

DINÁMICA DE LA EROSIÓN EN UNA CÁRCAVA EN LA CUENCA DE CUITZEO, MICHOACÁN, MÉXICO

Cutzi Bedolla-Ochoa¹, Arcelia Cabrera-González¹, Christian Prat² y Lenin E. Medina-Orozco¹
1 Facultad de Biología, U.M.S.N.H., 2 IRD-LTHE, Francia/UNAM-CIECO
luna_cz@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó la dinámica de erosión en una cárcava de la caldera de Atécuaro en la cuenca del Lago de Cuitzeo. Se caracterizó edáficamente el área, se determinó el tamaño y la estabilidad de los microagregados del suelo y se generó información cuantitativa de la tasa de erosión a través de los cambios topográficos del área y mediante el muestreo de sedimentos. Los resultados indican que el suelo es de tipo Acrisol, arcilloso (70%), ácido, con bajo contenido de materia orgánica y nutrimentos, y de baja erodabilidad (K). La forma, ancho y longitud de la cárcava permiten que los procesos erosivos sean más recurrentes, lo que se incrementa por la escasa cobertura vegetal. La mayor proporción de microagregados se concentró en tamaños de 1.00 mm en promedio. La cabecera de la cárcava presentó mayor estabilidad que la parte baja debido a que esta última tiene mayor pendiente, mayor contenido de arena y microagregados de mayor tamaño. La estimación de pérdida de suelo, a partir de los modelos digitales de elevaciones (MDE), reportó un volumen total de 9.05 m³ (7.0 mm año⁻¹), que comparado con el sedimento colectado proporcionó una diferencia de 7.7%, error razonable para modelos de erosión. Para explicar la pérdida de suelo se analizó la precipitación, intensidad de la lluvia y energía cinética, encontrando que no presentaron una marcada diferencia entre los periodos de estudio (2004-2006); sin embargo el número de días entre cada evento de lluvia pudo ser el factor determinante en dicha diferencia. Se sugiere que la cárcava está en proceso de equilibrio, lo que se ve reflejado en un alto porcentaje de zonas estables (46.50%), por lo que posiblemente la abundancia de éstas en el paisaje es producto de una erosión por pulsos.

Palabras clave: Erosión, cárcava, topografía, MDE, microagregados.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de los procesos erosivos es de gran importancia debido a que ofrece información para conocer la mecánica del fenómeno y para ayudar a implementar las medidas correctivas más apropiadas para su control, permitiendo así el mejor uso del suelo de acuerdo con su capacidad productiva. La erosión en su contexto global no solo implica el proceso físico del desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo, sino también la disminución de la potencialidad de producción del terreno, generando muchas veces grandes problemas de acarreo de sedimentos, los cuales son depositados en las partes bajas de las cuencas, afectando terrenos altamente productivos y reduciendo la vida útil de los sistemas de almacenamiento (Oropeza, 1996).

En la cuenca del Lago de Cuitzeo se ha detectado la presencia de fenómenos erosivos de considerable magnitud, esto implica la degradación de vastas áreas de terreno convertidas en zonas inestables e improductivas, lo cual ha provocado su avanzada degradación (Medina-Orozco, 2002). Por otro lado, los procesos erosivos repercuten en una propiedad de gran importancia para el suelo: la estabilidad de los microagregados, propiedad que se relaciona estrechamente con múltiples factores físicos, químicos y biológicos, que actúan directa e indirectamente causando alteraciones en el comportamiento del suelo.

Atendiendo a las consideraciones anteriores, y tomando en cuenta que se han llevado a cabo diferentes investigaciones en el área, acerca de la degradación que sufre la cuenca, la cual por su complejidad se requieren de mayores estudios para lograr obtener una explicación de los factores que intervienen en su deterioro; este proyecto surge por la necesidad de obtener mayores y mejores respuestas. Asimismo, se pretende contribuir con nuevas técnicas para conocer la dinámica de erosión, mediante prácticas modernas de análisis que se basan en información georeferenciada e información obtenida directamente en el área de estudio. Las investigaciones realizadas en cárcavas son escasas, y en particular para la zona de estudio se carece de trabajos al respecto, por lo que la presente investigación constituye la base para futuras investigaciones que tengan como fin la generación de conocimiento y tecnologías para contribuir a la solución de la problemática planteada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro de las zonas de cárcavas en la caldera de Atécuaro, que se ubica en la cuenca del Lago de Cuitzeo, se seleccionó una cárcava representativa; ésta se ubica en el paraje "La Ciénega", sobre una loma geográficamente localizada entre las coordenadas 19°35.294' LN y 101° 12.234' LO, a una altitud de 2227 msnm. Ocupa una área de 704.0 m², caracterizada por presentar pendientes fuertes (25%) (Figura 1).

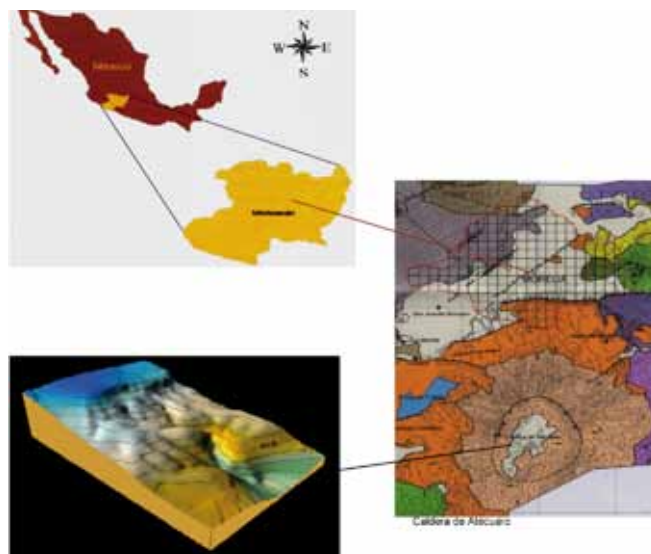


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio

La caracterización edáfica se realizó con base en la información de los análisis físicos y químicos proporcionados por investigadores del Proyecto REVOLSO (2002); y para complementarla, se describió el sitio de trabajo y la morfología de un perfil de suelo con base en el manual para la descripción de perfiles de suelo en campo (Cuanalo, 1990). Los parámetros seleccionados, por ser las propiedades de mayor influencia en la resistencia del suelo a ser degradado, fueron textura por el método de la pipeta de Lowy, materia orgánica y carbono orgánico por el método de Walkley y Black (ISRIC, 1995). Las características morfométricas de la cárcava se determinaron mediante los métodos propuestos por Henao (1988) y Sánchez (1987). Estos parámetros se relacionaron considerando la capacidad de la cárcava para captar y evacuar agua, y por su grado de erosionabilidad.

Para obtener el tamaño de los microagregados, se tomaron muestras de suelo en ocho sitios establecidos a lo largo del cauce de la cárcava, y siete sitios en los taludes, y muestras de los dos contenedores de sedimentos colocados en el área. Las muestras previamente secadas al aire se tamizaron en un aparato mecánico, el contenido de suelo retenido en cada tamiz se pesó y se calcularon proporciones para cada tamaño de microagregados.

En los mismos sitios se tomaron muestras para determinar la estabilidad de los microagregados menores de 2 mm. El análisis se realizó en húmedo de acuerdo con Kemper (1965). Para la estimación de la pérdida de suelo a partir de modelos digitales de terreno (MDE), se efectuaron tres levantamientos topográficos a detalle: el 4 de junio de 2004, 12 de abril de 2005 y 21 de febrero de 2006 con ayuda de un sistema GPS (Global Positioning System) denominado Estación Total (taquímetro electrónico), el cual proporcionó un registro de datos de manera automática aplicando la técnica de levantamiento por radiaciones, obteniendo cartas topográficas con isohip-

sas reales a cada 0.5 m.

En el levantamiento topográfico se realizó un barrido del área hasta cubrir la totalidad de la superficie; el número de puntos registrados para cada medición fue de 2230 (junio 2004), 2443 (abril, 2005) y 2176 (febrero 2006), la distancia entre cada uno de los puntos se determinó con base en las deformaciones de la superficie, de tal manera, que a mayor cantidad de deformaciones o variaciones de pendiente, mayor densidad de puntos, logrando registrar las variaciones de inclinación de la superficie así como las deformaciones de mayor interés.

El volumen de pérdida de suelo se determinó a través de los cambios morfológicos de la cárcava detectados por la sobreposición de cortes longitudinales sobre los MDE, utilizando el software AutoCAD 2005. Y posteriormente se realizó un mapa de las zonas de erosión, depositación y de áreas estables por sobreposición de los MDE utilizando el SIG Ilwis versión 3.1.

Previo a la interpretación de las pérdidas de suelo, se efectuó un análisis de los datos de precipitación de la estación climatológica automatizada del paraje "La Ciénega", ubicada a menos de 500 m del sitio de estudio, analizando la distribución mensual de la cantidad de lluvia, con el apoyo de un programa de cómputo desarrollado por el IRD (Institut de Recherche Pour le Développement).

La cuantificación de sedimentos en los contenedores se realizó para comparar el volumen de pérdida de suelo calculado con los MDE versus el volumen de suelo realmente perdido. Antes de iniciar la temporada de lluvias se instalaron dos contenedores o diques. Los contenedores se inspeccionaron y vaciaron semanalmente, colocando el sedimento en costales. Posteriormente se registró el peso del sedimento en húmedo y en seco (24 h a 105 °C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suelo del sitio se caracteriza por ser altamente arcilloso (70%), con grietas de poca amplitud pero profundas, cuando está seco; presenta un intenso desarrollo de motas de manganeso dentro de los primeros 70 cm de profundidad, causados por reducción del hierro. Como resultado de los análisis físico-químicos, corresponde a un suelo muy ácido, con bajo contenido de materia orgánica y nutrientes. El valor de la erodabilidad (K) es catalogado como bajo. De acuerdo con la clasificación FAO (1988), este suelo pertenece a la unidad Acrisol.

En general todo el perfil del suelo (0-150 cm) corresponde a la clase textural arcillosa (57.80% - 60.50%), sin embargo, a una profundidad de 50 a 100 cm el porcentaje de arcilla decrece en 10%. La presencia de arcilla permite al suelo una buena agregación, pero con problemas de infiltración y encostramiento (Ortiz y Cuanalo, 1981). Los porcentajes de materia orgánica y de carbono orgánico son bajos (2.2 %), concentrándose el mayor valor en el horizonte superficial. Lo anterior repercute en características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas, y es una causante para que las cárcavas carezcan de cobertura vegetal.

Morfométricamente, por su superficie, la cárcava bajo estudio se considera pequeña, lo cual ocasiona mayor posibilidad de pérdida de suelo y de que el material arrastrado salga de la misma. Su forma es oval-redonda u oval oblonga, lo que implica

que las distancias relativas de los puntos de la divisoria con respecto a uno central no presenten diferencias, y el tiempo de concentración se haga menor. Por la forma, ancho y longitud que presenta la cárcava, ésta cuenta con características que permiten que los procesos erosivos sean más recurrentes; además de que se aumenta el riesgo de erosión por presentar una escasa cobertura vegetal tanto en los márgenes como al interior de la cárcava. La pendiente se considera fuerte y el perfil topográfico sugiere una tendencia cóncava lo que permite inferir, cuando menos para el plazo corto, que la cárcava está en proceso de estabilidad. El sistema de drenaje de tipo dendrítico indica condiciones homogéneas del área drenada y permite que el agua se transporte en toda dirección, y que la capacidad de transporte de sedimentos sea mayor.

El tamaño de los microagregados del suelo para los sitios de muestreo que se establecieron a lo largo del cauce de la cárcava y los taludes, se concentraron en 2.00, 1.00 y 0.50 mm, siendo la fracción modal la correspondiente a 1.00 mm (Figura 2). La fracción adecuada que permite una mejor infiltración y penetración de las raíces corresponde a microagregados de 1.00 a 2.00 mm de diámetro, por lo que el resultado obtenido indica que respecto a esta característica, en la cárcava el riesgo de sufrir compactación por el efecto de la lluvia y el pisoteo de animales disminuye (Kohnke, 1968). En el colector de sedimentos 1 el tamaño de los agregados fue de 1.00 mm, y en el colector 2 fue de 2.00 mm (Figura 3).

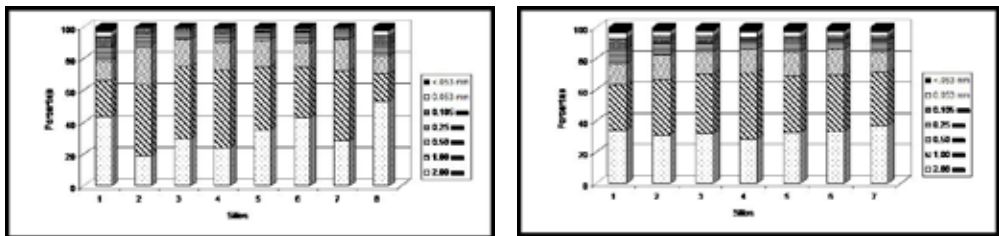


Figura 2. Distribución del tamaño de los microagregados para los sitios de muestreo siguiendo el cauce y los taludes de la cárcava, respectivamente.

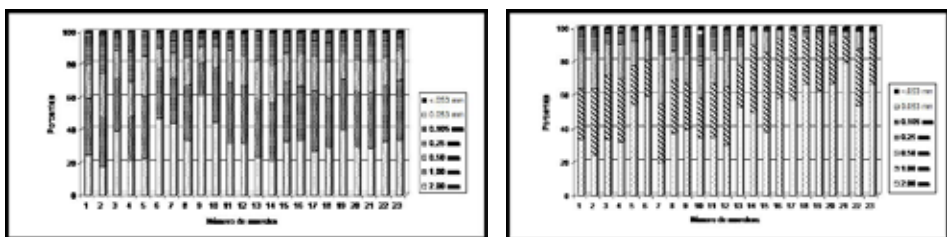


Figura 3. Distribución del tamaño de los microagregados para los colectores 1 y 2.

La estabilidad de microagregados para el cauce de la cárcava tuvieron valores límites entre 44% y 11% disminuyendo a medida que descendió el cauce, lo que indica una estrecha relación entre la estabilidad y la evolución del cauce aguas abajo. Del total de las muestras analizadas, 63% corresponde a fracciones estables, de acuerdo con lo límites (30%) reportados por Leenheer y de Boedt (1958). Los

microagregados en los taludes alcanzaron valores altos, siendo el mayor 73% y el más bajo 33%. Caesar-TonThat y Cochran (2000), y Rilling et al. (2002) reportan en sus investigaciones porcentajes promedio de buena estabilidad de microagregados del 60%.

La estabilidad de los microagregados presentó una correlación inversamente proporcional con el contenido de partículas de arena para cauce ($r^2= 0.76$) y para taludes ($r^2= 0.98$). El contenido de arenas se relacionó directamente con la estabilidad de microagregados (Figura 4). Esta variable es la que explica mejor la estabilidad de los microagregados.

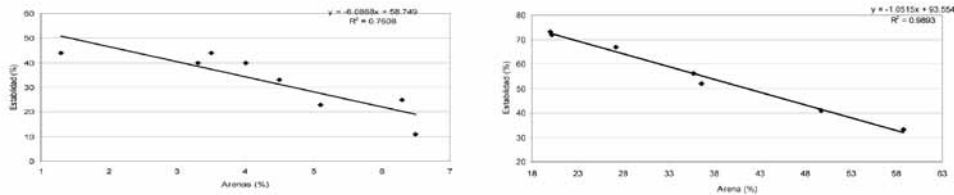


Figura 4. Relación entre la estabilidad de microagregados y contenido de arena en el cauce y taludes de la cárcava.

Para los contenedores de sedimentos se reportan valores de 64% y 61% respectivamente, los cuales se interpretan como valores altos. En el cauce de la cárcava la mayor estabilidad en la parte alta se asocia a un menor contenido de arena y a pendientes menos pronunciadas, esta misma relación se observa entre el contenedor uno y el contenedor dos; el primero localizado en la parte alta de la cárcava, con microagregados de 1.00 mm, pendientes del 25% a 50%, con porcentajes de arena de 7.6 y estabilidad de microagregados del 64%. El segundo contenedor con microagregados de 2.00 mm, pendientes de 50% a 100%; 16% de arenas y estabilidad de agregados del 61%. Con base en el mapa de erosión-sedimentación (Figura 5), la cabecera de la cárcava presentó mayor estabilidad que la parte baja. Se concluye que existe una relación directa entre el tamaño de los microagregados, la estabilidad, el contenido de arena y la pendiente del terreno. Microagregados de 1.00 mm representan el rango de mayor estabilidad. A mayor pendiente y mayor contenido de arena, menores niveles de estabilidad, ya que el flujo de agua tiene más energía para desprender microagregados de mayor tamaño, por lo tanto la cabecera de la cárcava presenta mayor estabilidad, y la parte baja representa zonas de erosión. En general la cantidad de materia orgánica en los agregados estudiados es baja.

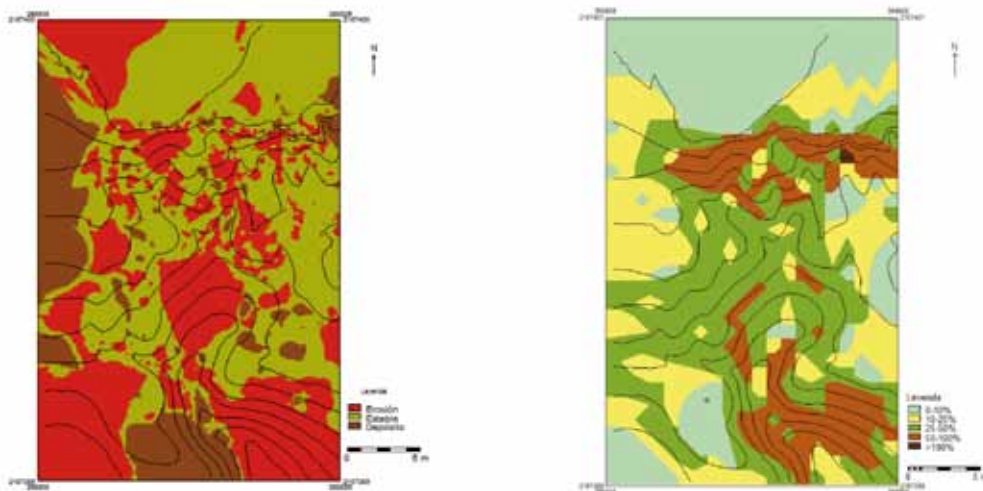


Figura 5. Mapa de pendiente y mapa de zonas estables, de erosión y depósito en la cárcava.

Considerando los levantamientos topográficos para cada modelo topográfico se obtuvieron 32 secciones transversales, con una resolución de un metro entre cada sección; por sobreposición se identificaron las modificaciones del terreno ocurridas en cada periodo, es decir, las zonas de arrastre y las de acumulación del suelo. Se obtuvo una pérdida de suelo total de 9.05 m^3 (11.4 t) para el periodo 2004-2006 distribuido de la siguiente manera: 3.3 m^3 (4.15 t) para el 2005 y para el 2006 el volumen fue de 5.7 m^3 (7.24 t), el cual registró la mayor cantidad de sedimento. Los cambios en la superficie del terreno representaron una pérdida de 7.0 mm de suelo por año.

Con la colecta de sedimentos en los dos contenedores, se obtuvo una pérdida total de 7.855 t (6.233 m^3) para el periodo del 6 de junio al 8 de noviembre de 2006, distribuida para el colector 1 con 0.895 t (0.710 m^3), el cual fue ubicado cerca de la cabecera de la cárcava. El colector 2 almacenó mayor cantidad de sedimentos (6.959 t ó 5.523 m^3). Esto sugiere que la zona que aporta sedimento al segundo contenedor presenta pendientes más pronunciadas, provocando que el desprendimiento del material edáfico fuera mayor que en el primer caso.

Los datos de lluvia reportaron que el 80% de los eventos tienen poca capacidad erosiva, por lo que esto pudo contribuir a que el material perdido se transportara a través de la cárcava lentamente cambiando los sitios de pérdida-depositación conforme presentaron los eventos de lluvia. Con base en la anterior, y para explicar porque durante el periodo 2005-2006 se obtuvo un volumen mayor de suelo perdido, se analizaron los datos de precipitación, intensidad de la lluvia y energía cinética encontrando que ninguno de estos factores determinó la diferencia entre los periodos de estudio; sin embargo, la diferencia de días entre cada evento de lluvia pudo ser el factor determinante en la diferencia de volúmenes, ya que los eventos durante el periodo 2005-2006 fueron más cercanos entre sí, lo cual provocó que el suelo llegara a su punto de saturación más rápido y el contenido de humedad fuera

mayor, facilitando el escurrimiento superficial.

CONCLUSIONES

Los suelos sobre los cuales se ha desarrollado una alta densidad de cárcavas son de tipo Acrisol con características texturales arcillosas (70%), ubicados sobre laderas, pobres en materia orgánica (< 2.2%) y carbono orgánico menor de 1.2%, y densidad aparente de 1.2 g cm^{-3} . Estas características causan problemas de encostramiento y disminuyen la infiltración. La baja fertilidad, alto contenido de arcilla, densidad aparente alta (compactación) y pendientes pronunciadas provocan que no se establezca vegetación sobre la cárcava.

Morfométricamente la cárcava bajo estudio es potencialmente erosiva permitiendo que el transporte de material edáfico sea recurrente. La pendiente de los taludes se considera accidentada, el drenaje es de tipo dendrítico lo que permite el aporte uniforme de sedimentos, sin embargo, el perfil topográfico (longitudinal) sugiere que la cárcava está en proceso de equilibrio, lo que se ve reflejado en que el 46.5% corresponda a zonas estables.

El tamaño predominante de los microagregados presentes en la cárcava fue de 1.00 mm, lo cual se considera apropiado para una estructuración adecuada del suelo, esto explica parcialmente que la cárcava se encuentre en estado de equilibrio. La estabilidad de microagregados fue buena en toda la cárcava, la cual estuvo correlacionada en proporción inversa con la cantidad de arena y la pendiente del terreno.

El 83% de las lluvias ocurridas durante los tres años de estudio fueron potencialmente no erosivas, con intensidades muy bajas y una energía cinética que se relaciona ligeramente con la pérdida de suelo. Lo cual sugiere que pocos eventos de lluvia son capaces de provocar erosión.

La pérdida de suelo calculada con los MDE's fue de 3.3 m^3 para el 2005 y para el 2006 el volumen de pérdida fue de 5.75 m^3 , registrando un total de 9.05 m^3 . A pesar de que la cantidad e intensidad de la lluvia fue mayor en 2005 con respecto a 2006, se perdió menor cantidad de suelo; esto posiblemente se explica porque los eventos de lluvia fueron más espaciados entre sí, dando oportunidad a que el suelo estuviera en un estado más seco, con respecto a lo sucedido en el 2006, y ello produjera menor escurrimiento.

El registro de sedimentos colectados para la cárcava durante el periodo junio-noviembre 2006 fue de 7.84 t. En comparación con los modelos digitales de elevaciones (MDE's), la pérdida de suelo fue de 7.24 t para el mismo periodo. Los MDE's presentaron una subestimación de pérdida de suelo con respecto a lo colectado del 7.7%; este porcentaje de error del modelo se encuentra dentro de los límites aceptables para modelos de erosión, por lo que se concluye que los MDE's fueron adecuados para medir los cambios sobre la superficie de la cárcava y estimar el volumen y cantidad de pérdida de suelo, esto contribuye a optimizar tiempo y esfuerzo comparado con los métodos tradicionales de la medición pérdidas de suelo.

LITERATURA CITADA

Caesar-TonThat, T. C., and V. L. Cochran. 2000. Soil aggregate stabilization by a saprophytic lignin decomposing basidiomycete fungus. I. Microbiological aspects. *Biology and Fertility of Soils* 32: 374-380.

Cuanalo D., H. 1990. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Centro de edafología. Colegio de Postgraduados. Tercera edición. Chapingo, México.

ISRIC (Centro Internacional de Regencia e Información de Suelos). 1995. Procedimientos para análisis de suelo. pp. 1-145. In: L.P. van Reeuwijk (ed.). *Procedures for soil Analysis*. Ma. del C. Gutiérrez C, C. A. Tavares E. y C. A. Ortiz S. (Trads.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, Mex.

Henoa S., J. 1988. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomás. Bogotá, Colombia.

Kemper, W. D. 1965. Aggregate stability. *Methods of soil analyses*. Agronomy No. 9. Acad. Press. New York, U.S.A.

Kohnke, H. 1968. *Soil physics*. McGraw Hill, New York.

Leenheer, L. and M. de Boodt. 1958. Determination stability by the change in mean weight diameter. *Proc. Int. Syn. Soil structure*. Ghent.

Medina-Orozco, L. E. 2002. Erosión hídrica y transporte de sedimentos en la microcuenca de Atécuaro, Mich. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Michoacán, México.

Oropeza M., J. L. 1996. Curso EDA-670b: Dinámica de sedimentos en cuencas hidrográficas. Colegio de Postgraduados. IRENAT. Montecillo, Edo. México.

Ortiz S., C. A. y H. E. Cuanalo de la C. 1981. Introducción a los levantamientos de suelo. Rama Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

REVOLSO. 2002. Agricultura Alternativa para Rehabilitación Sostenible de Suelos Volcánico Degradados en México y Chile. Resultados preeliminares. Morelia, Mich.

Rilling, M.C., S. T. Wright, and V. T. Eviner. 2002. The role of arbuscular micorrhizal fungi and glomaling in soil aggregation: comparing effects of a five plants. *Species, Plants and Soil* 238: 325- 333.

Sánchez V., A. 1987. Conceptos elementales de hidrología forestal. Agua, cuenca y vegetación. Vol. I. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 99 pp.



CONTRIBUCIONES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE **LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO,** MICHOACÁN

M. Bravo, G. Barrera, M. E. Mendoza,
J. T. Sáenz, F. Bahena, R. Sánchez

CONTRIBUCIONES PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE DE
LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO,
MICHOACÁN

Editores Técnicos

Miguel Bravo Espinosa
Gerardo Barrera Camacho
Manuel E. Mendoza
J. Trinidad Sáenz Reyes
Fernando Bahena Juárez
Rubén Sánchez Martínez

CONTRIBUCIONES PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE DE
LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO,
MICHOACÁN

Editores Técnicos

Miguel Bravo Espinosa
Gerardo Barrera Camacho
Manuel E. Mendoza
J. Trinidad Sáenz Reyes
Fernando Bahena Juárez
Rubén Sánchez Martínez

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL
PACIFICO CENTRO
CAMPO EXPERIMENTAL URUAPAN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN
GEOGRAFÍA AMBIENTAL

Marzo de 2012

CONTRIBUCIONES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN.

Bravo-Espinosa, M., G. Barrera-Camacho, M.E. Mendoza, J.T. Sáenz, F. Bahena-Juárez y R. Sánchez-Martínez (eds.). 2012. Contribuciones para el desarrollo sostenible de la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán. INIFAP-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán. UNAM-Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Morelia, Michoacán, México.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
Av. Progreso Núm. 5 Col. Barrio de Santa Catarina.
Delegación Coyoacán.
C.P. 04010 México, D.F.
Tel. (01 55) 38 71 87 00
www.inifap.gob.mx
Correo-e: contactenos@inifap.gob.mx

Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro.
Campo Experimental Uruapan.
Av. Latinoamericana Núm. 1101. Col. Revolución.
Uruapan, Michoacán, México.

Universidad Nacional Autónoma de México (Campus Morelia)
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental
Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701
Col. ExHacienda de San José de la Huerta
C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México

ISBN: 978-607-02-2914-5

Primera edición 2012.
Impreso en México.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

Disponible en versión digital y de forma gratuita
en la sección editorial de la página web del CIGA-UNAM:
www.ciga.unam.mx