

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1882>

## ¿Qué actividad forestal es más redituable económicamente en el Bosque de Agua de la Megalópolis de la Ciudad de México?

¿What forestry activity is most economically profitable in the water forest of the megalopolis of Mexico City?

**Paola Mayra Contreras Medina**

geopaolacontreras@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6622-3501>

Programa Jóvenes Investigadoras e Investigadores (Catedra – COMECYT)

Toluca – México

**Víctor Ávila Akerberg**

vicaviak@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5369-0920>

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México

Toluca – México

**Litzy Marian Rosas Arana**

litzy-rosas27@hotmail.com

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Coahuila – México

Artículo recibido: 08 de marzo de 2024. Aceptado para publicación: 25 de marzo de 2024.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo el conocer qué es más redituable en términos de valoración económica: el almacenamiento de carbono, el aprovechamiento forestal legal o tala ilegal, en la Cuenca de la Presa Guadalupe ubicada dentro del Bosque de Agua localizada al noroeste de la Megalópolis de la Ciudad de México. Para ello se analizó la valoración económica derivado de un inventario forestal de la zona, además del análisis de la información de los núcleos agrarios con aprovechamientos forestales, y la información extraoficial de los metros cúbicos que extraen de manera ilegal. La metodología utilizada para este proyecto fue la investigación documental, aplicando los métodos de precios de mercado y entrevistas no estructuradas. Los resultados revelaron que anualmente la valoración económica del almacenamiento por el posible pago de bonos de carbono asciende a \$562 USD anuales por hectárea, los núcleos agrarios con aprovechamiento forestal legal \$3,798 USD anuales por hectárea y la tala ilegal \$5,692 USD anuales.

*Palabras clave:* servicios ecosistémicos, núcleos agrarios, cuenca presa Guadalupe

### Abstract

The objective of this work was to know what is more profitable in terms of economic valuation: carbon storage, legal forest use or illegal logging in a peri-urban basin in Mexico City. For this, the economic valuation derived from a forest inventory of the area was analyzed, in addition to the analysis of the

information of the agricultural nuclei with forest exploitation, and the unofficial information of the cubic meters that they extract illegally. The methodology used for this project was documentary research, applying the methods of market prices and unstructured interviews. The results revealed that annually the economic valuation of carbon offsets amount \$562 USD per year per hectare, the agrarian communities with forest logging permits would get \$3,798 USD per year per hectare and illegal logging \$5,692 USD per year.

*Keywords:* ecosystem services, agrarian communities, Guadalupe dam watershed

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Cómo citar: Contreras Medina, P. M., Ávila Akerberg, V., & Rosas Arana, L. M. (2024). ¿Qué actividad forestal es más reductible económicamente en el bosque de agua de la Megalópolis de la Ciudad de México? *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (2), 361 – 375.  
<https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1882>

## INTRODUCCIÓN

Debido al cambio climático los recursos forestales se ven afectados directa e indirectamente, y en consecuencia sobre la provisión de servicios ecosistémicos como la producción de madera, el almacenamiento de carbono, la captación de lluvia, entre otros, lo cual debería de incluirse en el análisis y gestión local de toma de decisiones (Pérez, 2008a).

En la actualidad el análisis del aprovechamiento forestal y la valoración económica del almacenamiento de carbono son temas estratégicos a evaluar para la gestión adecuada de los recursos naturales. Al mismo tiempo, este tipo de investigaciones se analizan por separado, dejando de lado una oportunidad de integración en proyectos de investigación de índole ambiental. Como primer punto, el carbono total almacenado de un ecosistema es la suma del carbono almacenado en los diferentes almacenes o depósitos (Maser et al., 1995). El almacén de carbono se expresa usualmente en toneladas de carbono por hectárea (tC/ha), de acuerdo con el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC 1994). Es importante mencionar la diferencia entre carbono “almacenado” y carbono “capturado”, el carbono almacenado es la cantidad total de C contenida por la biomasa, mientras que el carbono “capturado” o “secuestrado” es una medida del flujo dinámico del crecimiento anual de la biomasa. Sin embargo, uno de los principales problemas de este tipo de servicio ecosistémico, ha sido la carencia de un precio definido y seguro para valorarlo, limitando su monto a pagar o disposición a aceptar una compensación por conservar este ecosistema (Pérez, 2008b).

Diferentes estudios a nivel mundial realizan la valoración económica de los servicios ecosistémicos en los bosques como es el caso de Li et al. (2022), quienes proponen un modelo de precios de subasta para evaluar los servicios forestales de la cuenca del río Xina'an en China. Pardo, Muñoz y Velásquez (2022) valoran los servicios ecosistémicos en sistemas agropecuarios ubicados en Colombia, empleando el método de precios hedónicos, y de valoración contingente para hallar la disponibilidad a pagar (DAP) de los habitantes. En Perú se valoró el servicio de fijación y almacenamiento de carbono de la cobertura forestal del Parque Nacional Huascarán utilizando la técnica de valoración contingente, para determinar la cantidad de reservas de carbono que fijan y almacenan los árboles. En México, Trinidad et al. (2015) evaluaron la rentabilidad económica y la captura de carbono del sistema agroforestal de cacao entre tres parcelas de diferentes edades, utilizando la metodología de estimación y monitoreo de captura de carbono. Arellano y Palacios (2022) analizaron la valoración de servicios ambientales del bosque Cerro Golondrinas en Ecuador utilizando el método de precios de mercado y costo de oportunidad, para evidenciar el potencial cultural, natural, escénico, científico y social de este ecosistema.

Como segundo punto, el aprovechamiento forestal en bosques templados se analiza enmarcado en un modelo de negocio, en el cual se encuentra de manera legal, lo que implica principalmente la ausencia de estándares en el precio de la madera como materia prima, esto ha impactado la estructura de costos en el aprovechamiento y comercialización del sector (Agudelo-López et al., 2022). De manera ilegal la madera se extrae de forma aleatoria generando desperdicios que afectan la flora y fauna circundante, también porque la comercialización de productos principalmente maderables, se hace a través de una amplia red de intermediarios que capturan parte de las ganancias (Armenteras y Rodríguez, 2014).

A nivel mundial se analizan los aprovechamientos forestales de acuerdo a la zona geográfica, legislación vigente y gestión de cada comunidad. En el caso de Agudelo-López et al. (2022), se analizaron los costos, condiciones del aprovechamiento y del mercado en cuatro núcleos forestales, e identificaron las principales barreras que influyen en la sostenibilidad del modelo. Zúñiga et al. (2022) diseñaron un modelo para evaluar el costo de oportunidad del manejo forestal en bosque natural, tomando como referencia las actividades productivas primarias que se desarrollan en sus colindancias. Bolaños y Marín (2022) realizaron un modelo de compensación por aprovechamiento forestal, planteando tres escenarios del territorio que permitieron establecer las presiones ejercidas

por cada tipo de aprovechamiento forestal de especies maderables. En el caso de Gastañadú et al. (2022) estimaron la extracción del aprovechamiento forestal ilegal en términos del volumen y su valor monetario a partir de un modelo teórico, que corresponde al modelo indirecto de oferta y demanda, dentro de la economía sumergida.

México es un país donde se realizan programas de manejo para aprovechamientos forestales promoviendo la producción de diversos bienes y servicios a partir de los ecosistemas forestales de una manera óptima; en la cual las actividades forestales son consideradas en el contexto de las interacciones ecológicas, económicas y sociales, dentro de un área, a corto y largo plazo (Aguirre, 2015). Proponiendo así una opción para conservar la integridad de los bosques, y mejorar la composición de la masa forestal mediante el manejo forestal sustentable, al mismo tiempo que se conservan a largo plazo y se gestiona una distribución equitativa de los beneficios que se generan (Montañez, et al. 2010).

Para realizar este tipo de manejo se utilizan distintos métodos según la región en que se trabaje, en el caso de los bosques templados mexicanos se utiliza el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI), en donde factores como la topografía, el poco o limitado convencimiento de la gente en materia forestal y el de situaciones de protección ecológica especiales, como en las áreas naturales protegidas, son limitantes para la utilización de técnicas intensivas (Armendáriz, 2014).

Ante esto no se encontraron estudios donde el aprovechamiento maderable y la valoración económica se analicen en conjunto, y mucho menos en una cuenca hidrográfica la cual dada la importancia de este tipo de servicios, cada vez tiene mayor relevancia determinar el valor de estos a un nivel espacial más amplio, ya que esto podría contribuir con una mejor gestión ambiental a nivel local, municipal y estatal.

El objetivo de esta investigación fue analizar y comparar los precios del mercado de la valorización económica del almacenamiento de carbono contra el aprovechamiento maderable legal y la tala ilegal en la Cuenca de la Presa Guadalupe (CPG), ubicada en la región norte del Bosque de Agua y noroeste de la megalópolis de la ciudad de México. El Bosque de Agua es una de las zonas boscosas con mayor diversidad en flora y fauna del centro del país. Se extiende desde el Tepozteco, la Sierra del Chichinautzin, las Lagunas de Zempoala; hasta el Ajusco, el Desierto de los Leones y la Sierra de las Cruces. Además de concentrar una diversidad biológica extensa, tiene la función de regular el clima, la calidad de aire en la región y provee de agua que consumen ciudades como Cuernavaca, Toluca y la Megalópolis de la ciudad de México (Greenpeace México, 2010).

Por eso es importante considerar que investigaciones de este tipo son esenciales para analizar el aprovechamiento forestal legal, la tala ilegal y la valoración del almacenamiento de carbono en conjunto, para tener nuevas propuestas económicas que ayuden a gestionar los servicios ecosistémicos de la CPG. A continuación, se presentan los puntos del desarrollo en este proceso.

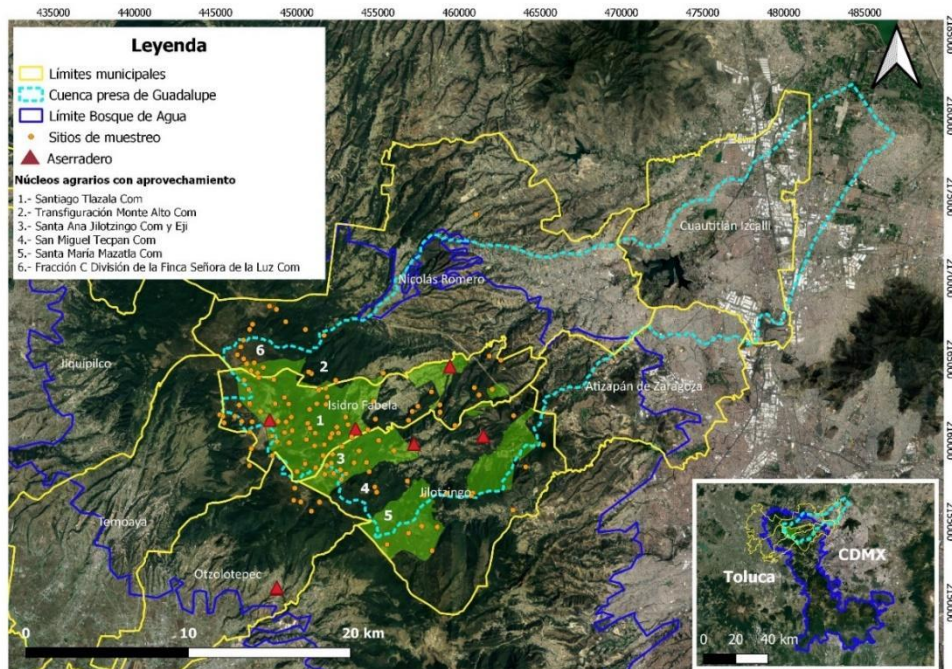
## **METODOLOGÍA**

El presente estudio se realizó en la Cuenca de la Presa Guadalupe (CPG) ubicada al noroeste de la megalópolis de la Ciudad de México y norte del Bosque de Agua (Figura 1), teniendo un total de 38,254 ha se localiza entre los municipios de Jilotzingo, Isidro Fabela, Nicolás Romero, Atizapán de Zaragoza y Cuautitlán Izcalli dentro del Estado de México. La superficie está distribuida de la siguiente manera: bosque de Abies religiosa (4,439 ha), bosque de Quercus spp. y mixto (9,507 ha), bosque de Pinus hartwegii (2,144 ha), pastizal y matorral (2,262 ha), cuerpos de agua (480 ha), uso de suelo agrícola (3,994 ha), uso de suelo urbano (12,565 ha) (Ávila-Akerberg, com. pers, 2023).

### **Figura 1**



Ubicación de la cuenca presa de Guadalupe



Se muestra la ubicación de la cuenca presa de Guadalupe respecto al Bosque de Agua, los municipios que la integran, los núcleos agrarios con aprovechamientos forestales analizados, así como los sitios de muestreo forestal y los aserraderos.

La CPG se puede subdividir en tres zonas: la zona alta, arriba de los 3,026 msnm; la cual es una importante área de recarga del acuífero Cuautitlán-Pachuca en donde prevalece el bosque de pino y oyamel y la calidad del agua permite actividades acuícolas en los municipios de Jilotzingo, Nicolás Romero e Isidro Fabela. La zona media, entre los 2,562 y 3,026 msnm prevalecen actividades agrícolas, pecuarias y acuícolas, así como el cambio de uso de suelo forestal a agrícola; y la zona baja, debajo de 2,562 msnm en esta zona se encuentran los asentamientos urbanos, siendo de alta densidad en los municipios de Nicolás Romero, Atizapán y Cuautitlán Izcalli, en esa demarcación se encuentra la Presa Guadalupe conocido por los lugareños como lago Guadalupe, el cual se construyó entre 1936 y 1943 evitando así inundaciones en las planicies habitadas y zonas agrícolas (CONAGUA y CCPG, 2008; Segundo y Ávila-Akerberg, 2020). El parteaguas de la parte alta de la CPG comienza en la Sierra de Monte Bajo y Monte Alto; las altitudes más altas se encuentran en los límites municipales con Xonacatlán, Ocotlotepec, Temoaya y Jiquipilco las cuales van de 3,500 a los 3,776 msnm formando cerros y quebradas profundas. Dentro de la CPG la cota más alta alcanza los 3,776 msnm (López-Mathamba y Ávila-Akerberg, 2018).

Dentro de la CPG se han desarrollado investigaciones previas referentes al análisis de los servicios ecosistémicos sobre fitodiversidad (López-Mathamba y Ávila-Akerberg, 2018), almacén de carbono y percepción social del bosque de *Pinus hartwegii* (carbono almacenado es de 82.51 t/ha) (Vega y Ávila-Akerberg, 2021), y almacenamiento de carbono en bosques de *Abies religiosa* (91.22 t/ha) (García, Almeida, y Ávila-Akerberg, 2016).

Se hizo investigación documental partiendo de un inventario forestal hecho previamente en la zona, para después analizar el almacenamiento de carbono por tipo de vegetación, y así obtener su valor económico a partir de los precios de mercado. Posteriormente se buscó información documental de instituciones gubernamentales federales y estatales, se entrevistó a diversos actores que trabajan en

el aprovechamiento de los recursos forestales, para poder tener un análisis que nos permitiera calcular y comparar el valor monetario de acuerdo a los precios del mercado para el aprovechamiento legal e ilegal, así como el almacenamiento de carbono. Con entrevistas no estructuradas a los actores relacionados con el aprovechamiento forestal maderable, se pudieron obtener los precios de mercado vigentes de la madera legal. Así también se lograron obtener precios de la venta ilegal de este producto, aunque esta información puede variar un poco, dada la problemática e inseguridad inherente a este tema.

Para la valoración económica del almacenamiento de carbono se tomó como referencia el precio de 10 USD por tonelada almacenada (Reserva de Acción Climática), posteriormente se multiplicó por los promedios de carbono almacenado en los diferentes tipos de bosque. Del inventario forestal realizado previamente en la zona, se hizo un promedio del almacén de carbono de los tipos de bosque principales (bosques de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*), obteniendo su valor en toneladas por hectárea (tC/ha).

Para el aprovechamiento legal se obtuvieron datos de la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) sobre los núcleos agrarios con aprovechamiento forestal. Estos fueron: fechas de vigencia de su autorización, superficie en hectáreas (ha) de sus diez anualidades, la superficie promedio anual (ha) y los metros cúbicos (m<sup>3</sup>) autorizados anuales.

Para obtener los m<sup>3</sup>/ha anual de aprovechamiento forestal en los diferentes núcleos agrarios con autorizaciones, se dividieron los datos del volumen promedio anual autorizado (m<sup>3</sup>) entre la superficie promedio anual (ha). También se obtuvo el promedio de la superficie por año (ha) y el promedio de los metros cúbicos aprovechados por año, teniendo como cifra final la cantidad promedio de metros cúbicos extraídos por hectárea cada año (m<sup>3</sup>/ha año). Este resultado se multiplicó por el precio legal de la madera en rollo (\$1,900 pesos mexicanos o \$95 USD).

Para analizar la información de la tala ilegal se consideraron los datos de los metros cúbicos talados en un día en toda la parte alta de la cuenca presa de Guadalupe, esto a partir de las entrevistas no estructuradas que se hicieron en la zona. La información obtenida considera que las personas que realizan dicha actividad lo hacen continuamente durante varios días al año (por lo menos 250 días/año). Se multiplicaron los metros cúbicos extraídos diariamente por el número de días trabajados al año. Para estimar el valor de metros cúbicos de madera talados al año se dividió el volumen de extracción diaria, entre la superficie anual promedio de todos los núcleos agrarios bajo aprovechamiento. Esto porque no se conoce con precisión las superficies precisas de extracción ilegal, por lo que se consideró que se desarrolla sobre una superficie equivalente a la que tiene aprovechamiento legal en todas las comunidades y ejidos considerados en este estudio. Este dato se multiplicó por el valor comercial en la región, expresado finalmente en dólares por hectárea y año (USD/ha año).

## **RESULTADOS**

Para considerar los datos entre la valoración económica y el aprovechamiento legal y la tala ilegal, se analizó primero el total de almacenamiento de carbono en los diferentes tipos de vegetación en la cuenca presa de Guadalupe. Consecutivamente se examinaron los datos de los núcleos agrarios que tienen un aprovechamiento forestal, así como la venta final en madererías y carpinterías de la región, y por último los datos de la extracción ilegal de madera.

### **Análisis de la valoración económica del almacenamiento de carbono**

Para analizar el almacenamiento de carbono se utilizó y ordenó un inventario forestal realizado previamente en la zona. El inventario es una base de datos estructural con los valores de especie de



árbol, diámetro, altura y factores generales de cada sitio de muestreo, los cuales fueron círculos de 1000 m<sup>2</sup>. Los sitios de muestreo que se tomaron en cuenta corresponden a los tipos de vegetación bosque de *Abies religiosa* (oyamel) y bosque de *Pinus hartwegii* (pino de las alturas), ya que estas especies son las principalmente aprovechadas. Para el cálculo de carbono almacenado fue utilizado el factor medio del IPCC (2006) sugerido para bosques templados (0.45). En la tabla 1 se pueden apreciar los sitios de muestreo, el promedio de carbono almacenado por hectárea (tC/ha) y el total del área dentro de la cuenca para cada tipo de vegetación.

**Tabla 1**

*Datos del inventario forestal realizado previamente en la zona*

| Tipo de Vegetación   | Sitios de muestreo | Promedio de carbono almacenado por hectárea (tC/ha) | Área total dentro de la CPG (ha) |
|--|--------------------|---|----------------------------------|
| Bosque de <i>Abies religiosa</i> (oyamel)                          | 41 (14.7 ha)       | 83.31   | 4,439                            |
| Bosque de <i>Pinus hartwegii</i> (Pino de las alturas)             | 39 (10.9 ha)       | 29.04   | 2,144                            |
| Promedio de almacén de carbono de los dos tipos de bosque (ton/ha) |                    | 56.17   |                                  |

**Fuente:** Elaboración propia con base al inventario forestal de Ávila Akerberg et al. (2011-2013).

El cuadro (1) muestra el promedio de carbón almacenado del bosque de *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*, con un valor de 83.31 tC/ha y 29.04 tC/ha, respectivamente, dichos valores son el resultado del muestreo de 41 parcelas equivalentes a 14.7 ha en bosque de Oyamel y de 39 parcelas equivalentes a 10.9 ha en bosque de Pino. El promedio del almacenamiento de carbono en los dos tipos de vegetación fue de 56.175 (tC/ha).

Se muestra un mayor valor de almacenamiento de carbono para bosque de Oyamel con respecto al bosque de Pino, esto puede relacionarse con el valor de la densidad de cada especie, que de acuerdo con INIFAP (2003) para *Abies religiosa* es de 0.41, mientras que para *Pinus hartwegii* es de 0.496 (Rojas-García, 2008) y también se puede relacionar con que el bosque de Pino es la especie que mayormente manejan en los aprovechamientos forestales de la región, pues la madera que se obtiene posee características que sirven para realizar diversos productos en diferentes sectores que van desde la construcción hasta la elaboración de muebles.

En la tabla 2 se pueden los promedios de almacenamiento de carbono de los dos tipos de vegetación analizados (ton/ha), lo que después se multiplicó por diez dólares (USD), lo que da un total de \$562 USD por hectárea al año.

**Tabla 2**

*Almacenamiento total de carbono en los tipos de vegetación y su valor económico*

| Promedio de almacenamiento de carbono de los tipos de vegetación (ton/ha) | USD/ton | USD/ha |
|---|---------|--------|
| 56.17   | \$10    | \$562  |

**Fuente:** Elaboración propia (2023)

En las tablas 3 y 4 se muestra cuáles son los núcleos agrarios bajo aprovechamiento con su respectiva fecha de expedición y fecha de vigencia, así como los metros cúbicos (m<sup>3</sup>) autorizados anuales y la superficie en hectáreas (ha) de sus diez anualidades y la superficie promedio anual (ha).

**Tabla 3**

*Aprovechamiento legal*

| Núcleos agrarios con aprovechamiento forestal en la CPG                                 | Fecha de expedición | Fecha de vigencia | Superficie en las 10 anualidades (ha) | Superficie promedio anual (ha) | Promedio anual autorizado (m <sup>3</sup> ) | m <sup>3</sup> /ha anual |
|---|---------------------|-------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------|
| B.c. Santiago Tlazala   | 19/05/14            | 31/12/23          | 2,435                                 | 243.5                          | 10,176                                      | 41.8                     |
| B.c. San Miguel Tecpan  | 26/07/16            | 26/07/26          | 429.8                                 | 43                             | 2,591                                       | 60.3                     |
| B.c. Santa Ana Jilotzingo   | 10/09/19            | 09/09/29          | 523.5                                 | 52.3                           | 2,325                                       | 44.4                     |
| Ejido Santa Ana Jilotzingo  | 22/11/17            | 22/11/27          | 25.8                                  | 2.6                            | 124   | 47.8                     |
| Ejido Transfiguración Monte Alto  | 01/04/19            | 31/03/29          | 244                                   | 24.4                           | 378   | 15.5                     |
| Fracción C finca nuestra señora de la luz antigua porción de la hacienda la encarnación | 19/02/19            | 19/02/29          | 365                                   | 36.5                           | 1,435                                       | 39.3                     |
| Santa María Mazatla   | 25/09/11            | 31/12/20          | 780.5                                 | 78.1                           | 2,177                                       | 27.9                     |
| <b>Totales</b>  |                     |                   |                                       | 480.38                         | 2,744                                       | 39.97                    |

**Fuente:** Datos de aprovechamiento forestal de la Protectora de Bosques del Estado de México (2022)



**Tabla 4**

*Análisis económico de los aprovechamientos forestales legales en los núcleos agrarios*

| Promedio m3 anuales/ha al año | Precio (\$) m3 de aprovechamiento | Ganancia (\$) m3/ha | USD anuales/ha (\$20 pesos por dólar) |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| 39.97                         | \$1,900                           | \$75,960.45         | \$3,798                               |

**Fuente:** Elaboración propia (2023).

Los datos contemplados en esta tabla muestran todos los núcleos agrarios que tienen un aprovechamiento forestal autorizado, de los cuales el de más metros cúbicos autorizados son los Bienes Comunales de Santiago Tlazala, éste a su vez tiene su propio aserradero para transformar la madera y venderla en tablas, tablones, polines, gualdras (cepillada o áspera), o como lo solicite el cliente. Al mismo tiempo el aserradero tiene registro de las remisiones forestales que son utilizadas cuando se traslada la materia forestal del lugar del aprovechamiento al aserradero. Esta remisión es un formato impreso en papel seguridad con una serie de medidas implementadas para evitar su falsificación, expedido por la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) en el que se registra los datos formales del titular que en este caso es el ejido encargado del control del aserradero, número de oficio de autorización y la cantidad de metros cúbicos que ampara el documento. La información del remitente hace mención de la autorización de aprovechamiento maderable, el volumen autorizado por anualidad y la vigencia. También se coloca la información del destinatario el cual se ubica el nombre, la denominación social, el Registro Federal de Contribuyentes (RFC) y el destino final de ese producto. Los apartados más importantes dentro de la remisión es el producto forestal el cual debe de especificar la cantidad en m3, medio de transporte, marca y placas, toda esta información debe de estar firmada y sellada para que tenga validez oficial.

Ante esto la disposición final de la madera extraída de los aprovechamientos varía, algunas tienen como destino la zona oriente del estado y otras a la zona metropolitana de la ciudad de Toluca, teniendo un costo de madera en rollo de \$1,900 pesos mexicanos este precio puede variar en cada zona del estado, ya que no es el mismo precio en la zona sur que en la zona norte además, el precio varía según la especie de árbol, lugar de extracción y comercialización. De esta manera, se tomó en cuenta en el cuadro 3 los apartados de los aprovechamientos por fecha de expedición y de vigencia, Superficie en las 10 anualidades (ha), la superficie promedio anual (ha) el promedio de m3 autorizados anuales, para considerar económicamente el aprovechamiento teniendo un total de \$3,798 USD anuales por hectárea.

La madera transformada en el aserradero parte a la venta a diferentes destinos y en diferentes formas por ello, en la tabla 5 se colocan los precios sondeados de diversas madererías de la zona, además de las formas más comunes en las que venden la madera. Este precio puede variar dependiendo de la temporalidad del año, producto o cantidad que tengan o solicite el comprador.

**Tabla 5**

*Precios de la transformación de la madera en diferentes zonas conurbadas a la Cuenca Presa Guadalupe*

| Tipo de producto | Precio unitario USD | Precio total USD |
|------------------|---------------------|------------------|
| Tabla            | \$7                 | \$371            |
| Tablón           | \$11                | \$286            |
| Polín            | \$4                 | \$284            |

**Fuente:** Madererías aledañas a la zona de la cuenca presa de Guadalupe (2023).

### Aprovechamiento ilegal (tala ilegal)

En cuanto al aprovechamiento ilegal en la zona, se obtuvo información no oficial donde se proporcionaron datos de extracción los cuales, según los comentarios obtenidos se extraen por noche aproximadamente 125 m<sup>3</sup> de madera los cuales son transportados en un aproximado de 25 camionetas. El precio ilegal de la madera en rollo (tronco del árbol) es de \$1,750 pesos, por la información proporcionada se sabe que los talamontes trabajan en promedio 250 días al año. Teniendo estos datos se realizó un análisis (tabla 6) donde se muestran los datos totales en m<sup>3</sup> de madera extraída por día, al año, además de los m<sup>3</sup> talados por ha, el promedio de m<sup>3</sup> anual, el precio del m<sup>3</sup> en pesos mexicanos de madera ilegal y finalmente los USD anuales por ha.

**Tabla 6**

*Análisis de datos sobre tala ilegal*

| m <sup>3</sup> talados en un día | m <sup>3</sup> talados al año | m <sup>3</sup> talados/ha al año | \$ m <sup>3</sup> ilegal | \$ m <sup>3</sup> /ha de ilegal | USD anuales/ ha |
|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------|
| 125                              | 31,250                        | 65.05                            | \$1,750                  | \$113,842.17                    | \$5,692         |

**Fuente:** Elaboración propia (2023).

Para la tala ilegal, se puede observar que los talamontes podrían obtener una ganancia de \$5,692 USD anuales por hectárea de bosque vendido como madera en rollo, esto se ve reflejado en la constante extracción de madera que se observa todos los días en la zona, y en la cual se ha reportado ante las autoridades competentes. Los habitantes de la zona se han visto imposibilitados para actuar, por ignorancia para llevar a cabo las denuncias o por amenazas y temor a represalias. En la tabla 7 se resumen los valores de posibles ganancias por la venta de madera en rollo o por el pago del almacenamiento de carbono por hectárea y año.

**Tabla 7**

*Análisis económico entre la valoración económica del almacenamiento de carbono, el aprovechamiento legal y la tala ilegal*

| Rubro CPG  | Monto USD anuales/hectárea |
|--|----------------------------|
| Valoración económica del almacenamiento de carbono | \$562                      |
| Núcleos agrarios con aprovechamiento forestal      | \$3,798                    |
| Tala ilegal  | \$5,692                    |

**Fuente:** Elaboración propia (2023).

### DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos del valor económico del almacenamiento de carbono, el aprovechamiento legal y la tala ilegal, se observa que el valor monetario del almacenamiento es de \$562 USD anuales/ha. Aun así, los principales problemas en valorar un servicio ecosistémico de este tipo, es determinar el monto a pagar y la disponibilidad de aceptar una compensación por conservar el servicio. Como lo argumenta Pérez (2008), este tipo de problemas son los más comunes y a la vez los más complejos, porque no existe un precio definido, además de un mercado seguro y preciso en su valor monetario, ya que quien desee invertir en programas y proyectos de esta índole, no tienen bien definido este valor económico.

La remuneración económica del aprovechamiento forestal en los núcleos agrarios en la CPG es de \$3,798 USD anuales/ha si la madera se vende en rollo. La comercialización de la madera transformada no tiene definido un precio estándar, porque puede variar de un lugar a otro o del tipo de producto final que requiera el cliente, además de la disposición a pagar ya que varía el valor comercial en cada región, estado y país.

Por otro lado, la tala ilegal en esta zona puede obtener ganancias de hasta \$5,692 USD anuales/ha, operando como un modelo de negocios que no manejan un precio estándar, impactando en la estructura de los costos y comercialización (Agudelo-López, et. al. 2022). A través de una red de intermediarios como lo argumentan Armenteras y Rodríguez (2014), se reciben parte de las ganancias, dejando desperdicios que afectan la flora y fauna circundante y que representan una acumulación irregular de material combustible, lo que aumenta el riesgo de incendios en temporada de secas. Estas prácticas también atentan contra la integridad de las personas que viven en esas zonas, modificando el entorno social de los ejidos y comunidades, provocando un aumento de violencia e inseguridad, que también aleja al turismo regional.

De acuerdo a la minuta de proyectos de decreto del código penal federal en materia de tala ilegal de las Comisiones de Unidad de Justicia y de Estudios Legislativos del Senado de la República Mexicana (2023), se considera que los productos obtenidos de la tala ilegal suelen mezclarse con productos legales a lo largo de la cadena de valor, lo cual dificulta la identificación de su punto de extracción. Por esta razón, se modificaron las penas en prisión que van de seis meses a nueve años para las personas que destruyan la vegetación forestal y cambien el uso de suelo en terrenos forestales sin previa autorización, esta pena aumenta de tres a doce años de prisión si se involucran armas de fuego u otro medio violento, y si la cantidad extraída supera los dos metros cúbicos de madera y se realiza al interior de un área natural protegida.

Los núcleos agrarios que se encuentran con un programa de manejo forestal, promueve su aprovechamiento de manera integral gestionando los trámites ante las dependencias de gobierno, tal como lo argumentan Montañez et al. (2010), representando una opción para conservar la integridad de los bosques, pero no es suficiente ante la acelerada tala ilegal que se encuentra en esta zona. La superficie forestal y de otros ecosistemas presentes en la cuenta de la presa de Guadalupe y el resto del Bosque de Agua beneficia a la Megalópolis de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México con servicios ecosistémicos como el almacenamiento de carbono, captación y filtración de agua, refugio para una gran biodiversidad. Por lo que, de prevalecer la actividad de extracción desmedida de madera, sobre todo de manera ilegal, en pocos años habrá una crisis hídrica y climática en la megalópolis y las comunidades cercanas.

En México se llevan a cabo distintos métodos para realizar un plan de aprovechamiento forestal, en la zona de la CPG se hace con el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI), ya que su topografía de montaña hace que este método sea el más adecuado. Para ello, se requiere de un técnico forestal certificado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para realizar el análisis, cuantificación y delimitación de la cantidad de hectáreas que se aprovechan por año, así como el tipo de vegetación y reconocimiento de plagas y enfermedades que tengan en la zona. Bajo esta lógica, la recuperación de un bosque al cabo de los diez años del ciclo de corta, podría darse a través de la regeneración natural y la reforestación. Aunque no siempre son consideradas alternativas productivas para las comunidades en el lapso de recuperación del bosque, sería fundamental concretar propuestas para llevar a cabo un aprovechamiento de bajo impacto y analizar las posibilidades de que los ejidatarios y comuneros de la zona, participen con autoridades y sociedad civil en los programas nacionales e internacionales de bonos de carbono, en congruencia con las nuevas Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) que se impuso México en la 27<sup>a</sup> Conferencia de las Partes en Egipto, de lograr una reducción de 22%, la nueva meta al 2030 se eleva a



un 35% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Si esto realmente se quiere lograr, habrá que impulsar mayores y mejores esquemas de compensación por almacenamiento de carbono y por el pago de otros servicios ecosistémicos.

### **CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES**

La crisis climática es una realidad existente en todos los niveles, cuidar los bosques tiene un gran valor ambiental y económico. De acuerdo con la valoración económica del almacenamiento de carbono de la CPG, se podrían gestionar proyectos de bonos de carbono a nivel nacional e internacional, además de involucrar e impulsar a los ejidatarios y comuneros para que conozcan el valor económico que tienen sus bosques y manejar planes de conservación. Al mismo tiempo se deben promover los beneficios de los programas de bonos de carbono que ofrecen las dependencias de gobierno estatales y federales, o también otros programas que pueden ser financiados por instituciones privadas.

La cantidad monetaria que obtienen los núcleos agrarios de la CPG por los aprovechamientos que realizan, sirve para promover su conservación y al mismo tiempo su utilidad, lo cual sería adecuado que utilizaran alternativas productivas de bajo impacto para las comunidades, así como un adecuado plan de aprovechamiento forestal, acompañados por esquemas que impulsen un mayor valor agregado en la madera extraída, a través de su procesamiento y la certificación por organismos nacionales o internacionales.

El valor monetario de la tala ilegal fue el más alto, lo que provoca una considerable pérdida de masa forestal dentro del Bosque de Agua y acarrea consigo otras problemáticas sociales. Al ser parte de la economía ilegal, esto representa pérdidas considerables para el gobierno y para los núcleos agrarios, y disminuye el potencial para lograr precios más justos y reales por la venta de madera legal.

Toda vez que se han analizado los valores económicos entre la valoración económica del almacenamiento de carbono, el aprovechamiento forestal legal y la tala ilegal se puede contestar la pregunta del título, ¿Qué actividad forestal es más redituable económicamente en el Bosque de Agua de la Megalópolis de la Ciudad de México? A lo que puede responderse que la tala ilegal está siendo la más redituable, y es un foco rojo que sigue gravemente latente y que las personas que lo realizan lo hacen por conseguir dinero rápido y fácil sin tener ningún control legal. En este sentido sería idóneo que considerarán dentro de sus planes de manejo, alternativas productivas para las comunidades. Además, en esta investigación se pone en evidencia la situación de la tala ilegal en donde se provoca una pérdida considerable de masa forestal cada año y donde el derribo de árboles no es controlado, afectando el ecosistema y la integridad física de las personas del Bosque de Agua de la Megalópolis de la Ciudad de México.

## REFERENCIAS

Agudelo-López, M, González-Vargas, C., Yepes-Quintero, A., Mora-Rodríguez, E., Chaux-Echeverri, M., Santos- Acuña, L. & Fernández-Ugalde, J. C. (2022). Costos de aprovechamiento del manejo forestal comunitario en Colombia: impactos, lecciones aprendidas y desafíos. *Colombia Forestal*, 25(2), 104-119.

Aguirre, O. (2015). Manejo Forestal en el Siglo XXI. *Madera y bosques*, 21(spe), 17-28.

Arellano, K. y Palacios. I. (2022) Valoración de bienes y servicios ambientales del Bosque Protector Cerro Golondrinas en Carchi–Ecuador *Cedamaz* 12-(2) 85-93

Armendáriz, H. (2014) Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) Curso regional de regulación, manejo y salud forestal, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT. Chihuahua, México 5 septiembre.

Armenteras, D. y Rodríguez, N. (2014) Dinámicas y causas de deforestación en bosques de Latinoamérica: una revisión desde 1990. *Colombia Forestal*, 17(2), 233-246.

Bolaños. L. y Marín, J. (2022) Análisis de las dinámicas de aprovechamiento forestal, territorios y medidas para abordar el cumplimiento de las compensaciones por aprovechamiento forestal de especies maderables en el departamento de Caldas. Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Pereira Colombia.

CONAGUA y CCPG (2008). Programa Hídrico de Gran Visión de la Cuenca Presa Guadalupe [en línea]. México: Comisión Nacional del Agua/Comisión de Cuenca Presa Guadalupe.

García, I., Almeida, L., y Ávila-Akerberg, V. (2016). Estimación del almacenamiento de carbono y la percepción social de los servicios ecosistémicos que brinda el bosque de Abies religiosa de la Cuenca Presa Guadalupe, Estado de México. *Teoría y Praxis*, (19), 65-93.

Gastañadú, M., Jirald, A, Manrique, R., y Vargas, I. (2022). Matriz Insumo Producto para estimar la demanda ilegal de madera en el Perú, 2007-2019. *Transdisciplinary Human Education*, 6(10), 1–13.

Greenpeace México (2010) El Gran Bosque de Agua <https://wayback.archive-it.org/9650/20200310023339/http://p3raw.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Bosques/Geografia-de-la-deforestacion/El-Gran-Bosque-de-Agua/>

INIFAP (2003). Monografías sobre diferentes coníferas y latifoliadas de clima templado. Musálem M.Á. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, México, D.F.

Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). (1994). The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge

Li, T. Hui, B. Zhu, L. Zhang, T. Chen, T. Su, C. (2022) Using Auction Price Method to Estimate Payment for Forest Ecosystem Services in Xin'an River Basin in China: a BDM Forests, 13,902.

López-Mathamba. L. y Ávila-Akerberg, V. (2018) Valoración de los servicios ambientales de la fitodiversidad del paisaje en la Cuenca Presa de Guadalupe, Estado de México. Tesis de doctorado. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales Universidad Autónoma del Estado de México.

LXV Legislatura Senado de la Republica México (2023) Dictamen de las comisiones unidad de justicia y de estudios legislativos, segunda, en sentido positivo a la minuta con proyecto de decreto por el que reforman y adicionan los artículos 418,419 y 423 del código penal federal en materia de tala ilegal.

Masera OR, Bellon M, Segura G. (1995). Forest Management Options for Sequestering Carbon in Mexico. *Biomass and Bioenergy* 8(5):357-367.

Montañez, P. Jimenez, J. Ruenes, R. Calvo, L. (2010) Aprovechamientos forestales maderables y no maderables, *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán, Uso de la Flora y Fauna Silvestre*. 360-361.

Oxfam México s/f El bosque de agua ¿Qué es y porque importa? <https://www.oxfamMexico.org/biblioteca/>

Pardo, Y. Muñoz, J. Velásquez, J. (2022) Valoración económica de servicios ecosistémicos en bosques de sistemas agropecuarios del piedemonte amazónico colombiano. *Revista Desarrollo y Sociedad* 143-16.

Pérez, O. (2008). *Valoración Económica de los Recursos Naturales y del Ambiente*. Lima.

Protectora de bosques del Estado de México PROBOSQUE (2022) Datos de núcleos agrarios con aprovechamiento forestal maderable. Gobierno del Estado.

Reserva de Acción climática <https://www.climateactionreserve.org/es/how/carbon-market-directory/>


Rojas-García, F. (2004). Contenido y captura potencial de carbono en el bosque de *Pinus hartwegii* del Parque Nacional la Malinche: Tlaxcala-Puebla. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México DF, 68 pp.

Segundo, R. y Ávila-Akerberg, V. (2020) Delimitación de áreas de gestión para manantiales ubicados en la cuenca presa de Guadalupe, Estado de México. Tesis de Maestría, Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México.

Trinidad, W. Sol, Á. Galindo, A. Zúñiga C. (2015) Evaluación de la rentabilidad económica y captura de carbono en plantaciones de cacao en el plan Chontalpa, Tabasco. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*. [2-1] 53-66

Vega, L. y Ávila-Akerberg, V. (2021) Almacén de carbono y percepción social de las contribuciones del bosque de *Pinus hartwegii* en el municipio de Isidro Fabela, Estado de México. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales Universidad Autónoma del Estado de México.

Zúñiga, C., Ugalde S., Meza V., Méndez, J. (2022) Costo de oportunidad del manejo forestal en bosque natural del Área de Conservación Arenal Huetar Norte, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales Trop J Environ Sci*. 57(1) 1-19.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 



### **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece el apoyo económico para hacer esta investigación al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología del Estado de México, con su programa Jóvenes Investigadoras e investigadores Catedra Comecyt Edomex.