



# Diagnóstico del grado de fragilidad y calidad ecológica territorial como base de la determinación de estrategias de restauración

*Diagnosis of the degree of fragility and territorial ecological quality as a basis for the determination of restoration strategies*

JORGE ALONSO ALCALÁ JÁUREGUI<sup>1\*</sup>, YADIRA LÓPEZ MENDOZA,  
JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ORTÍZ<sup>1</sup>, EDUARDO MARTÍNEZ CARRETERO<sup>2</sup>,  
CATARINA LOREDO OSTI<sup>1</sup>, ALEJANDRA HERNÁNDEZ MONTOYA<sup>1</sup>,  
MARÍA FLAVIA FILIPPINI<sup>3</sup> Y ÁNGEL NATANAEL ROJAS VELÁZQUEZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Matehuala, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez

<sup>2</sup> Geobotánica y Fitogeografía (IADIZA-CONICET), Mendoza FCEFyN UNSJ, Argentina

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina  
\* <jorge.alcala@uaslp.mx>

## RESUMEN

La población ejerce presión sobre los usos del suelo por lo que existen actividades que inciden en la degradación ambiental y del territorio, que demandan acciones de restauración. El objetivo fue elaborar un diagnóstico territorial local como estrategia de evaluación de impacto ambiental en el Ejido El Jaral, del Municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, México. Para la caracterización del sitio se utilizó el software ARCGIS 0.10, basado en la carta topográfica digital F14A83 escala 1:50 000 del INEGI (2010). Se determinó la capacidad agrológica, pecuaria y urbana del territorio. La definición de áreas de restauración territorial fue basada en los criterios de fragilidad ecológica y calidad ecológica. Los resultados indicaron presencia de Bosque Pino-Encino en un 40% del territorio y una superficie para uso agrícola que correspondió al 5% del ejido. El Ejido presenta una calidad ecológica baja y, por consiguiente, una fragilidad natural alta, lo cual requiere actividades de restauración de suelos y reorientación de prácticas agrícolas y pecuarias. Se proponen actividades de restauración en un 22% de la superficie compuesta por vegetación de Chaparral. Para futuros estudios se propone evaluar medidas de restauración y la percepción de la población.

## ABSTRACT

*The population exerts pressure on land uses for which there are activities that affect environmental and land degradation, which demand restoration actions. The objective was to prepare a local territorial diagnosis as an environmental impact assessment strategy in Ejido El Jaral, in the*



*Municipality of Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, Mexico. For the characterization of the site, the ARCGIS 0.10 software was used, based on the digital topographic chart F14A83 scale 1:50 000 from INEGI (2010). The agrological, livestock and urban capacity of the territory was determined. The definition of territorial restoration areas was based on the criteria of ecological fragility and ecological quality. The results indicate the presence of Pine-Encino Forest in 40% of the territory and an area for agricultural use that corresponded to 5% of the Ejido. The Ejido has a low ecological quality and therefore a high natural fragility, which requires soil restoration activities and reorientation of agricultural and livestock practices. Restoration activities are proposed in 22% of the area composed of Chaparral vegetation. For future studies it is proposed to evaluate restoration measures and the perception of the population.*

---

**Palabras clave:** Ejido El Jaral, usos de suelo, ordenamiento territorial local, capacidad agrológica y pecuaria, uso potencial del suelo

---

---

**Keywords:** *Ejido El Jaral, land use, local land use planning, agrological and livestock capacity, potential land use*

---

## INTRODUCCIÓN

La población ejerce presión sobre el recurso suelo por lo que existen actividades que inciden en la degradación ambiental y del territorio, que demandan acciones de ordenamiento y de recuperación. La urbanización, industrialización y agricultura han transformado fundamentalmente las características de los suelos incidiendo en procesos propios de los ecosistemas naturales (De la Rosa, 2008; Zander et al., 2019). El uso del suelo involucra diversos procesos de producción de bienes que le permiten la existencia y desarrollo como sociedad (INEGI, 2005). La calidad del suelo refleja el estado de degradación o conservación (INE, 2000). La degradación causada por un manejo inadecuado es un problema mundial crítico, en este sentido la gestión integrada y sostenible del suelo es fundamental para el funcionamiento sostenible del ecosistema y es la forma más eficaz de revertir el deterioro de la calidad del suelo (Melku Dagnachew et al., 2019). El uso inadecuado o intensivo de la tierra ha acelerado el proceso de degradación ambiental y fragmentación de

hábitats, con la consiguiente disminución de los servicios ecosistémicos esenciales para el mantenimiento de la biodiversidad. Todos estos usos de la tierra tienen el potencial de afectar la calidad del suelo (Mckinley, 2019); aunque existe una gran cantidad de indicadores de calidad del suelo y metodologías para generar y evaluar criterios e indicadores ambientales como estrategia de gestión ambiental en el ordenamiento territorial, es necesario en cada caso concreto evaluar las consecuencias del deterioro para determinar indicadores específicos (Alcalá et al., 2009; Liu et al., 2020). El manejo de ecosistemas a través de conservación y restauración ecológica tiene como objetivo revertir procesos de degradación y pérdida acelerada de biodiversidad (Vargas, 2011; Liu et al., 2020). Para ello, es esencial comprender los usos del suelo y sus diferentes prácticas de gestión sostenible principalmente para el control de la erosión (Ebabu et al., 2019). La visualización de mapas sobre las capacidades de los suelos, en programas de ordenamiento territorial, permiten decisiones sobre sus usos sostenibles (Greiner et al., 2018). La calidad ecológica del suelo

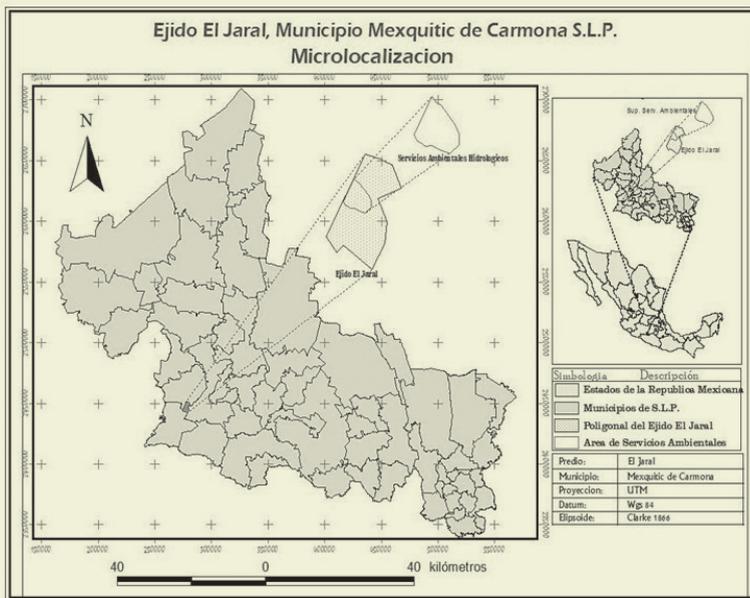
se evalúa para medir el desarrollo de un sistema ecológico y socioeconómico, con una adecuada distribución del uso de la tierra bajo políticas de ordenamiento del territorio para mitigar las presiones sobre el espacio natural causado por la competencia entre diversas actividades de uso (Liu et al., 2020); asimismo, la cantidad y calidad de los recursos de la tierra son necesarias para respaldar las funciones y servicios de los ecosistemas (González-Roglich et al., 2019). De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano del Estado de San Luis Potosí 2001-2020, el municipio de Mexquitic pertenece a la región San Luis Norte, México, donde comparte con otros seis municipios problemas muy graves, por la diversidad de sus causas y por la magnitud de sus impactos sobre la población, industria y las grandes extensiones de sembradíos bajo régimen de

riego. En esta microrregión hay problemas por sobreexplotación y contaminación de acuíferos, erosión, salinización y pérdida de fertilidad de suelo, así como disposición inadecuada de residuos domésticos e industriales (Caraveo, 2001). Por ello, se hace necesario diagnosticar el uso de suelo y ordenamiento territorial a nivel local, como el uso de sistemas de información geográfica del ejido para caracterizar sus recursos naturales y la calidad ambiental de su territorio para determinar estrategias de restauración.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del área de estudio

El estudio se desarrolló en el Ejido El Jaral (Figura 1), localizado en las coordenadas 101°09'21" W-22°05'12" N con una altura de 2020 m s.n.m., en el mu-



**Figura 1.** Localización del Ejido El Jaral Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí  
*Figure 1.* Location of Ejido El Jaral Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí

nicipio de Mexquitic de Carmona en la zona altiplano del estado de San Luis Potosí, México (INEGI, 2010).

El área de estudio se ubica en la región hidrológica RH 37 El Salado, cuenca San José-Pilares, subcuenca presa San José y microcuenca El Jaral. La precipitación varía entre 335 y 398 mm/año y tiene una temperatura promedio de 18 °C (INEGI, 2002). De acuerdo a las cartas edafológicas de INEGI se encuentran suelos: phaeozem, fluvisol, planosol, regosol, calcisol, durisol, leptosol y luvisol (INEGI, 1984).

Se realizó un diagnóstico del territorio considerando la carta topográfica F14A83, carta edafológica F14a83, y carta de usos actual del suelo y vegetación F14A83, en la escala 1:50 000 con base al mapa digital del INEGI (2010), utilizando la poligonal del Ejido bajo el programa software ARCGIS 10.

### **Capacidad agrológica, pecuaria y uso potencial de suelo**

Para determinar el uso más adecuado del suelo se utilizaron los criterios del árbol de decisiones de capacidad agrológica, pecuaria y uso potencial, de acuerdo con las potencialidades y limitaciones de los suelos y sus características físicas, químicas y ambientales. Se propusieron acciones para lograr el ordenamiento del territorio (INE, 2000). Este criterio de clasificación considera cuatro clases de acuerdo al tipo de suelo dominante, codominancia, pendiente, fase física y/o química, y régimen de humedad. Asimismo, se tomaron en cuenta criterios de uso potencial del suelo de acuerdo a su clasificación (INEGI, 2005).

### **Criterio de fragilidad y calidad ecológica**

Para las propuestas de ordenamiento se siguieron las fases metodológicas del Ordenamiento Ecológico del Territorio (INE, 2000) que considera parámetros de deterioro, como: suelos que presentan un grado severo de erosión, regiones y subregiones hidrológicas con altos niveles de contaminación por aguas residuales; eutroficación y uso intensivo de los acuíferos y sustitución de la cobertura vegetal original por vegetación secundaria, o algún otro uso del suelo. Para el caso de fragilidad ecológica se consideran: pendientes, erodabilidad, escurrimientos, inestabilidad del relieve, estructura y capacidad de regeneración de la vegetación y susceptibilidad de cambio de suelos. De esta manera se determina si las acciones se dirigen hacia la conservación, aprovechamiento, restauración o protección según el criterio de fragilidad o calidad ecológica muy baja, baja, media, alta y muy alta.

### **Propuesta de políticas ambientales del territorio**

Se propusieron las políticas ambientales del territorio bajo los criterios de cuatro políticas ecológicas para el manejo del medio; *Restauración*: recuperación de terrenos degradados, *Aprovechamiento*: uso sostenible de los recursos a gran escala, *Conservación*: uso condicionado del medio junto con el mantenimiento de los servicios ambientales, y *Protección*: mantenimiento total de los elementos y procesos naturales, preferentemente bajo un área natural protegida. Con estos criterios se generó un mapa a 1:50 000.

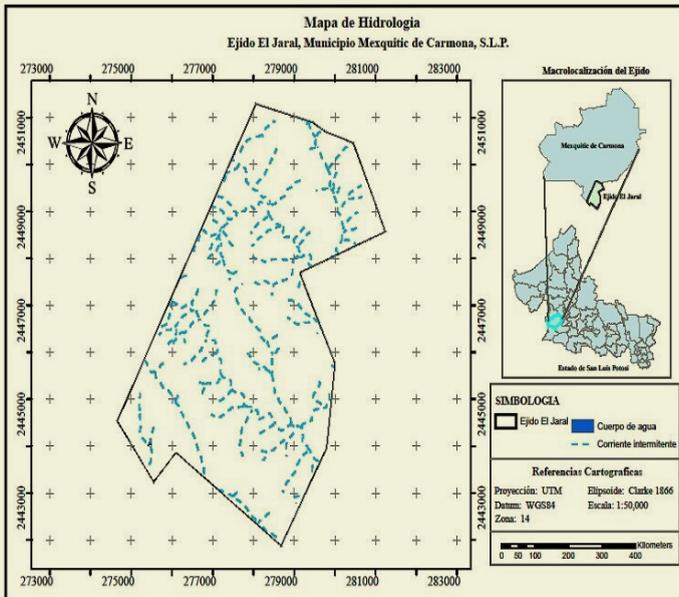
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Diagnóstico de las condiciones del territorio

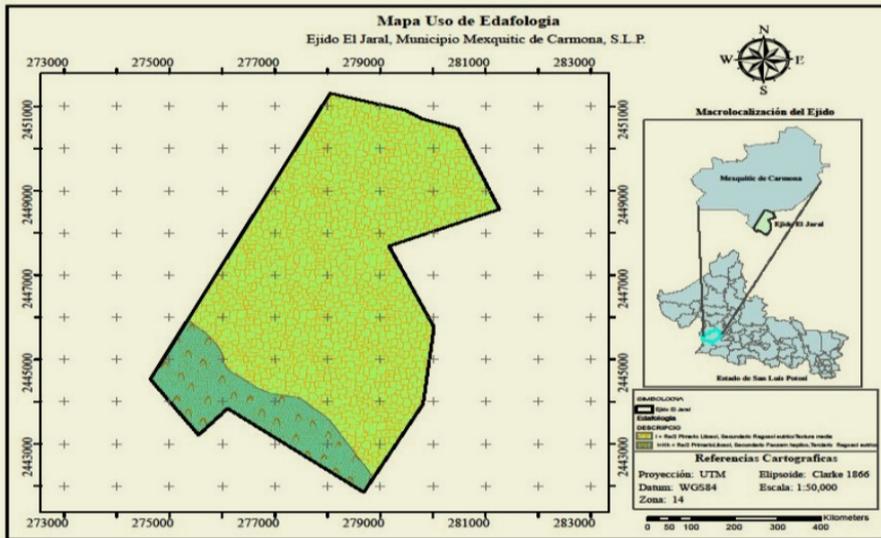
De acuerdo a la carta topográfica F14A83, el Ejido El Jaral está constituido por una serie de cuencas cerradas y carece casi por completo de elevaciones importantes. Esto último, aunado a las condiciones climáticas de la región, hace que no haya grandes corrientes superficiales siendo muy pocas las corrientes que han sido hidráulicamente medidas en forma sistemática (**Figura 2**). Con base a la carta edafológica F14A83, el Ejido presenta suelos de tipo litosol y regosol (**Figura 3**). Los litosoles se caracterizan por una profundidad menor a 10 cm, limitado por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión son muy

variables. Su uso depende de la vegetación, cuando se presenta en bosques es forestal; cuando hay matorral o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en ocasiones se destinan a la agricultura, en especial al cultivo del maíz o nopal. El Regosol se caracteriza por no presentar capas distintas, en general son suelos claros, similares a la roca que los subyace, cuando no son profundos. Cuando se encuentran en laderas muchas veces están acompañados de litosoles y de afloramientos de roca o tepetate. Son de susceptibilidad variable a la erosión.

De acuerdo a la carta de uso actual del suelo y vegetación F14A83, se determinó que la vegetación predominante en el Ejido es bosque de pino-encino (*Pinus cembroides-Quercus* spp.), en el 40% de la superficie, con asociaciones de chapa-



**Figura 2.** Hidrología del Ejido El Jaral, basado en INEGI (2010)  
*Figure 2. Hydrology of Ejido El Jaral, based on INEGI (2010)*



**Figura 3.** Tipos de suelos del Ejido El Jaral, basado en INEGI (2010)  
*Figure 3. Soil types of Ejido El Jaral, based on INEGI (2010)*

rral (25%), pastizal natural (25%) y una superficie de uso agrícola (10%), donde el ciclo vegetativo de producción depende de las escasas precipitaciones, y donde se cultiva principalmente frijol y avena (Figura 4).

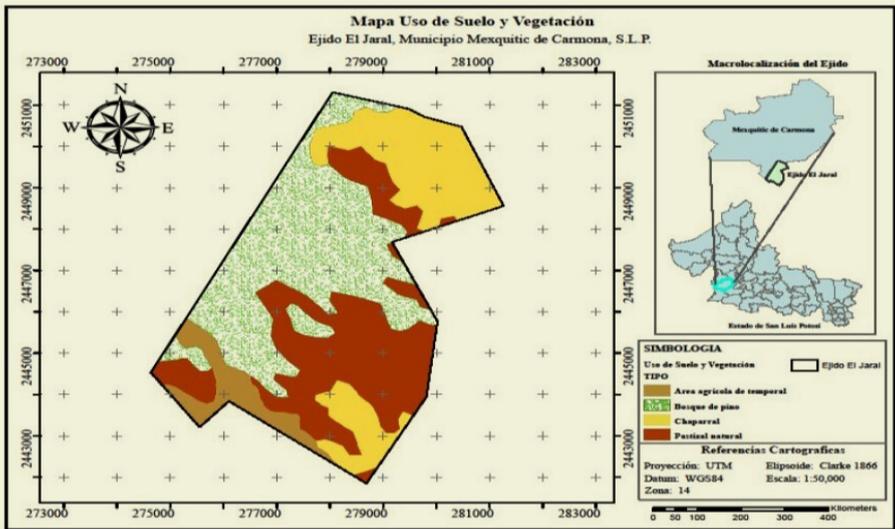
### Capacidad agrológica, pecuaria y uso potencial de suelo

De acuerdo a los criterios de capacidad agrológica y pecuaria del INE (2000) el ejido El Jaral corresponde a la clase IV, compuesta por tierras con limitaciones permanentes y severas para el cultivo y para el aprovechamiento pecuario. Son suelos de muy baja o nula calidad agrológica, en muchas ocasiones inadecuados para esta actividad. Poseen una capa fértil muy delgada, inferior a los 10 cm, o fases líticas, con alta pedregosidad superficial que impide la penetración de raíces

al suelo. Pueden tener pendientes superiores a 25°, con gran susceptibilidad a la erosión hídrica. De acuerdo a INEGI (2005) estas tierras corresponden a las clases VII con usos recomendados para apacentamiento, silvicultura, cuenca colectora, recreación paisaje estético vida silvestre, y VIII para usos de recreación, paisaje estético, vida silvestre e industria urbana; además de labranza de contorno, cultivo de franjas, vías fluviales y terrazas (Tapia et al., 2010).

### Criterio, calidad y fragilidad ecológica

Según INE-SEMARNAT (2000) el Ejido El Jaral muestra una superficie con baja calidad ecológica de los recursos naturales y suelos con grado severo de erosión, por lo que se requiere actividades de restauración de suelos como re-



**Figura 4.** Uso de suelo y vegetación del Ejido El Jaral (basado en INEGI, 2010)  
*Figure 4. Use of soil and vegetation of Ejido El Jaral (based on INEGI, 2010)*

forestación, presas filtrantes con piedra acomodada, cabeceo de cárcavas, zanja trinchera, estabilización de taludes con vegetación nativa, barreras de piedra en curvas a nivel, con el objetivo de detener la erosión, reducir la escorrentía, retener azolves, estabilizar los cauces y la propagación vegetativa. Para la superficie de chaparral y pastizal natural se propone un manejo de la carga animal de acuerdo al coeficiente de agostadero y, finalmente, en las tierras aptas para la agricultura se propone realizar la rotación de cultivos.

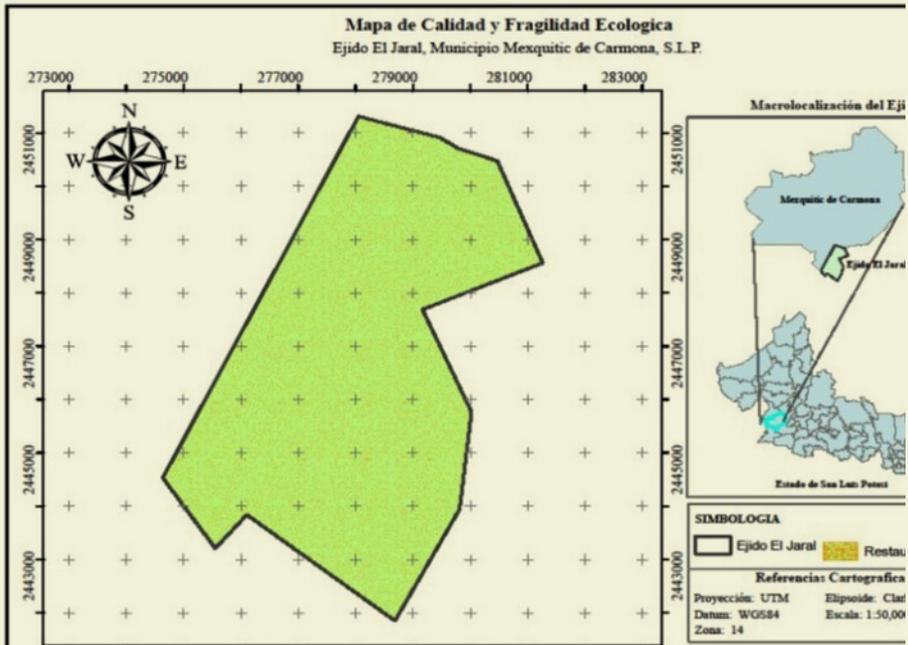
### Propuesta de ordenamiento y restauración del territorio local

Con respecto a la Propuesta de Ordenamiento del Territorio, al considerar los criterios de las políticas ambientales, y tomando en cuenta la caracterización de

los recursos del Ejido El Jaral, se propone realizar acciones de *aprovechamiento del suelo* en el 10% del ejido donde está considerando para uso agrícola; *Conservación* de la vida silvestre en el 55% de la superficie de bosque, se plantean actividades como el ecoturismo, sendero interpretativo, observación de aves, flora y fauna silvestre; *Conservación y restauración de suelos* en el 35% de la superficie de pastizal natural y chaparral, se proponen actividades de ripeo, plantas medicinales y recreación así como obras de restauración y conservación de suelos (Figura 5).

### CONCLUSIONES

Se percibe al ordenamiento del territorio como una herramienta que coadyuva a proporcionar el desarrollo sustentable a partir de los usos del suelo y criterios



**Figura 5.** Mapa de propuesta de ordenamiento del territorio local del Ejido el Jaral  
*Figure 5. Map of proposal for the territorial organization of Ejido el Jaral*

ecológicos locales en el Ejido el Jaral, así como de un mejor sustento en la toma de decisiones en base a las actividades de la restauración y conservación de los ecosistemas que influyen de manera económica y social. Como metodología, está basado en el análisis de sistemas complejos apoyado por la conformación de sistemas de información geográfica que permiten la generación de propuestas en sus diferentes fases. Las políticas ambientales incluyen acciones de conservación, aprovechamiento, restauración y protección. Para el Ejido el Jaral se recomienda: a) conservación para la superficie de bosque; b) aprovechamiento y conservación para el pastizal natural; c) aprovechamiento y restauración para

la superficie de chaparral y d) aprovechamiento mediante uso agrícola. Considerando los criterios de políticas ambientales del territorio se proponen actividades de conservación en el bosque, aprovechamiento y conservación en el pastizal natural, aprovechamiento y restauración en el chaparral y aprovechamiento de la superficie para uso agrícola.

## BIBLIOGRAFÍA

ALCALÁ, J.A., J.C. RODRIGUEZ, C. VILLAR, M. SOSA, G. HEREDIA & H. BOLAÑOS, 2009. Criterios e Indicadores Ambientales como estrategia de Gestión Ambiental en el Ordenamiento Territorial: Bosque Modelo Chihuahua.

- Quebracho-Revista de Ciencias Forestales 17(1-2): 77-87.
- CARAVEO, L.M., 2001. Plan de Desarrollo Urbano del Estado de San Luis Potosí 2001-2020. Gobierno Estatal y Federal. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- DE LA ROSA, D., 2008. Evaluación agroecológica de suelos. Mundi-Prensa Libros. 404 pp
- EBABU, K., A. TSUNEKAWA, N. HAREGEWEYN, E. ADGO, D.T. MESHESHA, D. AKLOG & M. YIBELTAL, 2019. Effects of land use and sustainable land management practices on runoff and soil loss in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. *Science of the Total Environment*, 648: 1462-1475.
- GONZALEZ, R.M., A. ZVOLEFF, M. NOON, H. LINIGER, R., FLEINER, N. HARARI & C. GARCIA, 2019. Synergizing global tools to monitor progress towards land degradation neutrality: Trends. *Earth and the World Overview of Conservation Approaches and Technologies sustainable land management database. Environmental Science & Policy* 93: 34-42.
- GREINER, L., M. NUSSBAUM, A.J. PAPPITZ, S. ZIMMERMANN, A. GUBLER, A. GRÊT-REGAMEY & A. KELLER, 2018. Uncertainty indication in soil function maps—transparent and easy-to-use information to support sustainable use of soil resources. *Soil* 4(2): 123-139.
- INE-SEMARNAP, 2000. Ordenamiento Ecológico General del Territorio, Memoria Técnica 1995-2000. Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental. 540 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), 1984. Cartas temáticas de edafología, uso actual del suelo, uso potencial y topografía; F14A83, escala 1:50 000. Segunda edición. México, D.F.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA (INE), 2000. Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental. 38 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), 2002. Carta estatal de climas escala, 1, 7000,000.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), 2002. Síntesis Geográfica y Anexo Cartográfico del Estado de San Luis Potosí. 112 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), 2005. Guía para la interpretación de Cartografía. Uso potencial del suelo. INEGI (ed.). México. 21pp
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), 2010. Dirección General Adjunta del Censo de Población y Vivienda, 2007-2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI), 2010. Mapa digital para escritorio versión 6.0. <https://www.inegi.org.mx/temas/mapadigital/>
- LIU, S., G. LEI, D. WANG, H., LI & J. GAO, 2020. Reoccupying Ecological Land for Excessively Expanded Rust Belt Cities in Traditional Grain Bases: An Eco-Economic Trade-Off Perspective. *Land* 9(9): 297.
- MELKU DAGNACHEW, M., K. AWDE-NEGEST & K. ASFAW, 2019. Effects of Land Uses on Soil Quality Indicators: The Case of Geshy Subcatchment, Gogeb River Catchment, Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*. Article ID 2306019, 11 pages. <https://doi.org/10.1155/2019/2306019>
- MCKINLEY, V.L., 2019. Effects of Land Use and Restoration on Soil Microbial Communities. En: Hurst C. (Eds.). *Understanding Terrestrial Microbial Communities*. *Advances in Environmental Microbiology* 6. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-10777-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-10777-2_7)
- TAPIA, J.J., J.A. ALCALÁ, J.C. RODRÍGUEZ, A.J. ALONSO, H.J.L. GARCÍA, C. VILLAR & T. IRACHETA, 2010. Uso potencial del suelo del humedal de la Ciéne-

ga de Cabezas, San Luis Potosí, México.  
Multequina 19(2): 93-103.

- VARGAS, R.O., 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2) 221-246. [Fecha de Consulta 5 de octubre de 2020]. ISSN: 0120-548X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3190/319028008017>
- ZANDER, H., 2019. Global Perspectives on landscape and territory. *Landscape Architecture. Frontiers* 7. 98. 10.15302/J-LAF-1-030005.

Recibido: 09/2020  
Aceptado: 11/20201