarios entrevistados, mencionaban que no estarían dispuestos a recibir algún tipo de compensación puesto que consideran que la conservación del bosque debería ser una obligación intrínseca.

ECONOMÍA AMBIENTAL

Pregunta 34: ¿Cuál sería el tipo de compensación que estaría usted dispuesto a recibir?

TIPOS DE COMPENSACIÓN

- 9% Reconocimiento público.
- 48% Ayuda con el mantenimiento del predio.
- 9% Acceso a diferentes programas públicos.
- 34% Compensación monetaria



Se le pidió a la población entrevistada que indicara cuál de los siguientes tipos de compensación sería más adecuada recibir:

- *Reconocimiento público*, por parte de la comunidad y autoridades.
- *Ayuda con el mantenimiento del predio*, por ejemplo, ayuda con respecto a reforestación, implementación de brechas cortafuegos, mano de obra para ayudar con el mantenimiento, entre otras.

- *Acceso a diferentes programas públicos*, relacionados con los predios forestales o a otros programas gubernamentales en áreas distintas a estos.
- *Compensación monetaria*, recibir asistencia económica gubernamental para ayudar a la conservación adecuada del predio forestal, sin la necesidad de afectar los ingresos económicos familiares

Dentro de la encuesta también se utilizó la categoría: *Otra*, en esta categoría se le pidió a los entrevistados tuvieran a bien señalar alguna otra compensación que fuera adecuada para ellos, sin embargo, ninguna otra fue señalada por los usuarios.

Podemos observar que el 66% de la población total entrevistada no está dispuesta a aceptar una compensación monetaria dentro de este porcentaje:

El 9% de los entrevistados refirió que estarían cómodos solo con recibir *reconocimiento público*, por su labor de conservación. Otro 9% de los entrevistados está de acuerdo a ser compensado con tener acceso, con mayor facilidad a diferentes programas públicos.

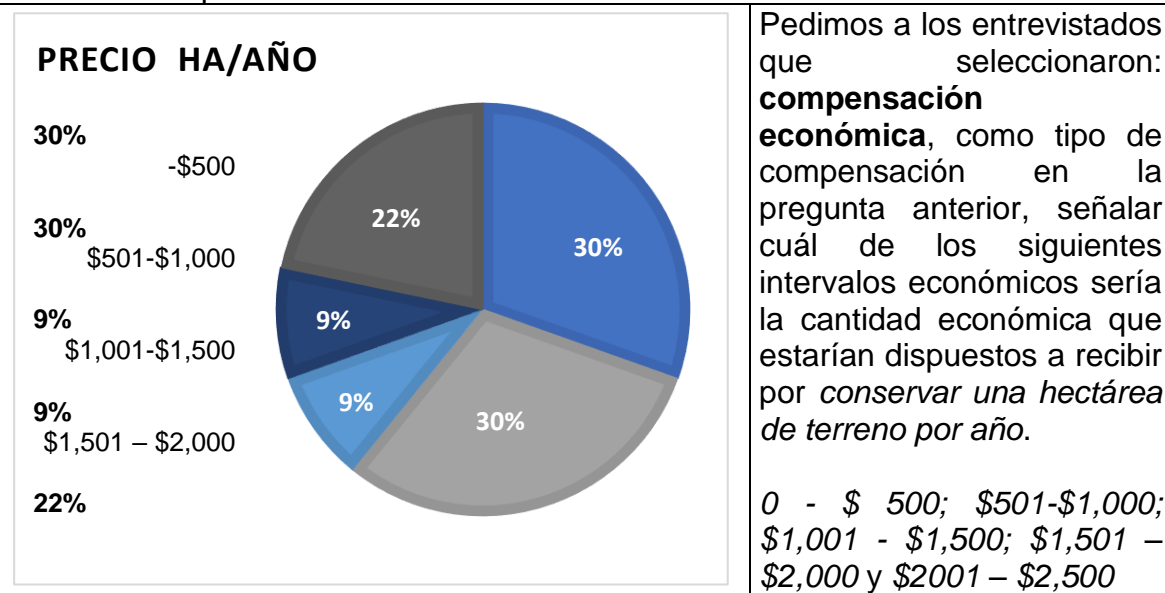
El 48% de los entrevistados refieren que como medida de compensación estarían dispuestos a recibir ayuda para realizar de manera adecuada el mantenimiento del predio.

Por otro lado, solo el 34% de los entrevistados seleccionó una compensación monetaria. Es importante mencionar que algunos de los entrevistados seleccionaron más de un tipo de compensación, por ejemplo: ayuda con el mantenimiento del predio y compensación monetaria.

ECONOMÍA AMBIENTAL

En caso de seleccionar una compensación monetaria.

Pregunta 35: ¿Cuál de las siguientes cantidades por hectárea de terreno y de manera anual, estaría usted dispuesto a recibir como compensación por conservar su predio?



Dentro de la encuesta se añadió el inciso “*otra*”, con la finalidad de que los usuarios entrevistados señalaran alguna otra cantidad que consideraran adecuada, sin embargo, no fue el caso.

Observamos que el 30% de los entrevistados preferiría recibir una compensación menor o igual a \$500 por hectárea/año, el otro 30% señaló un intervalo de \$500 a mil pesos como una cantidad adecuada.

Un 9% prefiere una cantidad que va los de \$1,000 a los \$ 1,500 pesos por hectárea anual. Otro grupo de 9% de entrevistados refiere una cantidad que sea mayor a los \$1,500 pesos, pero menor a los \$ 2 mil.

Por último, un porcentaje importante de los entrevistados (22%) refiere que una compensación adecuada sería una cantidad mayor a los \$ 2 mil pesos, pero menor los \$2,500.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00067

Matrícula: 2181800280

Evaluación económica del servicio ambiental captura de carbono en un bosque templado en Sierra Nevada, Estado de México.



FERNANDO PINEDA CAMPOS
ALUMNO

REVISO

MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

Con base en la Legislación de la Universidad Autónoma Metropolitana, en la Ciudad de México se presentaron a las 12:00 horas del día 25 del mes de agosto del año 2020 POR VÍA REMOTA ELECTRÓNICA, los suscritos miembros del jurado designado por la Comisión del Posgrado:

DRA. DELIA PATRICIA MONTERO CONTRERAS
DRA. IVETT MONTELONGO BUENAVISTA
DRA. FABIOLA SAGRARIO SOSA RODRIGUEZ
DR. JUAN GABRIEL RIVERA MARTINEZ

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretario el último, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS (ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE)

DE: FERNANDO PINEDA CAMPOS

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

APROBAR

Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CBI

DR. JESUS ALBERTO OCHOA TAPIA

PRESIDENTA

DRA. DELIA PATRICIA MONTERO CONTRERAS

VOCAL

DRA. IVETT MONTELONGO BUENAVISTA

VOCAL

DRA. FABIOLA SAGRARIO SOSA RODRIGUEZ

SECRETARIO

DR. JUAN GABRIEL RIVERA MARTINEZ