

Efecto del manejo forestal en los ecosistemas forestales

Effect of forest management on forest ecosystems

Recepción del artículo: 16/01/2024 • Aceptación para publicación: 26/03/2024 • Publicación: 01/05/2024

<https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi22.345>

Viridiana S. Galván-Moreno

Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Programa de Doctorado en Ciencias con Orientación en Manejo de Recursos Naturales. Linares, Nuevo León, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6085-4644>

Oscar A. Aguirre-Calderón*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5668-8869>

Eduardo Alanís-Rodríguez

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8921-857X>

Javier Jiménez-Pérez

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4246-7613>

Eduardo J. Treviño-Garza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6294-4275>
Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León, México.

Jesús Miguel Olivas-García

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9657-5818>

L. Gerardo Cuéllar-Rodríguez

Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Chihuahua, Chihuahua, México.

*Autor de correspondencia:

oscar.aguirrecl@uanl.edu.mx

Resumen

En la actualidad se ha promovido el manejo sustentable como una herramienta de conservación ambiental y desarrollo económico y social de las poblaciones locales. Partiendo de este principio, el objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión de investigaciones con el fin de analizar el efecto del manejo forestal en los ecosistemas forestales, partiendo desde la identificación de los tratamientos silvícolas empleados en el país y los resultados encontrados a partir de su implementación. Se encontró que la aplicación de tratamientos de aclareo y selección no presentan un efecto en el cambio de estructura, diversidad de especies y dinámica del arbolado. La aplicación de tratamientos intensivos como las cortas totales, promueven un mayor incremento maderable al emplear plantación inmediata, por tal motivo, son prácticas recomendadas para incrementar la productividad maderable de los bosques. Las prácticas silvícolas contribuyen a mejorar el grado de utilización de la calidad del sitio y por consecuencia, aumentar los almacenes de biomasa y carbono. La capacidad de resiliencia de los ecosistemas y el manejo orientado a mantener un equilibrio ecológico y ambientalmente sostenible, permiten emplear el aprovechamiento como una herramienta para incrementar la capacidad productiva y los sumideros de carbono.

Palabras clave: Ecosistemas forestales, efecto del manejo, ejes del manejo forestal, tratamientos silvícolas.

Abstract

Currently, sustainable management has been promoted as a tool for environmental conservation and the socioeconomic development of local populations. Based on this principle, the objective of this study was to conduct a review of research to analyze the effect of forest management on forest ecosystems, starting with the identification of silvicultural treatments used in the country and the results obtained from their implementation. It was found that the application of thinning and selection treatments does not have an effect on changes in structure, species diversity, and tree dynamics. Intensive treatments such as clear-cutting promote greater timber increment by using immediate plantation, making them recommended practices for increasing the timber productivity of forests. Silvicultural practices contribute to improving the utilization grade of site quality and, consequently, increasing biomass and carbon stocks. The resilience capacity of ecosystems and management aimed at maintaining an ecologically and environmentally sustainable balance allow for the use of utilization as a tool to increase productivity capacity and carbon sinks.

Keywords: Forest ecosystems, effect of handling, axes of forest management, silvicultural treatments.

Introducción

En la actualidad, hay un aumento en la dinámica de comunicación entre los administradores forestales y la sociedad. Al implementar los principios del manejo forestal sostenible, no existe una interpretación uniforme de las reglas y principios del manejo forestal o la efectividad de la transferencia de información al utilizar formas y canales de comunicación tradicionales (Ślupięńska *et al.*, 2022).

El desarrollo sostenible implica la aplicación de los principios de influencia ecológica en el medio ambiente y la adaptación a los cambios que este experimenta. Su implementación se orienta hacia el cumplimiento de la obligación internacional de abordar tanto las responsabilidades sociales y ambientales como las económicas (Akita y Ohe, 2021; Lier *et al.* 2022).

Las demandas sobre los bosques han evolucionado de forma recurrente a lo largo del tiempo, lo que se ha reflejado en conceptos cambiantes de sostenibilidad. En 1713 Hans Carl von Carlowitz formuló el concepto de gestión forestal sostenible respecto al telón de fondo de la deforestación, la degradación forestal y el suministro incierto de madera (Carlowitz, 1713).

El principio de la gestión forestal sostenible se desarrolló aún más en los siglos XVIII y XIX, este desarrollo fue fundamental para restaurar los bosques destruidos y sobreexplotados en Europa Central y eliminar la escasez de madera (Beckmann, 1759; Heyer, 1841). Es fundamental reconocer la importancia de garantizar la sostenibilidad de todas las funciones de los bosques, y no solo centrarse en su función económica en el mercado de la madera (Dieterich, 1941). En este contexto, también merece mención la creciente demanda de una cubierta forestal continua y una gestión forestal cercana a la naturaleza para mantener las múltiples funciones de los bosques (Krutzsch *et al.* 1934).

Actualmente las estrategias forestales mencionan la sostenibilidad bajo muchos conceptos, y la expresión "manejo forestal sostenible" aparece en una amplia variedad de contextos ("prácticas de gestión forestal sostenible", "marco de gestión forestal sostenible", "concepto de gestión forestal sostenible"), y hay referencias a una "bioeconomía forestal sostenible", entendida como la cadena de valor basada en el suministro sostenible de madera y otros bienes y servicios del bosque (Akita y Ohe, 2021).

De acuerdo con Caballero (2022), en 95 años de aplicación de política forestal en México, no se ha logrado consolidar un sector forestal nacional que, en el contexto de una adecuada conservación y buen manejo de los bosques, sea un factor importante para el desarrollo social y económico. No obstante, en los últimos años se ha promovido el manejo sustentable como una herramienta de conservación ambiental y desarrollo económico y social de las poblaciones locales. En el manejo sustentable de las masas

forestales es fundamental conservar la biodiversidad, mantener la composición forestal, sus valores asociados y el paisaje del ecosistema (Hernández-Silva *et al.* 2018).

El manejo sustentable de recursos forestales tiene como objetivo lograr bosques ecológicamente estables, saludables, diversos y sostenibles. El reto para los responsables del manejo forestal es equilibrar el desarrollo económico y la diversidad ecológica. Asimismo, es importante que las estrategias del manejo forestal tomen en cuenta la diversidad biológica, los procesos de los ecosistemas y la productividad de la estación a largo plazo y de esta manera mantener y mejorar el bienestar humano sobre bases ecológica y económicamente sostenibles.

En este sentido, Aguirre-Calderón (2015) menciona que el manejo forestal sustentable comprende las decisiones y actividades dirigidas al aprovechamiento, conservación y fomento de los recursos forestales de manera ordenada; gestionando satisfacer las necesidades de la sociedad actual y generaciones futuras, administrando la capacidad productiva del bosque para generar diversos bienes y servicios. Por su parte, Galicia y Zarco-Arista (2014) mencionan lo que consideran como los principales servicios para los bosques templados de México, los cuales se dividen en cuatro categorías; provisión: alimentos, agua, madera, recursos químicos, recursos genéticos, bioenergía y recursos forestales no maderables; regulación: climática, flujo de agua, purificación de contaminantes del aire, prevención de erosión del suelo y deslizamientos de tierra, captura de carbono; servicios culturales: comunitarios, recreativos, educativos y de apoyo al hábitat: producción primaria, formación de suelo.

Al considerar lo anterior, se planteó como objetivo de este análisis, describir el efecto del manejo forestal a largo plazo en los ecosistemas forestales, partiendo desde la identificación de los tratamientos silvícolas empleados en el país y los resultados encontrados a partir de su implementación y monitoreo.

Metodología

A pesar de la importancia socioeconómica del manejo forestal sustentable en México, la información disponible sobre esta actividad es mayormente orientada a cuestiones meramente técnicas. Por esta razón, para esta revisión, se consideró información de 50 investigaciones relacionadas con el manejo forestal orientado a la sustentabilidad y conservación de los bosques templados. Se dio preferencia a los estudios que presentaban información precisa sobre las actividades realizadas en el desarrollo del manejo forestal sustentable, y se discutió cómo los procesos silvícolas, de conservación y el monitoreo forestal han logrado adaptarse a las condiciones del sector forestal en México.

Desarrollo

Ejes del Manejo forestal

El manejo sostenible de los recursos forestales lo definen tres ejes o dimensiones fundamentales: una dimensión ambiental, la cual tiene como objetivo el mantenimiento de los recursos forestales de manera permanente; una dimensión económica, la cual se resume en la producción sostenida de bienes y servicios; y la dimensión social, la cual promueve la participación de las personas en los procesos de toma de decisiones que corresponden al manejo forestal y a la distribución de los beneficios que de él resultan.

Eje ambiental: Históricamente los bosques han proporcionado a la sociedad humana bienes y servicios esenciales para el sustento y la generación de ingresos. Los humanos recolectaban alimentos, medicamentos y otros recursos que cubrían sus necesidades básicas en los bosques (Sheppard *et al.* 2020).

En los bosques se presentan retos ambientales, relacionados con el mantenimiento y desarrollo del hábitat para la vida silvestre, calidad del agua, calidad del suelo, calidad del aire y diversidad biológica, muchos de los cuales están contemplados en leyes y regulaciones pero que son difíciles de llevar a la práctica en muchas situaciones (Aguirre-Calderón, 2015).

Eje económico: El sector forestal suele ser económicamente importante en los países dotados de bosques (Lundmark *et al.* 2021). Los ecosistemas poseen importancia en la generación de ingresos adicionales en la economía de subsistencia de la población de las regiones forestales, de tal modo que abastecen de bienes que permiten reducir los gastos monetarios de las familias. La madera y los productos forestales no maderables proporcionan alrededor de un 20.00% de los ingresos en los hogares rurales en países en desarrollo, que tienen un acceso entre moderado y bueno a los recursos forestales (Angelsen *et al.* 2014).

El aprovechamiento sustentable de los ecosistemas genera beneficios, operar dentro de un presupuesto generando ingresos y no pérdidas, el obtener retornos financieros competitivos en comparación con otras inversiones. Dichos desafíos comúnmente se expresan en unidades monetarias por lo cual es necesario incluirlos en las valoraciones y las externalidades de los ecosistemas (Aguirre-Calderón, 2015). Los beneficios económicos obtenidos de las operaciones del manejo forestal, pueden contrarrestarse por los daños ambientales que pueden ser causados a largo plazo, lo cual generará costos a la sociedad futura.

Eje social: El persuadir la opinión pública de que el bosque está siendo manejado responsablemente no es

un asunto fácil, de ahí la relevancia de la aplicación de instrumentos de política forestal como la certificación forestal (leyes y regulaciones) que guíen el manejo de los recursos forestales. Se asume la necesidad de generar empleos para las comunidades locales y pagar estos empleos con salarios suficientes (Larson *et al.* 2010).

Métodos silvícolas empleados en el manejo forestal

Los primeros métodos de manejo forestal utilizados en áreas de clima templado origen europeo, basados en el sistema silvícola de selección. La aplicación de tratamientos silvícolas es uno de los enfoques más importantes en el manejo forestal (Martínez-Meléndez *et al.* 2021) y durante años, se han implementado diversos tratamientos silvícolas en todo el mundo para maximizar los rendimientos productivos (Halbritter, 2015), cuya meta es lograr abastecer por la vía del manejo forestal sostenible, las necesidades tangibles de productos forestales que la sociedad requiere (Rojas, 1995). Principalmente, la silvicultura ha sido aplicada con fines comerciales desde un principio de sostenibilidad ambiental y ecosistémica (Dávalos, 1996; Aguirre-Calderón, 2015).

En México, históricamente se han presentado restricciones gubernamentales bastante rigurosas para controlar el manejo de los bosques (Meyer, 1939). Sin embargo, las primeras experiencias de aprovechamiento maderable iniciaron a principios del siglo XX (Estrada y Rodríguez, 2021), donde se aplicaron cortas de matarrasa para instalar las vías del ferrocarril que pasaba por los macizos forestales (Musalem, 1982).

El manejo forestal implica la ejecución de un programa de prácticas silvícolas dentro de las cuales pueden ser: métodos de regeneración como corta de selección, corta de árboles padre, cortas sucesivas y cortas totales también conocidas como matarrasa; actividades de cultivo o tratamientos intermedios: aclareos, reforestaciones, quemas prescritas, cortas de saneamiento, podas, actividades de preparación del sitio, limpia, siembra directa, entre otras, las cuales se deben efectuar durante el periodo de intervención del bosque (Monárrez-González *et al.* 2018).

Los métodos de manejo utilizados comúnmente en México son; métodos orientados a la gestión de bosques homogéneos, heterogéneos y mezclados. Para el manejo de masas homogéneas se aplica el llamado “Método de Desarrollo Silvícola” (MDS), el cual se caracteriza por presentar una intervención periódica, definida por el turno comercial, en donde el bosque se renueva mediante plantación o regeneración natural (Gadow, Sánchez-Orois y Aguirre-Calderón, 2004).

En el manejo irregular se aplica el “Método Mexicano de Ordenación de Bosques irregulares” (MMOBI), el cual busca recuperar al final del ciclo de corta las existencias en

pie que se tenían antes de la intervención. Este método está dirigido a realizar cortas selectivas en masas heterogéneas (Gadow y Puumalainen, 2000).

Por su parte, los métodos silvícolas aplicados en bosques mezclados son muy variados y no siguen algún patrón sistemático, se incorporan los servicios ambientales y aprovechamiento de recursos no maderables (Ceballos, 2020).

El hecho de que se cuenta con diferentes opciones silvícolas las cuales no son evaluadas, es una de las dificultades del manejo forestal, ya que la tarea de la planificación forestal es desarrollar y evaluar las estrategias de manejo (Gadow *et al.* 2004).

Efectos del manejo forestal en el ecosistema

En bosques de la región sur de Durango, se encontró que las cortas de selección redujeron considerablemente la diversidad arbórea, debido a que se cosechan los árboles dominantes de importancia maderable (*Pinus cooperi* y *P. durangensis*) (Graciano-Luna, 2001). En este sentido, Soto *et al.* (2021) mencionan que al emplear el método de selección la corta es dirigida principalmente a árboles superiores, ignorando el tratamiento que se debe proporcionar al arbolado joven y renuevo por medio de aclareos, para mejorar su composición y su espaciamiento adecuado.

Por su parte, los tratamientos basados en la aplicación de aclareos, tienen como criterio principal que manejador proporcione el suficiente espaciamiento entre árboles en base de la distribución y cobertura de copas (Hernández-Salas *et al.* 2013, 2018). Se busca el evitar que las copas de los árboles se entrelacen y se da gestionando para que el espaciamiento sea suficiente para que las copas se vuelvan a cerrar antes de llegar al final del ciclo de corta y originan abundancia de *Pinus spp.* (Estrada y Rodríguez, 2021). En este sentido, la aplicación de estos tratamientos busca beneficiar el desarrollo de los mejores individuos, con el objetivo de generar árboles con características superiores y crecimientos que representen un mayor rendimiento; en general, son tratamientos diseñados para aumentar la productividad del bosque e incrementar los rendimientos económicos.

Solís-Moreno *et al.* (2006) realizaron una evaluación del efecto de aclareos y cortas selectivas en bosques de Durango, no encontraron una diferencia dimensional significativa en cuanto a diámetro y altura entre tratamientos. Detectaron que los aclareos han promovido la abundancia de *Pinus leiophylla*, mientras que las cortas selectivas han mantenido una mayor diversidad de especies de acuerdo a los valores obtenidos para el índice de Shannon y la mezcla de especies. Lo anterior se debe principalmente a que las cortas de aclareo promueven el incremento volumétrico de masa coetánea, en cambio, el tratamiento de selección busca la conservación o incremento

de las especies y su consecuente regeneración. Corral-Rivas *et al.* (2005) indican que las cortas selectivas mantienen una mayor diversidad de especies, lo que implican un aumento en la abundancia y número de especies, mayor variabilidad de distribución y menor homogeneidad en la estructura de los bosques de pino-encino. El análisis de aclareo implica que se puedan analizar los efectos ocasionados por la intervención, sobre todo los cambios de densidad, de diversidad y del valor de los árboles.

Silva-González *et al.* (2022) evaluaron el método de manejo de selección en una comunidad forestal en el estado de Durango, encontraron que no se presentan cambios estadísticamente significativos en los índices de diversidad y estructura en un periodo de inventario de 10 años, de igual manera no observaron pérdidas importantes o cambios en la vegetación analizada. Concluyen que dicho método mantiene la diversidad y mezcla de especies arbóreas conservando los atributos del bosque.

Hernández-Salas *et al.* (2013) mencionan que el aprovechamiento forestal sí llega a modificar la diversidad y composición del estrato arbóreo en un bosque templado de segundo crecimiento en el estado de Chihuahua. La comunidad arbórea en su diversidad alfa mantuvo la riqueza de especies, pero disminuyó en los índices de Margalef y Shannon-Wiener y modificó la composición; asimismo, indican que, en el área de estudio, el tratamiento de selección permite aumentar la abundancia, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia del género *Pinus*; mientras que la abundancia del género *Quercus* decrece y *Juniperus* se mantiene estable.

Por otra parte, Silva-González *et al.* (2022) evaluaron en Durango bosques manejados con tratamientos silvícolas correspondientes al primer y segundo aclareo, encontraron que los tratamientos aplicados logran mantener diversidad, composición y estructura de especies en dos intervalos de muestreo. La distribución espacial de las especies en las mediciones mantuvo su aleatoriedad. Por último, no encontraron diferencias significativas entre las dimensiones de diámetro y altura después de la aplicación de alguna corta.

Torres *et al.* (2017) evaluaron el efecto del raleo y la poda en el comportamiento temporal de variables dasométricas en plantaciones *Pinus elliottii* var. *Elliottii* × *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. Con altas intensidades de raleo los valores de dg fueron mayores, mientras que los de área basal y volumen fueron menores. La intensidad de poda no afectó la producción y sí lo hizo de forma inversa en el dg, efecto que disminuyó con el tiempo. Demostraron que los raleos y podas pueden aplicarse sin afectar significativamente a los niveles evaluados.

Soto-Cervantes *et al.* (2021) en un estudio realizado en Durango, registraron diferencias significativas en las variables de ICA e IMA en los tratamientos de corta total,

cortas de aclareo y selección, donde los sitios manejados de manera selectiva presentaron menor incremento fustal en los árboles analizados. Los sitios tratados con matarrasa correspondieron al mayor incremento maderable durante el periodo de evaluación. Dicho estudio revela que la matarrasa con plantación inmediata, se puede utilizar con éxito en sitios de buena calidad de estación en los bosques de Durango, por lo tanto, representa una buena opción para aumentar la producción forestal.

Estrada y Rodríguez (2021) evaluaron el efecto de la corta de regeneración a matarrasa en combinación con la aplicación de plantación inmediata en el noreste del estado de Chihuahua. Encontraron que la aplicación de este tratamiento permite obtener una producción total de hasta 739.7 m³ ha⁻¹vt/a con un Incremento Medio Anual de 12.3 m³ ha⁻¹vt/a/año (estimación realizada en un bosque de 50 años). Lo cual indica que el bosque presenta una resiliencia adecuada, que permite recuperar las existencias (inicial de 85.90 m³ ha⁻¹vt/a en el año 1970) e inclusive incrementarlas significativamente.

Monitoreo del manejo forestal

En un principio el monitoreo de los bosques se basaba en el inventario forestal, o bien, en un censo completo, es decir, en medir cada árbol en un área dada, pero esto es generalmente imposible en la dasonomía debido a las grandes áreas involucradas (Aguirre *et al.* 1997). Por lo tanto, típicamente solo se basa en el muestreo, es decir, sólo una proporción de la población, en donde solo una muestra es inspeccionada y las inferencias con respecto a la población entera se basan en esta muestra (Kangas y Maltamo, 2006).

En la actualidad, para el monitoreo del manejo forestal se emplean las parcelas permanentes de muestreo (PPM) (Corral-Rivas *et al.* 2008), ya que son una herramienta para el manejo e investigación de la dinámica de los bosques naturales bajo intervención y sin ella (Gómez-Caal, 2010). De forma tradicional las PPM se han utilizado en el contexto del manejo forestal (Groothousen y Alvarado, 2000). Las parcelas permanentes son instrumentos que han permitido dar seguimiento al crecimiento y rendimiento del bosque remanente (Contreras *et al.* 1999; Acosta-Mireles *et al.* 2014).

En México se han utilizado varias metodologías para el establecimiento de sitios permanentes de investigación silvícola y ecológica en bosques nativos. Estos procedimientos varían en algunos criterios tales como en el diseño de muestreo para su ubicación, el tamaño y la forma de los mismos, la información mínima a medir, etc. Esta diversidad de criterios ha traído como consecuencia dificultades para analizar, comparar e interpretar las mediciones (Corral-Rivas *et al.* 2012). Asimismo, el establecimiento de parcelas de monitoreo permite incursionar en el manejo holístico de los bosques, buscando

una aproximación integral que considera no solo la producción de recursos maderables, sino también, la conservación de la biodiversidad, la protección del suelo, el ciclo del agua, y otros aspectos ecológicos y sociales.

Conclusiones

La aplicación de tratamientos de aclareo y selección no presentaron un efecto en el cambio de estructura, diversidad de especies y dinámica del arbolado, debido a la capacidad de resiliencia de los ecosistemas y al manejo orientado a mantener un equilibrio ecológico y ambientalmente sostenible. La aplicación de tratamientos intensivos como las cortas totales, promueven un mayor incremento maderable, esto si se realiza plantación inmediata y se promueve la regeneración natural del bosque, por tal motivo, son practicas recomendadas para incrementar la productividad maderable de los bosques. Las practicas silvícolas aplicadas contribuyen a mejorar el grado de utilización de la calidad del sitio y por consecuencia, aumentar los almacenes de biomasa y carbono, de esta manera, es posible emplear el aprovechamiento de los bosques como una herramienta para incrementar la capacidad de los almacenes de carbono. Por último, de acuerdo con el análisis realizado, la aplicación de tratamientos complementarios como podas y quemas prescritas no promueven correctamente el aumento productivo de las masas forestales.

El impacto del manejo forestal sobre la conservación de la diversidad vegetal y regulación, está relacionado con la intensidad del manejo, temporalidad y calidad productiva del bosque. El monitoreo y evaluación de los efectos del aprovechamiento son parte fundamental del buen manejo forestal, para corregir o mejorar las prácticas. Es de suma importancia que los manejadores e investigadores forestales, planifiquen tareas conjuntas para generar información que permita plantear estrategias para un manejo sostenible estratégico, estrategias que sean adoptadas y adaptadas por los productores del sector.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada al primer autor para desarrollar sus estudios de Doctorado en Ciencias con Orientación en Manejo de Recursos Naturales. Adicionalmente, se agradece a los revisores anónimos que permiten mejorar la calidad de esta contribución.

Literatura citada

- Acosta-Mireles, M., Carrillo-Anzures, F., Delgado, D. y Velasco-Bautista, E. (2014). Establecimiento de parcelas permanentes para evaluar impactos del cambio climático en el Parque Nacional Izta-Popo. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 5(26):6-29. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i26.287>
- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo forestal en el siglo XXI. *Madera y Bosques*, 21(Especial), 17-28. <https://doi.org/https://doi.org/10.21829/myb.2015.210423>
- Aguirre, O. A., Jiménez, J., Treviño, E. y Meráz, B. (1997). Evaluación de diversos tamaños de sitio de muestreo en inventarios forestales. *Madera y Bosques*, 3(1), 71-79. <https://doi.org/10.21829/myb.1997.311380>
- Agarwal, Bina. (1994). Gender, resistance and land-interlinked struggles over resources and meanings in South Asia. *Journal of Peasant Studies*, 22(1), 82-125.
- Akita, N. y Ohe, Y. (2021). Sustainable Forest Management Evaluation Using Carbon Credits: From Production to Environmental Forests. *Forests*, 2021(12), 1016. <https://doi.org/10.3390/f12081016>
- Angelsen, A., Jagger, P., Babigumira, R., Belcher, B., Hogarth, N. J., Bauch, S., Börner, J., Smith-Hall, C. y Sven, W. (2014). Environmental income and rural livelihoods: A global-comparative analysis. *World Development*, 64, S12-S28. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.03.006>
- Beckmann, J. G. (1759). Anweisung zu einer Pfléglichen Forstwirtschaft—Zum Allgemeinen Besten und Als Ein Zweyter Theil Seiner Versuche von der Holzsaat. Stäbélische Buchhandlung. Chemnitz, Alemania.
- Caballero, M. (2022). Metamorfosis de la política forestal mexicana contemporánea y su impacto en el sector forestal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(73), 4-28. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i73.1249>
- Carlowitz, H. C. V. (1713). Sylvicultura Oeconomica oder Haußwirthliche Nachricht und naturgemäße Anweisung zur Wilden Baum-Zucht; JF Braun: Leipzig, Alemania.
- Ceballos, S. G. (2020). Impacto territorial del manejo forestal comunitario en la Sierra Norte de Puebla, 2002-2017. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 17. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr17.itmf>
- Corral-Rivas, J. J., Vargas, B., Wehenkel, C., Aguirre, Ó., Álvarez, G. y Rojo, A. (2008). *Guía para el Establecimiento de Sitios de Investigación Forestal y de Suelos en Bosques del Estado de Durango*. Durango. Editorial UJED.
- Corral-Rivas, J. J., Vargas-Larreta B., Wehenkel C., Aguirre-Calderón O. A. y Crecente-Campo F. (2012). *Instructivo para el llenado de datos de inventario con fines de elaboración de programas de manejo forestal*. Durango, México. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Forestales. Posgrado.
- Dávalos, R. (1996). Importancia ecológico-económica del aprovechamiento de los bosques. *Madera y Bosques*, 2(2), 3-10. <https://doi.org/10.21829/myb.1996.221382>
- Dieterich, V. (1941). Forstliche Betriebswirtschaftslehre, Bd. 3, Erfolgsrechnung-Zielsetzung. Paul Parey. Berlín/Hamburgo. Alemania.
- Estrada, O. y Rodríguez, S. G. (2021). *Más de 100 años de cultivo al bosque en Chihuahua. Caso Ejido El Largo y Anexos*. Dirección Técnica Forestal de Ejido El Largo y Anexos.
- Gadow, K. y Puumalainen, J. (2000). Scenario Planning for Sustainable Forest Management. En K. von Gadow, T. Pukkala. y M. Tomé (Eds.). *Sustainable Forest Management* (pp. 319-356). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-9819-9_9
- Gadow, K., Sánchez-Orois S. y Aguirre-Calderón O. A. (2004). Manejo forestal con bases científicas. *Madera y Bosques*, 10(2), 3-16. <https://doi.org/10.21829/myb.2004.1021271>
- Galicia, L. y Zarco-Arista, A. E. (2014). Multiple ecosystem services, possible trade-offs and synergies in a temperate forest ecosystem in Mexico: a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 10(4), 275-288. <https://doi.org/10.1080/21513732.2014.973907>
- Gómez-Caal, C. (2010). *Instalación de Parcelas Permanentes de Muestreo, PPM, en los bosques tropicales del Darién en Panamá*. Panamá. WWF.
- Graciano, L. J. (2001). *Técnicas de evaluación dasométrica y ecológica de los bosques de coníferas bajo manejo de la Sierra Madre Occidental del centro sur de Durango, México* (Tesis de grado). Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales.
- Groothousen, C. y Alvarado, C. (2000). Las parcelas de muestreo permanente: bases para estudios de crecimiento y rendimiento en bosques de pino en Honduras. Siguatepeque, Honduras: AFECO HDEFOR: ESNACIFOR: BID, 1999.
- Halbritter, A. (2015). An economic analysis of double-cohort forest resources. *Journal of Forest Economics*, 21(1), 14-31. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2014.11.001>
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Luján-Álvarez, C., Olivas-García, J. M. y Domínguez-Pereda, L. A. (2018). Dinámica del crecimiento de un bosque templado bajo manejo en el noroeste de México. *Madera y Bosques*, 24(2), e2421767. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421767>

- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Luján-Álvarez, C., Olivás-García, J. M. y Domínguez-Pereda, L. A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(3), 189-199. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>
- Hernández-Silva, D. A., Pulido, M. T., Zuria, I., Gallina Tessaro, S. A. y Sánchez-Rojas, G. (2018). El manejo como herramienta para la conservación y aprovechamiento de la fauna silvestre: acceso a la sustentabilidad en México. *Acta Universitaria*, 28(4), 31-41. <https://doi.org/10.15174/au.2018.2171>
- Heyer, C. (1841). *Die Waldertrags-Regelung*. BC Ferber. Gießen. Alemania.
- Kangas, A. y Maltamo, M. (2006). *Forest inventory: Managing Forest Ecosystems*. (10 Ed). The Netherlands. Países Bajos. Dordrecht. Springer.
- Krutzsch, A. K. H., Weck, J. y Bärenthoren. (1934). *Der naturgemäße Wirtschaftswald*. J. Neumann. Bremen. Alemania.
- Larson, L. R., Castleberry S. B. y Green G. T. (2010). Effects of an environmental education program on the environmental orientations of children from different gender, age and ethnic groups. *Journal of Park and Recreation Administration*, 28(3), 95-113.
- Lier, M., Köhl, M., Korhonen, K.T., Linser, S., Prins, K. and Talarczyk, A. (2022). The New EU Forest Strategy for 2030: A New Understanding of Sustainable Forest Management? *Forests*, 13, 245. <https://doi.org/10.3390/f13020245>
- Lundmark, R., Lundgren, T., Olofsson, E. and Zhou, W. (2021). Meeting Challenges in Forestry: Improving Performance and Competitiveness. *Forests*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/f12020208>
- Martínez-Meléndez, N., Ramírez-Marcial, N., Martínez-Zurimendi, P., Cach-Pérez, M. J. y García-Franco, J. G. (2021). How Timber Harvest Affects the Structure and Diversity of a Montane Forest in Southern Mexico. *Forests*, 12(7), 895. <https://www.mdpi.com/1999-4907/12/7/895>
- Meyer, H. A. (1939). Public Forest Regulation in Mexico. *Journal of Forestry*, 37(11), 856-858. <https://doi.org/10.1093/jof/37.11.856>
- Monárrez-González, J. C., Pérez-Verdín, G., López-González, C., Márquez-Linares, M. A. y González-Elizondo, M. S. (2018). Efecto del manejo forestal sobre algunos servicios ecosistémicos en los bosques templados de México. *Madera y Bosques*, 24(2), e2421569. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421569>
- Musalem, S. (1982). *Análisis y crítica de los sistemas silvícolas aplicados en México Problemática Forestal en México*. Chapingo. México.
- Rojas, F. (1995). Integración bosque industria: Una necesidad regional. *Madera y Bosques*, 1(1), 5-7. <https://doi.org/10.21829/myb.1995.111399>
- Sheppard, J. P., Chamberlain, J., Agúndez, D., Bhattacharya, P., Chirwa, P. W., Gontcharov, A., Sagona, W. C. J., Shen, H.-I., Tadesse, W. y Mutke, S. (2020). Sustainable Forest Management Beyond the Timber-Oriented Status Quo: Transitioning to Co-production of Timber and Non-wood Forest Products —a Global Perspective. *Current Forestry Reports*, 6(1), 26-40. <https://doi.org/10.1007/s40725-019-00107-1>
- Silva-González, E., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., Alanís-Rodríguez, E. y Corral-Rivas, J. J. (2021). Efecto de tratamientos silvícolas en la diversidad y estructura forestal en bosques templados en Durango, México. *Madera y bosques*, 27(2), e2722082. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722082>
- Silva-González, E., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., González-Tagle, M. A., Treviño-Garza, E. J. y Corral-Rivas, J. J. (2022). Evaluación del aprovechamiento forestal en la diversidad y estructura de un bosque templado en Durango. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 13(71). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i71.1017>
- Ślupiąska, K., Wieruszewski, M., Szczypa, P., Kożuch, A. y Adamowicz, K. (2022). Social Media as Support Channels in Communication with Society on Sustainable Forest Management. *Forests*, 13(10), 1696. <https://doi.org/10.3390/f13101696>
- Solís-Moreno, R., Aguirre-Calderón, Ó. A., Treviño-Garza, E. J., Jiménez-Pérez, J., Jurado-Ybarra, E. y Corral-Rivas, J. (2006). Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 12(2), 49-64. <https://doi.org/10.21829/myb.2006.1221242>
- Soto, J. A., Padilla, J. R., Domínguez, P. A., Carrillo, A., Rodríguez, R., Pompa, M., García, E. y Corral, J. J. (2021). Efecto de cuatro tratamientos silvícolas en la producción maderable en un Bosque de Durango. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 12(67). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.991>
- Torres, C. G., Caniza, F. J., Aparicio, J. L. y Martiarena, R. A. (2017). Efecto de tratamientos silvícolas en variables dasométricas de *Pinus elliotii* var. *elliottii* × *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, 25(1-2), 16-27. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48156296003>