



DOI: 10.29298/rmcf.v15i83.1442

Nota de investigación

Análisis del cambio de uso de suelo en los bosques de galería de Linares, Nuevo León

Analysis of land use change in the gallery forests of Linares, Nuevo León State

María Cecilia Hernández Cavazos¹, Eduardo Alanís Rodríguez¹, Rufino Sandoval García^{2*}, Víctor Manuel Molina Guerra^{1,3}, Javier Jiménez-Pérez¹, Oscar Alberto Aguirre Calderón¹, Luis Gerardo Cuellar Rodríguez¹

Fecha de recepción/Reception date: 18 de septiembre de 2023.
Fecha de aceptación/Acceptance date: 12 de febrero de 2024.

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. México.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento Forestal. México.

³RENAC, S. A. de C. V. Departamento de Investigación y Gestión. México.

*Autor por correspondencia; correo-e: rufino.sandoval.garcia@gmail.com.

*Corresponding author; e-mail: rufino.sandoval.garcia@gmail.com.

Resumen

Los bosques de galería son comunidades forestales que crecen a lo largo de los ríos y arroyos. Proporcionan numerosos servicios ecosistémicos, pero al igual que otras asociaciones vegetales están severamente amenazadas por actividades antrópicas como la agricultura. El objetivo del presente estudio fue conocer el estado actual de los bosques de galería del municipio Linares, Nuevo León por medio de un análisis multitemporal de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal en cuatro periodos: 1995-2008, 2008-2014, 2014-2022 y 1995-2022. Para el análisis se utilizaron imágenes de alta resolución espacial de los satélites *Airbus Defence and Space*, *GeoEye-1* y *Birdseye*. Se determinó el cambio neto y el cambio relativo porcentual para cada tipo de uso de suelo a lo largo del tiempo, así como la tasa anual de cambio mediante la ecuación propuesta por Puyravaud. Los resultados indican una pérdida de cobertura de los bosques de galería y un aumento del área agrícola. En un periodo de 27 años (1995-2022), la tasa anual de cambio registrada fue de -0.55 %; por el contrario, para la agricultura fue de 0.51 %. Con base en los valores obtenidos, se concluye que la superficie de los bosques de galería del municipio Linares tiende a disminuir, en función del tiempo para convertirse en tierras agrícolas. Es importante detener esta tendencia, ya que los bosques de galería desempeñan un papel importante en la protección de la biodiversidad, los recursos hídricos y edáficos, por lo que deben ser recuperados y conservados.

Palabras clave: Actividades antrópicas, agricultura, análisis multitemporal, cobertura vegetal, percepción remota, tasa anual de cambio.

Abstract

Gallery forests are plant communities that grow along rivers and streams. They provide numerous ecosystem services, but like other vegetation associations they are strongly threatened by anthropic activities such as agriculture. The objective of the present study was to know the current state of the gallery forests of *Linares* municipality, state of *Nuevo León*, by means of a multitemporal analysis of land use change and vegetation cover in four periods: 1995-2008, 2008-2014, 2014-2022 and 1995-2022. The analysis used high-resolution

space images from the Airbus Defence and Space, GeoEye-1 and Birdseye satellites. The net change and relative percentage change for each type of land use was determined over time, as well as the annual rate of change using the equation proposed by Puyravaud. As a result, a loss of coverage of gallery forests and an increase in agricultural area was found. Over a period of 27 years (1995-2022), the annual rate of change for gallery forests was -0.55 %, whereas for agriculture it was 0.51 %. Considering the values obtained, it is concluded that the area of the gallery forests of *Linares* municipality tends to decrease according to the time to become agricultural land. It is important to stop this trend, as gallery forests play an important role in protecting biodiversity, water and soil resources and must be recovered and preserved.

Key words: Anthropogenic activities, agriculture, multitemporal analysis, vegetation cover, remote sensing, annual rate of change.

El bosque de galería se define como la región de transición y de interacción entre los medios terrestre y acuático (Holguín-Estrada *et al.*, 2021). Se desarrolla en los márgenes de los cuerpos de agua como ríos y arroyos (Canizales-Velázquez *et al.*, 2021) y brinda numerosos servicios ecosistémicos a la sociedad, como proporcionar refugio y alimento para muchas especies de animales, funcionar como corredor biológico con lo que se aumenta la conectividad y la dispersión de poblaciones de algunos taxa (Seaman y Schulze, 2010). También, actúa como sumidero de carbono (Díaz-Lezcano *et al.*, 2022) y desempeña importantes funciones hidrológicas como el control de escorrentías, el equilibrio térmico del agua, el ciclo de nutrientes, la estabilización de los márgenes, la purificación del agua, así como el control de la erosión (González-Abella *et al.*, 2021).

Este bosque depende de la presencia del agua para sobrevivir: cuando el agua es abundante, incrementa su cobertura y en periodos de sequía, disminuye. La extracción excesiva de agua, la alteración de los regímenes de flujo, la canalización de los ríos y arroyos, así como las descargas de aguas residuales no tratadas ejercen presión sobre el bosque de galería y provocan la degradación de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos que proporciona a la sociedad (Saha, 2023). Al mismo tiempo, el reemplazo del bosque para la agricultura y la ganadería extensiva, el aprovechamiento de la madera para el consumo doméstico e industrial y el turismo no sostenible han ocasionado cambios en su distribución y estructura (Treviño *et al.*, 2001; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020). Como consecuencia, en la

actualidad, la mayoría de los bosques de galería están muy perturbados o han sido destruidos por completo (Habel y Ulrich, 2021).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue conocer el estado actual de los bosques de galería del municipio Linares, Nuevo León, por medio de un análisis multitemporal del cambio de uso de suelo y de la cobertura vegetal, en cuatro periodos diferentes: 1995-2008, 2008-2014, 2014-2022 y 1995-2022.

La hipótesis plantea que la superficie de los bosques de galería del municipio Linares tienden a disminuir conforme transcurre el tiempo, para convertirse en áreas agrícolas.

El estudio se desarrolló en el municipio Linares, Nuevo León (Figura 1), localizado a 130 km al sureste de la Zona Metropolitana de la ciudad de Monterrey (Noreste de México). Sus coordenadas geográficas extremas son al norte 24°33', al sur 25°10' de latitud norte; al este 99°09', al oeste 99°58' de longitud oeste (INEGI, 2010). El área de estudio forma parte de la Región Hidrológica RH25 San Fernando-Soto La Marina y de la provincia Llanura Costera del Golfo Norte. El clima dominante es el semicálido subhúmedo con lluvias en verano; la precipitación pluvial varía de 500 a 1 100 mm al año y el intervalo de temperatura es de 16 a 24 °C (INEGI, 2010).

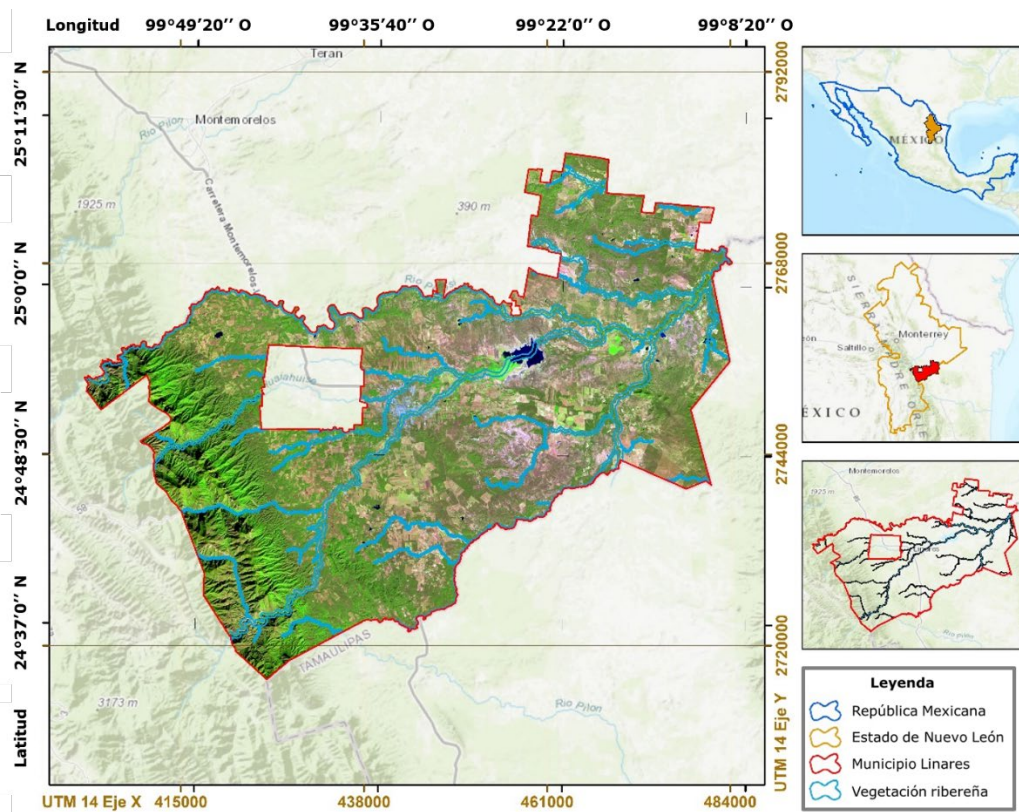


Figura 1. Localización del municipio Linares, Nuevo León, delimitado en color rojo y la vegetación ribereña en color azul celeste.

Los ríos asociados a los bosques de galería del presente estudio corresponden a Pablillo, La Lajilla, Cabezones, Pamona, Cabra, El Fresno, El Tulillo, Conchos y Encajonado; así como los arroyos La Reforma, Bagre y Anegado.

Los bosques de galería se caracterizan por presentar árboles con alturas de 4 hasta más de 30 m, con especies perennifolias, subcaducifolias o caducifolias. El taxón más representativo en el norte del país es el sabino o ahuehuete (*Taxodium mucronatum* Ten.), asociado a otros taxa como *Fraxinus* spp. (fresno), *Salix* spp. (sauce), *Populus* spp. (álamo) y *Platanus* spp. (sicomoro) (INEGI, 2014).

Con la finalidad de evaluar la dinámica de la pérdida de cobertura vegetal de los bosques de galería, se obtuvieron ortofotos de la plataforma del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con resolución de 2 m/píxel (1995), de *Birdseye* (0.28

m/pixel; 2008), *Airbus Defence and Space* (1.14 m/pixel; 2014) y *GeoEye-1* (0.28 m/pixel; 2022). Se generaron y procesaron imágenes de satélites diferentes, ya que están disponibles de manera gratuita y son de años progresivos.

Para la asignación del tamaño de franja de la vegetación ribereña se consideró lo siguiente. El tamaño de la franja protectora de la vegetación ribereña recomendado para ejercer un efecto de amortiguamiento depende del tipo y la sensibilidad del hábitat acuático, de la función prevista de la franja (reducción de nutrientes, remoción de sedimentos, control de inundaciones, hábitat de peces y vida silvestre), de la fisiografía del lugar (tipo de suelo, pendiente) y del uso del suelo (Granados-Sánchez *et al.*, 2006). Las funciones de las franjas ribereñas son inestimables; por lo tanto, es recomendable mantener un intervalo entre 100 y 300 m de ancho (Burton *et al.*, 2016). El tamaño de la franja debe asignarse en función de la pendiente, el grado de vulnerabilidad a la erosión del suelo, de los objetivos que se persiguen y de la normatividad vigente en materia de protección (Olson y Ares, 2022).

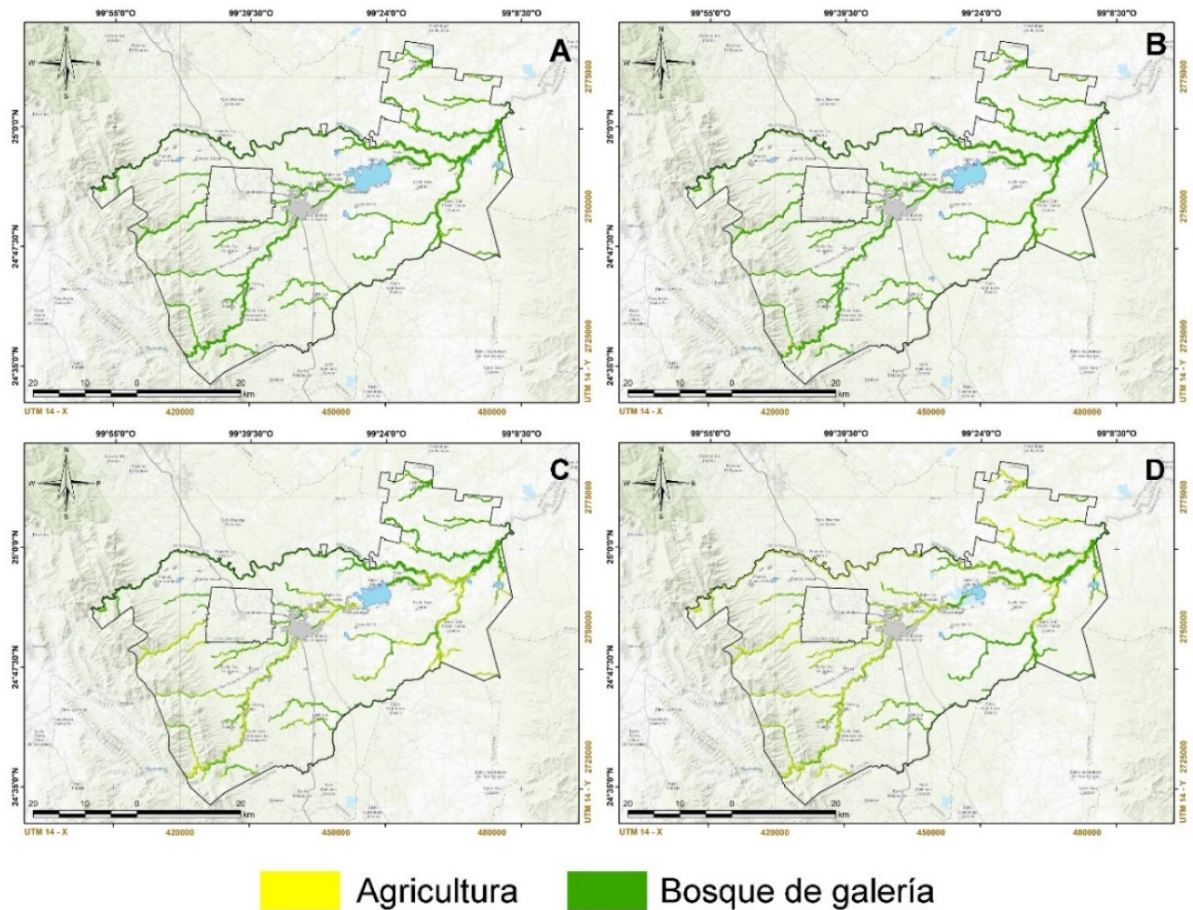
El tamaño de la franja ribereña utilizado para este estudio se estableció de acuerdo a la clasificación de corrientes; se asignó una franja de 100 m a las de orden 4, 150 m a las de orden 5, 200 m a las corrientes de orden 6, 250 m a las de orden 7 y 300 m a las de orden 8.

Para la clasificación de las imágenes, se utilizó el método de clasificación supervisada con una validación de 40 sitios de muestreo en campo, los cuales se distribuyeron de manera aleatoria.

Para calcular los cambios de uso de suelo (aumento o pérdida de área forestal), se generó una tabulación cruzada entre cuatro periodos diferentes: 1995-2008, 2008-2014, 2014-2022 y 1995-2022. Se determinaron el cambio neto y el cambio relativo porcentual para cada tipo de uso de suelo a lo largo del tiempo. El cambio neto se obtuvo de la diferencia de área forestal entre dos puntos en el tiempo. Cuando el resultado del cambio neto es positivo significa que hay una ganancia general en el área forestal y si es negativo, significa una pérdida general de área forestal (FAO,

2020). Para el cálculo del cambio relativo porcentual ($\Delta A \%$) se empleó la ecuación propuesta por Meshesha *et al.* (2016), y la tasa anual de cambio se estimó con la ecuación propuesta por Puyravaud (2003).

Se elaboraron mapas de cobertura de suelo para determinar los cambios ocurridos entre los años 1995 y 2022 en los bosques de galería del municipio Linares, Nuevo León (Figura 2). En el análisis multitemporal se incluyeron los suelos agrícolas para comparar las modificaciones en este sentido en el mismo periodo.



A = 1995; B = 2008; C = 2014; D = 2022.

Figura 2. Mapas de uso de suelo y cobertura vegetal del bosque de galería.

En 1995, los bosques de galería cubrían una superficie de 9 203.26 ha, mientras que para la agricultura era de 9 818.47 ha (Cuadro 1). En 27 años (1995-2022), los bosques de galería presentaron una pérdida de cobertura de 1 280.31 ha (-13.91 %), contrario a la agricultura que tuvo un incremento de 1 453.06 ha (14.80 %) en ese mismo lapso (Cuadro 2).

Cuadro 1. Cobertura total del bosque de galería y la agricultura en los años 1995, 2008, 2014 y 2022.

Tipo de suelo	Cobertura (ha)			
	Año 1995	Año 2008	Año 2014	Año 2022
Bosque de galería	9 203.26	9 141.60	8 156.30	7 922.95
Agricultura	9 818.47	9 910.06	10 958.18	11 271.53
Total	19 021.73	19 051.66	19 114.48	19 194.48

Cuadro 2. Cambio neto y cambio relativo ocurridos durante los periodos 1995-2008, 2008-2014, 2014-2022 y 1995-2022.

Tipo de suelo	Cambio neto (ha)				Cambio relativo %			
	1995-2008	2008-2014	2014-2022	1995-2022	1995-2008	2008-2014	2014-2022	1995-2022
Bosque de galería	-61.66	-985.30	-233.35	-1 280.31	-0.67	-10.78	-2.86	-13.91
Agricultura	91.59	1 048.12	313.35	1 453.06	0.93	10.58	2.86	14.80

De 1995 a 2022, los bosques de galería registraron una tasa anual de cambio de -0.55 %, el periodo 2008-2014 mostró la mayor con -1.90 %, seguido del intervalo 2014-2022 con -0.36 %. La agricultura tuvo un comportamiento similar en los diferentes lapsos de estudio; sin embargo, a diferencia de los bosques de galería, la tasa anual de cambio fue positiva (aumentó). Durante todo el tiempo considerado en el estudio (1995-2022), la agricultura registró una tasa anual de cambio de 0.51 %,

de 2008-2014 se verificó la mayor con 1.68 %, seguido del periodo 2014-2022 con 0.51 % (Figura 3).

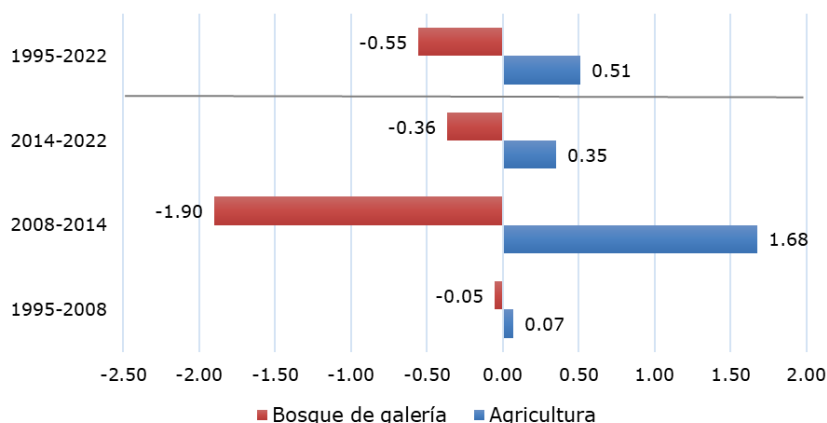


Figura 3. Tasa anual de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal del bosque de galería y la agricultura.

A nivel mundial, la agricultura, así como la ganadería, los incendios forestales y la tala clandestina son consideradas las principales causas de pérdida de cobertura forestal (ONUAA y PNUMA, 2020).

En México, la agricultura es la segunda causa de pérdida de vegetación natural (Conafor, 2020). En la Región Citrícola de Nuevo León, de la cual forma parte el municipio Linares, en 32 años 13 % de la vegetación primaria se convirtió en áreas agrícolas o pastizales cultivados (1976 a 2008) (Pando *et al.*, 2014).

De acuerdo a los resultados de este estudio, en 27 años (1995-2022), 13.91 % de la superficie de bosques de galería del municipio de interés se transformó para uso agrícola, con tasas de cambio de -0.55 y 0.51 %, respectivamente. Al comparar esos datos con investigaciones similares realizadas en México, se reconoció una concordancia con lo consignado por Treviño *et al.* (2001) para los ríos Cabezones y Ramos, localizados en el centro-sur de Nuevo León; en 19 años (1975-1994) los bosques de galería presentaron tasas de cambio de -0.49 y -0.45 %; por el contrario,

para las áreas dedicadas a la agricultura fueron de 1.64 y 1.14 %, respectivamente. Lo anterior coincide con las aportaciones de Leija *et al.* (2020), quienes realizaron un análisis de cambio en la cobertura vegetal y uso de suelo en la parte baja de la cuenca del Río Nazas en la región centro-norte de México y concluyeron que en 26 años (1990-2016), el bosque de galería experimentó una tasa anual de cambio de -2.1 %, a diferencia de la agricultura que fue de 2.1 %.

La apertura de nuevas áreas para la agricultura y la ganadería extensiva ha ocasionado el reemplazo de la vegetación natural por cultivos a través de los años. En un estudio realizado por Sandoval-García y Cantú-Silva (2021) para la subcuenca Río Copalita, Oaxaca, se observó que en 20 años (1995-2015) la mayoría de los usos de suelo tuvieron una disminución en la superficie, no así para el pastizal y la agricultura; específicamente, para el bosque de galería se calculó una tasa anual de cambio de -0.17 %, en tanto que para la agricultura fue de 0.66 %.

En conclusión, este análisis multitemporal permitió conocer el estado actual de los bosques de galería en el municipio Linares, de lo que resulta evidente la pérdida de superficie conforme el tiempo transcurre para convertirse en áreas agrícolas. Es importante detener esta tendencia, ya que los bosques de galería tienen un papel importante en la protección de la biodiversidad, los recursos hídricos y edáficos, por lo que deben ser recuperados y conservados. Por lo anterior, los gestores de recursos naturales, así como las personas involucradas en la formulación de políticas públicas deben de poner especial atención a la disminución de los bosques de galería y otros ecosistemas vegetales del municipio Linares y del estado de Nuevo León, con el propósito de disminuir su pérdida y conservar sus servicios ecosistémicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (Conahcyt) por la beca de doctorado otorgada a la primera autora.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés. Eduardo Alanís Rodríguez en su calidad de Editor de Sección de la Revista Mexicana de Ciencias Forestales, declara no haber participado en el proceso editorial del presente artículo

Contribución por autor

María Cecilia Hernández Cavazos, Eduardo Alanís Rodríguez y Rufino Sandoval García: concepción de la investigación, registro de datos, interpretación de resultados y redacción; Víctor Manuel Molina Guerra, Javier Jiménez-Pérez y Oscar Alberto Aguirre Calderón: revisión, interpretación de resultados y redacción del manuscrito; Luis Gerardo Cuellar Rodríguez: revisión general, redacción de conclusiones.

Referencias

- Alanís-Rodríguez, E., E. A. Rubio-Camacho, P. A. Canizales-Velázquez, A. Mora-Olivo, M. Á. Pequeño-Ledezma y E. Buendía R. 2020. Estructura y diversidad de un bosque de galería en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11(58):134-153. Doi: 10.29298/rmcf.v11i58.591.
- Burton, J. I., D. H. Olson and K. J. Puettmann. 2016. Effects of riparian buffer width on wood loading in headwater streams after repeated forest thinning. *Forest Ecology and Management* 372:247-257. Doi: 10.1016/j.foreco.2016.03.053.

Canizales-Velázquez, P. A., E. Alanís-Rodríguez, S. A. García-García, V. A. Holguín-Estrada y A. Collantes-Chávez-Costa. 2021. Estructura y diversidad arbórea de un bosque de galería urbano en el río Camachito, noreste de México. *Polibotánica* 51(26):91-105. Doi: 10.18387/polibotanica.51.6.

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2020. Estimación de la tasa de deforestación bruta en México para el periodo 2001-2018 mediante el método de muestreo. Documento Técnico. Conafor. Zapopan, Jal., México. 86 p.

Díaz-Lezcano, M. I., M. D. Rodríguez-Benítez, H. Moreno-Resquín y C. A. Britos-Benítez. 2022. Servicio ecosistémico de regulación de un bosque de galería del arroyo San Lorenzo, Paraguay. *Agronomía Costarricense* 46(1):135-146. Doi: 10.15517/rac.v46i1.49874.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2020. Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. FAO. Rome, RM, Italy. 186 p.

González-Abella, J. S., A. M. Aldana, D. F. Correa, L. F. Casas and P. R. Stevenson. 2021. Forest structure, diversity and dynamics in Terra Firme and Igapó gallery forest in the colombian Orinoco basin. *Forests* 12(11):1568. Doi: 10.3390/f12111568.

Granados-Sánchez, D., M. Á. Hernández-García y G. F. López-Ríos. 2006. Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12(1):55-69. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62912107>. (13 de julio de 2023).

Habel, J. C. and W. Ulrich. 2021. Ecosystem functions in degraded riparian forests of southeastern Kenya. *Ecology and Evolution* 11(18):12665-12675. Doi: 10.1002/ece3.8011.

Holguín-Estrada, V. A., E. Alanís-Rodríguez, O. Aguirre-Calderón, J. I. Yerena-Yamallel y M. Á. Pequeño-Ledezma. 2021. Estructura y composición florística de un bosque de galería en un gradiente altitudinal en el noroeste de México. *Madera y Bosques* 27(2):1-16. Doi: 10.21829/myb.2021.2722123.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010. Linares, Nuevo León. INEGI. Aguascalientes, Ags., México. 10 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2014. Guía para la interpretación de cartografía. Uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie V. INEGI. Aguascalientes, Ags., México. 195 p.

Leija, E. G., S. I. Valenzuela-Ceballos, M. Valencia-Castro, G. Jiménez-González, ... y M. E. Mendoza. 2020. Análisis de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo en la región centro-norte de México. El caso de la cuenca baja del Río Nazas. *Ecosistemas* 29(1):1826. Doi: 10.7818/ECOS.1826.

Meshesha, T. W., S. K. Tripathi and D. Khare. 2016. Analyses of land use and land cover change dynamics using GIS and remote sensing during 1984 and 2015 in the Beressa Watershed Northern Central Highland of Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment* 2:168. Doi: 10.1007/s40808-016-0233-4.

Olson, D. H and A. Ares. 2022. Riparian buffer effects on headwater-stream vertebrates and habitats five years after a second upland-forest thinning in western Oregon, USA. *Forest Ecology and Management* 509(2528):120067. Doi: 10.1016/j.foreco.2022.120067.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2020. El estado de los bosques del mundo. Los bosques, la biodiversidad y las personas. ONUAA. Roma, RM, Italia. 197 p.

Pando M., M., J. L. Pérez D. y D. O. Mendoza A. 2014. Cambio de uso de suelo y fragmentación del paisaje. *In*: López L., A. y M. Pando M. (Coords.). Región Citrícola de Nuevo León. Su complejidad territorial en el marco global. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México y Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Coyoacán, D. F., México. pp. 159-178.

Puyravaud, J. P. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management* 177(1-3):593-596. Doi: 10.1016/S0378-1127(02)00335-3.

Saha, A. K. 2023. Editorial for the special issue on aquatic ecosystems and water resources. *Hydrology* 10(6):119. Doi: 10.3390/hydrology10060119.

Sandoval-García, C. e I. Cantú-Silva. 2021. Análisis geomático del cambio del uso de suelo en la subcuenca río Copalita, Oaxaca. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 8(2):e2915. Doi: 10.19136/era.a8nII.2915.

Seaman, B. S. and C. H. Schulze. 2010. The importance of gallery forest in the tropical lowlands of Costa Rica for understory forest birds. *Biological Conservation* 143(2):391-398. Doi: 10.1016/j.biocon.2009.11.002.

Treviño G., E. J., C. Cavazos C. y O. A. Aguirre C. 2001. Distribución y estructura de los bosques de galería en dos ríos del centro sur de Nuevo León. *Madera y Bosques* 7(1):13-25. Doi: 10.21829/myb.2001.711315.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.