



Evaluación de la erosión del suelo en la cuenca del Lago de Pátzcuaro mediante la ecuación universal de pérdida de suelo

Evaluation of soil erosion in the Lake Patzcuaro basin using the universal soil loss equation

Jorge Luis Bedolla Cervantes, José Jaime Madrigal Barrera, Sonia Tatiana Sánchez Quispe* 

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México.

Historial

Manuscrito recibido: 9 de enero de 2024
Manuscrito aceptado: 11 de marzo de 2025
Manuscrito publicado: abril 2025

*Autor para correspondencia

Sonia Tatiana Sánchez Quispe
e-mail: quispe@umich.mx
ORCID: 0000-0002-8394-495X

Resumen

La cuantificación de la erosión hídrica de los suelos en cuencas hidrográficas sirve para conocer el grado de su deterioro y para implementar medidas de conservación que minimicen la pérdida del suelo. Dada la carencia de información para cuantificar con precisión la erosión en México, es necesario estudiar su estimación con la información disponible mediante metodologías validadas con información experimental. El objetivo principal de este estudio es cuantificar la magnitud de la erosión hídrica en la cuenca del lago de Pátzcuaro e identificar áreas críticas mediante la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE). La implementación de la USLE ha permitido identificar áreas vulnerables a la erosión y focalizar los esfuerzos de conservación en sectores críticos. Asimismo, proporciona una base científica para la toma de decisiones informadas en términos de planificación territorial, promoción de prácticas agrícolas sostenibles y protección de los recursos hídricos del lago. Los resultados obtenidos se utilizarán para diseñar estrategias de gestión y conservación, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental de la cuenca.

Palabras clave: Erosión hídrica, Lago de Pátzcuaro, USLE

Abstract

The quantification of water erosion of soils in watersheds is useful to know the degree of soil deterioration and to implement conservation measures to minimize soil loss. Given the lack of information to accurately quantify erosion in Mexico, it is necessary to study its estimation with available information using methodologies validated with experimental information. The main objective of this study is to quantify the magnitude of water erosion in the Lake Patzcuaro basin and identify critical areas by applying the Universal Soil Loss Equation (USLE). The implementation of the USLE has made it possible to identify areas vulnerable to erosion and to focus conservation efforts on critical sectors. It also provides a scientific basis for informed decision-making in terms of territorial planning, promotion of sustainable agricultural practices and protection of the lake's water resources. The results obtained will be used to design management and conservation strategies, thus contributing to the environmental sustainability of the watershed.

Keywords: Water erosion, Patzcuaro Lake, USLE

Introducción

La erosión es la remoción de suelo por agentes como la lluvia o el viento y constituye un problema muy severo de degradación ambiental, ya que aproximadamente el 80% de la superficie del planeta presenta este fenómeno, lo que ha provocado que cada año los ríos transporten a los océanos unos 24,000 millones de toneladas de tierra cultivable (Alvarado-Cardona *et al.*, 2007). La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales indica que las causas más comunes de esta degradación

son el pastoreo, la deforestación y las malas prácticas agrícolas (SEMARNAT; 2002).

México tiene graves pérdidas de suelo ocasionadas por la erosión hídrica. Uribe y col. (2002) consideran que el mayor impacto ocurre en terrenos agrícolas de ambientes tropicales y relieve accidentado. Alrededor de 144 millones de hectáreas equivalentes al 75% del total nacional, están afectadas por la erosión; de las cuales 15.9 millones presentan daños severos (Nieves *et al.*, 2001). La recuperación del suelo y su cubierta vegetal es

una tarea urgente por su impacto en el clima, así como la implementación de prácticas agrícolas sustentables a corto, mediano y largo plazo (Giller *et al.*, 2015; Lal *et al.*, 2021).

El riesgo de erosión o erosión potencial se define como el efecto combinado de los factores causales como lluvia, escurrimiento, suelo y topografía (Wischmeier y Smith, 1978). La combinación de estos factores se integra en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, por sus siglas en inglés), aunque los mismos autores reconocen que la USLE fue desarrollada para aplicarse en parcelas, su empleo en áreas mayores como es el caso de una cuenca hidrográfica requeriría de algunas modificaciones. En este sentido, Montes-León (2002), presentó una metodología basada en una modificación de la USLE, utilizand un Sistema de Información Geográfica (SIG) para realizar interpolaciones de mapas representativos de los factores que provocan la erosión, con el propósito de generar un mapa de erosión potencial. De acuerdo con Fu *et al.* (2005), la USLE presenta algunas limitaciones, debido a la heterogeneidad espacial, la precisión, el factor de escala, entre otros.

La cuenca del Lago de Pátzcuaro representa un ecosistema relevante en términos de biodiversidad, recursos hídricos, importancia medioambiental y cultural, y es la fuente principal de sustento para las comunidades locales. Por lo tanto, es esencial entender como los sistemas de cultivo, la intensidad de la labranza y la presencia de cobertura vegetal puede afectar la erosión, y en consecuencia, la calidad del agua (Fisher *et al.*, 2003; Carro *et al.*, 2008).

Este estudio propone examinar como diferentes enfoques de manejo agrícola influyen en los niveles de erosión en la cuenca del Lago de Pátzcuaro. La relevancia de este análisis radica en la necesidad de preservar la salud del suelo y la calidad del agua en una región que desempeña un papel crucial tanto en términos ecológicos como socioeconómicos. Al abordar esta relación entre la actividad humana y la salud del ambiente, se busca promover practicas sostenibles y contribuir al bienestar tanto de la naturaleza como de las comunidades que dependen de ella.

Materiales y métodos

Área en estudio

Este trabajo se realizó en la cuenca del Lago de Pátzcuaro, la cual se localiza en la zona centro-occidente de México, en el estado de Michoacán, en la provincia fisiográfica conocida como Cinturón Volcánico Transmexicano (Figura 1; Medina, 2006).

Estimación de los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE)

La ecuación utilizada para este cálculo es:

$$A = R K (LS) C P \quad (1)$$

donde A es la estimación promedio anual de pérdida de suelo (MG ha^{-1}); R es el factor de erosividad anual de la lluvia [$\text{Mj mm (ha hr)}^{-1}$]; K es el factor de erosionabilidad del suelo [$\text{Mg ha hr (ha Mj mm)}$]; LS representa el factor topográfico (adimensional); C es un factor de manejo y cobertura (adimensional) y P es el factor de prácticas mecánicas de conservación (adimensional).

Factor erosividad de la lluvia (R). La erosividad de la lluvia se determinó con base en registros de ocho estaciones climatológicas ubicadas alrededor de la cuenca en un radio aproximado de 35 km (Tabla 1).

Los datos fueron recopilados de la base de datos de clima computarizado: Climate Computing Project (CLICLOM). Para la obtención de los valores se aplicó la formula del Índice Modificado de Fournier (IMF) que está dado por la relación entre la suma del cuadrado de las precipitaciones mensuales para un año, respecto de la precipitación media anual, tal como se expresa en la siguiente ecuación:

$$IMF = (\sum [PP_{\text{mensual}}]^2) / PP_{\text{anual}} \quad (2)$$

donde: $\sum PP_{\text{mensual}}$ es la suma de las precipitaciones promedio mensuales de cada estación. PP_{anual} es la precipitación promedio anual.

Para encontrar la erosividad total de la cuenca solo es la sumatoria del índice de Fournier.

$$R = \sum IMF \quad (3)$$

Tabla 1. Estaciones meteorológicas seleccionadas.

ID	Estación	Nombre
1	16050	Huaniqueo
2	16055	Jesús del Monte
3	16084	Panindicuaro
4	16087	Pátzcuaro
5	16123	Tacámbaro
6	16127	Taretan (CFE)
7	16142	Zacapu (DGE)
8	16146	Zirahuén

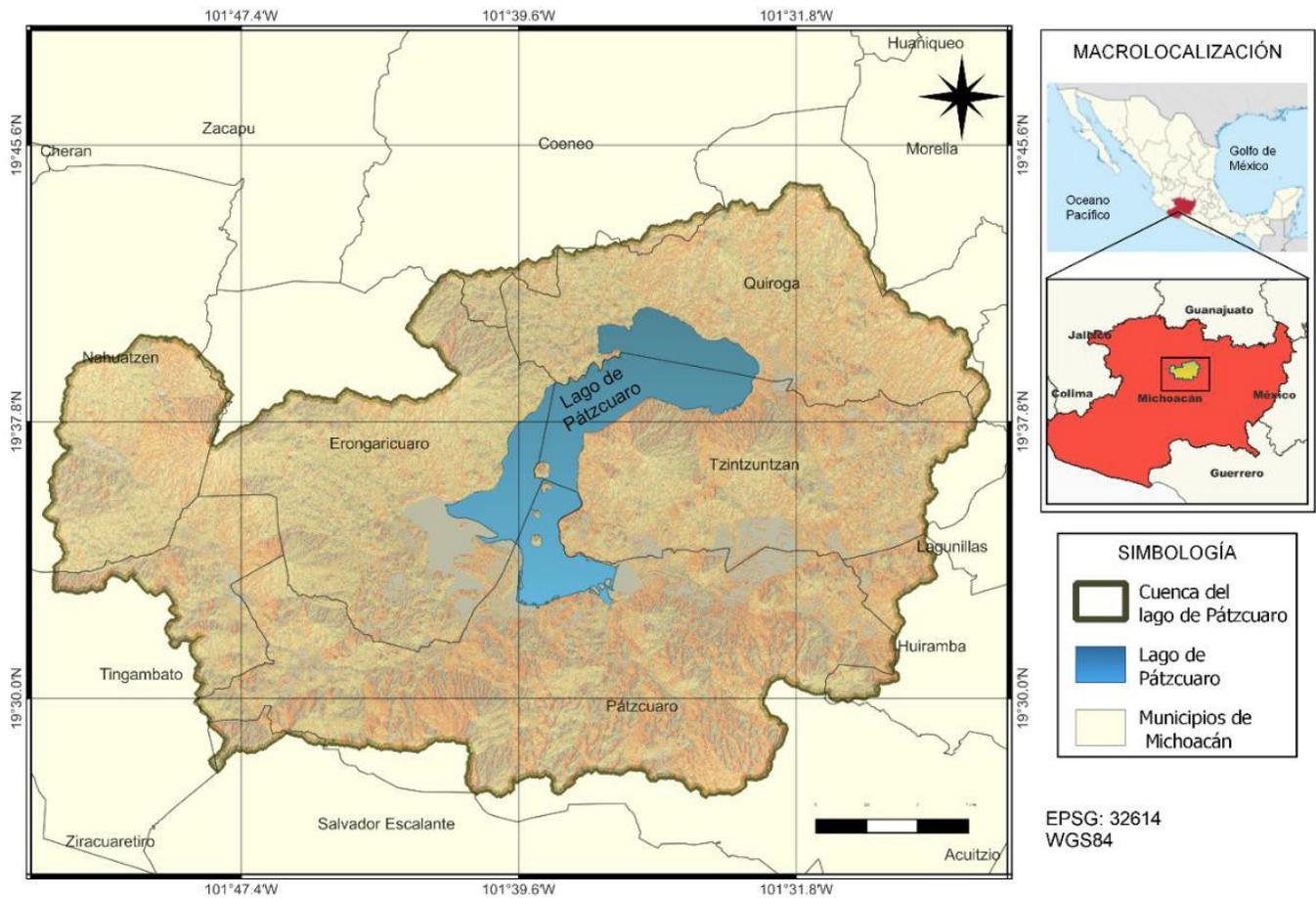


Figura 1. Ubicación del área en estudio. En el centro del mapa se contrasta en color azul el embalse y se indican los municipios circunvecinos.

Factor de erodabilidad del suelo (K). Se define como la tasa de pérdida de suelo por unidad de tiempo y por unidad de longitud de pendiente. En otras palabras, representa la erosividad potencial del suelo. El valor “K” esta influenciado por diversas propiedades físicas del suelo, como su textura, estructura, contenido de materia orgánica y cohesión.

La metodología empleada tradicionalmente es el nomograma de Wischmeier y Smith, una herramienta gráfica que facilita la determinación de este factor. Este nomograma toma en cuenta la textura del suelo (proporciones de arena, limo y arcilla) y el contenido medio de materia orgánica del suelo.

Debido que no se cuenta con información detallada para la aplicación de la metodología tradicional, se aplicó la metodología descrita por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Para la determinación de este factor se utilizó la información edafológica más reciente de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) para posteriormente emplear la clasificación de suelos del WRB (World Reference Base for

Soil Resources). Una vez clasificados los tipos de suelo para la zona de estudio, se le asigna el factor K de acuerdo con la (Tabla 2).

Tabla 2. Factor K, de acuerdo con el tipo de suelo de la clasificación desarrollada por la WRB.

Orden	Textura		
	G	M	F
Acrisol (AC)	0.026	0.04	0.013
Albeluvisol (AL)	0.026	0.04	0.013
Andosol (AN)	0.026	0.04	0.013
Arenosol (AR)	0.013	0.02	0.007
Chernozem (CH)	0.013	0.02	0.007
Calcisol (CL)	0.053	0.079	0.026
Cambisol (CM)	0.026	0.04	0.013
Durisol (DU)	0.053	0.079	0.026
Fluvisol (FL)	0.026	0.04	0.013
Ferrasol (FR)	0.013	0.02	0.007
Gleysol (GL)	0.026	0.04	0.013

Tabla 2. Continuación.

Orden	Textura		
	G	M	F
Gypsisol (GY)	0.053	0.079	0.026
Histosol (HS)	0.053	0.02	0.007
Kastanozem (KS)	0.026	0.04	0.013
Leptosol (LP)	0.013	0.02	0.007
Luvisol (LV)	0.026	0.04	0.013
Lixisol (LX)	0.013	0.02	0.007
Nitisol (NT)	0.013	0.02	0.007
Phaeozem (PH)	0.013	0.02	0.007
Planosol (PL)	0.053	0.079	0.026
Plinthosol (PT)	0.026	0.04	0.013
Regosol (RG)	0.026	0.04	0.013
Solanchak (SC)	0.026	0.04	0.013
Solonetz (SN)	0.053	0.079	0.026
Umbrisol (UM)	0.026	0.04	0.013
Vertisol (VR)	0.053	0.079	0.026

Factor de longitud y grado de pendiente (LS). El factor L representa la distancia a lo largo del flujo de agua desde el inicio del declive hasta el punto de interés. Cuanto mayor es la longitud del declive, mayor es la contribución a la erosión. El factor S indica la inclinación del terreno. Pendientes más pronunciadas tienden a aumentar la velocidad del agua, lo que puede llevar a una mayor erosión. La metodología empleada para la determinación de este factor utiliza un modelo digital de elevaciones para conocer primero el factor L posteriormente el factor S, para finalmente obtener el producto de estos dos factores (Renard, 1997).

Tabla 3. Factor C para vegetación y/o uso de suelo.

Vegetación y/o uso de suelo	C	Vegetación y/o uso de suelo	C
Bosque de ayarín	0.01	Pastizal gipsófilo	0.25
Bosque de cedro	0.01	Pastizal halófilo	0.25
Bosque de encino	0.1	Pastizal inducido	0.02
Bosque de encino-pino	0.01	Pastizal natural	0.07
Bosque de galería	0.1	Popal	0.85
Bosque de oyamel	0.01	Pradera de alta montaña	0.05
Bosque de pino	0.01	Sabana	0.54
Bosque de pino-encino	0.01	Sabanoide	0.54
Bosque de tascate	0.01	Selva alta perennifolia	0.45
Bosque mesófilo de montaña	0.01	Selva alta subperennifolia	0.45
Chaparral	0.65	Selva baja caducifolia	0.5
Manglar	0.1	Selva baja espinosa caducifolia	0.5

Factor de cobertura vegetal (C). Este factor tiene en cuenta la presencia y eficiencia de la vegetación en la reducción de la erosión del suelo. El factor C varía entre 0 y 1, donde 0 indica ninguna protección por vegetación y 1 indica una protección completa. Este factor destaca la importancia de mantener y fomentar la cobertura vegetal como una estrategia eficaz para reducir la pérdida de suelo debido a la erosión. La vegetación actúa como una barrera natural, mitigando el impacto de las fuerzas erosivas del agua y el viento.

Para la determinación de este factor se utilizó la información de uso de suelo y vegetación, escala 1:250000 del año 2021 de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) para posteriormente clasificar cada tipo de vegetación, agricultura e información ecológica de acuerdo con la **Tabla 3**.

Una vez obtenidos los mapas de valores de los factores involucrados se procede a reclasificar los mapas en clase normal (<0.5 T/ha/año), ligera (0.5-5 T/ha/año), moderada (5-15 T/ha/año), severa (15-50 T/ha/año), muy alto (50-200 T/ha/año) y catastrófica (>200 T/ha/año) de pérdida de suelo. Esto con la finalidad de observar las zonas con mayor afectación.

Esquema de integración de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) a un SIG

El SIG utilizado para este estudio fue Qgis, ya que es un software libre y de código abierto para cualquier plataforma. Para el correcto uso de este SIG primero se reúnen los datos necesarios que involucran la ecuación USLE para continuar con la rasterización y por último utilizar herramientas de análisis especial para combinar los factores y generar la estimación de la erosión del suelo.

Tabla 3. Continuación.

Vegetación y/o uso de suelo	C	Vegetación y/o uso de suelo	C
Matorral crasicaule	0.65	Selva baja espinosa subperennifolia	0.5
Matorral de coníferas	0.2	Selva mediana caducifolia	0.45
Matorral desértico micrófilo	0.25	Selva mediana subcaducifolia	0.45
Matorral desértico roetófilo	0.25	Tular	0.45
Matorral espinoso tamaulipeco	0.45	Vegetación de desiertos arenosos	0.1
Matorral rosetófilo costero	0.25	Vegetación de dunas costeras	0.85
Matorral sarcocaule	0.25	Vegetación de galería	0.85
Matorral sarco-crasicaule	0.25	Vegetación halófila	0.85
Matorral sarco-crasicaule de neblina	0.25	Zona urbana	0.005
Matorral submontano	0.35	Cuerpos de agua	1
Matorral subtropical	0.12	Agricultura en riego	0.55
Mezquital	0.65	Agricultura de temporal	0.75
Palmar inducido	0.75	Agricultura de humedad	0.25
Palmar natural	0.75	Costero	1

Resultados y discusión

La cuenca del Lago de Pátzcuaro es una cuenca endorreica con una superficie de 929 km², sus niveles sobre el nivel medio del mar van desde 2035 m.s.n.m. en la parte más baja de la cuenca y hasta 3300 m.s.n.m. en el parteaguas de la cuenca. De acuerdo con INEGI (2020), la cuenca se encuentra en el territorio de 9 municipios del estado de Michoacán (**Tabla 4**).

La población en la cuenca es aproximadamente de 141,239 personas según el último censo de población INEGI (2020). El clima predominante en la cuenca es C (w2), clima templado subhúmedo con temperatura media anual entre 14 a 20 °C y precipitación anual de 800 a 1,200 mm.

Tabla 4. Porcentaje de territorio por cada municipio.

Estado	Municipio	Porcentaje	
		Total	Parcial
Michoacán de Ocampo		100.00	
	Pátzcuaro		31.34
	Erongarícuaro		17.84
	Tzintzuntzan		17.77
	Quiroga		16.6
	Nahuatzen		7.31
	Tingambato		5.15
	Huiramba		1.68
	Coeneo		1.4
	Salvador Escalante		0.91

La cuenca del Lago de Pátzcuaro presenta una gran variedad de tipos de suelo debido a su diversidad geográfica y climática, incluyendo andosoles, que son suelos volcánicos ricos en nutrientes; vertisoles, que tienen alta capacidad de retención de agua; cambisoles, que se forman en suelos jóvenes y pueden ser fértiles; y luvisoles, que se encuentran en zonas más altas y tienen horizontes de lixiviación. Estos diferentes tipos de suelo influyen en la vegetación, la agricultura y la biodiversidad en la cuenca del Lago de Pátzcuaro (**Tabla 5**).

Tabla 5. Tipos de suelo en la cuenca del lago de Pátzcuaro.

Código	Descripción
LC	Luvisol crómico
AH	Acrisol húmico
AO	Acrisol órtico
TH	Andosol húmico
TO	Andosol órtico
BD	Cambisol dístrico
BE	Cambisol éutrico
HL	Feozem lúvico
GM	Gleysol mólico
I	Litosol
LO	Luvisol órtico
LV	Luvisol vértico
WM	Planosol mólico
U	Rankel
VP	Vertisol pélico

La cuenca presenta una variada gama de usos de suelo y tipos de vegetación debido a su topografía, clima y actividades humanas, existen aquí áreas agrícolas, zonas urbanas y suburbanas, bosques y pastizales. De acuerdo con la metodología descrita, los valores del factor de erosividad (R) varían entre 154.24 MJ.mm/ha.h para una PMA de 899.10 mm, y 167.66 MJ.mm/ha.h para una PMA de 997.35 (Tabla 6; Figura 2a).

El factor de erodabilidad del suelo K fue determinado mediante la descarga del mapa de edafología en el portal de CONABIO. Fue necesario hacer una reclasificación para cada uno de los tipos de suelos existentes en la zona. Dicho factor presenta una variación de 0.013 hasta 0.079

Tabla 6. Valor de R para cada estación meteorológica

ID	Estación	Nombre	Pmm Anual	Factor R
1	16050	Huaniqueo	899.10	154.24
2	16055	Jesús del Monte	1044.82	168.89
3	16084	Panindicuaro	916.70	154.11
4	16087	Pátzcuaro	1021.77	164.35
5	16123	Tacámbaro	1104.39	189.00
6	16127	Taretan (CFE)	1019.34	169.73
7	16142	Zacapu (DGE)	905.86	153.51
8	16146	Zirahuén	997.35	167.66

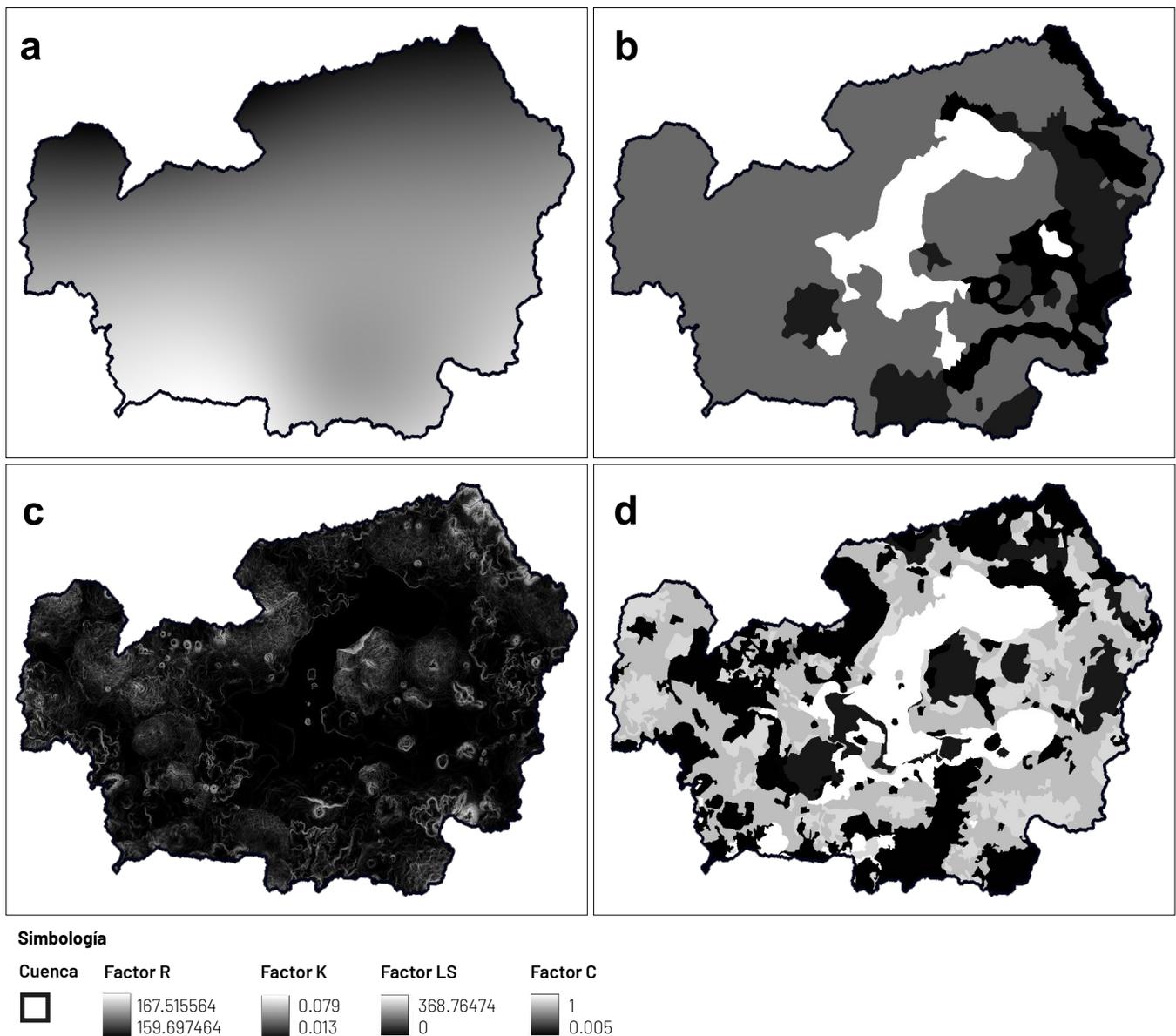


Figura 2. Factores de la Ecuación Universal de Perdida de Suelo a) Factor R (MJ.mm/ha.h), b) Factor K (ton.h/MJ.mm), c) Factor LS, d) Factor C.

ton.h/MJ.mm. Para los cuerpos de agua se considera un valor de 1.00 (**Figura 2b**).

Referente al factor LS (**Figura 2c**), los valores más altos representan las pendientes pronunciadas y los valores más bajos son las zonas de planicie. Para este caso, en las partes altas presentan un valor de 368.76 y en las partes bajas de 0.013.

El factor de cobertura vegetal C (**Figura 2d**) se obtuvo de la información de uso de suelo y vegetación, escala 1:250000 del año 2021 de la CONABIO, este factor presenta valores desde 0.005 a 0.85. Teniendo en cuenta que para los cuerpos de agua el valor es 1.00.

Con todos los factores que integran la ecuación USLE debidamente recopilados, solo resta multiplicar estos valores en un solo producto para obtener la erosión hídrica. Los valores resultantes se dividieron en 6 rangos de acuerdo con la **Tabla 7** y se muestran en la **Figura 3**.

En la **Tabla 8**, se puede ver cómo está distribuida la erosión hídrica en toda la cuenca del Lago de Pátzcuaro.

Tabla 7. Tolerancias establecidas por la FAO

Nivel de erosión	T/ha/año
Normal	<0.5
Ligera	0.5-5
Moderada	5-15
Severa	15-50
Muy Alto	50-200
Catastrófica	>200

Tabla 8. Distribución de la erosión hídrica en la cuenca

Nivel de erosión	T/ha/año	Superficie afectada en km ²	Superficie afectada en %
Normal	<0.5	32.48	4.44%
Ligera	0.5-5	174.35	23.83%
Moderada	5-15	114.8	15.69%
Severa	15-50	123.67	16.91%
Muy Alto	50-200	168.09	22.98%
Catastrófica	>200	118.13	16.15%

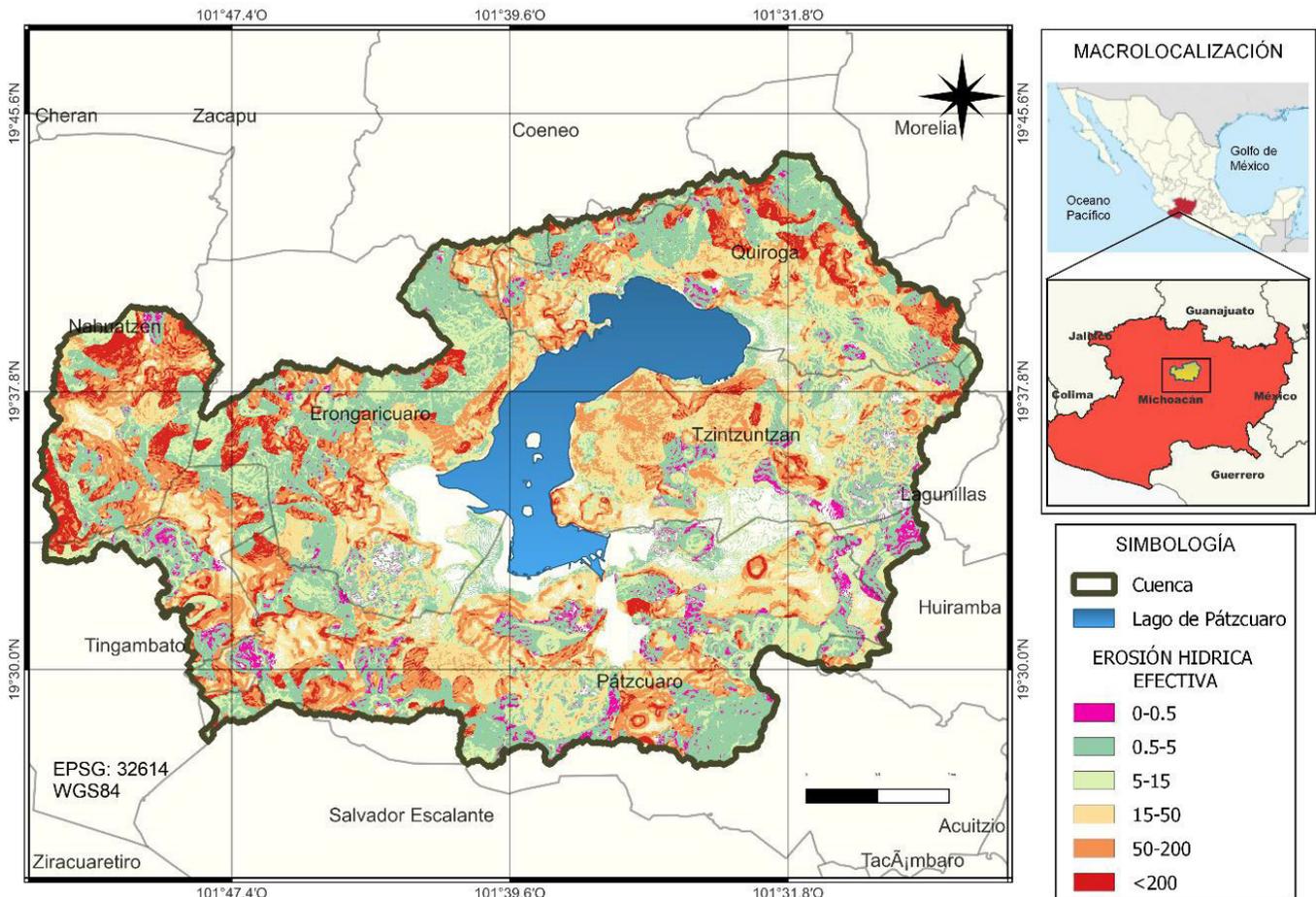


Figura 3. Mapa Erosión Hídrica Efectiva.

Conclusiones

La aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) en la cuenca del Lago de Pátzcuaro ha arrojado luz sobre los desafíos y las oportunidades para la conservación y el manejo sostenible de este ecosistema. Mediante la evaluación de los factores de erosión, como la erosividad de la lluvia, la pendiente y el uso del suelo, se ha logrado comprender mejor los procesos que influyen en la pérdida de suelo en la región. También ha permitido identificar áreas vulnerables a la erosión y focalizar los esfuerzos de conservación en sectores críticos, y proporciona una base científica para la toma de decisiones informadas en términos de planificación territorial, promoción de prácticas agrícolas sostenibles y protección de los recursos hídricos del lago.

Los resultados de esta aplicación han sido cruciales para sensibilizar a las comunidades locales y a las partes interesadas sobre la importancia de abordar la erosión del suelo en un entorno de crecimiento económico y desarrollo. No obstante, es esencial destacar que la aplicación de la USLE es solo un componente de un enfoque integral para la gestión de la cuenca del Lago de Pátzcuaro. Las soluciones efectivas deben ser multidisciplinarias e involucrar a las partes interesadas, desde agricultores hasta autoridades gubernamentales. Además, la recopilación continua de datos precisos y la actualización de los factores de la USLE son cruciales para mantener la eficacia de las estrategias de conservación a lo largo del tiempo. Su éxito dependerá de la colaboración continua y la implementación de medidas holísticas que promuevan la sostenibilidad ambiental y el bienestar de las comunidades locales en esta región emblemática.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por el apoyo económico de una Beca para realizar estudios de posgrado en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Referencias

Alvarado-Cardona M, Colmenero RJA, Valderrábano AML (2007). La erosión hídrica del suelo, en un contexto ambiental, en el estado de Tlaxcala. *Ciencia ergo sum* 14(3):317-326.

Carro MM, Dávila JI, Balandra AG, López RH, Delgadillo RH, Chávez JS, Inclán LB. (2008). Importance of diffuse pollution control in the Patzcuaro Lake Basin in Mexico. *Water Sci Technol*. 58(11):2179-86. doi: 10.2166/wst.2008.820.

CLICOM. (2018). Climate Computing Project. CICESE. <http://cli->

com-mex.cicese.mx/

Fisher CT, Pollard HP, Israde-Alcántara I, Garduño-Monroy VH, Banerjee SK (2003). A reexamination of human-induced environmental change within the Lake Pátzcuaro Basin, Michoacán, Mexico. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 100(8):4957-62. doi: 10.1073/pnas.0630493100.

Fu BJ, Zhao WW, Chen LD, Zhang QJ, Lü YH, Gulinek H, Poesen J (2005). Assessment of soil erosion at large watershed scale using RUSLE and GIS: a case study in the Loess Plateau of China. *Land Degradation & Development* 16 (1):73-85.

Giller KE, Andersson JA, Corbeels M, Kirkegaard J, Mortensen D, Erenstein O, Vanlauwe B. (2015). Beyond conservation agriculture. *Front Plant Sci*. 6:870. doi: 10.3389/fpls.2015.00870.

INEGI. (2020). Cuenca hidrológica Lago de Pátzcuaro. www.inegi.org.mx

Lal R, Monger C, Nave L, Smith P. The role of soil in regulation of climate (2021). *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 376(1834):20210084. doi: 10.1098/rstb.2021.0084.

Medina H (2006). Dinámica de nutrientes en el litoral lacustre del Lago de Pátzcuaro, michoacán. Tesis de Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.

Montes León MAL (2002) Predicción de la Erosión Hídrica para la Elaboración de Planes de Conservación de Suelos a Nivel Cuenca. Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro 110 pp.

Nieves J, García L, Cardoza R (2001). La degradación de los suelos en México. In: Palacio P JL, González LL, Vázquez-Selem L, Bocco G, McClung E, Alcántara I, Imbar M, Sala M (Organizing committee). *Proceeding of the International Symposium on Land Degradation*. May 7-14. IGV. Commission on Land Degradation and Desert of Geography (COMLAND), Institute of Geography, Institute of Ecology, Institute of Anthropology, and National Autonomous University of Mexico (UNAM), México.

Renard KG, Foster GR, Weeises GA, McCool DK, Yoder DC (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *Agriculture Handbook Number 703*. Washington, D.C.: USDA-ARS.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2002). Evaluación de la degradación del suelo causado por el hombre en la República Mexicana Escala 1:250.000. Memoria Nacional. México, D. F. 76 pp.

Uribe GS, Nicolás N, Turrent A (2002). Pérdida de suelo y nutrimentos en un entisol con prácticas de conservación en los Tuxtlas, Veracruz, México. *Agrociencia* 36: 161-168.

Wischmeier W y Smith D (1978). "Predicting rainfall erosion losses", *Agriculture! Handbook 537*, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, D. C.