

# Potencial erosivo en la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México

Iván de Jesús Vázquez Montoya\*, Sergio López<sup>1</sup>, José Zambrano Solís<sup>1</sup>,  
Rodolfo José Palacios Silva<sup>1</sup>, Raúl Abel Vaca Genuit<sup>2</sup>, Walter Lopez Baez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte poniente 1150; Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, Teléfono y fax: 961 6170440 | \*ivajesvm@gmail.com | <sup>2</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, Barrio María Auxiliadora, San Cristóbal de Las Casas | <sup>3</sup>Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícolas y Pecuarias, km.3 carretera internacional, Col. Cintalapa, Ocozocoautla de espinosa.

## RESUMEN

En este estudio se cuantifica, analiza y compara la erosión hídrica potencial en la Reserva de la Biosfera El Triunfo (REBITRI), ya que es imprescindible tener datos de susceptibilidad a la erosión hídrica, para una correcta gestión y manejo del mismo. Según FIDA y FMAM en el 2002 el suelo se considera un recurso primordial a nivel mundial pero a la vez se pierden 4674 millones de hectáreas a causa de la desertificación. En México la erosión hídrica se considera la principal causante de este fenómeno (INE, 2007). Por esta razón ubicar las zonas con riesgo a la erosión hídrica es primordial para promover estrategias de conservación, para ello se utilizó el modelo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (E.U.P.S) implementando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (S.I.G). Este análisis determinó que en la REBITRI la distribución de la erosión hídrica potencial en la superficie va de 0% Baja, 20% Moderada, 77% Alta y 3% Muy alta esto según la clasificación de la FAO. Además se determinó que la zona núcleo el Venado es más susceptible a erosionarse y la menos afectada es la zona núcleo El Triunfo.

**Palabras Clave:** Geomática, Forestal, Edafología, Cárcava, Hidrología, Ingeniería, Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas.

## ABSTRACT

In this manuscript quantifies, analyzes and compares the water erosion potential in the Biosphere Reserve El Triunfo (REBITRI) as it is essential to have data of susceptibility to water erosion, for proper management and handling. According to IFAD and the GEF in 2002, the soil is considered a major resource in the world yet is 4674 million hectares lost because of desertification in Mexico. Water erosion is considered the main cause of this phenomenon (INE, 2007). For this reason locate areas at risk of water erosion is essential to promote conservation strategies for this model was used in Equation Universal Soil Loss (USLE) tools implementing Geographic Information Systems (GIS). This analysis determined that the REBITRI the distribution of potential water erosion on the surface ranges from 0% Low 20% Moderate 77% 3% High and Very High this according to the FAO classification. It also found that the core area is more susceptible Deer to erode and the least affected is the core area the Triumph.

**Key words:** Geomatics, Forest, Edaphology, Gully, Hydrology, Engineering, Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas.

## INTRODUCCIÓN

La erosión se puede definir como: el desgaste de la superficie terrestre por agentes externos como el agua, el viento y el hielo glacial (Mármol, 2006). Según Wischmeier, W.H. et al en 1978, la E.U.P.S es un modelo matemático sensible y sumamente usado para la determinación de erosión hídrica, (Ramírez-León 2009), siendo integrada por la intensidad de la lluvia, propiedades físicas del suelo, característica de las laderas, cantidad de vegetación y presencia o ausencia de prácticas de conservación.

Según March y Flamenco en 1996, la tasa de transformación de la cobertura vegetal en la REBITRI era de 0.45% de la superficie total, es decir 551 ha al año, esto aunado a la accidentada topografía, suelos propensos a erosionarse de forma Moderada ó Alta (Arreola, 2004) y las inevitables practicas antropogénicas (agricultura, ganadería, etc.) en las zonas de amortiguamiento, hacen de la conservación del recurso edafológico en la REBITRI un reto.

Para ubicar las zonas con susceptibilidad a la erosión hídrica, se obtuvieron datos de intensidad de lluvia, propiedades físicas del suelo y características de las laderas, para integrarlos con ayuda de los sistemas de información geográfica al modelo matemático de la E.U.P.S.

## ANTECEDENTES

La REBITRI se localiza en la porción central de la Sierra Madre de Chiapas, entre los  $15^{\circ} 09' 10''$  y  $15^{\circ} 57' 02''$ , latitud norte y  $92^{\circ} 34' 04''$  y  $93^{\circ} 12' 42''$ , longitud oeste. Cuenta con una superficie total de 119,177-29-00 ha, y comprende parte de los municipios de Pijijiapan, Mapastepec, Acacoyagua, Escuintla, Ángel Albino Corzo, La Concordia, Villa Corzo, Montecristo de Guerrero y Siltepec (figura 1), la zonificación establecida por la declaratoria de la REBITRI contempla que 93,458-4 ha conforman la Zona de Amortiguamiento y 25,763 ha. la Zona Núcleo (ZN) dividida esta en cinco polígonos: ZN I El Triunfo

(11,594-75-00 ha.), ZN II Ovando (2,143-25-00 ha.), ZN III Cuxtepec (1,192-75-00 ha.), ZN IV El Venado (4,056-87-00 ha.) y ZN V La Angostura (6,776-25-00 ha.). (DOF, 1994).

Entre 1940 y 1956, se comenzaron a desarrollar procedimientos cuantitativos para la estimación de pérdida de suelo en la zona del maíz en los Estados Unidos. En 1946, un grupo de especialistas realizó un taller en Ohio para volver a evaluar los factores suelo, topografía y vegetación, y añadir el factor de las lluvias, Wischmeier, Smith y colaboradores desarrollaron la E.U.P.S publicada en 1979.

Estudios hechos en México indican que de los casi 200 millones de hectáreas del territorio nacional 154 millones están sujetos a diversos grados de erosión lo que representa 78.30% de la superficie del país (INE, 2007). En Chiapas más de 80% de su superficie (6 millones de hectáreas) corren riesgo potencial de sufrir erosión hídrica, con pérdidas estimadas de 200 toneladas por hectárea al año, por este hecho la erosión de los suelos es la principal amenaza para garantizar una agricultura sustentable (López, 2011).

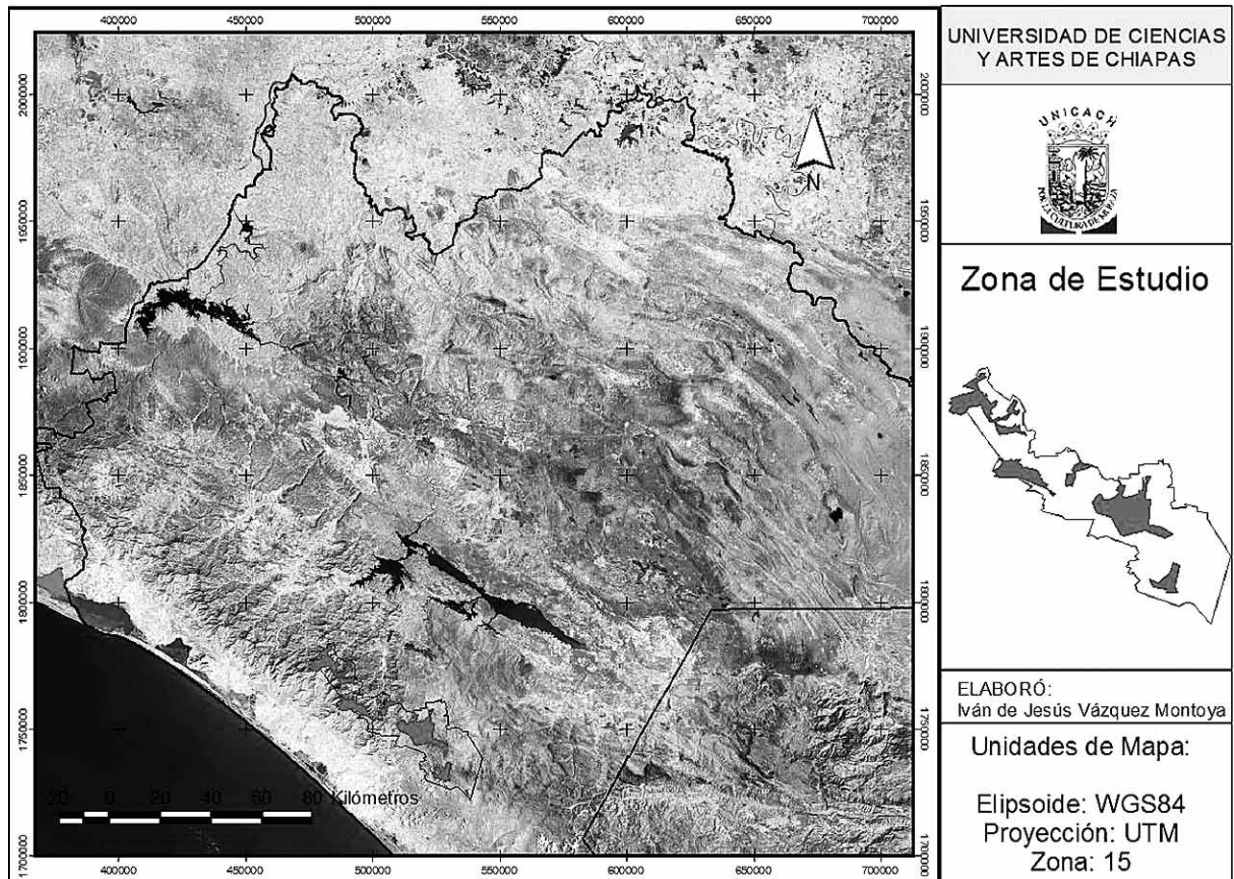


FIGURA 1

Zona de Estudio REBITRI.

$$100K=1.292(2.1 * M^{1.14} * 10^{-4}(12-MO)+3.25 (E-3)+2.5 (P-3))$$

En donde:

$$M = (%amf + %) (100 - \%a)$$

MO = Materia Orgánica

P = Clase de Permeabilidad

E = Código de Estructura

TABLA 1

Modelo Matemático propuesto por Wischmeier, Smith et al., 1978.

En el trabajo titulado Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso de suelo en la cuenca del río Cahocacán, Chiapas, México se concluyó que de seguir las alteraciones de los bosques, los valores actuales de pérdida de suelo pueden incrementarse hasta en un 900% (Santacruz, 2011).

### MÉTODOS

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron mapas temáticos y bases de datos en formato digital provenientes de Instituto Nacional de Geografía y Estadística, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Comisión Nacional del Agua y El colegio de la Frontera Sur; los materiales utilizados fueron los datos de precipitación del 2005, la cartografía de suelo escala 1:250000 y modelo digital de elevación con una resolución espacial de 30 m por pixel.

#### Determinación de los factores que integran la E.U.P.S.

##### Factor R

Se manejaron datos de precipitación de estaciones meteorológicas ubicadas en todo el estado de Chiapas, manipulados en el Software ArcView 3.2 con la utilería **surface-Interpolate grid** vía **kriging**.

Empleando el siguiente modelo matemático;  $R = 2.4619Pa + 0.006067Pa^2$  propuesto por Cortés en 1991; se dividieron los datos de precipitación por mes para obtener un grid de precipitación media anual, al cual se le aplico la ecuación antes mencionada.

##### Factor K

Se determinó utilizando un mapa temático edafológico y datos edafológicos que publicó ECOSUR en el “Ordenamiento territorial y bases geográficas digitales” escala 1:250000, en el cual se detectaron 5 suelos para la REBITRI.

Para $\lambda < 350$ m y $s \leq 20\%$	Para $\lambda < 350$ m y $s > 20$
$L.S = (Flow\ Accumulation^{0.5}) * (0.0138 + 0.00965Slope + 0.00138Slope^2)$	$L.S = (Flow\ Accumulation / 22.13)^{0.6} * (Slope / 9)^{1.4}$

TABLA 2

Modelo Matemático propuesto por Diéz Juan en el 2008.

Con los valores de arcilla ( a ), limo ( l ) , arena muy fina ( amf ), se determino el valor de M y el de Clase de Permeabilidad, el valor de Material Orgánico y Código de Estructura se obtuvo de la base de datos publicada por ECOSUR, a esto se le aplicó el modelo matemático que propone Wischmeier y Smith en 1978 (tabla 1).

Para obtener este producto se requirió el Modelo Digital de Elevación (MDE) de la zona de estudio (REBITRI), se procesó en el Software ArcView 3.2 manejando las utilerías **Hydro-Flow Accumulation-Flow Direction** y **Surface-Derive Slope**, y finalmente se utilizó el modelo matemático propuesto por Diéz Juan en 2008 para pendientes diversas (tabla 2).

#### Integración de los Factores R, K, L y S (Erosión Hídrica Potencial)

La metodología para obtener la erosión hídrica potencial se basa en realizar el algebra de mapas de los factores R, K y LS, ya que únicamente incluye los valores que en principio no son afectados por la acción humana lo que devuelve datos de susceptibilidad a la erosión hídrica (figura 2).

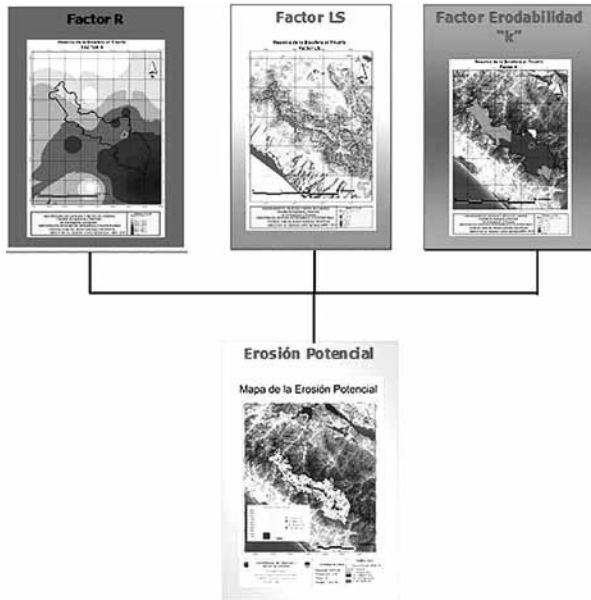


FIGURA 2

Diagrama de flujo para obtener la Erosión Hídrica Potencial.

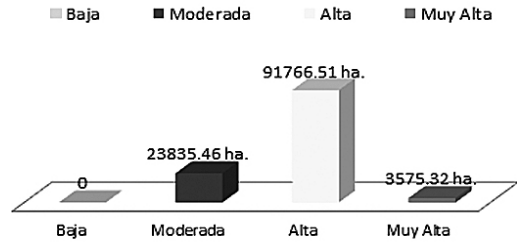
### RESULTADOS

De las 119,177-29-00 ha que tiene la REBITRI la erosión hídrica potencial en sus diversas categorías se distribuye como lo muestra la gráfica 1. Se observa que la Erosión Ligera abarca 0 %, la Erosión Moderada cuenta con una superficie aproximada de 23,835.46 ha que corresponde al 20%, la Erosión Alta representa el 77% de la superficie que corresponde a 91,766.51ha aproximadamente y la Erosión Muy Alta corresponde al 3% de la superficie lo que representa 3,575.32ha.

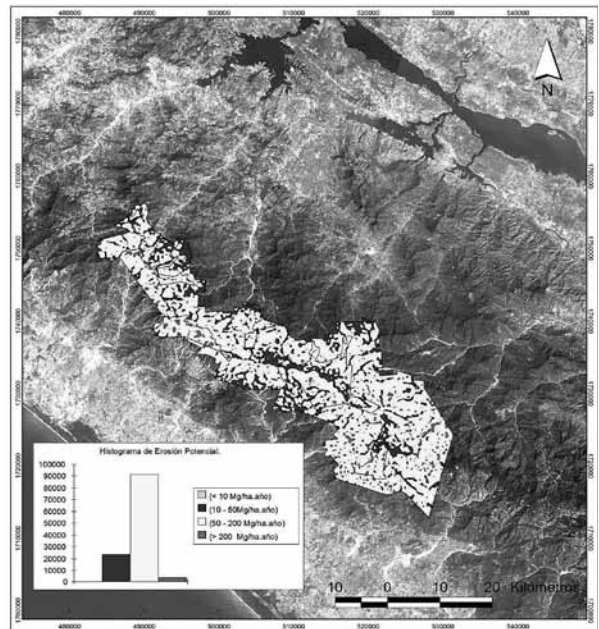
Según la clasificación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1980) la REBITRI se encuentra con una susceptibilidad grave a la Erosión Hídrica ya que presenta pérdidas que van de las 50 a mayores de 200 toneladas por hectáreas al año, en el 80% de su superficie es decir este fenómeno afecta a 94,341.83 ha aproximadamente (mapa 1).

De las cinco zonas núcleo de la REBITRI, la más afectada es el venado con un 14% de su superficie con Erosión Muy alta y la Zona núcleo menos afectada es el triunfo con 1% de Erosión Muy Alta. Por otra parte las zonas núcleo en general presentan una Erosión Hídrica Potencial Alta y Muy alta en el 81% de su territorio (mapa 2), mientras que en las zonas de amortiguamiento en el 80% de su superficie (mapa 3).

Erpsión Hídrica Potencial en la REBITRI.



GRÁFICA 1 Distribución de la E.H.P en la REBIMA.

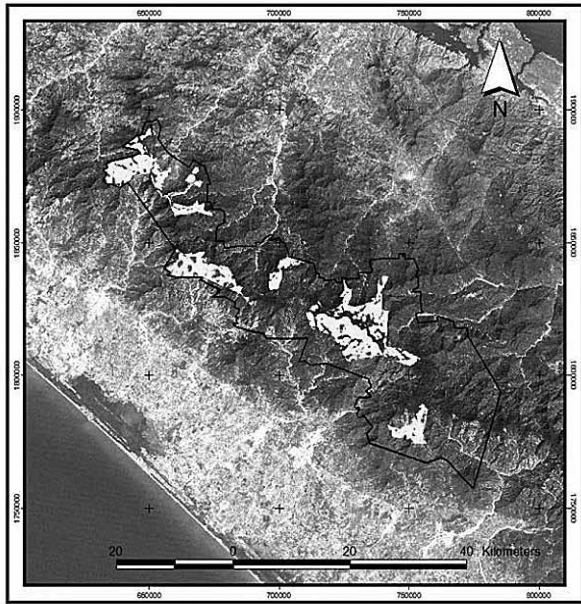


<p>UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS Facultad de Ingeniería y Ciencias de Investigación y Proyectos MAESTRÍA EN CIENCIAS EN DESARROLLO SUSTENTABLE ELABORÓ: Ivan de Jesus Vázquez Montoya Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 2011</p>	<p>Unidades de Mapa Elipsoide: WGS 84 Proyección: UTM Zona: 15 Escala: 1:200,000</p>	<p>SIMBOLOGÍA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Área de Estudio (REBITRI)</li> <li>Zonas Núcleo</li> <li>Erosión Actual                     <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt; 10 Mg/ha.año</li> <li>10 - 50 Mg/ha.año</li> <li>50 - 200 Mg/ha.año</li> <li>&gt; 200 Mg/ha.año</li> </ul> </li> </ul>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

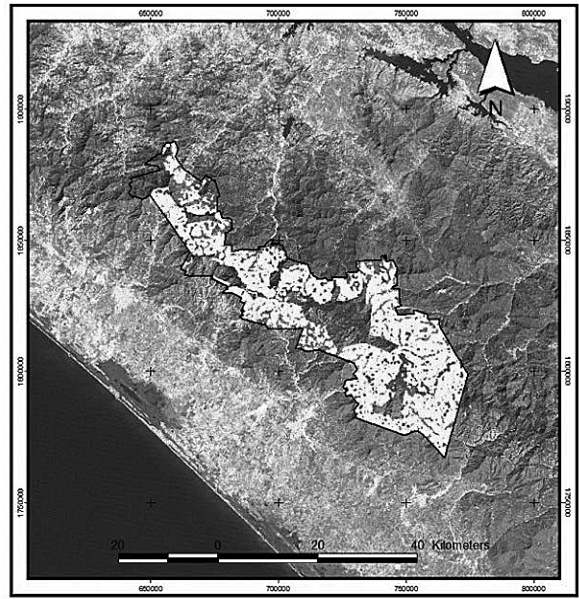
MAPA 1 Erosión Hídrica Potencial en la REBITRI.

### CONCLUSIÓN

Resolver el modelo matemático de la E.U.P.S, propuesto por Wischmeier, Smith y colaboradores en 1978, permite obtener una visión a escala regional de los sectores más susceptibles a la erosión hídrica en la REBITRI, con la finalidad de orientar la toma de decisiones políticas para la conservación y desarrollo sustentable del recurso edafológico.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS Facultad de Ingeniería y Dirección de Investigación y Posgrado. Maestría en Ciencias y Desarrollo Sustentable ELABORÓ: Ivan de Jesus Yáñez Montoya Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 2011	Unidades de Mapa Elipsoide: WGS 84 Proyección: UTM Zona: 15 Escala: 1:2,489,286	SIMBOLOGÍA [Outline] Zona de estudio (REBITRI) [White] EHP - Alta (50 - 200 Mg/ha.año) [Light Gray] EHP Muy alta (> 200 Mg/ha.año)
	MAPA 2 E.H.P en zonas núcleo.	



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS Facultad de Ingeniería y Dirección de Investigación y Posgrado. Maestría en Ciencias y Desarrollo Sustentable ELABORÓ: Ivan de Jesus Yáñez Montoya Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 2011	Unidades de Mapa Elipsoide: WGS 84 Proyección: UTM Zona: 15 Escala: 1:2,489,286	SIMBOLOGÍA [Outline] Zona de estudio (REBITRI) [White] EHP - Alta (50 - 200 Mg/ha.año) [Light Gray] EHP Muy alta (> 200 Mg/ha.año)
	MAPA 3 E.H.P en zonas de amortiguamiento.	

## LITERATURA CITADA

- ARREOLA-MUÑOZ A., 2004.** Marginación y Cambio de uso del suelo en La Reserva de La Biosfera El Triunfo, Chiapas en Pérez-Farrera M.A., N. Martínez-Meléndez, A. Hernández-Yáñez y Arreola-Muñoz (eds) *La Reserva de la Biosfera El Triunfo, tras una Década de Conservación*. UNICACH, pp. 265 – 295.
- CORTÉS, T. H. G., 1991,** *Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados*. Tesis de maestría en ciencias, Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México, 168 p.
- DÍAZ, R. J., 2008.** *Determinación de índices de erosión de suelos aplicando análisis de sistema de información geográfica (S.I.G) para la localidad de San Andrés en la provincia de Pinar del Río, Cuba La Habana*. 14:15-19.
- DOF, 1994.** *Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994*. Tomo CDLXXXVIII, núm. 10, p. 2, Sección 1. México, D.F., lunes 16 de mayo de 1994.
- INE, 2007.** *Plan Estratégico y Financiero de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas*. Documento interno, Instituto Nacional de Ecología, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 22 pp.
- LÓPEZ, B. W., 2011.** Potencial de la AC en Chiapas. *Revista Enlace* 2 (5): 36-38.

- MÁRMOL, L.A., 2006.** *Introducción al manejo de Cuencas Hidrográficas y Corrección de Torrentes.* Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.
- RAMÍREZ-LEÓN, J.M., 2009.** *Producción de sedimentos en cuencas: revisión de criterios y aplicabilidad a la cuenca del Río Apulco.* Facultad de ingeniería - división de estudios de posgrado campus Morelos, Jiutepec, Morelos, UNAM. POSGRADO: 205.
- SANTACRUZ, L. G., 2011.** *Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso de suelo en la cuenca del Río Cahoacán, Chiapas, México,* Aqua-LAC 3 (1):45-54.
- WISCHMEIER, W. H. & D.D. SMITH, 1978.** *Predicting Rainfall Erosion Losses.* 228. Washington D.D., Agriculture Handbook. 69 p.