



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.263>

Artículo

Evaluación del grado de conservación de las cuencas hidrográficas de Nuevo León, México

Assessment of the conservation status of the watersheds of Nuevo León, Mexico

César Cantú Ayala^{1*}, José Uvalle Saucedo¹, Fernando González Saldívar¹, y Bernal Herrera Fernández²

Abstract:

In order to evaluate the conservation status of the watersheds of *Nuevo León*, 48 environmental variables were analyzed to construct four indexes. Four of the fourteen watersheds in *Nuevo León* cover 79 % of the state territory. Most prominent among them is the *Río Bravo-San Juan* basin, which houses within it *Monterrey's* Metropolitan Area, where over 90 % of the inhabitants of the state dwell. In contrast, six basins of *Nuevo León* cover a total of 2 492 km² (3.9 % of state territory), and therefore they can be considered marginal. The six marginal watersheds of *Nuevo León*, in addition to *Río Soto La Marina*, obtained the lowest scores for the Index of Sites with Official Declaration (≤ 2.4 points). The three basins with the highest scores for the Index of Proposed Priority Sites are among the marginal basins: *Sierra de Rodríguez*, *Río Tamesí* and *Matehuala*, with values of 45.3, 39.1, and 36.8 points, respectively. The *Río Bravo-San Juan* and *Río San Fernando* basins registered the highest values for the Environmental Impact Index, with 60.7 and 40.5 points, respectively. For the Conservation Status Index, five of the 14 basins showed positive values (*Río Tamesí*, *Sierra Madre Oriental*, *Matehuala*, *Sierra de Rodríguez* and *Presa San José-Los Pílares*), four of which are marginal, covering a joint surface area that amounts to only 2.3 % of the state. The fifth with positive value for this index was the *Sierra Madre Oriental* basin, while the nine remaining basins (*Río Bravo-Matamoros-Reynosa*, *Río Bravo-San Juan*, *Río Bravo-Sosa*, *Presa Falcón-Río Salado*, *Río Bravo-Nuevo Laredo*, *Río Soto La Marina*, *Laguna Madre*, *Río San Fernando* and *Sierra Madre Oriental*) obtained negative values for this index, which means that the environmental impacts exceed the conservation attributes of these watersheds.

Key words: Protected area, conservation, watersheds, water, environmental impact, environmental services.

Resumen:

Se evaluó la condición de conservación de las cuencas hidrográficas de Nuevo León, mediante el análisis de 48 variables ambientales para construir cuatro índices. Cuatro de las 14 cuencas del estado cubren 79 % del territorio estatal, destacan la cuenca Río Bravo - San Juan por albergar al Área Metropolitana de Monterrey que concentra más de 90 % de la población estatal. En contraste, seis cuencas comprenden 2 492 km² (3.9 % del territorio total), por lo que se consideran marginales. Estas y la cuenca Río Soto La Marina obtuvieron las puntuaciones más bajas para el Índice de Sitios con Declaratoria Oficial (≤ 2.4 puntos). Las tres cuencas con los mayores valores para el índice de Sitios Prioritarios Propuestos corresponden al grupo de cuencas marginales: Sierra de Rodríguez, Río Tamesí y Matehuala con valores de 45.3, 39.1 y 36.8 puntos, respectivamente. Río Bravo - San Juan y Río San Fernando tuvieron los registros más altos para el Índice de Impacto Ambiental, con 60.7 y 40.5 puntos, respectivamente. El Índice del Grado de Conservación, fue positivo para cinco de las 14 cuencas: Río Tamesí, Sierra Madre Oriental, Matehuala, Sierra de Rodríguez y Presa San José - Los Pílares, cuatro de las cuales son marginales; sin embargo, su extensión conjunta representa solo 2.3 % del estado. La quinta cuenca con valor positivo para este índice fue la Sierra Madre Oriental. Las nueve cuencas presentaron valores negativos para este índice, lo que significa que los impactos ambientales superan a sus atributos de conservación.

Palabras clave: Áreas naturales protegidas, conservación, cuencas hidrográficas, impacto ambiental, recurso hídrico, servicios ambientales.

Fecha de recepción/Reception date: 12 de marzo de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 8 de octubre de 2018

¹Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Correo-e: cantu.ayala.cesar@gmail.com

²Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (Fundecor), Costa Rica e Instituto Internacional para la Conservación y Manejo de la Vida Silvestre (Icomvis), Universidad Nacional, Heredia. Costa Rica.

Introducción

El abastecimiento de agua para cubrir las necesidades humanas en las ciudades es una de las mayores prioridades sociales. Actualmente, existe una tendencia global de concentración de la población en las ciudades. En el mundo, 58 % de la población vive en ciudades, en México, 78 % de sus habitantes son urbanos. El estado de Nuevo León es un caso extremo, ya que 95 % de su población se concentra en zonas urbanas (Inegi, 2017; World Bank, 2017).

En el territorio nacional llueve un promedio de 760 mm anuales, lo que determina una disponibilidad media de agua dulce renovable de 447 260 Hm³ al año, sin embargo, el crecimiento poblacional ha provocado una marcada reducción en su disponibilidad, entre 1950 y 2012 la disponibilidad promedio por habitante, a nivel nacional, disminuyó en 453 %, pasó de 18 035 a 3 982 m³ habitante⁻¹ año⁻¹ (Bezaury-Creel *et al.*, 2017). El país tiene un total de 320 cuencas hidrográficas, de una enorme variabilidad en su extensión (Conagua, 2016). Nuevo León cuenta con 14 cuencas en cuatro regiones hidrológicas: RH24 Bravo-Conchos, RH25 San Fernando-Soto La Marina, RH26 Pánuco y RH37 El Salado; cuya extensión total abarca 234 442 km²; es decir, 3.7 veces el territorio del estado, e incluye a Coahuila, Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas y Veracruz (Conagua, 2016). Respecto a su clima, 68 % de su territorio presenta clima seco y semiseco, su precipitación promedio es de 650 mm anuales, determinante para que dos terceras partes de su superficie estén cubiertas por vegetación xerófila (Inegi, 2017).

Nuevo León tiene 5 119 504 habitantes, concentrados principalmente en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM), cuya mancha urbana representa 1.5 % de la superficie total del estado, donde vive 88 % de sus habitantes (Inegi, 2017); además, es la entidad de la república con mayor migración de las localidades rurales hacia las urbanas (Moreno, 2005). Para el año 2030 se proyecta un incremento de 1 457 783 habitantes, 85 % de los cuales (1 246 914) vivirán en los 12 municipios que comprenden el AMM (Conapo, 2017).

Uno de los principales retos que afronta el AMM es la provisión de agua para la población, por lo que resulta indispensable analizar la condición de conservación de sus cuencas y los ecosistemas naturales e intervenidos que proveen este servicio ecológico, con el fin de diseñar las estrategias e implementar las acciones necesarias para cubrir la demanda de agua para su creciente población. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue realizar un diagnóstico de la condición de conservación de las 14 cuencas de Nuevo León, con respecto a impactos ambientales, mediante el análisis de variables ambientales para construir índices que permitan jerarquizarlas, de acuerdo con su estado de conservación.

Materiales y Métodos

Se construyó un sistema de información geográfica (SIG), a partir de mapas digitales proporcionados por diferentes instituciones, principalmente de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (Inegi), de la Comisión Nacional Forestal (Conafor) y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Todas las cubiertas digitales se combinaron y analizaron con los programas ArcGis® versión 10.4 y mapas vectoriales con la proyección Cónica Conforme de Lambert y el Datum WGS 84.

El estado de Nuevo León presenta grandes contrastes climáticos, orográficos y geológicos por lo que en su territorio se identifican 14 cuencas en cuatro regiones hidrológicas, cuya extensión total es de 234 442 km²; es decir, 3.7 veces el territorio estatal, además incluyen los estados de Coahuila, Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas y Veracruz (Figura 1; Cuadro 1).

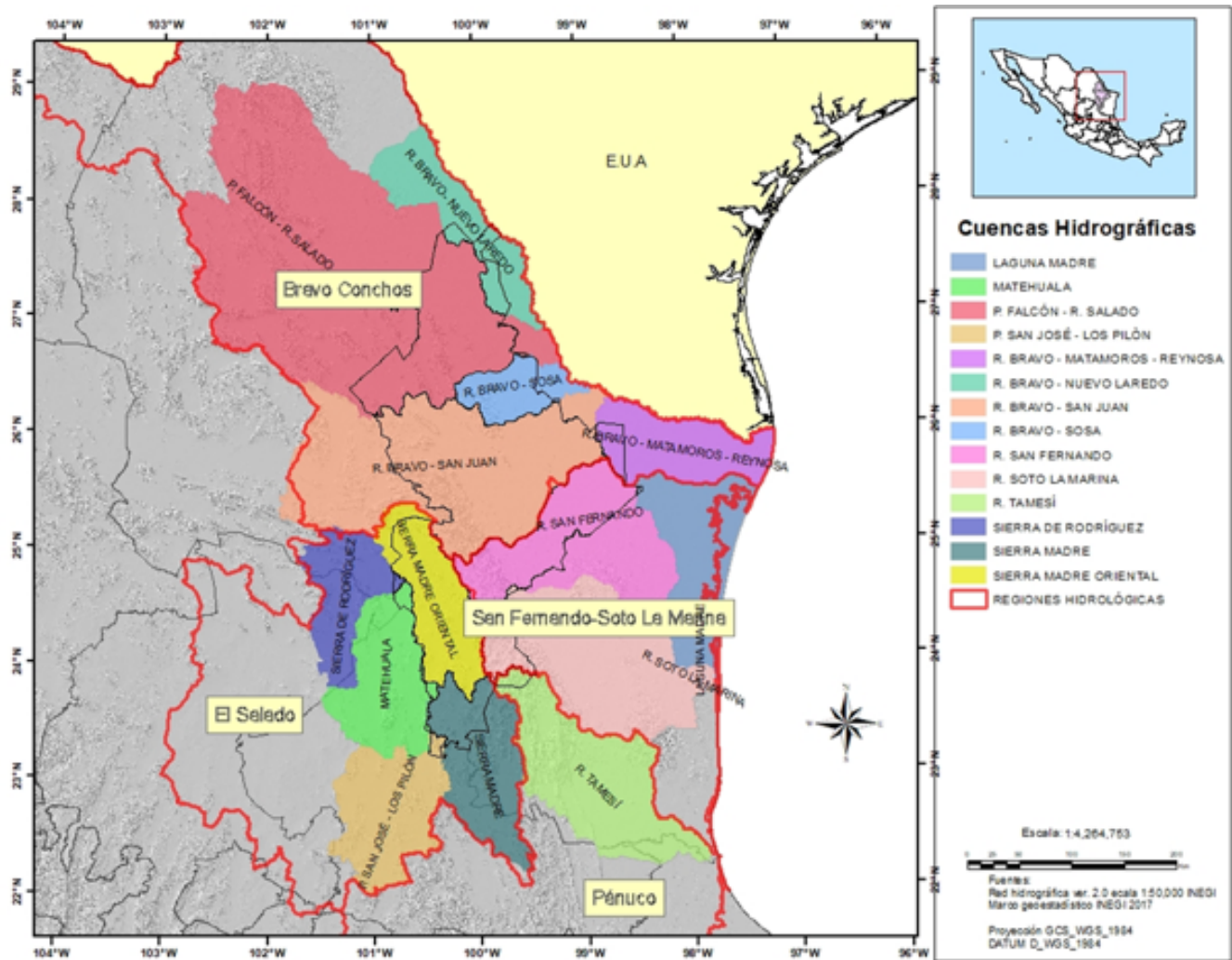


Figura 1. Regiones Hidrológicas y cuencas hidrográficas del estado de Nuevo León, incluye su extensión total en los estados vecinos.



Cuadro 1. Cuencas hidrográficas de Nuevo León, con su extensión relativa al territorio que ocupan regionalmente (fuera de los límites políticos del estado).

Clave de la región hidrológica	Región hidrológica	Número de cuenca	Clave de cuenca	Nombre de cuenca	Superficie en región (ha)	Superficie en N.L. (ha)	Proporción de cuencas en N.L. (%)
RH24	Bravo-Conchos	1	RH24A	Río Bravo - Matamoros - Reynosa	941 098	100 160	10.6
		2	RH24B	Río Bravo - San Juan	3 263 017	1 967 347	60.3
		3	RH24C	Río Bravo - Sosa	488 900	374 743	76.7
		4	RH24D	Presa Falcón - R. Salado	6 051 915	1 328 504	22.0
		5	RH24E	Río Bravo - Nuevo Laredo	945 606	156 379	16.5
RH25	San Fernando	6	RH25B	Río Soto La Marina	2 095 779	255 413	12.2
		7	RH25C	Laguna Madre	1 211 623	2 975	0.2
		8	RH25D	Río San Fernando	1 681 976	883 887	52.6
RH26	Pánuco	9	RH26B	Río Tamesí	1 678 514	46 977	2.8
RH37	El Salado	10	RH37A	Sierra Madre Oriental	973 156	860 138	88.4
		11	RH37B	Matehuala	1 075 291	60 485	5.6
		12	RH37C	Sierra de Rodríguez	788 286	12 341	1.6
		13	RH37G	Presa San José - Los Pilares y otras	1 128 528	26 210	2.3
		14	RH37H	Sierra Madre	1 120 477	280 327	25.0
Total					23 444 166	6 355 886	27.1

Se generaron tres índices para determinar el grado de conservación de las cuencas: Índice de Sitios con Declaratoria Oficial, Índice de Sitios Prioritarios Propuestos, e Índice de Impacto Ambiental. Posteriormente, se obtuvo el Índice de Grado de Conservación que sintetiza la condición relativa de las cuencas; para ello, se utilizó, tras la normalización de los valores de los índices, el diferencial del valor promedio de la suma de los índices de Sitios con Declaratoria Oficial y de Sitios Prioritarios Propuestos, menos el valor del Índice de Impacto Ambiental.

Para el índice de Sitios con Declaratoria Oficial se usaron nueve variables. Este, se refiere a los instrumentos políticos de conservación que cuentan con un decreto oficial para la gestión de sus recursos naturales, lo que les confiere un reconocimiento nacional e internacional para la conservación del recurso hídrico (Bezaury-Creel *et al.*, 2012; Semarnat, 2013; Conabio, 2015) (Cuadro 2).



Cuadro 2. Valores de las variables consideradas para la construcción del índice de Sitios con Declaratoria Oficial de las cuencas de Nuevo León.

Nombre de cuenca	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Río Bravo-Matamoros-Reynosa	0	0	0	0	2	2.2	0	0	0
Río Bravo-San Juan	16	18.3	0	0	80	3.9	0.3	18	5.5
Río Bravo-Sosa	2	13.7	0	0	42	8.4	0	13.7	0
Presa Falcón-R. Salado	0	0	0	0	199	24.5	0	0	0
Río Bravo-Nuevo Laredo	0	0	0	0	58	55.1	0	0	0
Río Soto La Marina	1	0	0	0	0	0	0	0.03	0
Laguna Madre	0	0	0	0	2	10.4	0	0	0
Río San Fernando	7	0.8	1	0.1	75	10.6	0	0.8	0.05
Río Tamesí	1	0	0	0	0	0	0	0.05	0
Sierra Madre Oriental	12	2.6	0	0	2	0.4	0	2.6	0.1
Matehuala	0	0	0	0	1	5.7	0	0	0
Sierra de Rodríguez	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Presa San José-Los Pilares y otras	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sierra Madre	2	1.1	0	0	0	0	0	1.1	0

1 = Número de ANP; 2 = Proporción de ANP (%); 3 = Número de sitios RAMSAR; 4 = Proporción de sitios RAMSAR (%); 5 = Número de UMA; 6 = Proporción de UMA (%); 7 = Proporción con ANP con plan de manejo vigente (< 5 años) (%); 8 = Proporción con ANP sin plan de manejo vigente (> 5 años) (%); 9 = Proporción con ANP sin plan de manejo (%). ANP = Área Natural Protegida; RAMSAR = Humedales de importancia internacional; UMA = Unidad de Manejo Ambiental.

El índice de Sitios Prioritarios Propuestos incluyó 16 variables, y considera sitios con características ecológicas extraordinarias, pero que no son reconocidos como instrumentos políticos de conservación oficiales (Arriaga *et al.*, 2000; Conabio, 2002; Conabio-Conanp-TNC-Pronatura, 2007; Conabio-Conanp, 2010; Conabio, 2014; Cipamex-Conabio, 2015; Conabio, 2016; Conabio, 2016a) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores de las variables consideradas para la construcción del índice de Sitios Prioritarios Propuestos de las cuencas de Nuevo León.

Nombre de cuenca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Río Bravo-Matamoros-Reynosa	0	0	0	0	5.0	0	26.8	0	0	0	0	0.2	0.63	1.1	0	0
Río Bravo-San Juan	2	53.1	8.5	6.0	10.9	6.1	19.4	1.9	7.5	0.5	19.1	4.32	11.56	7.5	3	15.9
Río Bravo-Sosa	2	93.1	0	0	3.8	5.6	15.5	0.0	7.9	0	17.0	3.13	18.94	3.0	1	20.1
Presa Falcón-R. Salado	2	0.1	0	0	3.0	3.2	12.2	1.9	7.4	0	5.4	1.61	8.73	10.2	0	0
Río Bravo-Nuevo Laredo	1	13.1	0	0	1.7	0.8	32.5	0	22.6	0	85.9	3.1	3.51	2.1	0	0
Río Soto La Marina	1	1.7	57.4	8.8	2.1	1.3	20.5	3.7	11.7	0	7.4	10.4	31.87	8.0	1	22.5
Laguna Madre	0	0	0	0	0.0	0	85.4	0.0	0	0	0	0.0	0.00	14.4	0	0
Río San Fernando	1	0.1	15.5	8.0	4.2	2.5	28.8	16.8	10.8	0.4	5.6	6.55	7.78	4.5	3	5.9
Río Tamesí	1	91.0	98	2.2	7.0	13.5	4.9	2.4	0.3	0	28.7	6.0	22.73	10.7	1	61.3
Sierra Madre Oriental	2	3.1	2.9	23.9	4.1	1.7	10.1	25.3	0.1	0	54.2	14.72	15.50	12.9	4	30.1
Matehuala	0	0	0.8	58.1	38.6	22.8	17.9	10.6	5.0	0	64.5	56.4	7.22	3.5	1	58.7
Sierra de Rodríguez	0	0	5	95.1	30.7	15.7	4.8	68.1	0	0	100	90.6	7.31	1.3	1	100
Presa San José-Los Pílares y otras	0	0	0	0	0	7.3	58.8	26.1	0	0	56.1	23.0	39.99	18.5	0	0
Sierra Madre	0	0	1.7	0	0.5	9.8	24.8	17.0	10.2	0	43.4	17.9	15.63	8.9	1	4.2

1 = Número de RHP; 2 = Proporción de RHP (%); 3 = Proporción para servicios ambientales hidrológicos (%); 4 = Proporción para conservación de la biodiversidad (%); 5 = Proporción con hexágonos de prioridad extrema (%); 6 = Proporción con hexágonos de prioridad alta (%); 7 = Proporción con hexágonos de prioridad media (%); 8 = Proporción con hexágonos terrestre de prioridad alta (%); 9 = Proporción con hexágonos terrestre de prioridad media (%); 10 = Proporción con hexágonos terrestre de prioridad extrema (%); 11 = Proporción de RTP (%); 12 = Sitios de atención prioritaria extrema para conservación (%); 13 = Sitios de atención prioritaria alta para conservación (%); 14 = Sitios de atención prioritaria media para conservación (%); 15 = Número de AICAS; 16 = Proporción de AICAS (%). RHP = Regiones Hidrológicas Prioritarias; AICAS = Áreas de Importancia para la Conservación de Aves.

El Índice de Impacto Ambiental se construyó a partir de 23 variables relacionadas con características del ambiente que inciden en la captación de agua y actividades humanas con efectos negativos en las cuencas (Pacheco *et al.*, 2008; Pacheco *et al.*, 2008a; Inegi, 2010; Castellarini *et al.*, 2014; Conabio, 2014a; Conabio, 2014b; Conagua, 2016; Conagua, 2016a; Inegi, 2016; Conabio, 2017) (Cuadro 4).

El Índice del Grado de Conservación sintetiza la condición relativa se obtuvo, tras la normalización de los valores de los índices de Sitios con Declaratoria Oficial, de Sitios Prioritarios Propuestos, y de Impacto Ambiental, con el diferencial del valor promedio de la suma de los índices de Sitios con Declaratoria Oficial y de Sitios Prioritarios Propuestos, menos el valor del Índice de Impacto Ambiental (cuadros 2, 3 y 4).

Cuadro 4. Valores de las variables consideradas para la construcción del índice de Impacto Ambiental de las cuencas de Nuevo León.

Nombre de cuenca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Río Bravo-Matamoros-Reynosa	194.7	0.0038	2 022.2	0	326	0	0	-48 835 995	-128.3	6.51	0	1.4	86.5	0	0	0	0	100	0	0	95	0
Río Bravo-San Juan	861.7	0.0122	4 894.7	4 263 942	120 886	4.8	1.1	-285 762 827	-61.6	-151.68	0	1.8	45.3	0.07	5.2	9.1	7.4	46.1	19.0	13.1	6 743	24.0
Río Bravo-Sosa	788.3	0.0103	4 718.6	10 971	3 715	0.4	0.2	-253 359 961	-218.6	9.19	0	1.2	36.0	0.05	0	0	46.7	53.3	0	0	512	0
Presa Falcón-R. Salado	788.3	0.0103	4 718.6	61 896	5 005	0.4	0.1	-253 546 300	-307.7	23.67	0.5	5.2	48.2	0.03	2.2	22.8	74.4	0.6	0	0	670	0
Río Bravo-Nuevo Laredo	788.3	0.0103	4 718.6	0	620	0.0	0.3	-253 359 961	-503.4	9.48	0	2.2	36.9	0	0	0	99.8	0	0	0	80	0
Río Soto La Marina	192.9	0.0070	904.5	7 302	9 846	0.3	0.3	-51 367 785	19.5	1.69	0	0.1	14.2	0	0	0	0.9	35.6	61.0	2.6	263	96.7
Laguna Madre	9.8	0.0015	115.6	0	0	0	0	-18 716 094	142.9	0.03	0	100	0	0	0	0	0	100	0	0	2	0
Río San Fernando	903.0	0.0134	5 324.0	77 711	28 117	0.3	0.3	-309 679 454	25.2	-32.95	0	2.8	55.1	0	0	6.9	5.1	40.5	22.2	25.4	1 367	11.4
Río Tamesí	156.0	0.0060	581.6	0	1 092	0	0.1	-36 446 406	28.9	0.72	0	0	20.1	0	0	0	0	0	100	0	64	100
Sierra Madre Oriental	70.0	0.0006	311.3	0	38 423	0	0.5	-34 446 406	32.0	-35.66	0.3	0	55.1	0	0	58.8	21.1	20.0	0.1	0	332	67.4
Matehuala	18.8	0.0003	173.7	0	1 417	0	0.6	-16 238 775	79.9	5.49	0	0	59.0	0	0	65.8	29.2	4.9	0	0	7	59.8
Sierra de Rodríguez	1.6	0.0001	94.1	0	0	0	0	-6 102 150	65.9	0.49	0	0	61.5	0	0	100	0	0	0	0	1	100
Presa San José-Los Pílares y otras	18.4	0.0003	175.5	0	1 229	0	0.4	-10 646 243	90.5	-1.00	0	0	43.7	0	0	100	0	0	0	0	5	0.2
Sierra Madre	22.7	0.0008	182.3	11 486	16 643	0.2	0.7	-22 428 541	59.4	19.71	0	0	50.4	0	0	11.6	54.4	31.9	2.1	0	79	2.6

1 = Consumo de agua uso urbano (Hm^3); 2 = Consumo de agua uso pecuario (Hm^3); 3 = Consumo de agua uso agrícola (Hm^3); 4 = Número de habitantes urbanos (Inegi, 2010); 5 = Número de habitantes rurales (Inegi, 2010); 6 = Proporción de cuencas con manchas urbanas (%); 7 = Proporción de cuencas con manchas rurales (%); 8 = Total de agua disponible vs demanda balance hídrico (Hm^3); 9 = Volumen promedio disponible de agua en acuíferos (2015) (Hm^3); 10 = Ajuste proporcional de la disponibilidad de acuíferos de la fracción N.L. de la cuenca (Hm^3); 11 = Proporción erosión eólica (%) (Inegi, 2013); 12 = Proporción hídrica cárcavas (%) (Inegi, 2013); 13 = Proporción hídrica laminar (%) (Inegi, 2013); 14 = Proporción erosión antrópica (%) (Inegi, 2013); 15 = Proporción por rango de evapotranspiración real 200-300 mm (%); 16 = Proporción por rango de evapotranspiración real 300-400 mm (%); 17 = Proporción por rango de evapotranspiración real 400-500 mm (%); 18 = Proporción por rango de evapotranspiración real 500-600 mm (%); 19 = Proporción por rango de evapotranspiración real 600-700 mm (%); 20 = Proporción por rango de evapotranspiración real 700-800 mm (%); 21 = Puntos de calor incendios forestales entre enero de 2000 y noviembre de 2017; 22 = Proporción de la cuenca con veda (%); 23 = Incremento de usos antrópicos entre Series de Uso del Suelo 5 y 1 (%).



Los índices de aptitud de un área se pueden calcular a partir de la información del historial de vida básico, o bien al modificar los modelos existentes. El Índice del Grado de Conservación, se define como un índice numérico que representa la capacidad de una cuenca para conservar la biodiversidad, con base en los resultados de los tres índices antes mencionados. Un índice, como lo define Inhabert (1976), es la razón de un valor de interés dividido por un estándar de comparación. Para propósitos de este procedimiento de evaluación, el valor de interés es una estimación de la medida de las condiciones de las cuencas de Nuevo León, y el estándar de comparación es la condición óptima del hábitat para la misma área de evaluación.

Los datos de todas las variables se normalizaron, mediante la división de los valores para cada una de las variables entre el valor máximo de la misma, de tal forma que todos los datos fluctuaron entre 0 y 1. La fórmula empleada fue la siguiente:

$$Vn = \frac{Vvar}{(VmaxVar)}$$

Donde:

Vn = Valor normalizado

$Vvar$ = Valor de cada variable

$VmaxVar$ = Valor máximo de la variable

Posteriormente, los valores fueron ponderados con base en la importancia que asignaron los expertos participantes en el estudio, a cada una de las variables, para lo cual se usó la siguiente escala:

2 = Muy Bajo

4 = Bajo

6 = Medio

8 = Alto

10 = Muy Alto

Cada variable normalizada presentó valores entre 0 y 1, los cuales se multiplicaron por el valor de ponderación asignado; así, su valor final fluctuó entre 0 y 10. La fórmula para la ponderación fue la siguiente:

$$V_p = V_n \times K_p$$

Donde:

V_p = Valor ponderado

V_n = Valor normalizado

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

A fin de que las variables se ajustaran entre 0 y 100, los datos normalizados se multiplicaron por el número total de variables por el valor máximo de ponderación, para obtener el resultado de cada índice. Para igualar el peso de todas las variables, se dividió 100 entre el resultado de la normalización, con ello, se obtuvo una constante. Esta se multiplicó por el valor ponderado de cada cuenca y se obtuvo el índice respectivo, según la fórmula:

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

Donde:

II = Índice de interés

$VpV1$ = Valor ponderado de la variable 1

$VpBV2$ = 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.

Resultados y Discusión

Cuatro de las 14 cuencas de Nuevo León cubren 79 % del territorio estatal: Río Bravo - San Juan, Presa Falcón - R. Salado, Río San Fernando y Sierra Madre Oriental. Destaca la cuenca Río Bravo - San Juan por albergar al AMM que concentra más de 90 % del total de habitantes del estado. En contraste, seis cuencas que cubren en total 2 492 km² (3.9 % del territorio estatal), solo tienen 4 064 habitantes; es decir, 0.09 % del total de habitantes (4 660 627 personas); por lo que pueden ser consideradas marginales Matehuala, Sierra de Rodríguez, Presa San José - Los Pilares, Río Tamesí, Laguna Madre y Río Bravo - Matamoros – Reynosa. Esto significa que la mayor parte del territorio (≥ 90 %) de cada una de estas se encuentra en los estados vecinos (Cuadro 1; Figura 1).

Índice de Sitios con Declaratoria Oficial

Las seis cuencas marginales, además de la cuenca Río Soto La Marina, obtuvieron las puntuaciones más bajas (≤ 2.4 puntos), lo que refleja la carencia de instrumentos políticos para su conservación (Cuadro 5; Figura 1).

Cuadro 5. Valores del Índice de Sitios con Declaratoria Oficial, Índice de Sitios Prioritarios Propuestos, Índice de Impacto Ambiental y el Índice del Grado de Conservación para las 14 cuencas de Nuevo León.

Nombre de Cuenca	Índice de Sitios con Declaratoria Oficial (0 a 100)	Índice de Sitios Prioritarios Propuestos (0 a 100)	Índice de Impacto Ambiental (0 a 100)	Índice del Grado de Conservación (-50 a 50)
Presa Falcón - R. Salado	13.7	14.5	37.1	-33.5
Río Bravo - Matamoros - Reynosa	0.6	3.1	18.9	-27.2
Laguna Madre	2.6	9.3	19.7	-19.9
Río Bravo - Nuevo Laredo	15.5	16.8	28.2	-14.9
Río Bravo - San Juan	59.4	35.5	60.7	-10.8
Río San Fernando	34.9	24.7	40.5	-10.1
Sierra Madre	2.8	16.5	17.0	-7.4
Río Soto La Marina	0.7	23.1	18.9	-5.0
Río Bravo - Sosa	22.8	27.2	32.1	-3.7
Presa San José - Los Pilares y otras	0	21.8	9.4	8.5
Sierra Madre Oriental	11.6	27.9	18.0	11.0

Río Tamesí	0.7	39.1	16.6	16.5
Matehuala	1.4	36.8	15.3	16.6
Sierra de Rodríguez	0	45.3	12.0	30.3

El orden en que se enlistan las cuencas está dado por los valores ascendentes del Índice del Grado de Conservación.

La cuenca del Río Bravo-San Juan presentó el mayor valor, con 59.4 puntos, seguida de las cuencas Río San Fernando y Río Bravo-Sosa con 34.9 y 22.8 puntos, respectivamente (Figura 2; cuadros 1 y 5).

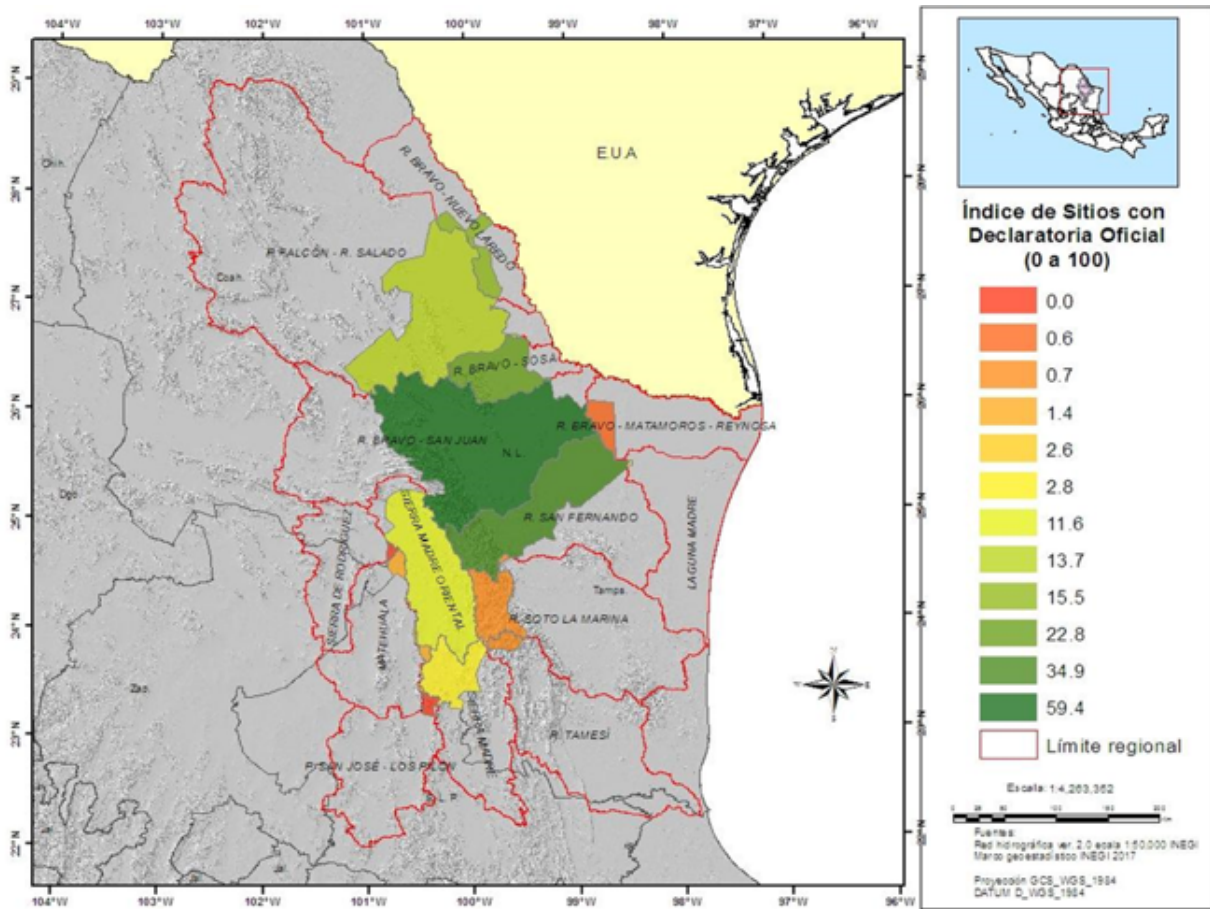


Figura 2. Índice de Sitios con Declaratoria Oficial de las cuencas del estado de Nuevo León.

La cuenca Río Bravo-San Juan incluye 16 áreas naturales protegidas (ANP) que cubren 18.3 % de su superficie, seguida por la de Río Bravo-Sosa, con 13.7 % de su extensión que integra dos ANP y, en tercer lugar, Sierra Madre Oriental con 2.6 % de territorio y 12 ANP. El resto de las cuencas presentan menos de 1 % de su extensión con ANP; destaca la cuenca Río San Fernando con siete ANP, pero que ocupan solo 0.8 % de su territorio (Cuadro 2).

La función de las áreas protegidas como reservorios de agua es bien conocida. Un tercio de las 105 ciudades más pobladas del mundo protegen sus bosques por ser la fuente de abastecimiento para sus habitantes (Dudley y Solton, 2003; UNEP-WCMC y IUCN, 2016).

En la región noreste de México, se localizan cuatro sitios RAMSAR, dos en Coahuila, uno en Tamaulipas y uno en Nuevo León: el Baño de San Ignacio de 557 ha, dentro de la cuenca hidrológica Río San Fernando, lo que corresponde únicamente a 0.06 % de esta cuenca en Nuevo León (Cuadro 2).

En la entidad existen 461 unidades de manejo ambiental (UMA) que cubren 9.8% de su territorio, la cuenca Río Bravo-Nuevo Laredo es la que ostenta la mayor proporción de su área con dichas unidades de conservación y manejo (55.1 %); con un número total de 58 UMA. En segundo lugar, se ubica Presa Falcón-Río Salado, con una proporción de 24.5 % de su extensión estatal con un total de 199 UMA; y en tercer Río San Fernando con 10.6 % de su superficie y 75 UMA (Cuadro 2).

De las 34 ANP solo dos cuentan con planes de manejo vigentes. La cuenca del Río Bravo-San Juan tiene 16 ANP en 360 678 ha, lo que representa 18 % de su territorio; esto la hace la cuenca con el mayor número y extensión de ANP del estado. Sin embargo, solamente el Monumento Natural Cerro de La Silla (6 039 ha) tiene programa de manejo vigente. La cuenca Río Bravo-Sosa, con dos ANP (sin programas de manejo vigentes) que cubren 51 378 ha (13.7 % de su territorio) ocupa el segundo lugar estatal. Le sigue la cuenca Sierra Madre Oriental con 12 ANP (con planes de manejo obsoletos) y 22 419 ha; es decir 2.6 % de su extensión

territorial. La cuenca Río San Fernando tiene siete ANP que suman 6 911 ha, menos de 1 % de su extensión (Cuadro 2).

El Parque Nacional Cumbres de Monterrey perteneciente a la cuenca Río Bravo-San Juan es, particularmente, importante como fuente de agua para el AMM, pues tan solo en la localidad La Huasteca se produce casi 10 % de los 11 m³ seg⁻¹ que demanda la ciudad, lo que equivale a un promedio diario de 251 litros por persona (Cantú *et al.*, 2010).

El estado de Nuevo León tiene un gran déficit de áreas de conservación. Sus 34 ANP cubren 7 % de su territorio. En la actualidad, a nivel global se protege 14.7 % de la superficie continental; mientras que, en México 9.9 % (Bezaury-Creel *et al.*, 2012; UNEP-WCMC y IUCN, 2016). En la décima reunión de la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica, del año 2010, se adoptó un Plan Estratégico revisado y actualizado para la Convención para la Diversidad Biológica 2011-2020, con cinco objetivos y 20 metas de Aichi para la Biodiversidad. Una de esas metas, es que, al menos, 17 % de las zonas terrestres se conserven mediante una gestión eficaz y equitativa, ecológicamente representativa y sistemas de áreas protegidas y otras medidas de conservación eficaces basadas en el área, e integrados en el paisaje y el paisaje marino más amplio (UNEP-WCMC y IUCN, 2016).

En el caso de Nuevo León, se requeriría, en los próximos tres años, decretar más de 635 000 ha como nuevas ANP para alcanzar la meta de Aichi. Es poco probable que esto suceda, ya que en la última década, se han soslayado las acciones encaminadas a la protección de la biodiversidad, al no asignarle recursos financieros, personal técnico especializado ni la infraestructura y equipo suficientes para asegurar la protección del patrimonio natural.



Índice de Sitios Prioritarios Propuestos

Las tres cuencas con los valores más altos corresponden al grupo de cuencas marginales de Nuevo León: Sierra de Rodríguez (45.3), Río Tamesí (39.1) y Matehuala (36.8) (Cuadro 4; Figura 3). Esto significa que se localizan en sitios de alta biodiversidad y que, actualmente, carecen de instrumentos políticos para la conservación (ANP, UMA, etcétera). Gran parte de su territorio se encuentra en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Tamaulipas. Respecto a las cuencas principales de Nuevo León, la que registró mayor puntaje fue la del Río Bravo-San Juan (35.5), seguida de la Sierra Madre Oriental (27.9) y la Río Bravo-Sosa (27.2) (Figura 3; Cuadro 4).

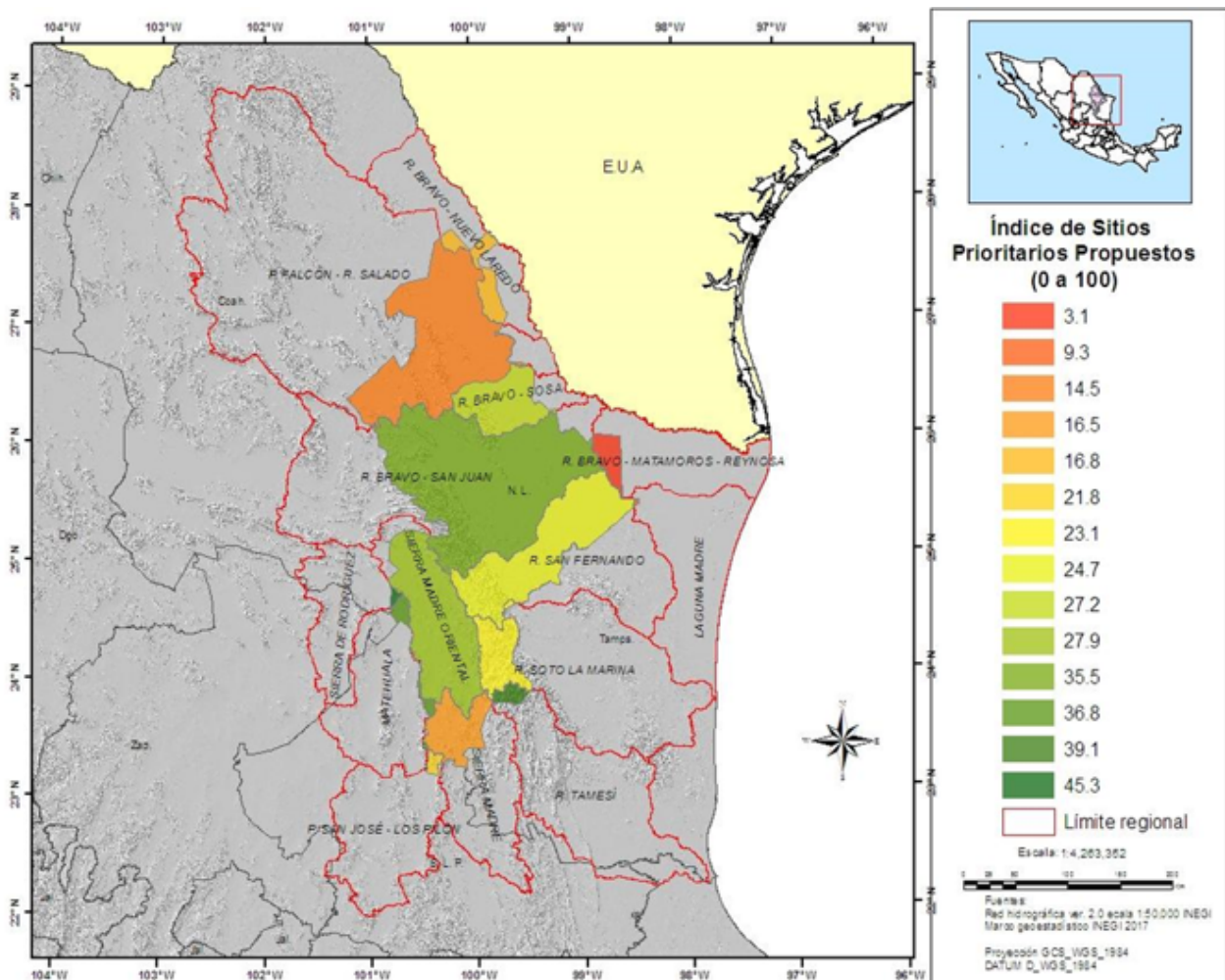


Figura 3. Índice de Sitios Prioritarios Propuestos de las cuencas de Nuevo León.

Las cuatro Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) existentes en el estado, que en conjunto cubren 1 490 317 ha; es decir, 23 % de la superficie total. Destaca la cuenca Río Bravo-San Juan que con 1 045 031 ha en dos RHP (Parque Nacional Cumbres de Monterrey, Río San Juan y Río Pesquería), cubren 53 % de su extensión (Conabio, 2002) (Figura 3; Cuadro 3).

Referente a las áreas elegibles para la conservación de la biodiversidad de Nuevo León, la Conabio propuso 464 338 ha, de ellas 84.7 % se ubican en tres cuencas: Sierra Madre Oriental, Río Bravo - San Juan y Río San Fernando. Además de, 526 451 ha por iniciativa federal para proteger los servicios hidrológicos; las tres cuencas reúnen 85 % de esta superficie: Río Bravo-San Juan, Río Soto La Marina y Río San Fernando (Conabio, 2014a) (Figura 3; Cuadro 3).

Respecto a los hexágonos acuáticos epicontinentales propuestos por la Conabio-Conanp (2010) para jerarquizar los cuerpos de agua dulce de México, Nuevo León cuenta con un total de 1 835 942 ha de ellos; es decir, 29 % de su territorio. Destaca la cuenca del Río Bravo-San Juan, con 213 656 ha de hexágonos de prioridad extrema, lo que representa 55.5 % de la superficie total de estos hexágonos en Nuevo León (Figura 3; Cuadro 3).

Los hexágonos terrestres prioritarios son resultado de otro ejercicio realizado por expertos, organizado por la Conabio (2007) para jerarquizar los ecosistemas terrestres con fines de conservación. En Nuevo León se tiene un total de 991 332 ha en esos hexágonos, que representan 15.6 % del territorio estatal. Cabe destacar que tres cuencas: Río Bravo - San Juan, Presa Falcón - Río Bravo y Río San Fernando concentran 57 % de dicha superficie prioritaria (Figura 3; Cuadro 3).

En Nuevo León, se registran 26 regiones terrestres prioritarias (RTP) que cubren 21 % (1 381 491 ha) de su superficie. Las cuencas Río Bravo-San Juan y Sierra Madre Oriental concentran (61 %) la mayor área de las RTP (Arriaga *et al.*, 2000) (Figura 3; Cuadro 3).

Los sitios de atención prioritaria para la conservación fueron creados por la Conabio (2016) con el establecimiento de categorías de prioridad extrema, alta y

media. En Nuevo León, se registran 1 721 010 ha (27 % de su extensión), destacan las cuencas del Río Bravo - San Juan y Sierra Madre Oriental con un total de 831 096 ha (Figura 3; Cuadro 3).

De las 230 áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS) de México, seis se localizan en Nuevo León, con 844 905 ha, 67 % de las cuales se ubican en las cuencas Río Bravo - San Juan y Sierra Madre Oriental (Cipamex-Conabio, 2015) (Figura 3; Cuadro 3).

Índice de Impacto Ambiental

Las dos cuencas que registraron los valores más altos de impacto ambiental fueron Río Bravo - San Juan y Río San Fernando, con 60.7 y 40.5 puntos, respectivamente (Cuadro 5; Figura 4). Es importante señalar que las cuencas: Presa Falcón - Río Salado y Sierra Madre Oriental, que representan 34 % de la extensión territorial de Nuevo León, tuvieron valores de impacto ambiental, relativamente, bajos con 37.1 y 18 puntos, respectivamente; por lo que deben ser consideradas por los tomadores de decisiones como prioritarias para fines de intensificar su aprovechamiento como fuente de agua, a partir de la premisa de su conservación (Figura 4; Cuadro 4).



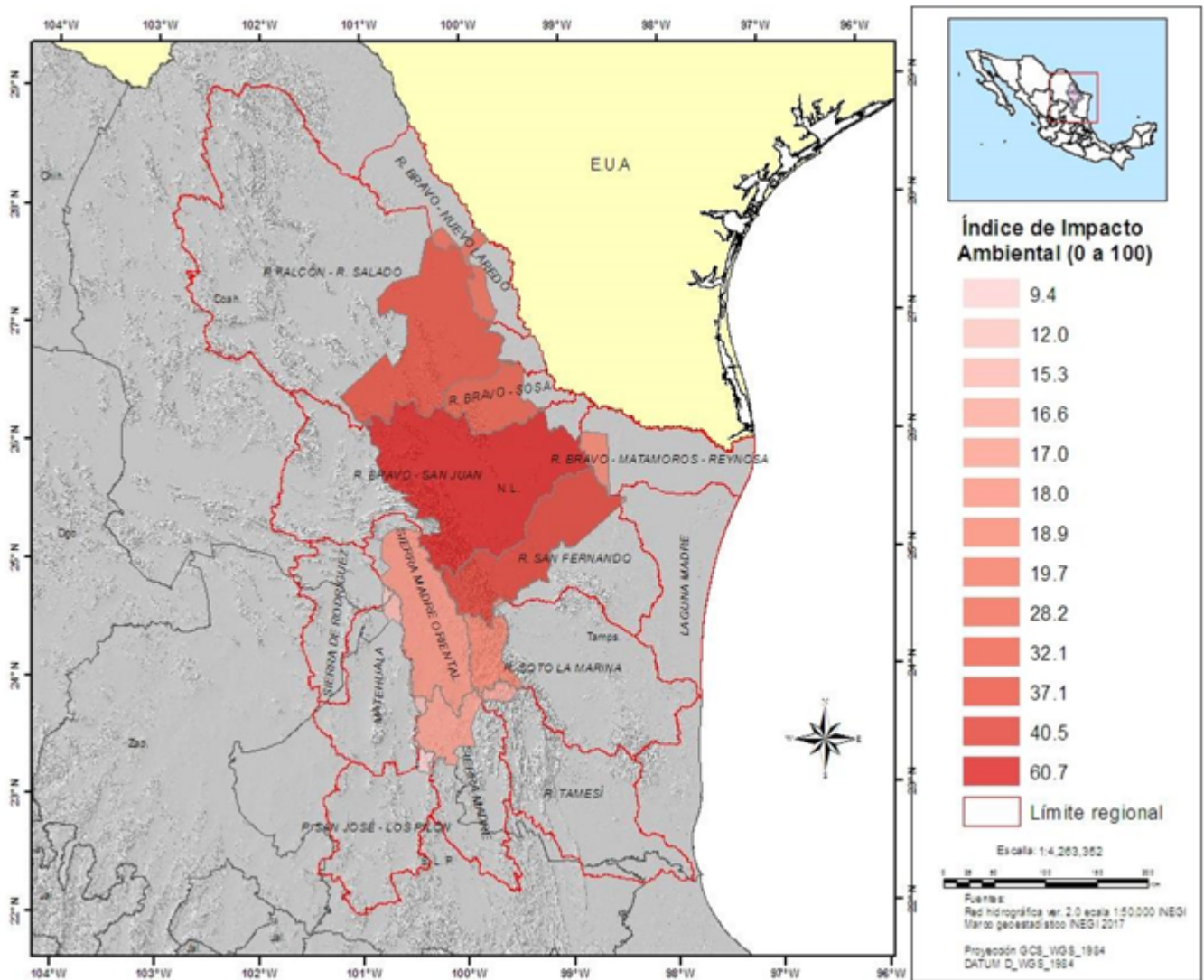


Figura 4. Índice de Impacto Ambiental de las cuencas de Nuevo León.

Las cuencas de Nuevo León registraron un déficit de $-1\,601\,065\,856\text{ Hm}^3$ de agua, cantidad equivalente al agua que consumiría el AMM en 3.9 años, a razón de $13\text{ m}^3\text{ segundo}^{-1}$, tasa de consumo actual de la ciudad (Conagua, 2016). La cuenca del Río San Fernando tiene el mayor valor deficitario, con $-309\,679\,454\text{ Hm}^3$, seguido de la cuenca del Río Bravo-San Juan, con $-285\,762\,827\text{ Hm}^3$ (Conagua, 2016a). El balance entre la disponibilidad y consumo de agua en las 14 cuencas hidrológicas arroja cifras negativas (Cuadro 4).

En la Cuenca Río-Bravo-San Juan, donde se localiza el AMM, se registran 223 habitantes km^{-2} , muy por encima de la segunda cuenca más densamente poblada en el estado, San Fernando con 12 habitantes km^{-2} ; mientras que, la media nacional es de 61 habitantes km^{-2} (Inegi, 2017). A nivel estatal 89.6 % de sus habitantes cuenta con servicio de agua potable. Sin embargo, hay un marcado contraste entre la población que habita la cuenca del Río Bravo-San Juan, con 97.8 % de cobertura de este servicio, respecto a los habitantes de la cuenca Sierra Madre cuya cobertura es de solo 75.8 % (Conagua, 2016) (Cuadro 4). La ecorregión acuática Río San Juan que corresponde a la cuenca epónima, fue la única del estado, catalogada como de la mayor prioridad para la conservación a nivel de Norteamérica por Abell *et al.* (2000).

En Nuevo León, para 2010 había 4 653 458 habitantes (Inegi, 2010), de los cuales 4.9 % viven en 5 185 localidades rurales (Inegi, 2010). En la cuenca del Río Bravo-San Juan se concentra la mayor población rural con 120 886 habitantes (53 %). Aunque, también registra el número más grande de habitantes urbanos. A nivel global, las ciudades ocupan 3 % de la superficie continental. En Nuevo León, las manchas urbanas cubren 104 183 ha, lo que representa solo 1.6 % del territorio estatal (Inegi, 2016); ello que significa una excesiva concentración y centralización de las actividades humanas en el estado (Cuadro 4).

Se estima que un tercio de las 100 ciudades más grandes del mundo obtienen una proporción sustancial de su agua potable de las áreas forestales protegidas (UNEP-WCMC y IUCN, 2016). En México, las ANP aportan casi 3.4 mil millones de dólares anuales en servicios ambientales; es decir, por cada dólar de gasto público federal destinado a las ANP, se recuperan 52 dólares en servicios ambientales. De estos 3.4 mil millones de dólares en servicios ambientales, 135.6 millones de dólares (4 %) corresponden a la provisión de agua para consumo humano (Bezaury-Creel, 2009).

Índice del Grado de Conservación

Cinco cuencas registraron valores positivos del Índice del Grado de Conservación: Sierra de Rodríguez, Matehuala, Río Tamesí, Sierra Madre Oriental, Presa San José - Los Pilares); todas con excepción de la cuenca Sierra Madre Oriental tienen una escasa superficie en Nuevo León; por lo que, se les considera marginales. Esto significa que sus atributos de conservación son mayores que los valores de impacto ambiental. Por el contrario, en nueve se observaron valores negativos para el Índice del Grado de Conservación, lo que implica que son mayores los impactos ambientales que los atributos de conservación (Cuadro 5, Figura 5).

Las nueve cuencas restantes presentaron valores negativos; es decir, que los impactos ambientales superan a los atributos de conservación con decreto oficial (ANP, UMA, sitios RAMSAR) y sitios prioritarios (RTP, AICAS, hexágonos prioritarios, etc.). Las primeras cuatro cuencas con valores negativos más altos fueron la Presa Falcón - R. Salado, con -33.5 puntos; seguida de las cuencas marginales: Río Bravo - Nuevo Laredo, Laguna Madre y Río Bravo - Matamoros - Reynosa, con -27.2, -19.9 y -14.9 puntos, respectivamente. Las cuencas Río Bravo - San Juan y San Fernando, cuyas aguas abastecen principalmente al AMM, arrojaron valores de -10.8 y -10.1, respectivamente, que evidencian los altos impactos ambientales que registran; no obstante que cuentan con el número más grande de instrumentos legales para la conservación de Nuevo León, como lo denotan sus altos valores para el índice de Sitios con Declaratoria Oficial, tiene un relativo mayor número de ANP y UMA de las cuencas del estado (Cuadro 5; Figura 5).

La Sierra Madre Oriental destaca por su extensión y su buen grado de conservación, fue la única, entre las cuencas no marginales del estado, que obtuvo un valor positivo para el Índice del Grado de Conservación. Tal como lo señalan Aguilar *et al.* (2010) en su estudio para jerarquizar las cuencas de México, desde la perspectiva de la conservación de la biodiversidad, en el que registraron una correlación positiva entre el nivel de prioridad de las cuencas y su nivel de impacto; esto significa que a medida

que aumenta el valor de importancia de las cuencas para la conservación, también se incrementa el nivel de impacto.

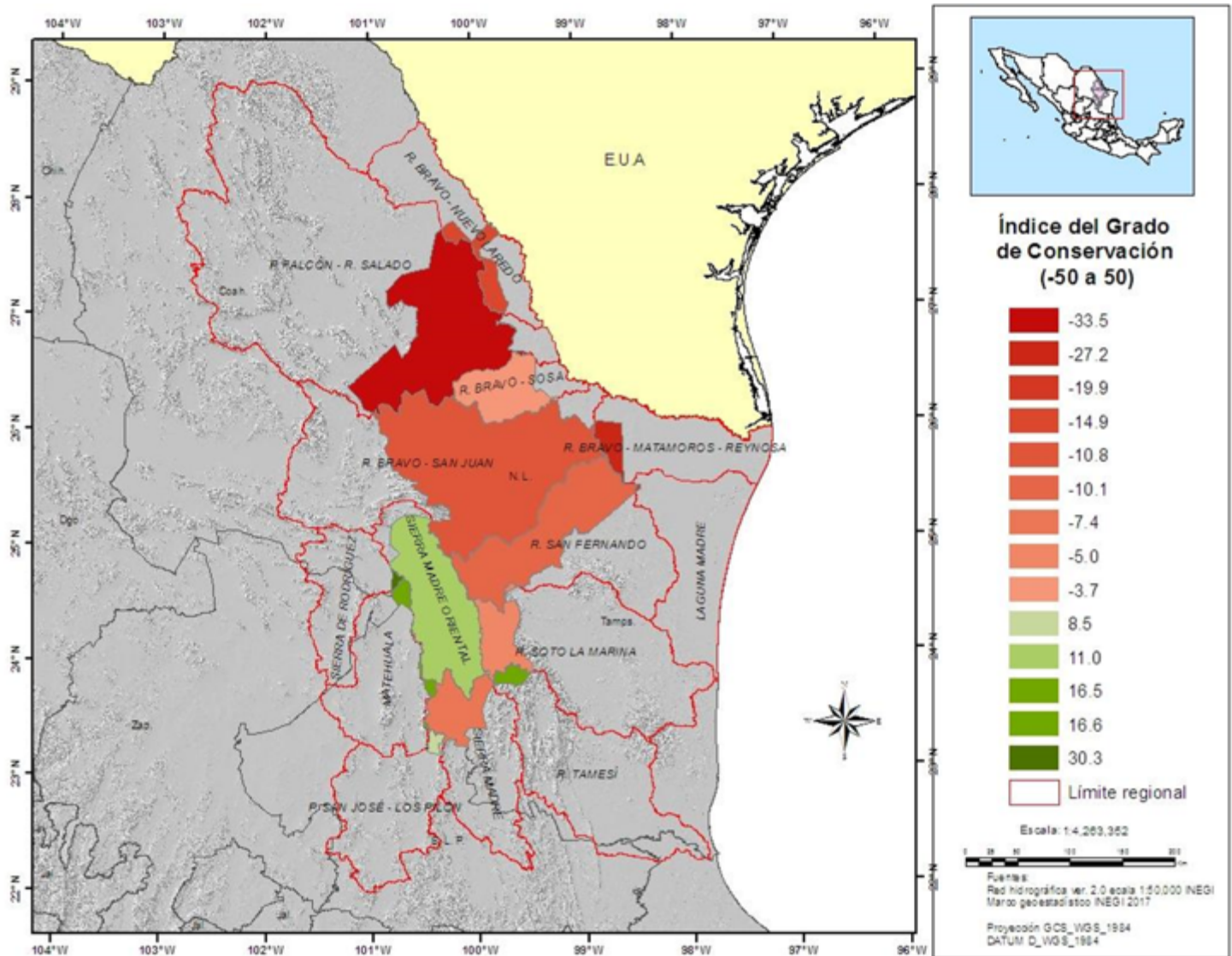


Figura 5. Índice del Grado de Conservación de las cuencas de Nuevo León.

La cuenca Río Bravo-Matamoras-Reynosa, considerada marginal en Nuevo León, registró el segundo valor más bajo para el índice de Grado de Conservación (-27.2), derivado de la escasa presencia de instrumentos legales para la conservación con declaratoria oficial y los pocos sitios prioritarios propuestos en su territorio. Con base

en lo anterior, esta cuenca ocupa el penúltimo lugar de las cuencas estatales en cuanto a su grado de conservación, solo por abajo de la cuenca Presa Falcón-Río Salado (-33.5) (Cuadro 5, Figura 5).

La cuenca Río Bravo-San Juan no obstante que presentó el valor más alto para el Índice de Sitios con Declaratoria Oficial (59.4) y el tercero para Índice de Sitios Prioritarios Propuestos (35.5), fue la cuenca con el mayor valor en el Índice de Impacto Ambiental (60.7), por lo que tuvo un valor negativo para el Índice del Grado de Conservación (-10.8) (Cuadro 5, Figura 5).

La cuenca Río Bravo-Sosa registró el menor valor negativo para el Índice de Grado de Conservación (-3.7), debido a que fue el tercer valor más grande para el Índice de Sitios con Declaratoria Oficial (22.8), pero el cuarto para el Índice de Impacto Ambiental (32.1) (Cuadro 5, Figura 5).

La Presa Falcón-Río Salado, sobresale por ser la cuenca peor calificada en su grado de conservación (-33.5) de las 14 del estado; obtuvo el tercer valor para el Índice de Impacto Ambiental (37.1) (Cuadro 5, Figura 5).

La cuenca Río Bravo-Nuevo Laredo registró el cuarto valor negativo más alto para el Índice de Grado de Conservación (-14.9), debido a que fue el cuarto valor para el Índice de Impacto Ambiental (28.2) (Cuadro 5, Figura 5).

Río Soto La Marina, no obstante que mostró el valor más bajo para el índice de Sitios con Declaratoria Oficial (0.7) entre las cuencas no marginales, registró un valor relativamente bajo para el Índice del Grado de Conservación (-5.0) (Cuadro 5, Figura 5).

Laguna Madre, considerada marginal, ocupó el tercer valor más bajo para el índice de Grado de Conservación (-19.9), como resultado de la escasa presencia de instrumentos legales para la conservación con declaratoria oficial y los pocos sitios prioritarios propuestos en su territorio (Cuadro 5, Figura 5).

La Presa Río San Fernando resalta por ser la cuenca con el segundo mayor valor para el Índice de Impacto Ambiental (40.5), sin embargo le correspondió el segundo valor más alto para el índice de Sitios con Declaratoria Oficial (34.9) (Cuadro 5, Figura 5).

La cuenca Río Tamesí, considerada marginal en Nuevo León, aunque con un muy bajo Índice de Sitios con Declaratoria Oficial (0.7), presentó un valor positivo para el índice de Grado de Conservación (16.59) (Cuadro 5, Figura 5). Sierra Madre Oriental destaca por ser la única cuenca no marginal con valor positivo para el índice de Sitios con Declaratoria Oficial (11.0) (Cuadro 5, Figura 5).

Las cuencas marginales Matehuala, Sierra de Rodríguez y Presa San José-Los Pilares tuvieron valores positivos para el Índice del Grado de Conservación y sobresalen sus valores muy bajos (< 1.5) para el Índice de Sitios con Declaratoria Oficial.

Por último, la cuenca marginal Sierra Madre presentó un valor negativo para el Índice del Grado de Conservación (-7.4) (Cuadro 5, Figura 5).

La metodología utilizada para generar los índices del presente estudio considera variables ambientales de atributos de biodiversidad, de gobernanza y de impactos ambientales tal como lo han citado otros autores para jerarquizar cuencas hidrográficas y ecorregiones acuáticas a escalas nacional y continental (Abell *et al.*, 2000; Valencia *et al.*, 2007; Aguilar *et al.*, 2010).

Los resultados permiten jerarquizar las cuencas con base en los distintos índices a fin de implementar acciones para mejorar las condiciones de las cuencas de Nuevo León.

Conclusiones

Cuatro de las 14 cuencas presentes en Nuevo León cubren 79 % de su territorio: Río Bravo - San Juan, Presa Falcón - R. Salado, Río San Fernando y Sierra Madre Oriental, mientras que seis abarcan un total de 2 492 km² (3.9 % del territorio estatal), por lo que se consideran marginales: Matehuala, Sierra de Rodríguez, Presa San José-Los Pilares y otras, Río Tamesí, Laguna Madre; y Río Bravo-Matamoros-Reynosa.

Nuevo León con 7 % de su territorio en ANP tiene un marcado déficit respecto a la meta de Aichi para el año 2020 de proteger, al menos, 17 % de sus ecosistemas en ANP. De las 34 ANP existentes en el estado, tres cuencas concentran la mayor

superficie protegida: Río Bravo-San Juan, Río Bravo-Sosa y Sierra Madre Oriental, respectivamente. El resto de las cuencas presentan menos de 1 % de su extensión con ANP. Solo existe un sitio RAMSAR, en la cuenca San Fernando.

Solo dos ANP de Nuevo León, cuya extensión representa 0.1 % de la superficie estatal, cuentan con planes de manejo vigentes: el Parque La Pastora y el Monumento Natural Cerro de la Silla, en la cuenca Río Bravo-San Juan.

En Nuevo León existen 461 UMA concentradas en dos cuencas: Río Bravo-Nuevo Laredo y Presa Falcón-R. Salado en el norte del estado.

La cuenca Río Bravo-San Juan donde se ubica el AMM concentra más de 90 % del total de habitantes del estado.

El Índice del Grado de Conservación correspondiente a las cuencas Río Bravo-San Juan y San Fernando, evidencia los altos impactos ambientales que registran, a pesar de contar con el mayor número de instrumentos legales para la conservación, como lo denotan sus altos valores para el índice de Sitios con Declaratoria Oficial.

La cuenca Sierra Madre Oriental es de las cuencas no marginales con el mayor Índice del Grado de Conservación, lo que la coloca como una importante alternativa para el abastecimiento de agua para el estado.

Los resultados del presente estudio podrán ser utilizados por las autoridades gubernamentales para orientar las políticas públicas de Nuevo León, a fin de implementar las acciones necesarias para mejorar las condiciones ecológicas de las cuencas y asegurar el aprovisionamiento de agua para la población.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

César Cantú Ayala: compilación de la información, análisis de datos y redacción del manuscrito; José Uvalle Saucedo y Fernando González Saldívar: análisis de datos y redacción del manuscrito; Bernal Herrera Fernández: análisis de datos, revisión general y corrección del manuscrito.

Referencias

- Abell, R., D. Olson, E. Dinerstein, P. Hurley, J. Diggs, W. Eichbaum, S. Waters, T. Allnutt, C. Locks and P. Hedao. 2000. Freshwaters Ecoregions of North America: A Conservation Assessment. Island Press. Washington, DC. USA. 319 p.
- Aguilar, V., M. Kolb, P. Koleff y T. Urquiza. 2010. Las Cuencas de México y su Biodiversidad: Una Visión Integral de las Prioridades de Conservación. *In*: Cotler, H. (coord.). Las Cuencas Hidrográficas de México. Diagnóstico y Priorización. Instituto Nacional de Ecología, Semarnat. México, D.F., México. pp. 142 a 153.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coords.). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 609 p.
- Bezaury-Creel, J. E. 2009. El Valor de los Bienes y Servicios que las Áreas Naturales Protegidas Proveen a los Mexicanos. The Nature Conservancy Programa México - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D.F., México. 32 p.
- Bezaury-Creel, J. E., J. F. Torres y N. Moreno. 2012. Base de datos geográfica de áreas naturales protegidas estatales del Distrito Federal y municipales de México para el análisis de vacíos y omisiones en conservación. 1 capa ArcInfo + 1 archivo de metadatos. TNC-Pronatura-Conabio-Conanp, México, D.F., México. n/p.

Bezaury-Creel, J. E., F. Ochoa-Pineda, M. O. Llano-Blanco, C. Lasch-Thaler, C. Herron, D. Vázquez-Castañeda, A. Hernández-Yañez y F. Hernández-Ruíz. 2017. Agua dulce, conservación de la biodiversidad, protección de los servicios ambientales y restauración ecológica en México. The Nature Conservancy. Ciudad de México, México. 72 p.

Cantú, C., F. González, J. Marmolejo y J. Uvalle. 2010. Paisaje y Aspectos Turísticos. *In*: Cantú, C., F. González, J. Uvalle y J. Marmolejo (eds.), Biodiversidad y Conservación del Monumento Natural Cerro de La Silla, México. UANL-CONABIO-CONANP. Monterrey, N.L., México. pp. 106-133.

Castellarini, F., C. Siebe, E. Lazos, B. de la Tejera, H. Cotler, C. Pacheco, E. Boege, A. R. Moreno, A. Saldívar, A. Larrazábal, C. Galán, J. M. Casado y P. Balvanera. 2014. Socio ecoregiones de México, escala: 1:1 000000. Edición: 1. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma. Proyecto: FQ003, Extraído del proyecto Servicios Ecosistémicos de México: patrones, tendencias y prioridades de investigación. Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) México, D.F., Morelia, Mich. México. s/p.

Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Cipamex-Conabio). 2015. Áreas de importancia para la conservación de las aves, 2015. Escala: 1:250,000. Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves. Financiado por CONABIO-FMCN-CCA. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. México. 369 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2002. Regiones Hidrológicas Prioritarias. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Escala: 1:4 000 000. México, D.F., México. s/p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-The Nature Conservancy Programa México- Pronatura (Conabio-Conanp- TNC- Pronatura). 2007. Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad. Escala 1: 1 000 000. México, D.F., México. s/p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2014. Áreas elegibles para la conservación en México, escala: 1:2 500 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F., México. s/p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2014a. Grado de rezago social por localidad, 2010. Escala 1: 250 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. s/p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2014b. Índice de desarrollo humano por municipio, 2010, escala: 1:250 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo México (PNUD). México, D.F., México. s/p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2015. Base de Datos Geográfica de Áreas Naturales Protegidas Estatales, del Distrito Federal y Municipales de México. Escala 1:50 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D.F., México. s/p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2016. Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad. Escala: 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. s/p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) 2016a. Sitios prioritarios para la restauración. Escala: 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. s/p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2017. Puntos de calor detectados con imágenes de satélite.

<http://incendios.conabio.gob.mx/>. (8 de diciembre de 2017).

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conabio-Conanp). 2010. Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad. Escala: 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D.F., México. s/p.

Comisión Nacional del Agua (Conagua). 2016. Atlas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Planeación. SINA. México D.F., México. 137 p.

Comisión Nacional del Agua (Conagua). 2016a. Estadísticas del Agua en México, edición 2016. Publicaciones Estadísticas y Geográficas. SINA. México D.F. México. <https://doi.org/978-968-817-895-9> (12 de enero de 2016).

Comisión Nacional de Población (Conapo). 2017. Proyecciones de crecimiento de la población 2010-2030. <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones> (10 de diciembre de 2017).

Cotler, H., A. Garrido, V. Bunge y M. Cuevas. 2010. Las Cuencas Hidrográficas de México: Priorización y Toma de Decisiones. *In*: Cotler, H. (coord.). Las Cuencas Hidrográficas de México. Diagnóstico y Priorización. Instituto Nacional de Ecología, Semarnat. México, D.F., México. pp. 210 a 215.

Dudley, N. and S. Stolton. 2003. Can protected areas quench our thirst? *Conservation in Practice* 4 (4): 30-31.

Inhabert, H. 1976. Environmental Indices. Serie Environmental Science and Technology. New York Wiley. New York, NY USA. 178 pg.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2010. Censo de Población y Vivienda 2010. SINCE (2 de diciembre de 2017).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2016. Manchas urbanas y rurales, 2015', escala: 1:250 000. Edición: 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de Cartografía geoestadística urbana y rural amanzanada. Cierre de la Encuesta Intercensal 2015. Aguascalientes, Ags., México. s/p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2017. Población de Nuevo León. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/nl/poblacion/distribucion.aspx?tema=me&e=19>. (3 de diciembre de 2017).

Moreno, P. 2005. Gran atlas de México. Editorial Planeta. México, D.F., México. 146 p.

Pacheco, C., U. Carrillo, F. Castellarini y P. Balvanera. 2008. Consumo de agua para riego. Escala: 1:1 000 000. Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco), Universidad Nacional Autónoma de México Campus Morelia. Proyecto: FQ003, Extraído del proyecto FQ003: Servicios Ecosistémicos de México: patrones, tendencias y prioridades de investigación. Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) México. Morelia, Mich., México. n/p.

Pacheco, C., U. Carrillo, F. Castellarini y P. Balvanera. 2008a. Consumo de agua de uso urbano, escala: 1:1 000 000. Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco), Universidad Nacional Autónoma de México Campus Morelia. Proyecto: FQ003, Extraído del proyecto FQ003: Servicios Ecosistémicos de México: patrones, tendencias y prioridades de investigación. Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) México, D.F. Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) México. Morelia, Mich., México. s/p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2013. Unidades de Manejo para el Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre 2010. Escala: 1:1. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México. n/p.

United Nations Environment Programme-World Conservation Monitoring Centre-International Union for Conservation of Nature (UNEP-WCMC-IUCN). 2016. Protected Planet Report 2016. UNEP-WCMC and IUCN. Cambridge UK and Gland, Switzerland. 73 p.

Valencia, J., J. Díaz y L. Vargas. 2007. La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en México: Un Nuevo Paradigma en el Manejo del Agua. *In*: Cotler, H. (comp.). El Manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y Reflexiones para Orientar la Política Ambiental. Segunda Edición. Instituto Nacional de Ecología, Semarnat. México, D.F., México. 347 p.

World Bank. 2017. Urban population per cent of total.
<https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?view=map>. (9 de diciembre de 2017).