

Representatividad de las fitocenosis en áreas naturales protegidas de la Cuenca Río San Fernando, México

Representativeness of vegetation types in protected areas of the San Fernando River Basin, Mexico

César Cantú-Ayala¹ , Fernando González-Saldívar¹ , Carlos Ramírez-Martínez² , Edmar Meléndez-Jaramillo³ , Laura Rentería-Arrieta⁴, Javier Ochoa-Espinoza⁵ 

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Km 145 Carretera Nacional 85. CP. 67700. Linares, Nuevo León, México.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nuevo León. Calle Francisco Villa 20, Col. Hacienda del Canadá, CP 66054. Escobedo, Nuevo León, México

³Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Victoria, CP. 87149. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

⁴Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. Río Papaloapan y Boulevard Durango s/n Col. Valle del Sur, CP. 34120. Durango, Durango, México.

⁵Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

*Autor de correspondencia: carlos.ramirezm@uanl.mx

Artículo científico

Recibido: 19 de mayo 2025

Aceptado: 28 de noviembre 2025

RESUMEN. En México, se registró una tasa anual de pérdida de vegetación de 158 229 ha entre 1990 y 2025. Se analizó el estado de conservación de la cuenca Río San Fernando de Nuevo León en las perspectivas regional y estatal, con relación al grado de representación de las fitocenosis en la red de áreas naturales protegidas (ANP) actuales y potenciales. Se utilizaron los mapas digitales de las ANP, uso del suelo y vegetación Serie VII, y ANP propuestas para el estado de Nuevo León. La cuenca del Río San Fernando cubre 1 614 528 ha, de las cuales 59.1% estuvo cubierto por vegetación natural, mientras que el promedio estatal fue del 65.4%. Las ocho ANP registradas en la cuenca se encuentran sólo en el estado de Nuevo León, las cuales sumaron 10 840 ha, lo que representó menos del 1% de superficie total de la cuenca. Sólo el tular y matorral de coníferas, de los 16 tipos existentes en la cuenca, se encontraron representados por encima del 30% de su extensión en ANP. La posible incorporación de las ANP propuestas, añadirían 181 531 ha a la red de protección, es decir el 11.2% de la cobertura vegetal natural de la cuenca a nivel regional y 20.3% en Nuevo León. La propuesta de establecimiento de nuevas ANP, debe adecuarse a nivel de cuencas ya que deja como omisiones en conservación al matorral espinoso tamaulipeco y matorral submontano que en suma representan el 68% de la extensión total de la cuenca.

Palabras clave: agua, cuencas hidrográficas, metas de Kunming-Montreal, tipos de vegetación, vacíos y omisiones en conservación.

ABSTRACT. In Mexico, an annual vegetation loss rate of 158 229 hectares was recorded between 1990 and 2025. The conservation status of the Río San Fernando basin in Nuevo León was analyzed from both regional and state perspectives, in relation to the degree of representation of plant communities within the network of current and potential protected areas (PA). Digital maps of PA, land use and vegetation (Series VII), and proposed PA for the state of Nuevo León were used. The Río San Fernando basin, from a regional perspective, covers 1 614 528 hectares, of which 59.1% was covered by natural vegetation, while the state average was 65.4%. The eight PA registered in the basin are located only in the state of Nuevo León, totaling 10 840 hectares, which represents less than 1% of the basin's total area. Only the tular (cattail marsh) and coniferous scrubland, of the 16 vegetation types existing in the basin, were found to cover more than 30% of their area within protected areas (PA). The potential incorporation of the proposed PA would add 181 531 hectares to the protection network, representing 11.2% of the basin's natural vegetation cover at the regional level and 20.3% in Nuevo León. The proposal to establish new PA must be adapted to the basin level, as it omits the conservation of the tamaulipan thorn scrub and submontane scrubland, which together represent 68% of the basin total area.

Keywords: Water, watersheds, Kunming-Montreal goals, vegetation types, conservation gaps.

Como citar: Cantú-Ayala C, González-Saldívar F, Ramírez-Martínez C, Meléndez-Jaramillo E, Rentería-Arrieta L, Ochoa-Espinoza J (2025) Representatividad de las fitocenosis en áreas naturales protegidas de la Cuenca Río San Fernando, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. V: e4631. DOI: 10.19136/era.a12nV.4631.

INTRODUCCIÓN

La crisis ambiental, climática y de salud que afronta la humanidad es resultado del desmedido crecimiento poblacional y los impactos ambientales que resultan de las actividades humanas (FAO 2024). De acuerdo con el Fondo Mundial para la Naturaleza, el 40% de la superficie continental del planeta se destina a la producción agrícola y pecuaria (WWF 2024); y sólo el 31% de la superficie está cubierta con bosques, lo que impacta principalmente en la cantidad de agua disponible para el consumo humano (FAO 2025). Se estima que se han perdido 489 millones de hectáreas de bosque en todo el mundo a causa de la deforestación desde 1990. En México, se registró una pérdida de 5 538 000 ha de bosques entre 1990 y 2025, es decir una tasa de pérdida anual de 158 229 ha (FAO 2025). Nuevo León destaca por ser uno de los estados más vanguardistas del país, por su desarrollo industrial, tecnológico e infraestructura, sin embargo, uno de los mayores desafíos que afronta, es el abastecimiento de agua para sus habitantes. El estado de Nuevo León destina 34% de su territorio a actividades agropecuarias, por encima de la media nacional que es del 29% (Cantú-Ayala 2024, Cantú-Ayala *et al.* 2018). La tasa anual de crecimiento poblacional del estado en la última década, fue de 2.6%, más del doble del promedio nacional (1.2%) (INEGI 2010, 2020); la proyección de crecimiento de la población en México para el año 2050, indica que Nuevo León será, después del Estado de México y Chiapas, el tercer estado con mayor crecimiento, pasando de 5 784 442 habitantes en 2020, a 7 230 141 en el año 2050, por lo que será necesario incrementar 4 m³ por segundo de agua a los 16.8 m³ actuales, para cubrir las necesidades de los 1 445 699 habitantes adicionales que tendrá Nuevo León en el año 2050 (CONAPO 2016). La gestión de cuencas en México debe transitar hacia: restauración de zonas de recarga, reducción de vulnerabilidad climática, gobernanza participativa, infraestructura verde urbana, eficiencia agrícola e industrial (Aguilar-Barajas *et al.* 2015).

El estado de Nuevo León tiene una superficie de 6 412 237 ha, en su territorio existen 14 cuencas hidrográficas, cuya extensión regional es de 22 417 237 ha, lo que equivale a más de 3.5 veces la superficie total del estado, es decir que incluyen parte de los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (Cantú *et al.* 2018). Dos son las principales cuencas de Nuevo León, Río Bravo-San Juan y Río San Fernando, cuya extensión total representa el 45% del territorio estatal, y dentro de su territorio se ubican las tres principales presas del estado que se encuentran en operación (Cerro Prieto y La Boca, El Cuchillo) y la recientemente construida presa León, que, junto a los mantos acuíferos subterráneos, son la fuente principal de agua para consumo humano de la zona metropolitana de Monterrey (ZMM) (Cantú-Ayala 2024).

En el presente estudio se analiza el grado de conservación de la cuenca Río San Fernando en las perspectivas regional y estatal, que, debido a su gran extensión, representa el 14% de la superficie estatal, y es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para los habitantes de la ZMM. El objetivo del presente estudio fue analizar la condición de conservación de la cuenca Río San Fernando en el estado de Nuevo León, en las perspectivas regional y estatal, con respecto a la condición de los tipos de vegetación y su nivel de representatividad en áreas naturales protegidas (ANP) establecidas y en las ANP propuestas por Cantú-Ayala (2024) para alcanzar una de las metas de la COP15 de la Convención sobre la Diversidad Biológica acordadas en Kunming-Montreal para el año 2030, de asegurar que, al menos, el 30% de las áreas terrestres, de aguas continentales y

costeras y marinas, especialmente las áreas de particular importancia para la biodiversidad y las funciones y los servicios de los ecosistemas, se conserven y gestionen de manera efectiva mediante medios ecológicamente representativos, bien conectados y sistemas de áreas protegidas para el año 2030 (IUCN-WCPA 2025); estableciendo como hipótesis del presente estudio que la mayoría de los tipos de vegetación de la cuenca Río San Fernando se encuentran subrepresentadas en las ANP actuales y potenciales, dado que la propuesta de Cantú-Ayala (2024) incluye sólo la región serrana de la cuenca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cuenca Río San Fernando se localiza en el noreste de México, en los estados de Nuevo León y Tamaulipas, cubre una extensión total de 1 614 528 ha, de las cuales, 891 650 ha se encuentran en el estado de Nuevo León y 722 678 ha en el estado de Tamaulipas. La cuenca Río San Fernando abarca un total de 20 municipios, 10 en Nuevo León y 10 en Tamaulipas. En la perspectiva regional se registran 11 tipos de clima, pero el que predomina es el clima de tipo semiárido cálido BS1(h')w (García 1998). En el presente estudio, nos referiremos a la perspectiva regional y estatal de esta cuenca; la primera, cuando se considere la superficie total de la cuenca, y la segunda, cuando sólo se refiera a la superficie dentro del estado de Nuevo León (Figura 1 y Tabla 1). El estudio se realizó siguiendo la metodología desarrollada por el programa de análisis de vacíos y omisiones en conservación (GAP, por sus siglas en inglés) (Scott *et al.* 1993, Cantú *et al.* 2018) el cual consiste en definir el grado de representatividad de la diversidad biológica en la red de ANP, en este caso las fitocenosis (tipos de vegetación) en condición natural (primaria y secundaria).

La metodología de análisis de vacíos y omisiones en conservación consistió en superponer el mapa digital de vegetación y uso del suelo de la cuenca Río San Fernando con el mapa con los límites de las ANP para determinar la representación proporcional de la superficie total de cada tipo de vegetación en condición primaria y secundaria dentro de las ANP, con el fin de identificar los vacíos en conservación, es decir, los tipos de vegetación que tuvieron una representación nula en la red de ANP, y las omisiones en conservación, esto es, aquellos tipos de vegetación que estuvieron presentes en las ANP pero cuya cobertura estuvo por debajo del 30% que señala la meta de Kunming-Montreal. Se utilizaron los mapas digitales de uso del suelo y vegetación (INEGI 2021) y de las ANP de jurisdicción federal, estatal y municipal de la cuenca Río San Fernando (INEGI-INECONAGUA 2007, CONABIO 2020, CONANP 2022, 2024), se procedió a la intersección de los mapas para crear una nueva capa que contuvo solo las porciones de vegetación que coinciden espacialmente con las ANP, lo que produjo un mapa de salida con la vegetación protegida. Para cada una de las capas, la original de vegetación y la de vegetación protegida, se calculó en el programa Excel de Microsoft® versión 11, el área de cada tipo de vegetación para determinar la superficie, en hectáreas total y dentro de las ANP para cada tipo de vegetación. Esto proporcionó el área total para cada tipo de vegetación en la región y las ANP, con lo que se pudo calcular la proporción protegida respecto a la superficie total de cada tipo de vegetación. Todas las cubiertas digitales fueron combinadas y analizadas, usando el programa ArcGis® versión 10.4.

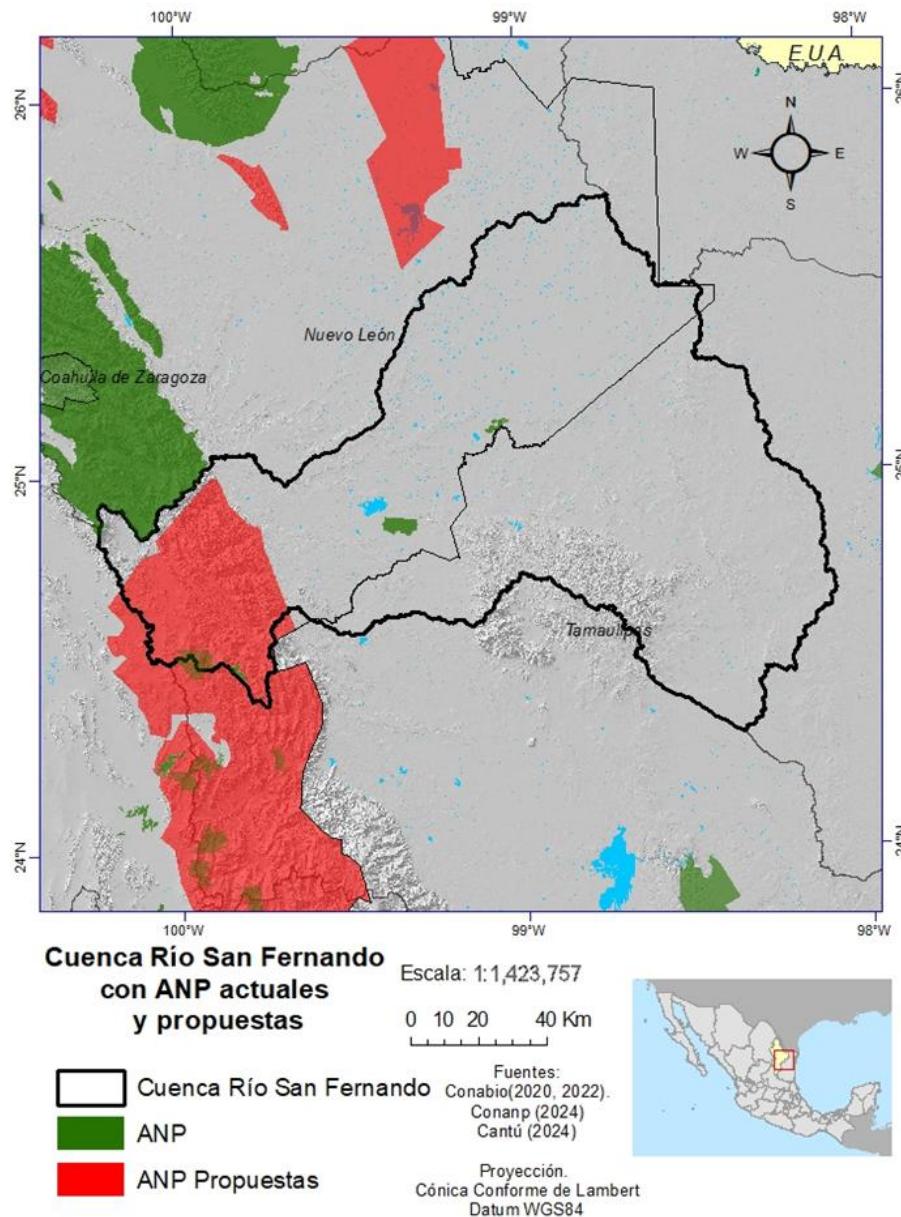


Figura 1. Cuenca Río San Fernando en la perspectiva regional, con las ANP actuales, y propuestas por Cantú-Ayala (2024).

Tabla 1. Relación proporcional de la cobertura de los tipos de vegetación natural (primaria y secundaria) y usos antrópicos en la cuenca Río San Fernando, y en las áreas naturales protegidas, en la perspectiva regional.

Vegetación y Uso del Suelo. Serie VII	Superficie de la Cuenca Regional (ha)	Proporción de Superficie de la Cuenca (%)	Superficie en ANP (ha)	Proporción de ANP (%)
Vegetación Natural	954 919	59.1	7 998	73.8
Vegetación Primaria	616 376	38.2	5 906	54.5
Vegetación Secundaria	338 543	21.0	2 093	19.3
Usos Antrópicos	659 609	40.9	2 842	26.2
Total	1 614 528		10 840	

RESULTADOS

En la cuenca del Río San Fernando se registraron ocho ANP (Baño de San Ignacio, Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 026 Bajo Río San Juan, Cerro El Potosí, La Purísima (bosque de cedro), La Purísima, Las Flores, Vaquerías y Zona de Restauración Ecológica del Lobo Mexicano Corona del Rosal) cuya superficie total fue de 10 840 ha que representan el 0.7% de la extensión total de la cuenca, y 1.2% si se considera sólo la extensión de la cuenca en Nuevo León. Cabe destacar que las ocho ANP se encuentran exclusivamente en el estado de Nuevo León (Tabla 1, Figura 1).

La cobertura de vegetación natural de la cuenca Río San Fernando en la perspectiva regional fue del 59.1%, mientras que, la cobertura de vegetación primaria fue del 38.2%, muy por abajo de los valores promedio para Nuevo León de 65.4 y 56.1%, respectivamente. En esta cuenca se registraron ocho ANP a nivel regional, todas ellas localizadas en el estado de Nuevo León. En esta cuenca se registraron las mismas ocho ANP que a nivel regional, dado que Tamaulipas carece de ANP en este territorio. En esta cuenca la superficie destinada a usos antrópicos representó el 40.9% de la extensión total a nivel regional (Tabla 1).

La cobertura de vegetación natural de la cuenca Río San Fernando a nivel estatal fue del 52.6%, es decir, 13% por debajo de la media estatal. En cuanto a la vegetación primaria, la cobertura dentro de la cuenca a nivel estatal fue de 40.2%, muy por abajo de 56.1% que registró el promedio estatal (Tabla 2). La superficie destinada a usos antrópicos fue de 47.4% de la extensión total de la cuenca a nivel estatal (Tabla 2).

Tabla 2. Relación proporcional de la cobertura de los tipos de vegetación natural (primaria y secundaria) y usos antrópicos en la cuenca Río San Fernando, y en las áreas naturales protegidas, en la perspectiva estatal.

Vegetación y Uso del Suelo	Superficie de Nuevo León (ha)	Proporción de Nuevo León (%)	Superficie de Cuenca (ha)	Proporción de Superficie (%)	Superficie en ANP (ha)	Proporción de ANP (%)
Vegetación Natural	4 193 962	65.4	468 957	52.6	7 999	73.8
Vegetación Primaria	3 598 802	56.1	358 037	40.2	5 906	54.5
Vegetación Secundaria	595 160	9.3	110 920	12.4	2 093	19.3
Usos Antrópicos	2 218 463	34.6	422 693	47.4	2 841	26.2
Total	6 412 426		891 650		10 840	

La cobertura de vegetación natural dentro de las ANP de la cuenca Río San Fernando fue del 73.8%, muy por encima del 52.6% registrado a nivel general en la cuenca a nivel estatal (Tabla 2).

En la perspectiva regional, en la cuenca Río San Fernando se registraron 16 tipos de vegetación en condición primaria y 14 tipos en condición secundaria. Los tipos de vegetación más ampliamente representados fueron el matorral espinoso tamaulipeco y el matorral submontano con 39% y 29% de la cuenca, respectivamente.

A nivel regional, en esta cuenca se registraron ocho tipos de vegetación en condición primaria y cinco en condición secundaria como vacíos en conservación, por no estar representadas en ANP, los tipos de vegetación en condición primaria fueron bosque de galería, matorral crasicaule, mezquital xerófilo, pastizal halófilo, vegetación halófila xerófila, bosque de táscale, matorral

desértico rosetófilo y pastizal gipsófilo, así como nueve tipos de vegetación en condición secundaria (selva baja caducifolia, bosque de mezquite, mezquital xerófilo, vegetación halófila xerófila, matorral espinoso tamaulipeco, bosque de encino, bosque de pino-encino, matorral desértico rosetófilo y bosque de pino-encino), cuya superficie total representó el 8.7% de la extensión total de la cuenca. Donde se observa el nivel de representatividad de los tipos de vegetación natural de la Serie VII del INEGI en las ANP actuales y propuestas, en la cuenca Río San Fernando, en la perspectiva regional, respecto a la meta del 30% para el año 2030.

Mientras que siete tipos de vegetación en condición primaria (matorral submontano, matorral espinoso tamaulipeco, bosque de encino, bosque de pino, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino y selva baja espinosa caducifolia), y cuatro tipos en condición secundaria (bosque de encino-pino, matorral submontano, matorral espinoso tamaulipeco y bosque de pino) cuya extensión total representó el 50% de la extensión de la cuenca, fueron omisiones en conservación, por estar representados con menos del 30% de su superficie en ANP.

Finalmente, dos tipos de vegetación, una en condición primaria, tular, y otra, en condición secundaria, matorral de coníferas, cuya extensión total representa menos del 1% de la extensión total de la cuenca, fueron las únicas fitocenosis que estuvieron representados en ANP por encima del 30% (100% tanto del tular como del matorral de coníferas, dentro de ANP). Cabe destacar que el matorral de coníferas sólo se encuentra en Nuevo León en condición secundaria, esto, debido a los incendios forestales que han alterado severamente este ecosistema endémico a los estados de Nuevo León y Coahuila.

Con la incorporación de las 10 ANP propuestas, se incluirían 181 531 ha en ANP en la Cuenca Río San Fernando, lo que representa el 11.2% de la superficie total de la cuenca, quedarían por encima del 30% en ANP, además del tular y el matorral de coníferas, siete tipos de vegetación natural (bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de táscate, matorral desértico rosetófilo, bosque de pino, bosque de pino-encino, pastizal gipsófilo).

Con la incorporación de las 10 ANP propuestas, quedarían como omisiones en conservación, tres tipos de vegetación (matorral espinoso tamaulipeco, selva baja espinosa caducifolia y matorral submontano), en condición primaria; así como vegetación secundaria de matorral espinoso tamaulipeco, matorral submontano y bosque de encino. Como vacíos en conservación a nivel regional, es decir, tipos de vegetación que no estarían representado en ANP con la incorporación de las 10 ANP propuestas, serían, en condición primaria, el bosque de galería, matorral crasicaule, mezquital xerófilo, pastizal halófilo; y en condición secundaria, selva baja caducifolia, bosque de mezquite, mezquital xerófilo, vegetación halófila xerófila y matorral espinoso tamaulipeco. Sin embargo, es importante destacar que el matorral espinoso tamaulipeco y el matorral submontano que conjuntamente representan casi el 50% de la cobertura vegetal de la cuenca, quedarían subrepresentados en las ANP.

En la perspectiva estatal, en la cuenca Río San Fernando fueron registrados 15 tipos de vegetación en condición primaria y 14 tipos en condición secundaria. Los tipos de vegetación más ampliamente representados fueron el matorral espinoso tamaulipeco y el matorral submontano con 30.6 y 20.8% de la cobertura vegetal de la cuenca, respectivamente (Tabla 3). Sólo un tipo de vegetación en condición primaria (tular) y uno en condición secundaria (matorral de coníferas,

cuya extensión total representó menos del 1% de la extensión total de la vegetación natural de la cuenca, estuvieron representados en ANP por encima del 30% en ANP. El único tipo de vegetación que no se registró en la cuenca Río San Fernando dentro del estado de Nuevo León, fue el matorral crasicaule, cuyas 740 ha de condición primaria, se registraron sólo en el estado de Tamaulipas (Tabla 3).

Tabla 3. Nivel de representatividad de los tipos de vegetación natural de la Serie VII (INEGI 2021) en las ANP actuales y propuestas, en la cuenca Río San Fernando, en la perspectiva estatal, respecto a la meta del 30% para el año 2030, de Kunming Montreal.

Uso del Suelo y Vegetación	Superficie (ha)	Proporción de superficie (%)	Superficie de ANP (ha)	Proporción en ANP actuales (%)	Superficie de ANP actuales + 10 ANP Propuestas en N.L. (ha)	Proporción en ANP actuales + 10 ANP Propuestas en N.L. (%)
Bosque de galería	0	0.0	0	0	0	0
Mezquital xerófilo	31 545	6.7	0	0	0	0
Pastizal halófilo	4 152	0.9	0	0	0	0
Vegetación halófila xerófila	20 018	4.3	0	0	0	0
Veg. sec. arb. de selva baja espinosa caducifolia	1 929	0.4	0	0	0	0
Veg. sec. arbust. de mezquital xerófilo	686	0.1	0	0	0	0
Veg. sec. arbust. de Veg. halófila xerófila	2 284	0.5	0	0	0	0
Veg. sec. herb. de matorral espinoso tamaulipeco	12	0.0	0	0	0	0
Matorral espinoso tamaulipeco	95 251	20.3	140	0.1	140	0.1
Veg. sec. arbust. de matorral espinoso tamaulipeco	48 577	10.3	285	0.6	285	0.6
Veg. sec. arbust. de matorral submontano	16 858	3.6	27	0.2	951	5.6
Selva baja espinosa caducifolia	8 920	1.9	1 642	18.4	1 711	19.2
Matorral submontano	80 632	17.2	63	0.1	27 043	33.5
Veg. sec. arbust. de bosque de encino-pino	1 632	0.3	0	0	802	49.1
Veg. sec. arbust. de bosque de pino	19 283	4.1	1 716	8.9	10 413	54.0
Bosque de encino	5 874	1.3	74	1.3	3 484	59.3
Bosque de encino-pino	6 395	1.4	136	2.1	4 043	63.2
Veg. sec. arb. de bosque de pino-encino	1 930	0.4	0	0	1 365	70.7
Bosque de táscate	836	0.2	0	0	677	81.0
Matorral desértico rosetófilo	2 385	0.5	0	0	2 042	85.6
Bosque de pino	21 472	4.6	379	1.8	19 907	92.7
Tular	699	0.1	666	95.2	666	95.2
Veg. sec. arbust. de bosque de pino-encino	7 912	1.7	0	0	7 809	98.7
Pastizal gipsófilo	12	0.0	0	0	12	100
Veg. sec. arbust. de bosque de encino	938	0.2	0	0	938	100
Bosque de pino-encino	80 481	17.1	2 805	3.5	80 481	100
Veg. sec. herb. de matorral de coníferas	65	0.0	65	100	65	100
Veg. sec. arbust. de matorral desértico rosetófilo	8 814	1.9	0	0	8 814	100
Total	469 591	100	7 999	1.7	171 649	36.6

A nivel estatal, en la cuenca Río Fernando se registran ocho tipos de vegetación en condición primaria y siete en condición secundaria como vacíos en conservación, por no estar representadas en ANP. Los tipos de vegetación en condición primaria son bosque de galería, mezquital xerófilo, pastizal halófilo, vegetación halófila xerófila, bosque de táscale, matorral desértico rosetófilo y pastizal gipsófilo, así como ocho tipos en condición secundaria (selva baja espinosa caducifolia, mezquital xerófilo, matorral espinoso tamaulipeco, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino, bosque de encino, matorral desértico rosetófilo y bosque de pino-encino), cuya superficie total fue de 7.7% de la extensión de la cuenca (Tabla 3). Con la incorporación de las 10 ANP propuestas, se incluirían 181 531 ha en ANP en la Cuenca Río San Fernando, lo que representa el 20.3% de la superficie de la cuenca en Nuevo León, quedarían por encima del 30% en ANP, además del tular y el matorral de coníferas, ocho tipos de vegetación natural (matorral submontano, bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de táscale, matorral desértico rosetófilo, bosque de pino, pastizal gipsófilo, bosque de pino-encino).

Con la incorporación de las 10 ANP propuestas, quedarían como omisiones en conservación, dos tipos de vegetación (matorral espinoso tamaulipeco y selva baja espinosa caducifolia), en condición primaria; así como vegetación secundaria de matorral espinoso tamaulipeco y matorral submontano (Tabla 3). Como vacíos en conservación, es decir, tipos de vegetación que no estarían representados en ANP con la incorporación de las 10 ANP propuestas, serían, en condición primaria, el bosque de galería, mezquital xerófilo, pastizal halófilo, y vegetación halófila xerófila; y en condición secundaria, selva baja espinosa caducifolia, mezquital xerófilo, vegetación halófila xerófila y matorral espinoso tamaulipeco (Tabla 3).

DISCUSIÓN

El cambio en la cobertura de la vegetación en las cuencas hidrográficas de México constituye uno de los procesos territoriales más relevantes para la dinámica hidrológica y ecológica del país. Desde mediados del siglo XX, las cuencas mexicanas han experimentado una transformación acelerada asociada principalmente a la expansión agrícola, el crecimiento urbano, la ganadería extensiva y el aprovechamiento forestal no planificado (Challenger *et al.* 2009). Estas modificaciones tienen efectos directos en la recarga de acuíferos, la generación de escorrentía, la erosión de suelos y la disponibilidad de servicios ecosistémicos. Con base al mapa de vegetación y uso del suelo, Serie VII (INEGI 2021), en Nuevo León se registraron un total de 23 tipos de vegetación natural, de los cuales 21 tipos correspondieron en condición primaria, que en suma cubrieron 3 621 174 ha, es decir el 56.5% del territorio estatal, por encima de la media nacional de 48.6%. Los tipos de vegetación, bosque de oyamel y matorral de coníferas, sólo se registraron en condición secundaria en el Estado, con una cobertura de 1 011 ha y 66 ha, respectivamente (Cantú-Ayala 2024).

El análisis realizado sobre la cuenca Río San Fernando mostró que, tanto en la perspectiva regional como estatal, la cobertura de vegetación natural y primaria se encontró por debajo de los promedios registrados para Nuevo León. Este patrón reflejó un estado de conservación limitado, asociado probablemente a la expansión de actividades agrícolas, pecuarias y urbanas, que históricamente han ejercido presión sobre los ecosistemas del noreste de México. La baja proporción de ANP,

equivalente a menos del 1% de la superficie regional de la cuenca y apenas 1.2% en la porción correspondiente a Nuevo León, evidenció una red de conservación insuficiente para mantener la representatividad ecológica de los tipos de vegetación presentes. En cuencas ubicadas en la Sierra Madre Occidental y la Eje Neovolcánico, la pérdida de cobertura arbórea se registró principalmente en zonas de pendiente moderada, donde la accesibilidad facilitó la tala y la conversión del terreno. Estos procesos alteraron la dinámica hidrológica, modificaron la capacidad de infiltración y redujeron la regulación natural del escurrimiento superficial (Ceballos *et al.* 2016).

Nuevo León cuenta con 43 ANP cuya extensión total es de 604 066 ha, lo que representa el 9.4% de su territorio. Para alcanzar la meta de Kunming-Montreal del 30% del territorio de Nuevo León decretado en ANP, será necesario incorporar, al menos, 1.3 millones de hectáreas a este esquema de protección, antes del año 2030 (Cantú-Ayala 2024). En la cuenca Río San Fernando en la perspectiva regional se registraron ocho ANP, la totalidad de éstas en el estado de Nuevo León, cubriendo una superficie de 10 840 ha, lo que representó el 0.7% de la cuenca, y 1.2%, si sólo se considera la extensión de la cuenca en Nuevo León. La cuenca Río San Fernando, en la perspectiva estatal, mostró una superficie mayor (47.4%) destinada a usos antrópicos, que a nivel regional (40.9%). En cuanto a la vegetación natural, a nivel regional se registró el 59.1% de cobertura, respecto al 52.6% a nivel estatal. Sin embargo, la cobertura promedio de vegetación primaria fue mayor a nivel estatal (40.2%) que a nivel regional (38.2%). Sin embargo, la cobertura promedio de vegetación primaria en el estado de Nuevo León fue de 56.1% por lo que es evidente la pérdida de cubierta vegetal que ha sufrido la cuenca Río San Fernando, no obstante que dentro de esta cuenca se localizan dos de las presas más importantes que abastecen de agua para consumo humano a la ZMM.

El papel de las áreas protegidas como reservorios de agua es bien conocido. Un tercio de las 105 ciudades más pobladas del mundo, protegen sus bosques por ser la fuente de abastecimiento de agua para sus habitantes (Dudley y Solton 2003, UNEP-WCMC-IUCN 2016). En el caso de la ZMM, el Parque Nacional Cumbres de Monterrey con 177 000 hectáreas provee más del 60% del agua potable que consumen los habitantes de la ciudad (Pérez-Ortíz 2013, Aguilar y Ramírez 2021).

Del territorio que ocupa el estado de Nuevo León se han destinado 2 218 481 hectáreas a usos antrópicos (principalmente ganadería, agricultura y asentamientos humanos), lo que equivale al 35% del territorio estatal. El cultivo de pastizales (inducidos y cultivados) es la actividad antropogénica más ampliamente extendida, cubriendo más del 55.6% del territorio estatal destinado a usos antrópicos, mientras que de la cuenca del Río San Fernando se destinaron 422 693 ha para ese fin, es decir el 19% de la superficie de Nuevo León. El segundo tipo de uso antrópico más importante de Nuevo León, con base a la superficie que ocupa, fue la agricultura de temporal anual con 458 430 ha, que representaron el 20.7% del territorio con usos antrópicos en Nuevo León. La cuenca Río San Fernando concentró el 18.2% de la superficie con este tipo de agricultura en el estado. En la cuenca Río San Fernando se registraron 16 de los 23 tipos de vegetación presentes en el estado de Nuevo León (INEGI 2021), esto debido a su marcado gradiente altitudinal, entre los 9 y 3 700 msnm (García 1998). Actualmente, sólo dos de los 16 tipos de vegetación están de esta cuenca están representados por encima del 30% en ANP, el matorral de coníferas y el tular.

El matorral de coníferas se encuentra a partir de los 2 800 msnm, hasta la cima del cerro El Potosí (3 700 msnm), la especie *Pinus culminicola*, catalogada como En Peligro de Extinción según la NOM-059-SEMARNAT-2010, se distribuye sólo en la cima de algunas montañas de Nuevo León y Coahuila; cabe destacar que, en este cerro, el matorral de coníferas se encuentra dentro del ANP estatal, del mismo nombre, Cerro El Potosí, cuya superficie es de 989 ha (García-Arévalo y González-Elizondo 1991, SEMARNAT 2010).

El tipo de vegetación, tular, se encuentra dentro de la cuenca Río San Fernando dentro del ANP estatal Baño de San Ignacio cuya extensión total es de 4 225 ha; esta ANP cuenta con 458 ha de pantano con pastizales inundados y no inundados en los que predominan especies de las familias Cyperaceae y Poaceae entre las que destacan *Cyperus* spp., *Dichromena colorata*, *Distichlis spicata* *Bothriochloa hybrida*, *Andropogon glomeratus*. Asimismo, se pueden encontrar los tules *Typha domingensis* que dan nombre a esta fitocenosis (SEDUOP 2001, Chacón-Baca *et al.* 2015).

En regiones como la cuenca del río Usumacinta y la cuenca del Papaloapan, las selvas altas perennifolias experimentaron una de las tasas de transformación más elevadas del país, fenómeno atribuido a la expansión ganadera y a la apertura de caminos rurales. Estos cambios afectaron procesos ecológicos clave, como la retención de suelos y la provisión de hábitat para especies endémicas. A su vez, la degradación de la cubierta vegetal incrementó la vulnerabilidad de las cuencas a fenómenos erosivos y a la variabilidad climática extrema (Ellis *et al.* 2010). Las evaluaciones multitemporales realizadas mediante imágenes Landsat demostraron que, aunque algunos programas de restauración forestal promovieron incrementos localizados de cobertura arbórea en varias cuencas, la recuperación no compensó la pérdida ocurrida en décadas anteriores. De forma general, las tendencias de cambio reflejaron un proceso continuo de presión antrópica que modificó profundamente la estructura y función de los ecosistemas forestales hidrológicos del país (Sandoval-García *et al.* 2025). Es importante destacar que el tipo de vegetación pradera alpina o pradera de alta montaña, con 170 especies de plantas de 119 géneros y 46 familias, en la cima del Cerro El Potosí, parte de la cual está dentro de la cuenca Río San Fernando, no fue registrada en el mapa de vegetación y uso del suelo de la Serie VII, por lo que, se debe considerar que en Nuevo León existen 24 tipos de vegetación natural (McDonald 1990, García *et al.* 1999, INEGI 2021).

La cuenca Río San Fernando alberga la presa Cerro Prieto (José López Portillo), que abastece de agua a la ZMM; la capacidad NAMO (nivel de aguas máximas ordinarias) de esta presa es de 300 hm³ (CONAGUA 2024). En esta misma cuenca, recientemente, fue inaugurada la presa León que también aportará agua a la ZMM, con una capacidad al NAMO de 306 hm³ (Sisto *et al.* 2016, SAyD 2019). Debido a esta situación resulta prioritario adoptar medidas para proteger la cubierta vegetal de sus ecosistemas para promover una mejor capacidad de captación de agua y reducir el asolvamiento de ambas presas. En conjunto, los resultados indicaron que la cuenca Río San Fernando presentaba un grado considerable de vulnerabilidad ecológica debido a la baja representatividad de sus tipos de vegetación en las ANP actuales. Si bien la propuesta de expansión de la red de ANP mejoraría notablemente este escenario, seguiría siendo necesario integrar acciones complementarias, como la restauración ecológica, la regulación del cambio de uso de suelo y la planificación territorial basada en la conectividad biológica. Estos hallazgos respaldan la hipótesis planteada inicialmente, al demostrar que, con excepción del tular, la mayoría de los tipos

de vegetación se encontraron subrepresentados en las áreas naturales protegidas, incluso tras considerar la incorporación de nuevas ANP propuestas.

CONCLUSIONES

Se registró, una mayor cobertura de vegetación natural a nivel regional que en la porción de la cuenca en el estado de Nuevo León, sin embargo, la vegetación primaria de la cuenca, a nivel regional, fue inferior a la registrada en la porción de Nuevo León, pero por debajo del promedio estatal, lo que evidenció una pérdida histórica significativa de ecosistemas en estado conservado. En cuanto a la cobertura de los tipos de vegetación, la cuenca tiene representatividad baja. Únicamente dos tipos de vegetación, el tular (en condición primaria) y el matorral de coníferas (en condición secundaria), superaron el umbral del 30% de protección, representando ambos tipos de vegetación en conjunto, menos del 1% de la superficie total de la cuenca. La incorporación de 10 de ANP propuestas, añadirían 181 531 ha a la red de protección, permitirían que entre 7 y 8 tipos de vegetación adicional alcance el 30% mínimo de representatividad.

AGRADECIMIENTOS

Los expresan su agradecimiento al Fondo Ambiental del Área Metropolitana de Monterrey (FAMM), por el apoyo recibido para la elaboración de este estudio.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Barajas I, Mahlknecht J, Kaledin J, Kjellén M (2015) Agua y ciudades en América Latina: Retos para el desarrollo sostenible, 1a Edición. Centro del Agua para América Latina y El Caribe, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Banco Interamericano de Desarrollo. Routhledge. New York, USA. 267p.
- Aguilar I, Ramírez A (2021) Agua para Monterrey: Logros, retos y oportunidades para Nuevo León y México. Segunda Edición. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México. 234p.
- Cantú-Ayala C, Uvalle-Sauceda J, González-Saldívar F, Herrera-Fernández B (2018) Evaluación del grado de conservación de las cuencas hidrográficas de Nuevo León, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 9(50). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.263>.
- Cantú-Ayala C (2024) Análisis de vacíos y omisiones en conservación de los tipos de vegetación de Nuevo León, México. Tlalli. Revista de Investigación en Geografía UNAM 11: 1-25. <https://doi.org/10.22201/ffyl.26832275e.2024.11.1989>
- Ceballos A, Pérez-Ruiz E, Santacruz R (2016) Impactos hidrológicos de la deforestación en cuencas montanas de México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 7(36): 8-25.

- Chacón-Baca E, Alba-Aldave L, Ángeles S, Cantú-Ayala C (2015) Tapetes microbianos recientes en el manantial hidrotermal de Baño San Ignacio, Linares, Nuevo León. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 67(3): 387-400.
- Challenger A, Dirzo R, López J, Mendoza E, Lira-Noriega A, Cruz I (2009) Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En: CONABIO (ed) Capital natural de México. Vol. II. Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio. México. pp. 37-73.
- CONANP (2022) Áreas destinadas voluntariamente a la conservación, agosto 2022. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Ciudad de México. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/fisica/advcsost22gw. Fecha de consulta: 22 de abril de 2025.
- CONABIO (2020) Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas de México 2020. 1 Edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/fisica/advcsost22gw. Fecha de consulta: 23 de abril de 2025.
- CONANP (2024) Áreas Naturales Protegidas Federales de México, septiembre 2024. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Ciudad de México. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/fisica/advcsost22gw. Fecha de consulta: 22 de abril de 2025.
- CONAPO (2016) Proyecciones de la población de México y de las Entidades Federativas, 2016-2050 y conciliación demográfica de México, 1950-2015. Consejo Nacional de Población <https://www.gob.mx/conapo/acciones-y-programas/conciliacion-demografica-de-mexico-1950-2015-y-proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050>. Fecha de consulta: 21 de marzo de 2025.
- Dudley N, Stolton S (2003) Can protected areas quench our thirst? Conservation in Practice 4(4): 30-31.
- Ellis EA, Baerenklau KA, Marcos-Martínez R, Chávez E (2010) Land use dynamics and landscape change in tropical watersheds of southeastern Mexico. Environmental Management 45(3): 748-761.
- FAO (2024) Lucha contra los desafíos planteados por el nexo agua-bosque-biodiversidad-suelo en el contexto del cambio climático. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 38º período de sesiones. Guyana. 9p. <https://openknowledge.fao.org/items/c6bfb2cf-ad89-4422-9727-fa8c043e7e1a>. Fecha de consulta: 5 de noviembre 202.
- FAO (2025) Evaluación de los recursos forestales mundiales 2025. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd6709es>
- García-Arévalo A, González-Elizondo M (1991) Flora y vegetación de la cima del cerro El Potosí, Nuevo León. Acta Botánica Mexicana 13: 53-74.
- García M, Treviño E, Cantú C, González F (1999) Zonificación ecológica del cerro "El Potosí", Galeana, Nuevo León, México. Investigaciones Geográficas Boletín 38: 31-40. <https://doi.org/10.14350/rg.59076>
- García (1998) Climas (clasificación de Koeppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/clima1mgw.html>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2025.
- INEGI-INE-CONAGUA (2007) Mapa de Cuencas Hidrográficas de México, 2007. Escala 1:250 000, elaborada por Priego AG, Isunza E, Luna N, Pérez JL. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Instituto Nacional de Ecología. Comisión Nacional del Agua. México. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/hidro/chidro/cue250k_07gw. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2025.

- INEGI (2021) Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, Serie VII. INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463842781>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2025.
- IUCN-WCPA (2025) World Commission on Protected Areas Impact Report 2024. International Union for Conservation. World Commission of Protected Areas. Gland, Switzerland. <https://iucn.org/resources/annual-reports/iucn-world-commission-protected-areas-impact-report-2024>. Fecha de consulta: 21 de abril de 2025.
- McDonald JA (1990) The Alpine-subalpine Flora of Northeastern México. SIDA, Contributions to Botany 14(1): 21-28. <https://doi.org/10.1080/03682909010801001>
- Pérez-Ortiz JA (2013) Hidrología y geohidrología. En: Cantú C, Rovalo M, Marmolejo J, Ortíz E, Seriñá F (eds) Historia natural del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, UANL-CONANP. México. pp.89-98.
- Sandoval-García R, Marroquín-Morales P, Sandoval-García C, Barrios-Calderón RJ (2025) Analysis of forest cover loss in three regions of the state of Chiapas, Mexico. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 31: e24049. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2024.10.049>
- Scott M, Davis F, Csuti B, Noss R, Butterfield B, Groves C, Anderson H, Caicco S, D'erchia F, Edwards TC, Ulliman Jr, J, Wright G (1993) Gap analysis: A geographic approach to protection of biological diversity. Wildlife Monographs 123: 3-41.
- SEMARNAT (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT- 2010, Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación (Segunda Sección): 1-19, más Anexo normativo III. Jueves 30 de diciembre de 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>. Fecha de consulta: 22 de marzo de 2025.
- SEDUOP (2001) Programa de manejo del área natural protegida Baño de San Ignacio, Linares, N.L. Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas. 145p. [https://conanp.gob.mx/conanp/dominios/ramsar/docs/sitios/lineamientos_instrumentos/BA%C3%91O_DE_SAN_IGNACIO.pdf](https://conanp.gob.mx/conanp/conanp/dominios/ramsar/docs/sitios/lineamientos_instrumentos/BA%C3%91O_DE_SAN_IGNACIO.pdf). Fecha de consulta: 22 de marzo de 2025.
- SAyD (2019) Manifestación de Impacto Ambiental-Modalidad Regional-Proyecto "Presa La Libertad". Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional del Agua. Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey. Nuevo León, México. pp. 339.
- Sisto N, Ramírez A, Aguilar I, Magaña V (2016) Climate threats, water supply vulnerability and the risk of a water crisis in the Monterrey Metropolitan Area (Northeastern Mexico). Journal Physics and Chemistry of the Earth. 91: 2-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpc.2015.08.015>
- UNEP-WCMC-IUCN (2016) Protected planet report. United Nations Environment Programme. World Conservation Monitoring Centre. International Union for Conservation of Nature. Cambridge UK; Gland, Switzerland. https://protectedplanetreport2020.protectedplanet.net/pdf/Protected_Planet_Report_2016.pdf. Fecha de consulta: 12 de marzo de 2025.
- WWF (2024) Living Planet Report 2024 – A System in Peril. World Wildlife Fund. Gland, Switzerland. Pp. 94. <https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2024-10/living-planet-report-2024.pdf>. Fecha de consulta: 12 de marzo de 2025.