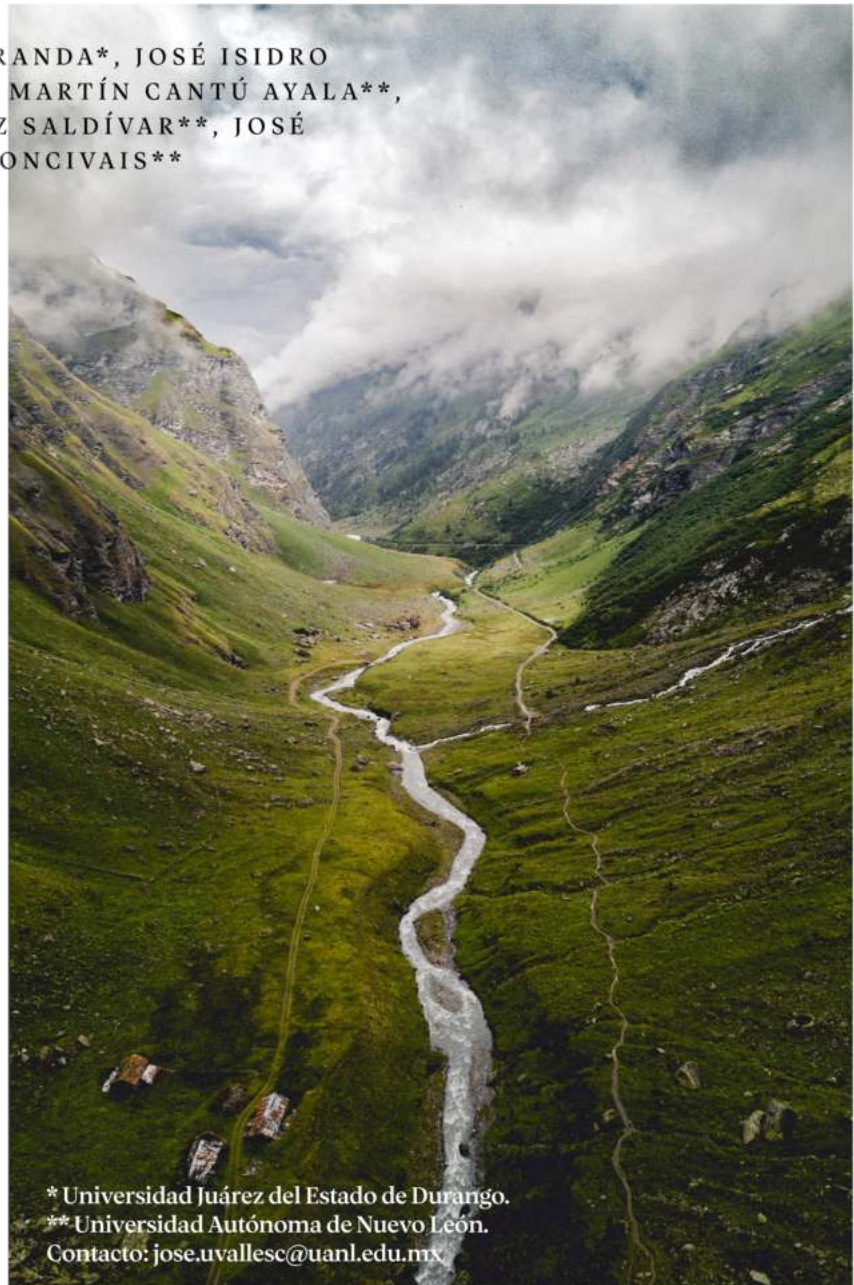


Cambios de usos de suelo y vegetación en cuencas hidrográficas de Nuevo León, México

MARIO ALBERTO GARCÍA ARANDA*, JOSÉ ISIDRO UVALLE SAUCEDA**, CÉSAR MARTÍN CANTÚ AYALA**, FERNANDO NOEL GONZÁLEZ SALDÍVAR**, JOSÉ GUADALUPE MARMOLEJO MONCIVAIS**

Nuevo León es considerado uno de los estados más vanguardista de México por su desarrollo industrial, tecnológico e infraestructura, sin embargo, ha tenido un crecimiento desordenado, como lo indica el hecho de que en la mancha urbana del área metropolitana de Monterrey (AMM), cuya extensión representa 1.5% de la superficie del estado, alberga 88% del total de los habitantes (Cantú *et al.*, 2013). Uno de los principales retos que afronta el AMM es el abastecimiento de agua para sus habitantes, por lo que resulta urgente analizar la condición de conservación que tienen sus cuencas hidrológicas a fin de proyectar las estrategias y acciones necesarias para asegurar la provisión de agua para su creciente población.

Nuevo León cuenta con catorce cuencas hidrográficas, cinco al norte, pertenecientes a la región hidrográfica 24 del Bravo-Conchos (A, B, C, D y E); cinco al suroeste, en el altiplano, pertenecientes a la región hidrográfica número 37 del río El Salado (A, B, C, G y H); tres al este y sureste, correspondientes a la región hidrográfica 25 del río San Fernando, y una última al sureste del estado, correspondiente



* Universidad Juárez del Estado de Durango.
 ** Universidad Autónoma de Nuevo León.
 Contacto: jose.uvallesc@uanl.edu.mx

a la región hidrográfica 26 del río Pánuco. Dada su extensión, además de Nuevo León, algunas de estas cuencas se extienden a los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (INEGI, 2010a-p). Los procesos para análisis de cambio de uso de suelo requieren de una serie de pasos preliminares, siendo necesario homogenizar las distintas cubiertas y fechas por analizar, buscando reducir posibles discrepancias entre las clases y usos considerados, además de igua-

lar los límites geográficos para que las series de tiempo presenten una misma forma, extensión y códigos de clase.

En el presente análisis de cambio se consideraron dos cubiertas de vegetación: la serie 1 (Inegi, 1997), creada para interpretar vegetación de la década de 1970, y la serie 5, correspondiente a vegetación de 2009 (Inegi, 2013), esto implica un análisis de cambios de vegetación y usos del suelo en las 14

cuencas hidrográficas de Nuevo León de un periodo cercano a 30 años. A nivel país, en los últimos 30 años la expansión de zonas urbanas ha afectado los ecosistemas naturales, siendo mayor, incluso, que la actividad agropecuaria, llegando a una tasa de 7.4% anual, mientras que la de expansión de uso agrícola es de 0.8% anual. Se estima además que el país conserva solamente 50% de la cobertura de sus comunidades naturales (Sarukán *et al.*, 2009).

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DE LAS SERIES 1 Y 5

Este análisis geográfico de escala regional incluye las catorce cuencas hidrográficas de Nuevo León hasta fuera de sus límites políticos. La serie 1 contabiliza hasta 72 distintas comunidades vegetales agrupadas en 28 tipos de vegetación, 36 de estas comunidades o 19 tipos de vegetación se encontraban ya en condición secundaria y se reconocen hasta 14 usos de suelo agrupados en siete usos generales. En la figura 1 se observa el mapa generalizado de vegetación y usos del suelo, en color verde intenso se identifica la vegetación natural primaria con 15'811,922 ha, en color verde claro se representa la condición secundaria de la vegetación con 3'070,918 ha, en azul los cuerpos de agua y en rojo se mues-

tran los usos antrópicos con 4'425,559 ha. En la serie 5 de vegetación se reconocen 35 distintas comunidades vegetales agrupadas en 27 tipos de vegetación, de éstas 21 presentan una condición secundaria y se llegan a reconocer hasta 21 usos de suelo agrupados en siete usos antrópicos.

La figura 2 muestra el mapa de vegetación y usos de suelo de la serie 5, en éste se observa la vegetación primaria en color verde intenso con una cobertura de 13'866,710 ha, la vegetación secundaria en verde claro tiene 2'421,014 ha y los usos antrópicos en rojo tienen una superficie de 6'932,583 ha.

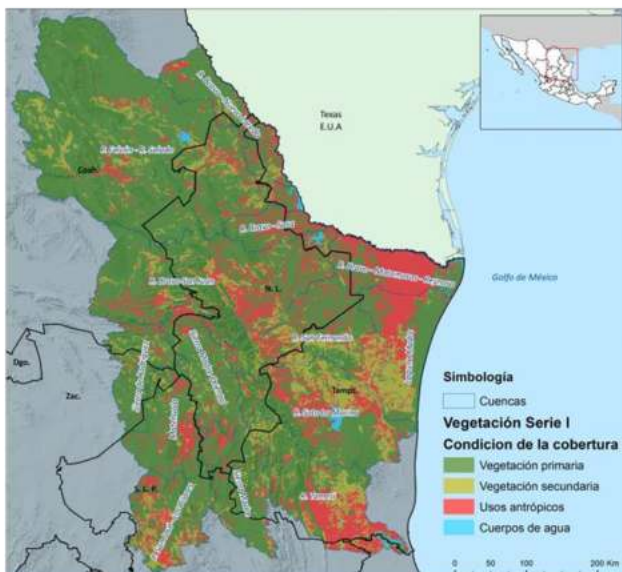


Figura 1. Mapa de uso del suelo y vegetación de la serie 1 de la región de cobertura de las 14 cuencas de Nuevo León (Inegi, 1993).

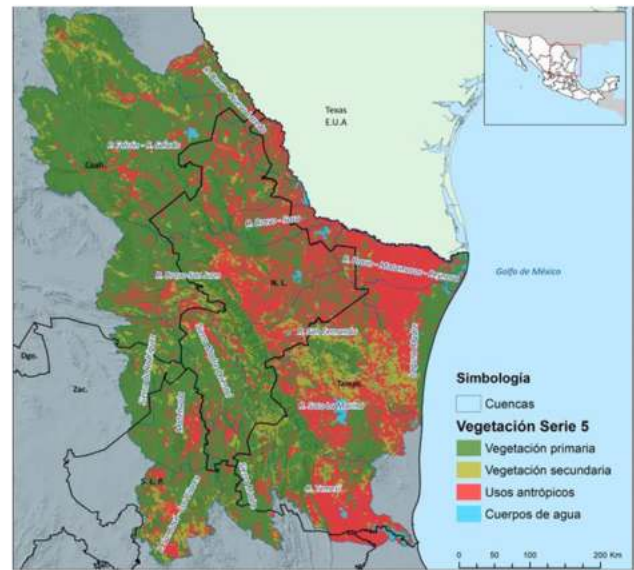


Figura 2. Mapa de uso del suelo y vegetación de la serie 5 de la región de cobertura de las 14 cuencas de Nuevo León (Inegi, 2013).

ANÁLISIS DEL CAMBIO ENTRE LA SERIE 1 Y LA SERIE 5

El análisis de cambio de uso del suelo efectuado entre las series 1 y 5 de la región marca una reducción de 11% de la vegetación natural (2'594,817 ha) y un incremento de 11% de la superficie con usos antrópicos (2'507,024 ha) (Inegi, 1997, 2013). En este lapso 15.5% de la superficie en la región sufrió algún tipo de degradación, destacando 9.2% de cambio de vegetación primaria a los usos antrópicos (2'146,903 ha); por otro lado, 5.2% de la superficie registró algún cambio de recuperación, siendo éste de hídrico a vegetación secundaria (probablemente por la desecación o pérdida de presas) (figura 3).

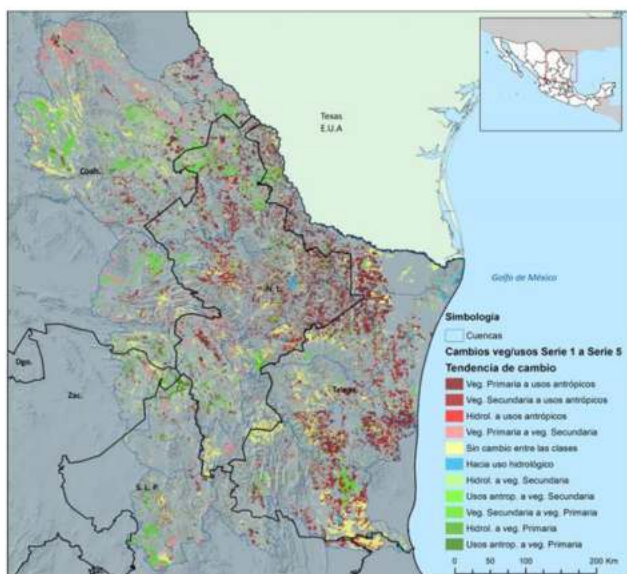


Figura 3. Mapa de análisis de cambios en el uso del suelo y la vegetación entre las series 1 y 5 en la región que comprenden las 14 cuencas de Nuevo León (Inegi, 1997, 2013).

El cambio ocurrido en el tiempo a lo largo de las cinco series de vegetación disponibles (Inegi, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013), se muestra en la figura 4, donde las comunidades de vegetación natural en un principio (años setenta) cubrían cerca de 70% del territorio para reducirse 59% en la serie 5, caso contrario a los usos antrópicos, los cuales inicialmente cubrieron 19% para llegar a una superficie de 30% en la serie 5 en 2010.

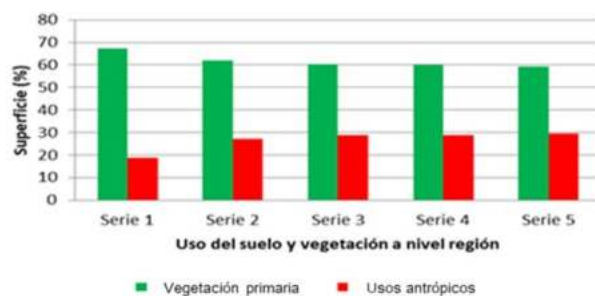


Figura 4. Representación del análisis de cambio de uso de suelo y vegetación de 14 cuencas de Nuevo León entre las series 1 y 5 de la vegetación primaria y los usos antrópicos (Inegi, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013).

Si se considera únicamente los límites geopolíticos de Nuevo León, la cubierta de vegetación de los años setenta (serie 1) contabilizaba 35 comunidades vegetales agrupadas en 17 tipos de vegetación natural, 14 en condición secundaria, además de registrar 14 usos de suelo distintos agrupados en seis usos antrópicos generalizados. Sólo en Nuevo León se conservaba una vegetación primaria de 4'484,910 ha, una vegetación secundaria de 699,549 ha y los usos antrópicos con una superficie de 1'170,557 ha (figura 1). Mientras que la cubierta de Nuevo León serie 5 (figura 2) para 2009 se reconocen sólo 21 distintas comunidades vegetales naturales agrupadas en 19 tipos de vegetación primaria, 16 de éstas en condición de vegetación secundaria (cambio registrado por el mayor detalle utilizado en la elaboración de la serie 5 que la serie 1) y 14 diferentes usos de suelo agrupados en seis usos antrópicos. El cambio a lo largo de las cinco series de vegetación en el estado de Nuevo León (figura 5), donde se observa que las comunidades de vegetación natural en un principio (años setenta) llegaron a cubrir 71% del estado para reducirse a 58% en la serie 5, el efecto inverso se ve en los usos antrópicos, los cuales inicialmente (años setenta) cubrieron 17% para llegar a una superficie de 33% en la serie 5 en 2015, observándose una tendencia similar a la del análisis regional.

En la serie 5 de vegetación, únicamente para Nuevo León (2009) la vegetación primaria tiene una superficie de 3'698,808 ha, mientras que la vegetación secundaria alcanza una superficie de 515,824 ha y los terrenos dedicados a usos antrópicos llegan a 2'119,071 ha y los cuerpos de agua cubren una superficie de 22,180 ha (figura 2).

Sólo en Nuevo León, en términos de tipo de cambios del suelo ocurridos entre las series 1 y 5, 19.5% de la superficie regional sufrió algún tipo de degradación, destacando 13.7% de cambio de vegetación primaria a los usos antró-

picos (870,407 ha) y 5.3% de la superficie registró un proceso de recuperación (339,613 ha), con 3.7% de cambio de vegetación secundaria a vegetación primaria (237,224 ha) (figura 3).

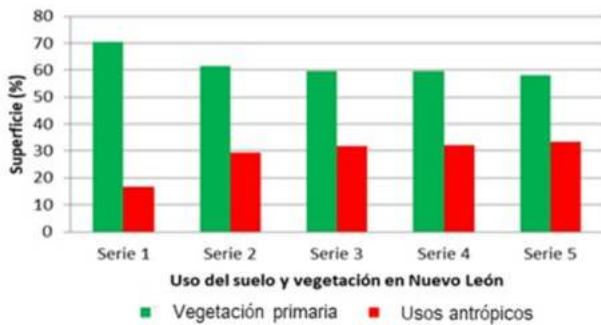


Figura 5. Representación para Nuevo León del análisis de cambio de uso de suelo y vegetación de las series 1 a 5 entre vegetación primaria y usos antrópicos (Inegi, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013).

ANÁLISIS DE TRANSFORMACIONES Y PERMANENCIAS

El número total de diferentes cambios sucedidos entre las series 1 y la 5 (figura 3) fue de 223; estos cambios fueron agrupados de acuerdo a su clase; 31.85% de la superficie permaneció sin alteraciones, dentro de los cambios de pérdida o degradación el principal fue de vegetación primaria a usos antrópicos (29.58%), el cambio de vegetación primaria a vegetación secundaria (10.41%), de vegetación secundaria a usos antrópicos (9.97%) y de uso hidrológico a usos antrópicos (0.07%). El cambio de recuperación más importante fue de vegetación secundaria a primaria (11.43%), de usos antrópicos a vegetación primaria (3.71%), de uso antrópico a vegetación secundaria (1.52%), de uso hidrológico a vegetación primaria (0.093%) y de hidrológico a vegetación secundaria (0.0002%), finalmente los cambios hacia uso hidrológico con 1.52%.

En cuanto al análisis de cambio sucedido únicamente en Nuevo León, el número total de diferentes cambios sucedidos entre las serie 1 y la 5 fue de 194, en la agrupación





según su clase; 26.42% de la superficie permaneció sin cambio, dentro de los cambios de pérdida o degradación el principal fue de vegetación primaria a usos antrópicos (40.21%), el cambio de vegetación primaria a vegetación secundaria (9.26%), de vegetación secundaria a usos antrópicos (7.79%) y de uso hidrológico a usos antrópicos (0.002%). El cambio de recuperación más importante fue de vegetación secundaria a primaria (10.98%), de usos antrópicos a vegetación primaria (3.35%), de uso antrópico a vegetación secundaria (1.06%) y de hidrológico a vegetación secundaria (0.00001%), finalmente los cambios hacia uso hidrológico con 0.94%.

Los resultados obtenidos en esta investigación exhiben impactos negativos potenciales con una predisposición hacia el deterioro. Al respecto, diferentes autores manifiestan que la eliminación de la cubierta vegetal trae consigo la pérdida o modificación de los bienes y servicios ambientales, alteración de los ciclos hidrológicos, el calentamiento global, la pérdida del suelo, la pérdida de hábitats para la fauna y flora (Moreno y García, 2015; Velázquez *et al.*, 2002). Con la predicción del cambio de uso del suelo se puede planear, con mejor base de conocimiento, las acciones necesarias para evitar la pérdida de cobertura forestal, replantar y ordenar el uso y destino del territorio, e incluso planear las estrategias de restauración de las áreas degradadas, con el fin de incrementar áreas en programas de pagos por servicios ambientales y de mercados nacionales e internacionales de captura de carbono (Moreno y García, 2017). Rodríguez *et al.* (2017) aseguran que la dinámica de la co-

bertura observada ayuda a diagnosticar que los cambios ocurridos en la cuenca representan indirectamente una modificación importante al ciclo hidrológico y, por consiguiente, incrementan la vulnerabilidad de los grupos sociales que habitan la cuenca a los efectos del cambio climático. Los cambios manifestados como pérdida de la cubierta vegetal cuantificada en este estudio, tanto a nivel regional como estatal, representan riesgo en la estabilidad de los procesos en los que interfiere, como el ciclaje de nutrientes y eventual enriquecimiento del suelo, en la redistribución de la precipitación, la cobertura vegetal sobre el suelo, entre otros, son evidentes indicadores de potenciales riesgos de la continuidad de los procesos inherentes proporcionados por el componente vegetal.

Las intensidades de cambio, tanto de la presencia de vegetación asociada a las áreas urbanas como el de matorrales en estado de degradación constituyen un indicador importante para la prevención de disparadores de transformación, ya que es un fenómeno conocido que las “áreas degradadas” son potenciadoras de transformación, sobre todo en áreas muy cercanas a los centros urbanos o en áreas dedicadas a la agricultura o ganadería (Vela y Lozano, 2015).

La cuenca del Río Bravo-San Juan ocupa el mayor territorio de Nuevo León, con 1,967,347 ha. La superficie total de cambio entre las series 1 y 5 fue de 1,000,255 ha (31%), donde 17.8% cambió hacia usos antrópicos y 7.8% a vegetación primaria. La degradación en la cuenca fue de 18.6% con una baja recuperación (4.6%).

CONCLUSIONES

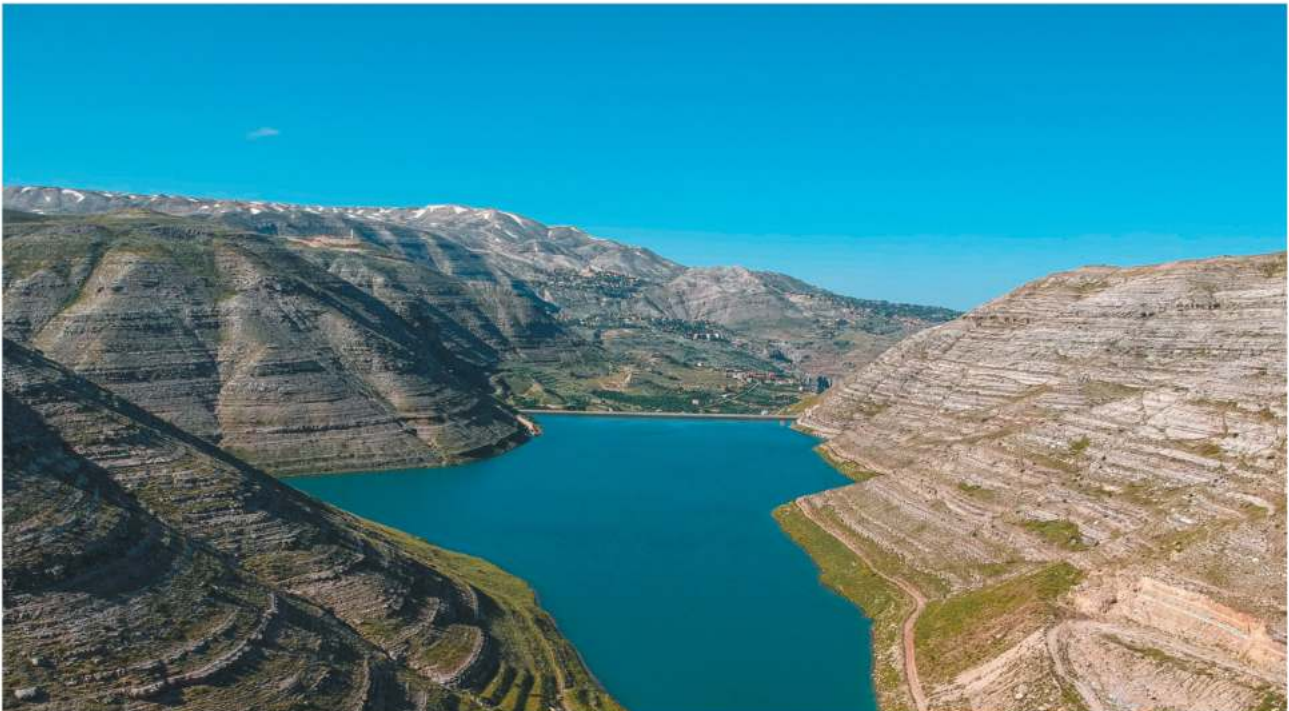
En la escala regional que circunscribe a las catorce cuencas hidrográficas de Nuevo León, el cambio de uso del suelo marcó una reducción de 11% de la superficie cubierta con vegetación natural, así como un incremento igual de la superficie con usos antrópicos, destacando el cambio de vegetación primaria a los usos antrópicos. Cabe destacar que un bajo porcentaje de la superficie registró algún cambio de recuperación, siendo éste de hídrico a vegetación secundaria (probablemente por la desecación o pérdida de presas).

La superficie de Nuevo León sufrió algún tipo de degradación, destacando el de cambio de vegetación primaria a usos antrópicos. También, la superficie registró un proceso de recuperación, con 3.7% de cambio de vegetación secundaria a vegetación primaria.

En el caso del análisis de transformaciones y permanencias a nivel regional, aproximadamente una tercera parte de la superficie permaneció sin alteraciones. Los principales factores que determinan los cambios de pérdida o degradación son cambio de vegetación primaria a usos antrópicos, el cambio de vegetación primaria a vegetación secundaria, de vegetación secundaria a usos antrópicos y de uso hidrológico a usos antrópicos.

El cambio de recuperación más importante fue de vegetación secundaria a primaria, de usos antrópicos a vegetación primaria, de uso antrópico a vegetación secundaria, de uso hidrológico a vegetación primaria y de hidrológico a vegetación secundaria, finalmente, los cambios hacia uso hidrológico con -2%.

El análisis de cambio en Nuevo León arroja que 26.42% de la superficie permaneció sin cambio. El estudio de los cambios de pérdida o degradación indica que el principal factor fue el de vegetación primaria a usos antrópicos, el cambio de vegetación primaria a vegetación secundaria, el de vegetación secundaria a usos antrópicos y con un bajo porcentaje al uso hidrológico a usos antrópicos. El cambio de recuperación más importante fue de vegetación secundaria a primaria, seguido de usos antrópicos a vegetación primaria, de uso antrópico a vegetación secundaria y de hidrológico a vegetación secundaria; finalmente, los cambios hacia uso hidrológico.



REFERENCIAS

- Cantú-Ayala, C., Marmolejo-Moncivais, J., González-Saldívar, F., et al. (2013). El Parque Nacional Cumbres de Monterrey en el Contexto de la Conservación. En: Cantú-Ayala et al. (eds.), *Historia Natural del Parque Nacional Cumbres de Monterrey*. México. UANL-Conanp. México. Pp. 15-26.
- Inegi. (1997). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000. Serie I (continuo nacional). Digitalización de las cartas de uso del suelo y vegetación elaboradas por Inegi entre los años 1980-1991 con base en fotografías aéreas de 1968-1986*. México, D. F.
- Inegi. (2001). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie II (continuo nacional)*.
- Inegi. (2005). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie III (continuo nacional)*.
- Inegi. (2009). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie IV (continuo nacional)*.
- Inegi. (2010a). *Red hidrográfica edición 2.0. Cuenca R. Bravo-Matamoros-Reynosa. Región H. Bravo Conchos. RH24A. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010b). *Red hidrográfica edición 2.0. Cuenca R. Bravo-San Juan. Región H. Bravo Conchos. RH24B. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010c). *Red hidrográfica edición 2.0. Cuenca R. Bravo - Sosa. Región H. Bravo Conchos. RH24C. Escala 1:50 000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010d). *Red hidrográfica edición 2.0. Cuenca P. Falcón- R. Salado. Región H. Bravo Conchos. RH24D. Escala 1:50 000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010e). *Red hidrográfica edición 2.0. Cuenca R. Bravo - Nuevo Laredo. Región H. Bravo Conchos. RH24E. Escala 1:50 000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010f). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca hidrográfica R. Soto la Marina. RH25B. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010g). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca hidrográfica Laguna Madre. RH25C. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010h). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca hidrográfica R. San Fernando. RH25D. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010i). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca R. Tamesí. RH Pánuco. RH26B. Escala 1:50 000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010j). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca Sierra Madre Oriental. RH37A. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010k). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca Sierra Madre Oriental. RH37A. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010l). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Cuenca Sierra Madre Oriental. RH37A. Escala 1:50 000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010m). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Matehuala. RH37B. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010n). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Sierra de Rodríguez. RH37C. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010o). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. P. San José-Los Pilares. RH37G. Escala 1:50000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2010p). *Red hidrográfica. Escala 1:50000. Edición 2.0. Sierra Madre. RH37H. Escala 1:50 000*. Edición 2. México.
- Inegi. (2013). *Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación escala 1:250000, serie V (capa unión). Escala: 1:250000*. Edición: 2a. Aguascalientes, Aguascalientes.
- Moreno, T.A., y García, A., M.A. (2017). Cambio de uso de suelo y captura de carbono en la Sierra Madre Oriental. En: Biodiversidad y desarrollo rural en la Sierra Madre Oriental de Nuevo León. *Revista ResearchGate*. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/313386894>
- Rodríguez, P.J.A., Carreón, E., Lafón, A., et al. (2017). Cambio de uso de suelo en la cuenca del río Conchos, Chihuahua, México. En: Montero, M.M.J., O.F. Ibáñez H. *La cuenca del Río Conchos: una mirada desde las ciencias ante el cambio climático*. *Revista ResearchGate*. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Rebeca_Villela/publication/324780788_LA_CUENCA_DEL_RIO_CONCHOS_UNA_MIRADA_DESDE_LAS_CIENCIAS_ANTE_EL_CAMBIO_CLIMATICO/links/5ae1f239a6fdcc91399fc346/LA-CUENCA-DEL-RIO-CONCHOS-UNA-MIRADA-DESDE-LAS-CIENCIAS-ANTE-EL-CAMBIO-CLIMATICO.pdf#page=158.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., et al. (2009). *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual y perspectivas de sustentabilidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Vela, C.M.P., Lozano, G., D.F. (2015). Cambio en la cobertura y uso de suelo y evaluación del paisaje en el Monumento Natural Cerro de la Silla, Nuevo León, México. *Revista ResearchGate*. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/268198519>.