



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.265>

Artículo

Situación actual de la fauna silvestre en las cuencas de Nuevo León, México

Current situation of wildlife in the basins of Nuevo León, Mexico

Fernando N. González Saldívar^{1*}, Cesar M. Cantú Ayala¹, José I. Uvalle Saucedo¹ y Bernal Herrera Fernández²

Abstract:

The present study was carried out through the analysis of the existing data on the richness of wildlife species, exotic species, endemic species and species at extinction risk according to NOM-059-SEMARNAT-2010, of the 14 hydrographic watershed of the *Nuevo León* state. To analyze these data, area aptitude indexes can be constructed from basic life history information or modifying existing models, based on the importance of the variables were used, applying normalization, weighting and hierarchization of the values of each of them. The highest positive values watershed were: *Tamesí* River, *Presa San José-Pilares* and others and *Sierra Madre Oriental* (with positive values of 19.65, 18.19 and 16.59 respectively). The highest negative values watershed were: *Cuenca Río Bravo-Nuevo Laredo*, *Cuenca Río Bravo-Sosa* and *Cuenca Río Bravo-Matamoros-Reynosa* (with negative values of -22.07, -20.85 and -19.56). It is concluded that the *Sierra Madre Oriental* watershed is the most important in *Nuevo León* for its greater positive value and the territorial extension it covers (almost 13 % of the total state) compared to the first two basins, which together account for barely one percent of the state territory.

Key words: Biodiversity, conservation, hydrographic watershed, environmental indexes, hierarchy indexes, terrestrial vertebrates.

Resumen:

En el presente estudio se realizó una recopilación de los datos existentes sobre la riqueza de especies de vertebrados silvestres nativos, así como de taxones exóticos, además del endemismo y estado de conservación del primer grupo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, en las 14 cuencas hidrográficas del estado de Nuevo León. Para analizar estos datos se usaron índices de aptitud de un área que se pueden construir a partir de la información de la historia de vida; o bien, mediante la modificación de los modelos existentes, basados en la importancia de las variables, a los cuales se les aplica normalización, ponderación y jerarquización de los valores de cada una de ellas. Las cuencas que presentaron los resultados positivos y mayores fueron: cuenca del Río Tamesí, cuenca Presa San José-Pilares y cuenca Sierra Madre Oriental (con índices de 19.65, 18.19 y 16.59 respectivamente) y las que registraron los valores negativos mayores fueron: cuenca Río Bravo-Nuevo Laredo, cuenca Río Bravo-Sosa y cuenca Río Bravo-Matamoros-Reynosa (con -22.07, -20.85 y -19.56 respectivamente). Se concluye que la cuenca Sierra Madre Oriental es la más importante en Nuevo León, por su mayor valor positivo y extensión territorial (13 % aproximadamente del total estatal) comparado con las primeras dos cuencas que sumadas ocupan menos de 1 % del territorio de Nuevo León.

Palabras clave: Biodiversidad, conservación, cuencas hidrográficas, índices ambientales, índices de jerarquización, vertebrados terrestres.

Fecha de recepción/Reception date: 22 de marzo de 2018
Fecha de aceptación/Acceptance date: 29 de octubre de 2018

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Correo-e: fer1960_08_10@hotmail.com

²Instituto Internacional para la Conservación y Manejo de la Vida Silvestre, Universidad Nacional. Costa Rica.

Introducción

En México se entiende que la vida silvestre constituye un patrimonio de incalculable valor; de hecho, su inmensa diversidad coloca al país como una región megadiversa. Por si fuera poco, el alto grado de endemismos que presentan las especies al interior de las fronteras nacionales, incrementa aún más la importancia de concentrar esfuerzos que den como resultado su conservación (Sarukhán, 2017).

El objetivo de la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat es la protección y conservación, mediante esquemas de aprovechamiento sustentable. De este modo, se pretende incrementar el bienestar de la población que vive en regiones de alta diversidad al tiempo que se mantienen y promueven la restauración y la integridad de los ecosistemas. En un esfuerzo porque la conservación de la biodiversidad y la atención a las necesidades de producción y desarrollo socioeconómico del sector rural de México sean compatibles y se refuercen mutuamente, el gobierno de la república ha implementado desde 1997 las Unidades de Manejo (UMA) para la Conservación de la Vida Silvestre (Semarnap, 1997).

Las UMA son predios o instalaciones que cuentan con un registro ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con el propósito expreso de conservar el hábitat natural, mediante el manejo de poblaciones y ejemplares de especies silvestres. Así, las tareas de una UMA contemplan fines de restauración, protección, mantenimiento, recuperación, reproducción, repoblación, reintroducción, investigación, rescate, resguardo, rehabilitación, exhibición, educación ambiental y aprovechamiento sustentable (Semarnat, 2016).

El número y abundancia de los taxa de flora y fauna silvestre de un lugar son considerados como indicadores de biodiversidad, y sirven, también, como indicadores de calidad y salud de un sitio. Un indicador puede definirse como “una medida basada en datos verificables que transmite información más allá de si misma” (Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad, 2011).

La conservación de especies silvestres enfrenta el reto de su mantenimiento frente a una realidad caracterizada por la presión antrópica sobre los ecosistemas terrestres,

lo que amenaza con degradar, disminuir e incluso desaparecer los remanentes de hábitats nativos aún disponibles. Por esto, los sistemas naturales y su biota deben ser primeramente identificados y cuantificados para su comprensión y preservación; con el problema adicional de la carencia de recursos suficientes para catalogar toda la biodiversidad por proteger en estos ecosistemas. Al respecto, la comunidad internacional se ha organizado para discutir estrategias para la conservación de la biodiversidad y ha establecido criterios para determinar el nivel de riesgo de la misma (Sarukhán, 2017).

El objetivo del presente estudio fue realizar un diagnóstico de la condición de conservación de la fauna silvestre de las 14 cuencas hidrológicas de Nuevo León, por medio del análisis de variables ambientales para construir índices de aptitud, y con ello, jerarquizar su condición relativa desde las perspectivas biológicas y sociales. Asimismo, elaborar propuestas para reducir las brechas ambientales existentes.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estado de Nuevo León, con 63 556 km², se localiza en una zona de transición entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical, lo que determina la existencia de una rica y compleja biodiversidad. En su territorio predominan climas semiáridos extremos en cuyos ecosistemas prosperan diversos matorrales xerófilos. Solo 11 % de su territorio está cubierto por bosques templados (principalmente de coníferas y encinos), lo que contribuye a que las actividades agropecuarias ocupen un lugar poco relevante en relación a los otros sectores de la economía. El estado presenta grandes contrastes climáticos, orográficos y geológico; tiene 14 cuencas hidrológicas distribuidas en cuatro regiones hidrológicas (RH): RH24 Bravo-Conchos, RH25 San Fernando-Soto la Marina, RH26 Pánuco y RH37 El Salado; cuya extensión total es de 234 442 km²; es decir, 3.7 veces el territorio de la entidad, e incluye los estados de Coahuila, Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas y Veracruz (Figura 1) (INEGI, 1986).

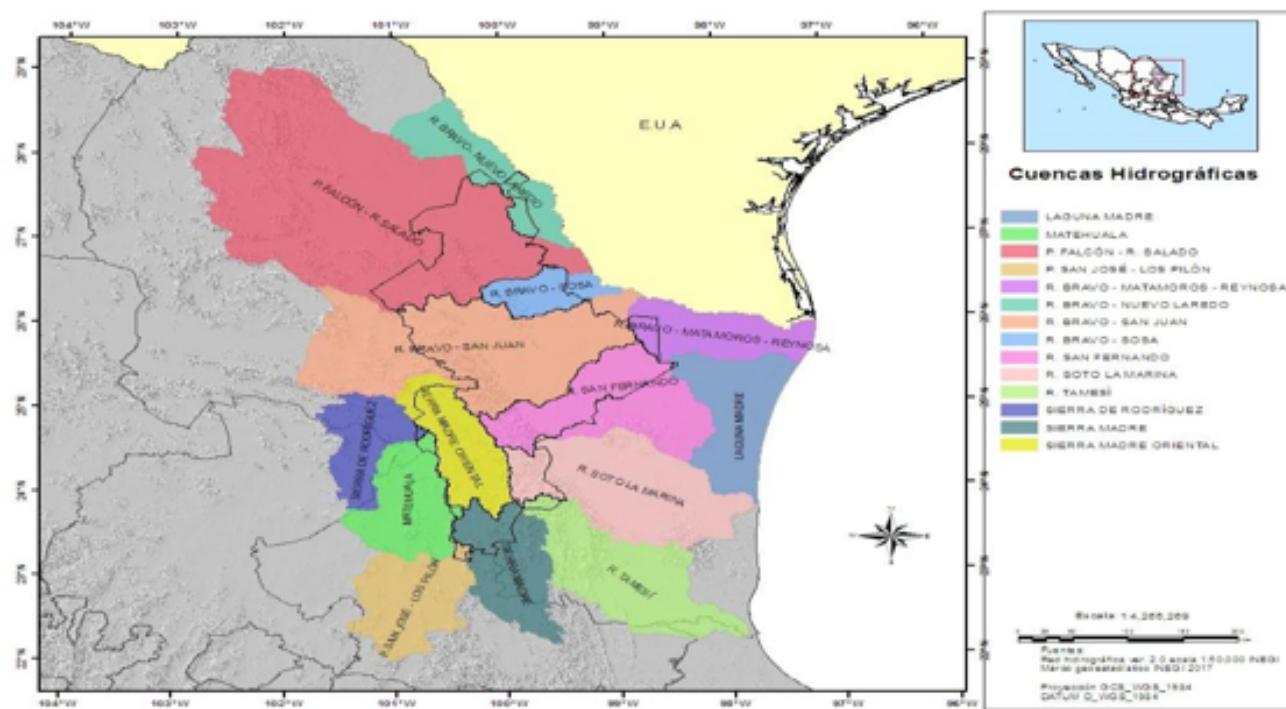


Figura 1. Cuencas hidrológicas del estado de Nuevo León.

Metodología

Sistema de Información Geográfica

Se construyó un Sistema de Información Geográfica (SIG) con los mapas digitales disponibles en los portales de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio, 2012), del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (Inegi, 2017), de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del estado de Nuevo León (Sedesu, 2017), de la Dirección Técnica de la Cuenca Río Bravo de la Comisión Nacional del Agua (Conagua, 2017), del Fondo de Agua del Área Metropolitana de Monterrey (FAMM, 2017), y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2017).

Los mapas sirvieron de base para calcular los índices de conservación de la riqueza de especies y de la conservación de ecosistemas. Todas las cubiertas digitales fueron combinadas y

analizadas con base en los programas ArcGis® versión 10.4; se utilizaron mapas vectoriales y *raster* con la proyección Cónica Conforme de *Lambert* y el *Datum WGS 84*.

Fauna (Vertebrados)

Los índices de biodiversidad para especies de fauna se construyeron con los datos de los cinco grupos de vertebrados (peces dulceacuícolas, anfibios, reptiles, aves y mamíferos) obtenidos de bases de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), del Instituto Nacional de Ecología de la UNAM, de las colecciones de fauna de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, y de información procedente de la literatura especializada.

Normalización de datos

Los datos fueron normalizados, para ello el valor de cada variable se dividió entre su valor máximo, de tal forma que todos fluctuaron entre 0 y 1 (Inhabert, 1976) mediante la fórmula:

$$Vn = \frac{Vvar}{Vmáx Var}$$

Donde:

Vn = Valor normalizado

$Vvar$ = Valor de cada variable

$VmáxVar$ = Valor máximo de la variable

Ponderación de datos

Una vez normalizados los datos fueron ponderados con base en los valores siguientes:

2 = Muy Bajo

4 = Bajo

6 = Medio

8 = Alto

10 = Muy Alto

Cada variable normalizada se multiplicó por el valor de ponderación asignado, con lo que se obtuvo su valor final, que fluctuó entre 0 y 10 (Inhabert, 1976). La fórmula utilizada para la ponderación de cada variable fue la siguiente:

$$Vp = Vn * kp$$

Donde:

Vp = Valor ponderado

Vn = Valor normalizado

kp = Constante de ponderación asignada a la variable (entre 0 y 10)

A fin de que el valor de cada zona se ajuste entre los de 0 y 100 se normalizaron los datos al multiplicar el total de variables por el valor máximo de ponderación para obtener el índice. Para igualar el peso de todas las variables, se dividió 100 entre el resultado de la normalización, de lo que resultó una constante. Dicho número se multiplicó por el valor ponderado de cada zona, para calcular el índice de Infraestructura, según la fórmula siguiente:

$$II = \sum ((VpV1 * Ki) + (VpV2 * Ki) + (VpV3 * Ki) \dots \dots + (VpVn * Ki))$$

Donde:

II = Índice de interés

VpV1 = Valor ponderado de la variable 1

VpV2 = Valor ponderado de la variable 2

VpV3 = Valor ponderado de la variable 3

VpVn = Hasta el valor ponderado de la variable n

Ki = Constante de interés

Índices analizados

Los índices analizados fueron: índice de riqueza de especies (fauna), índices de endemismos (fauna), índice de fauna en riesgo de extinción e índice de fauna exótica e invasora.

Meta análisis de los índices

Los modelos de los Índices de Aptitud de un área se pueden construir a partir de la información del historial de vida básico o la modificación de los modelos existentes; se define como un índice numérico que representa la capacidad de un hábitat dado para soportar y conservar la biodiversidad en ecosistemas acuáticos y terrestres, para ello se consideran variables físicas químicas y biológicas. En términos de Inhabert (1976) es la razón de un valor de interés dividido por un estándar de comparación. Para propósitos del Procedimiento de Evaluación de Áreas, el valor de interés es una

estimación de la medida de las condiciones del ecosistema en el área de estudio, y el estándar de comparación es la condición óptima del hábitat para la misma. Por lo tanto:

$$\text{Valor del índice} = \frac{\text{Valor de interés}}{\text{Estándar de comparación}} \quad o$$

$$\text{Índice de Aptitud de un Área} = \frac{\text{Condición del área de estudio}}{\text{Condición del área óptima}}$$

Este índice tiene un valor mínimo de 0.0, que representa un hábitat totalmente inadecuado y un valor máximo de 1.0, bajo el supuesto de que existe una relación lineal directa entre el valor de índice de aptitud de un área y la capacidad de carga. Específicamente, el uso de este procedimiento de evaluación de ecosistemas parte de que, para cualquier evaluación, un cambio de unidad en el índice siempre tendrá el mismo significado; es decir, siempre corresponderá al mismo cambio de unidades de capacidad de carga (Inhabert, 1976).

Resultados y Discusión

Índice de Riqueza de Especies de Fauna

Para la construcción de este índice se utilizaron cinco variables, entre las que destacan: la riqueza de especies de peces dulceacuícolas y de anfibios, ya que para estos dos grupos la presencia, disponibilidad y calidad de agua es el requerimiento vital más importante para su supervivencia, permanencia y reproducción. Es obvio que, para todos los grupos de vertebrados, el agua es una variable muy importante, pero su escasez no repercute tanto como en peces y anfibios. Para el listado de la avifauna solo se consideraron los taxa residentes, y se excluyó a los invernales, veraniegos, migratorios y ocasionales.

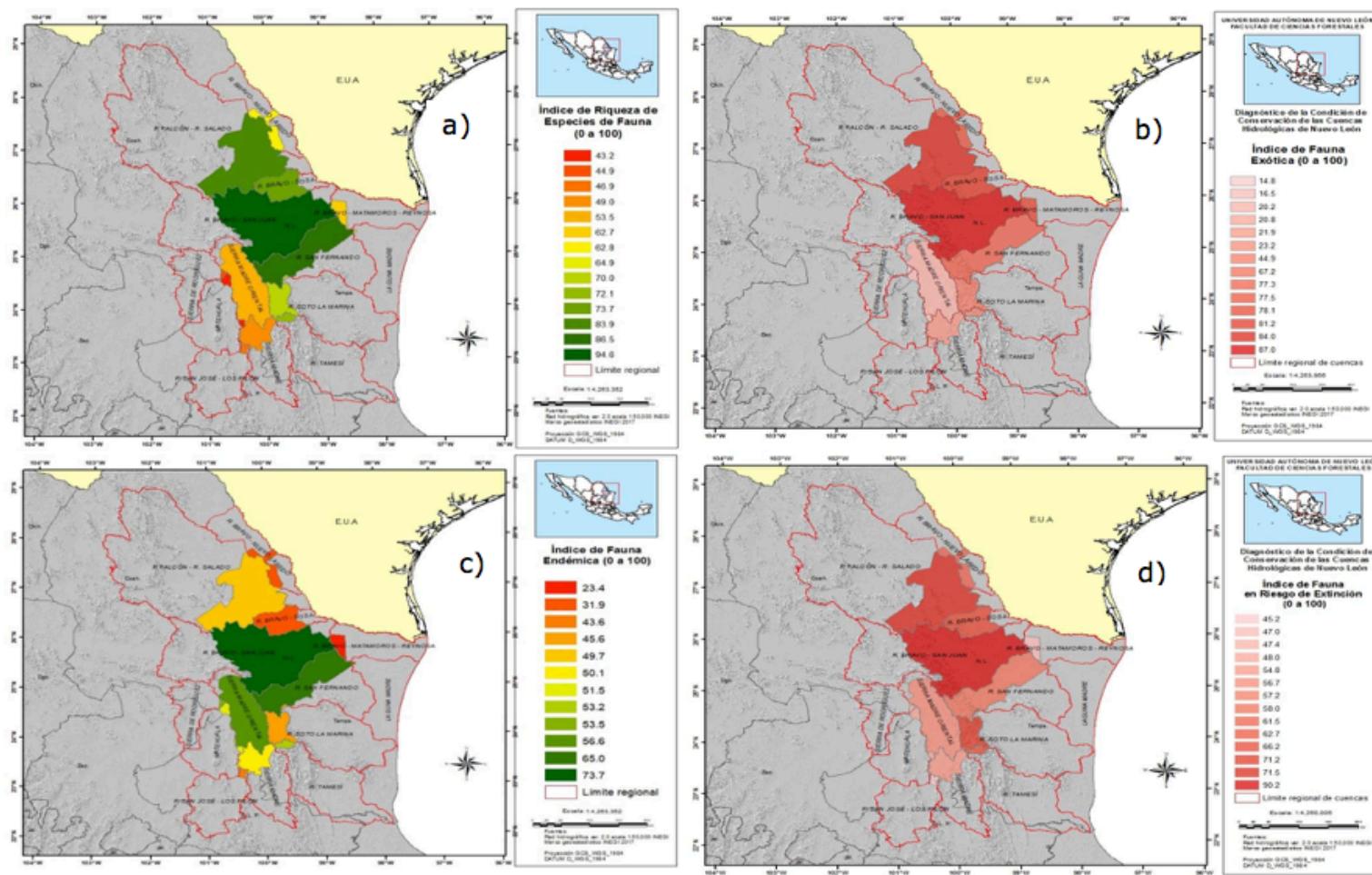
Es importante mencionar que, para el estado, se tienen registradas 713 especies de vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos), cifra que lo coloca en el primer lugar en diversidad, en particular del grupo de las aves con 339, lo que representa 47.5 %. El segundo lugar correspondió a los mamíferos con 176 taxones, equivalente a 24.7 %. En tercer lugar, estuvieron los reptiles, con 102 especies y 14.3 % de la diversidad de vertebrados de Nuevo León. Finalmente, los peces dulceacuícolas y los anfibios son los grupos menos numerosos con 74 y 25 especies, respectivamente, que suman 10.4 % y 3.5 % del total de los vertebrados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables usadas para la construcción de los diferentes índices en las cuencas hidrográficas del estado de Nuevo León.

Núm.	Variables	a	b	c	d
1	Peces dulceacuícolas	74	15	11	18
2	Anfibios	25	01	03	07
3	Reptiles	102	03	09	36
4	Aves	337	12	04	33
5	Mamíferos	176	49	04	30
Total de especies		713	80	31	124

a = Riqueza de especies de fauna silvestre; b = Fauna exótica; c = Fauna endémica; d = Fauna en riesgo de extinción.

Las cuencas con los valores de índices positivos más altos de riqueza de especies de fauna silvestre fueron la cuenca del Río Bravo-San Juan, con un valor de 94.6; la del Río San Fernando, con un índice de 86.5; y la Presa Falcón-Río Salado con 83.9 puntos. Por el contrario, las cuencas Río Soto la Marina, Sierra Madre Oriental y Sierra Madre obtuvieron valores de 70, 53.5 y 49 puntos, respectivamente. En la Figura 2, los índices de riqueza de especies de las cuencas de Nuevo León, se muestran en colores verdes; los tonos más intensos, se refieren a las cuencas con mayor riqueza de especies y los más tenues a los valores más bajos



Los tonos verdes representan a las cuencas con valores positivos; mientras que los tonos rojos a los valores negativos.

Figura 2. Cuencas con valores de los diferentes índices: a) índice de riqueza de especies, b) índice de fauna exótica, c) índice de fauna endémica y d) índice de fauna en riesgo de extinción.

Dada la gran extensión territorial del país y en especial del estado de Nuevo León, no es de extrañar que muchas de las especies presenten una considerable variabilidad genética, y otras no; por lo tanto, estas últimas requieren un cuidado especial.

Los grupos mejor conocidos son los vertebrados terrestres. En lo que se refiere a mamíferos, en México habitan 535 especies, de las cuales 488 son terrestres y 47 marinas (Ramírez *et al.*, 2005, 2008); para 2014, Ramírez *et al.* (2014) reconocen 496 taxa. Ceballos *et al.* (2005) suponen un total de 525 mamíferos, de los cuales 485 son terrestres y 40 marinos. En el estado de Nuevo León se consigna un total de 176 taxones (un poco más de 30 % del total registrados para México), pero 49 de ellos corresponden a especies exóticas, principalmente de mamíferos cinegéticos (Contreras *et al.*, 1995).

Las aves registradas para Nuevo León, de acuerdo con Avibase-Lista de Aves del Mundo, País o Región: Nuevo León, reúne un total de 490 especies, aunque incluyen tanto migratorias, como veraniegas, invernales, etcétera. (Avibase-lista de aves del mundo, 2008). Navarro *et al.* (2014) explican que México cuenta con alrededor de 1 123 a 1 150 especies de aves, cerca de 11 % del total citado para el mundo. Nuevo León cuenta con 337 especies de aves residentes, aproximadamente, lo que es equivalente a 30 % de las aves registradas en todo el territorio nacional.

En Nuevo León, de acuerdo con Lazcano y Ramos (2017) existen 102 especies de reptiles y 24 de anfibios; en comparación con el presente estudio (25 especies) solo hay una especie de anfibio de diferencia, pero en reptiles, los autores consideran a los mismos taxones. Lemos-Espinal *et al.* (2015) reconocen 132 especies (23 anfibios y 109 reptiles); Nevárez *et al.* (2016) para el estado de Nuevo León describe la herpetofauna, la cual consiste de 139 especies; 22 anuros, cuatro salamandras, 106 squamatos, y siete tortugas. Esto se debe a que en dichos estudios se tienen registros que datan del siglo XIX; los más antiguos son de 1852. En la presente investigación solo se consignó información de los últimos 50 años.

En la primera lista oficial de la piscifauna de Nuevo León, Contreras (1967) incluyó 54 especies; seguida por aportaciones posteriores (Contreras *et al.*, 1995), en las que

documentaron 83 especies distribuidas en 46 géneros y 18 familias. De igual forma, Lozano *et al.* (2013) refieren 28 especies repartidas en 21 géneros y 11 familias, con nueve especies no nativas en el Área Natural Protegida Parque Nacional Cumbres de Monterrey, NL. (sección peces). En el estudio que aquí se documenta se calculó una diversidad de 74 especies de peces dulceacuícolas.

Índice de Fauna Exótica

Se contabilizaron 80 taxones de vertebrados exóticos e invasores; en el primer lugar se reportan los mamíferos, con 49 especies, que representa más de la mitad del total de las especies de fauna exótica del estado, con 61.3 %. Este grupo sobresale debido a que en muchas UMA ha sido una moda la introducción de mamíferos exóticos de origen africano y asiático, principalmente, las cuales son aprovechadas por los cazadores que desean obtener trofeos de estas especies.

Los peces dulceacuícolas, con 15 y las aves con 12 especies exóticas se ubicaron en el segundo y tercer lugar, respectivamente. Los individuos de ambos grupos son comprados como mascotas y, posteriormente, liberados por lo que se convierten en invasoras.

Finalmente, los reptiles y los anfibios resultaron los menos numerosos, con tres y un taxa, respectivamente, que representan 3.8 % y 1.3 % del total de vertebrados exóticos registrados en la entidad (Cuadro 1). Estas especies pueden ocasionar grandes efectos negativos, por la competencia interespecífica y la depredación sobre las especies nativas.

Las cuencas que presentaron los mayores índices de fauna exótica fueron: la cuenca del Río Bravo-San Juan, con un valor de 87.0, en segundo lugar, la cuenca Presa Falcón-Río Salado obtuvo un índice de 84.0, seguido de la cuenca Río Bravo-Sosa con 81.2 puntos. Por lo contrario, las cuencas Río Bravo-Matamoros-Reynosa, Río Bravo-Nuevo Laredo y Río San Fernando registraron valores de 78.1, 77.5 y 77.3 puntos, respectivamente (Figura 2b). Los índices de fauna exótica de las cuencas de Nuevo León están representados en colores rojos. Los tonos más intensos son las cuencas con mayor número de especies exóticas y los más tenues corresponden a valores más bajos.

El panorama es crítico para los peces, ya que de las 510 especies de agua dulce incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010), 31 % de las registradas en las cuencas estudiadas están en algún estatus de conservación, lo que responde a la presencia de especies exóticas-invasivas. La importancia relativa de los taxones introducidos es entendible, al considerar que su número en México, hasta 2004, era de 115 (Contreras *et al.*, 2003).

El caso de los ecosistemas de agua dulce es impresionante; los lagos y los ríos son particularmente vulnerables a la introducción de especies exóticas. Estos ecosistemas albergan un elevado número de taxa endémicos (Contreras-Balderas *et al.*, 2008). Nuevo León no es la excepción, y después de los mamíferos (49 especies), los peces ocupan el segundo lugar en cantidad de especies exóticas (15) que compiten con las nativas.

En muy poco tiempo puede provocarse una extinción por depredación o degradación de un hábitat por completo, por efecto de sobrepastoreo. Este problema se agrava por la amplitud e intensidad del proceso de movilización de especies por parte de los humanos, que no tiene precedente en la escala geológica. Las introducciones, tanto intencionales como accidentales, que ha realizado la civilización moderna son enormes. Los momentos más intensos han ocurrido, primeramente, durante el descubrimiento y la colonización de América y, el más reciente, con la globalización (Manson *et al.*, 2009).

Índice de Fauna Endémica

En el estado se identificaron 31 especies de vertebrados endémicos, de los cuales los peces dulceacuícolas, con 11 especies comprenden más de la tercera parte de la totalidad de endemismos (35.48 %). Este grupo sobresale debido a que muchos de ellos tienen requerimientos y características específicos de sus hábitats, lo que significa que fuera de donde habitan es casi imposible encontrarlos, pues viven aislados y restringidos a áreas muy pequeñas; la mayoría de sus poblaciones están catalogadas como en peligro de extinción (Cuadro 1).

El segundo lugar, correspondió a los reptiles, con nueve especies, lo que representa 29 % del total de las especies de vertebrados de la entidad. En tercer lugar, se ubicaron las aves y mamíferos con cuatro especies cada uno, que equivalen a 12.9 % de todos los taxones de fauna endémicas descritos para el estado; finalmente, los anfibios son los menos numerosos con tres especies, que representan 9.7 % del total de los vertebrados endémicos de Nuevo León.

Las cuencas con los índices más altos de fauna endémica fueron: Río Bravo-San Juan (73.7); Río San Fernando (65); y Sierra Madre Oriental (56.6) (Figura 2c).

En 1961, se reconocían 11 especies de peces en peligro de extinción y siete extintas en el país. Cuatro décadas después estas cifras ascendieron a 83 y 25 especies, respectivamente (Contreras *et al.* 2003). En consecuencia, México ocupa uno de los primeros lugares del mundo como región de alto nivel de riesgo o vulnerabilidad para los peces de agua dulce (Torres-Orozco y Pérez-Hernández, 2011). Nuevo León no es la excepción, ya que ese grupo es el más afectado en términos de pérdida de especies endémicas de su territorio.

Lazcano y Contreras (1995) citan una lista preliminar de la herpetofauna del estado, en la que relacionan 131 especies de reptiles, de las cuales 12 son endémicas; y 27 especies de anfibios, de ellas solo dos son mencionadas como endémicas para la entidad. En el presente estudio se registraron nueve reptiles y tres anfibios como endémicos.

Ceballos y Oliva (2005) consignaron 525 mamíferos para México, 161 son endémicos y para el estado de Nuevo León, 91 especies; Jiménez-Guzmán (1966) determinó 103 especies; y González y Moreno (1995) elaboraron una lista de 116 especies de mamíferos, que incluye especies exóticas e introducidas, así como cuatro endémicas (principalmente roedores y murciélagos), igual que las presentadas en este trabajo.

En el contexto de la Estrategia Nacional para la Vida Silvestre (INE, 2000), la Semarnat ha diseñado planes estratégicos para diversos grupos de flora y fauna silvestre que, no solo contemplan su conservación y manejo en las áreas protegidas, sino en todo el territorio nacional. Entre los instrumentos desarrollados por el gobierno mexicano se pueden mencionar los proyectos de recuperación de especies

prioritarias conocidos como PREP, y las UMA o Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre; actualmente, la Conanp maneja los llamados programas de acción para la conservación de especies en riesgo (PACE), enfocados a la conservación de las denominadas “especies prioritarias”.

Índice de Fauna en Riesgo de Extinción

Se contabilizó un total de 124 especies de vertebrados en algún riesgo de extinción, pertenecientes a los cinco grupos estudiados; el primer lugar en diversidad correspondió a los reptiles, con 36 especies (29 %); el segundo, a las aves con 33 especies catalogadas con algún estatus (27 %); el tercer lugar a los mamíferos con 30 especies (24 %); finalmente, los peces dulceacuícolas con 18 (14 %) y los anfibios con siete (6 %) (Cuadro 1).

Las cuencas con los índices de fauna exótica más altos fueron: la cuenca del Río Bravo-San Juan, con un valor de 90.2; Presa Falcón-Río salado, con 71.5; Soto La Marina, con 71.2 puntos; las cuencas Río Bravo-Sosa, Río Tamesí y Río Bravo-Nuevo Laredo tuvieron valores de 66.2, 62.7 y 61.5 puntos, respectivamente. (Figura 2d).

En la NOM-059-SEMARNAT-de 2010 (DOF, 2010) se mencionan 221 animales en peligro de extinción. Entre ellos, destacan 43 especies de mamíferos, 72 de aves, 14 de reptiles, seis de anfibios, 70 de peces y 16 de invertebrados. Cabe señalar que la lista es un intento para aproximarse a la realidad, pues existe una revisión continua de acuerdo con un mayor y mejor conocimiento de la flora y la fauna de México (Naranjo *et al.*, 2009).

Las 124 especies de vertebrados en algún riesgo de extinción para la entidad se explican, principalmente, por los cambios de uso de suelo que origina la fuerte fragmentación de los ecosistemas. Otro factor clave es el aprovechamiento excesivo de los recursos naturales que afecta a estas especies de manera directa e indirecta, al modificar sus hábitats (Santos y Tellería, 2006).

Por otra parte, la contaminación ambiental de los cuerpos de agua por desechos domésticos e industriales ha impactado las poblaciones de animales en gran medida.

Esto ha sido registrado mediante el monitoreo de miles de poblaciones de decenas de especies de fauna silvestre, en las que se ha reconocido que en la última década las densidades de las poblaciones de las especies terrestres se han reducido 50 % en promedio, y 80 % para el caso de las acuáticas (WWF, 2016).

Meta análisis de los Índices

Índices de porcentajes positivos y negativos de las cuencas

Los índices positivos de diversidad para la fauna silvestre en las cuencas hidrográficas se estimaron mediante la confrontación del índice de riqueza de especies y el índice de fauna endémica. Las cuencas con los valores promedio más altos de índices positivos obtenidos por la media de estas dos variables fueron: la cuenca del Río Bravo-San Juan (84.15); la del Río San Fernando (75.78); y la del Río Soto la Marina (57.77) (Cuadro 2).



Cuadro 2. Índices de especies y ecosistemas con valores positivos de las cuencas hidrográficas de Nuevo León.

Clave Región Hidrológica	Nombre Región Hidrológica	ID Cuenca	Clave de Cuenca	Nombre de Cuenca	Superficie de cada Cuenca/ Región (ha)	Índice de Riqueza de fauna	Índice de Endemismos de fauna	Valor Promedio del total de Índices
RH24	Bravo-Conchos	1	RH24A	Río Bravo-Matamoros-Reynosa	100 159.9	62.7	23.4	43.01
		2	RH24B	Río Bravo-San Juan	1 967 347.3	94.6	73.7	84.15
		3	RH24C	Río Bravo-Sosa	374 743.1	73.7	31.9	52.84
		4	RH24D	Presa Falcón-R. Salado	1 328 504.4	83.9	49.7	66.83
		5	RH24E	Río Bravo-Nuevo Laredo	156 378.6	62.8	31.9	47.39
RH25	San Fernando	6	RH25B	Río Soto La Marina	255 413.1	70.0	45.6	57.77
		7	RH25C	Laguna Madre	2 975.1	64.9	23.4	44.15
		8	RH25D	Río San Fernando	883 886.8	86.5	65.0	75.78
RH26	Pánuco	9	RH26B	Río Tamesí	46 977.2	72.1	53.2	62.62
RH37	El Salado	10	RH37A	Sierra Madre Oriental	860 138.1	53.5	56.6	55.03
		11	RH37B	Matehuala	60 484.7	43.2	51.5	47.37
		12	RH37C	Sierra de Rodríguez	12 340.9	44.9	53.5	49.21
		13	RH37G	Presa San José-Los Pilares y otras	26 210.0	46.9	43.6	45.25
		14	RH37H	Sierra Madre	280 326.5	49.0	50.1	49.57

Al igual que los índices de diversidad de especies y ecosistemas positivos, los índices de diversidad de especies y ecosistemas negativos resultaron de la comparación de las variables siguientes: el índice de fauna en riesgo de extinción y el índice de fauna exótica. Las cuencas que presentaron los valores promedios más altos de índices negativos fueron: Río Bravo-San Juan (88.60), Presa Falcón Río Salado (77.74) Río Bravo-Sosa (73.69) (Cuadro 3).



Cuadro 3. Índices de especies y ecosistemas con valores negativos de las cuencas de Nuevo León.

Clave Región Hidrológica	Nombre Región Hidrológica	ID Cuenca	Clave de Cuenca	Nombre de la Cuenca	Superficie de cada Cuenca/ Región (ha)	Índice de fauna en Riesgo de Extinción	Índice de fauna Exótica- Invasora	Valor Promedio del total de Índices
RH24	Bravo- Conchos	1	RH24A	Río Bravo-Matamoros-Reynosa	100 159.9	47.0	78.1	62.57
		2	RH24B	Río Bravo-San Juan	1 967 347.3	90.2	87.0	88.60
		3	RH24C	Río Bravo-Sosa	374 743.1	66.2	81.2	73.69
		4	RH24D	Presas Falcón-R. Salado	1 328 504.4	71.5	84.0	77.74
		5	RH24E	Río Bravo-Nuevo Laredo	156 378.6	61.5	77.5	69.46
RH25	San Fernando	6	RH25B	Río Soto La Marina	255 413.1	71.2	44.9	58.08
		7	RH25C	Laguna Madre	2 975.1	57.2	67.2	62.24
		8	RH25D	Río San Fernando	883 886.8	58.0	77.3	67.64
RH26	Pánuco	9	RH26B	Río Tamesí	46 977.2	62.7	23.2	42.97
RH37	El Salado	10	RH37A	Sierra Madre Oriental	860,138.1	56.7	20.2	38.44
		11	RH37B	Matehuala	60,484.7	48.0	16.5	32.27
		12	RH37C	Sierra de Rodríguez	12,340.9	47.4	14.8	31.07
		13	RH37G	Presas San José-Los Pilares y otras	26,210.0	45.2	20.8	32.99
		14	RH37H	Sierra Madre	280,326.5	54.8	21.9	38.36

Comparación de Valores Positivos contra Negativos

Se contrastaron los porcentajes de valores positivos y negativos para jerarquizar las cuencas, respecto al grado de conservación de sus recursos. De ello resultó que las cuencas Río Tamesí y Sierra de Rodríguez (con valores positivos de 19.65 y 18.14), mostraron los números positivos más altos, pero al tener extensiones en Nuevo León tan restringidas ($> 1\%$ de la extensión entre las dos, en el estado), sus valores altos no repercuten en la conservación de la fauna silvestre.

El tercer lugar fue ocupado por la cuenca de la Sierra Madre Oriental (con un valor de 16.59), y registró el mayor grado de conservación, en relación con los valores negativos que esta presenta, y representa 14 % del territorio del estado, sus valores positivos altos inciden, en gran medida, en la conservación de la fauna silvestre estatal (Cuadro 4 y Figura 3).

A pesar de que la cuenca del Río Bravo-San Juan registró los valores de conservación más altos (84.15 de un máximo de 100 puntos), los valores negativos para su conservación son aún superiores (88.60 de un máximo de 100 puntos); por lo que tuvo valores negativos de -4.45 puntos, lo que significa que la cuenca experimenta degradación baja pero continua del recurso fauna silvestre.

Después de la confrontación de los porcentajes de valores positivos y negativos para jerarquizar las cuencas, respecto al grado de conservación de la fauna silvestre, se determinó que aquéllas con los valores negativos más altos fueron: Río Bravo-Nuevo Laredo (-22.07), Río Bravo-Sosa (-20.85) y Río Bravo-Matamoros-Reynosa (-19.56) (Cuadro 4, Figura 3).

Cuadro 4. Relación de los valores positivos y negativos de los índices (%) para determinar el valor del Índice de Jerarquización para las cuencas hidrográficas de Nuevo León.

Clave Región Hidrológica	Nombre Región Hidrológica	ID Cuenca	Clave de Cuenca	Nombre de Cuenca	Superficie de cada Cuenca/Región (ha)	Valores Positivos	Valores Negativos	Comparación de Valores Positivos vs Negativos
RH24	Bravo-Conchos	1	RH24A	Río Bravo-Matamoros-Reynosa	100 159.9	43.01	62.57	-19.56
		2	RH24B	Río Bravo-San Juan	1 967 347.3	84.15	88.60	-4.45
		3	RH24C	Río Bravo-Sosa	374 743.1	52.84	73.69	-20.85
		4	RH24D	Presa Falcón-R. Salado	1 328 504.4	66.83	77.74	-10.91
		5	RH24E	Río Bravo-Nuevo Laredo	156 378.6	47.39	69.46	-22.07
RH25	San Fernando	6	RH25B	Río Soto La Marina	255 413.1	57.77	58.08	-0.31
		7	RH25C	Laguna Madre	2 975.1	44.15	62.24	-18.08
		8	RH25D	Río San Fernando	883 886.8	75.78	67.64	8.14
RH26	Pánuco	9	RH26B	Río Tamesí	46 977.2	62.62	42.97	19.65
RH37	El Salado	10	RH37A	Sierra Madre Oriental	860 138.1	55.03	38.44	16.59
		11	RH37B	Matehuala	60 484.7	47.37	32.27	15.10
		12	RH37C	Sierra de Rodríguez	12 340.9	49.21	31.07	18.14
		13	RH37G	Presa San José-Los Pilares y otras	26 210.0	45.25	32.99	12.26
		14	RH37H	Sierra Madre	280 326.5	49.57	38.36	11.22

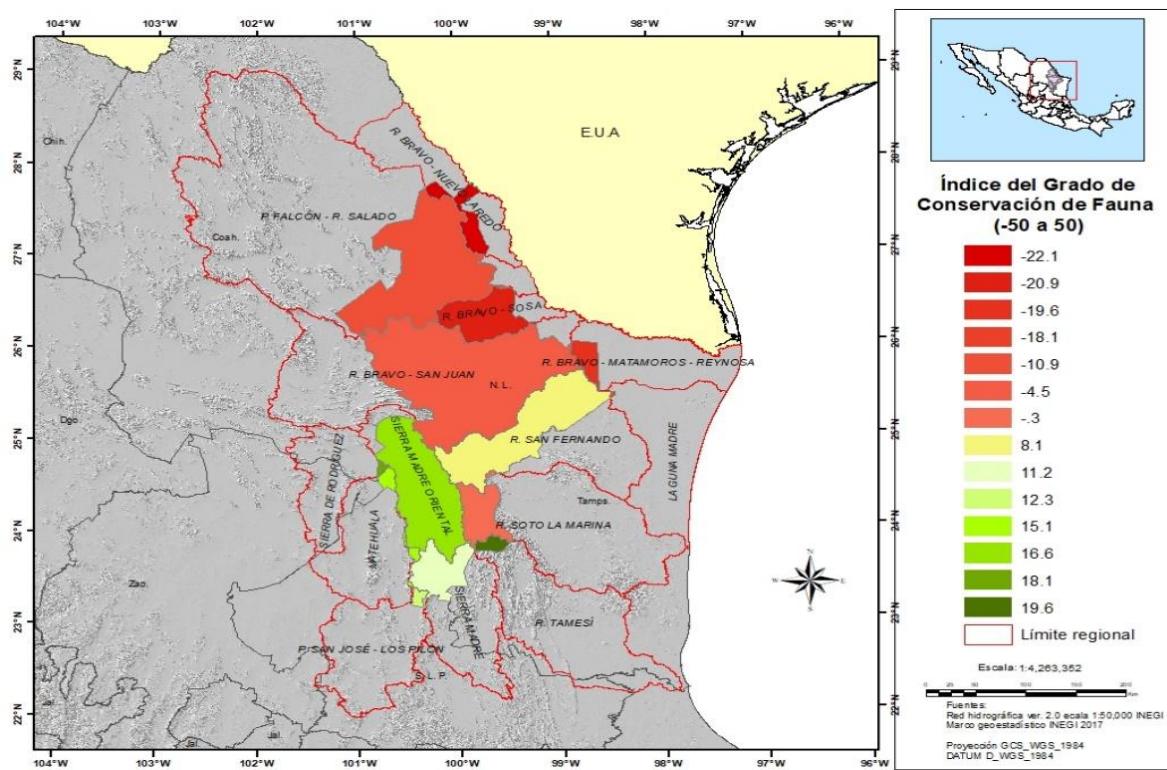


Figura 3. Mapa con los valores del Índice de Jerarquización de conservación de fauna silvestre en las cuencas de Nuevo León.

Conclusiones

Las cuencas Río Tamesí y Sierra de Rodríguez presentan los valores positivos más altos, pero en conjunto suman menos de 1 % del total del estado, por lo que su efecto para la conservación del recurso fauna es insignificante.

La cuenca de la Sierra Madre Oriental ocupa casi 13 % del territorio estatal, le corresponde el mayor valor positivo, aunque por debajo de la cuenca del Río Bravo-San Juan que presenta los valores positivos más destacados; además es la cuenca hidrográfica más importante para la captación de agua y para la conservación de los recursos naturales (fauna silvestre) de la entidad.

La cuenca Presa Falcón-Río Salado, la Río Bravo-Sosa y la cuenca Río Bravo-Nuevo Laredo son principales en cuanto a su extensión y tienen más valores negativos que

positivos, por lo que se concluye que los proyectos de recuperación de las áreas para una mayor captación de agua y conservación de los recursos naturales, deben orientarse prioritariamente, a esas cuencas.

Si se divide el estado en norte y sur, la parte norte es la sección con los valores negativos más altos, debido a la gran presencia de poblaciones humanas y, por lo tanto, con más actividades que provocan degradación tanto del hábitat como de la fauna silvestre; destacan el aumento de la frontera agropecuaria, la fragmentación, los cambios de uso de suelo, la contaminación ambiental y la sobreexplotación de los recursos, entre otras.

Estas cuencas pueden recuperar su nivel de calidad o, al menos, lograr que los atributos positivos sean mayores que los negativos, y con ello tener una mayor captación y calidad del agua y un mejor estado de conservación de los recursos.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Fondo del Agua del Área Metropolitana del estado de Nuevo León (FAMM), por el apoyo económico en la elaboración de este proyecto y a la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, por su apoyo logístico en el desarrollo del proyecto.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses con la Agencia Gubernamental Fondo del Agua Metropolitano de Monterrey, patrocinadora de la investigación; además, ninguno de los autores trabaja para dicha organización. Por lo tanto el interés de todos los involucrados en la realización de este estudio fue meramente científico y de investigación.

Contribución por autor

Fernando N. González Saldívar: concepción de la idea, realización de parte del trabajo de campo, proporcionó herramientas de análisis y materiales y escritura del artículo; Cesar M. Cantú Ayala: apoyo en el análisis de datos, proporcionó herramientas de análisis y materiales y revisión de artículo; José I. Uvalle Saucedo y Bernal Herrera Fernández: apoyo en el análisis de los datos, escritura y revisión del artículo.

Referencias

- Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad. 2011. Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional PNUMA World Conservation Monitoring Centre- Cambridge, UK. 40 p.
- Avibase - Listas de Aves del Mundo. 2018. Listas de Aves del Mundo País o región: Nuevo León <http://avibase.bsceoc.org/checklist.jsp?lang=ES®ion=mxnu&list=clements&format=1> (10 de julio de 2018).
- Ceballos G., G. y G. Oliva (coords.). 2005. Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. México. 986 p.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabral, R. A. Medellín e Y. Domínguez-Castellanos. 2005. Lista actualizada de los mamíferos de México. Revista Mexicana de Mastozoología 9:21-71.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2012. Portal de Geoinformación, del Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad. Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad. Página: www.conabio.gob.mx/informacion/gis (8 de septiembre de 2017).
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). 2017. Mapas interactivos sobre Intensidad de Sequías, Magnitud de Sequías y Capas Adicionales. Gobierno de la República Mexicana. <http://201.116.60.187/mapaGob.html> (8 de septiembre de 2017).

Contreras B., S. 1967. Lista de los Peces de Nuevo León, México. Cuaderno del Instituto de Investigaciones Científicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León 11: 1-12.

Contreras B., S., M. de L. Lozano V. y M. E. García R. 1995. Peces. Tercera lista anotada y revisada de los peces de Nuevo León, México. *In*: Contreras B. S, F. González, D. Lazcano y A. Contreras A. (eds). Listado preliminar de la fauna silvestre del estado de Nuevo León, México Ediciones del Consejo Estatal para la Preservación y Fomento de la Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León, México. Gobierno del Estado de Nuevo León. Monterrey N.L. México. pp. 71-78.

Contreras B., S., P. Almada V., M. L. Lozano V. y M.E. García R. 2003. Freshwater fish at risk or extinct in Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:241-251.

Fondo del Agua del Área Metropolitana de Monterrey (FAMM). 2017. Plan Hídrico Nuevo León 2050. Fondo del Agua del Área Metropolitana de Monterrey. Gobierno del Estado de Nuevo León. <http://famm.mx/wp-content/uploads/2018/10/Plan-Hi%CC%81drico-NL-2050.pdf> (12 de septiembre de 2017).

Contreras-Balderas, S., G. Ruiz-Campos, J. J. Schmitter-Soto, E. Díaz-Pardo, T. Contreras-McBeath, M. Medina-Soto, L. Zambrano-González, L. Varela-Romero, R. Mendoza-Alfaro, C. Ramírez-Martínez, M. Leija-Tristán, P. Almada-Villela, D. Hendrickson and J. Lyons. 2008. Freshwater fishes and water status in México: a country-wide appraisal. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 11 (3): 246-256.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección Ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 30 de diciembre de 2010. México, D.F., México. 78 p.

González S., F. N. y A. Moreno V. 1995. Lista preliminar de los mamíferos del Estado de Nuevo León. *In* Contreras B. S, F. González, D. Lazcano y A. Contreras A. (eds). Listado Preliminar de la Fauna Silvestre del Estado de Nuevo León, México.

Consejo Consultivo Estatal para la Preservación y Fomento de la Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León Gobierno del Estado de Nuevo León. Monterrey, N.L., México. pp 25-35

Instituto Nacional de Ecología (INE). 2000. Estrategia nacional para la vida silvestre. Instituto Nacional de Ecología. Semarnap, México.

http://www.ine.gob.mx/publicaciones/descarga.html?cv_pub=252&tipo_file=pdf&filename=252 (20 de septiembre de 2016).

Inhabert, H. 1976. Environmental Indices. Serie Environmental Science and Technologý. Wiley & Sons. New York, NY USA. 178 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1986. Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. Primera reimpresión. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F. México. 171 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2017. Mapa Digital de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía <http://www.beta.inegi.org.mx/datos/> (9 de septiembre de 2017).

Jiménez-Guzmán, A. 1966. Mammals from Nuevo León, Mexico. Thesis of Master of Arts. University of Kansas. Lawrence, KS USA. 247 p.

Lazcano V., D y A. Contreras A.1995. Lista Revisada de Reptiles y Anfibios del Estado de Nuevo León. In: Contreras B. S, F. González, D. Lazcano y A. Contreras A. (eds). Listado preliminar de la fauna silvestre del estado de Nuevo León, México Ediciones del Consejo Estatal para la Preservación y Fomento de la Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León, México. Gobierno del Estado de Nuevo León. Monterrey, N.L., México. pp. 55-70.

Lazcano V., D. y P. Ramos R. 2017. Anfibios y reptiles del estado de Nuevo León. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/rv8egl> accessed via GBIF.org on (5 de julio de 2018).

- Lemos-Espinal, J. A., G. Smith and A. Cruz. 2015. Amphibians and reptiles of the state of Nuevo León, Mexico. *Zookeys* 594: 123-141.
- Lozano V., M. L., M. E. García R. y M. Espinoza N. 2013. Peces. *In: Cantú-A., C., M. Rovalo M., J. Marmolejo M., S. E. Ortiz H. y F. Seriñá G. (eds.). Historia Natural del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México. UANL-CONANP. Monterrey, N.L., México.* pp. 195-206.
- Manson, R. H., E. J. Jardel P., M. Jiménez E., C. A. Escalante S. 2009. Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico. *In: Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta y J. de la Maza (comps.). Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, D.F. México,* pp. 131-184.
- Naranjo, E. J. y R. Dirzo. 2009. Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna. *In: Dirzo, R., R. González e I. J. March (comps.). Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio. México, D.F. México.* pp. 247-276.
- Navarro S., A. G., M. F. Rebón G., A. Gordillo M., A. Townsend P., H. Berlanga G. y L A. Sánchez G. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Biodiversity of birds in Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: S476-S495.
- Nevárez de los R., M., D. Lazcano, E. García P., V. Mata S., J. D. Johnson and L. D. Wilson. 2016. The herpetofauna of Nuevo León, Mexico: composition, distribution and conservation. *Mesoamerican Herpetology.* Vol. 3(3): 558-638.
- Ramírez P., J., J. Arroyo C. y A. Castro C. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* 21:21-82.
- Ramírez P., J., J. Arroyo C. y N. González R. 2008. Catálogo de autoridades de los mamíferos terrestres de México. *UAM-Iztapalapa División de Ciencias Biológicas y de la Salud, México, D.F., México.* s/p.

Ramírez P., J., N. González R., A. L. Gardner and J. Arroyo C. 2014. List of recent land mammals of Mexico. Special Publications. Museum of Texas Tech University, Natural Science Research Laboratory. Num. 63. Lubbock, TX USA. 72 p.

Santos, T. y J. L. Tellería. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. Ecosistemas, Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente 15 (2):3-12.

Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta y J. de la Maza. (comps.). 2017. Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México. 126 p.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap). 1997. Programa de Conservación de Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural México 1997-2000. México, D.F., México 205 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2016. Conservación de la Vida Silvestre en México. México, D.F. México. 6 p.

Secretaría de Desarrollo Sustentable (Sedesu). 2017. Visor del Atlas de Riesgo para el estado de Nuevo León. Gobierno del Estado de Nuevo León.

<http://www.nl.gob.mx/servicios/visor-del-atlas-de-riesgo-para-el-estado-de-nuevo-leon-segunda-etapa> (15 de septiembre de 2017).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2017. Registro de Unidades de Manejo para la Conservación de la vida Silvestre (UMA). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de la República Mexicana. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/registros-de-unidades-de-manejo-para-la-conservacion-de-la-vida-silvestre-uma> (12 de septiembre de 2017).

Torres-Orozco, R. E. y M.A. Pérez-Hernández. 2011. Los peces de México: una riqueza amenazada. Revista Digital Universitaria 12(1): 1-15.

World Wildlife Fund (WWF). 2016. Informe Planeta Vivo 2016. Riesgo y resiliencia en el Antropoceno. WWF International. Gland, Suiza. 143 p.