

## INFLUENCIA DEL CÁLCULO DEL FACTOR TOPOGRÁFICO EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL RIESGO DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS POR LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA

ESNEIRA QUIÑÓNEZ<sup>1</sup> y FRANCESCO DAL POZZO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, CIDIAT-ULA  
Edificio CIDIAT, Parque la Isla, Apartado 219, Mérida-Mérida, Venezuela, [gesneira@ula.ve](mailto:gesneira@ula.ve)

<sup>2</sup>Instituto de Geografía, IGCRN-ULA, Av. Principal Chorros de Milla, Conjunto Forestal, Mérida-Mérida, Venezuela, [dalpozzo@ula.ve](mailto:dalpozzo@ula.ve) [info@dalpozzo.com](mailto:info@dalpozzo.com)

### RESUMEN

En este estudio se aplica la metodología propuesta por FAO-PNUMA-UNESCO (1980) para el cálculo de riesgo de degradación de los suelos por erosión hídrica en el Estado Mérida, Venezuela. Manteniendo los mismos cálculos realizados en un estudio previo para los factores climático y de erosionabilidad del suelo, se evalúa la influencia que tiene el cálculo del factor topográfico en los resultados obtenidos. El factor topográfico se determina a partir de un modelo de elevación digital con resolución de 90 metros. La comparación de los riesgos de degradación por erosión hídrica obtenidos a través del modelo agregado y del modelo distribuido indica resultados idénticos en un 65% de la superficie. Valores sobreestimados por el modelo agregado pueden observarse en un 19% del área de estudio, mientras que los valores subestimados corresponden con un 7% del área. En el restante 9% se identifica la presencia de afloramientos rocosos en la zona estudiada.

Palabras clave: Riesgo por erosión hídrica, SIG, Mérida-Venezuela, SRTM

### ABSTRACT

The FAO-PNUMA-UNESCO methodology is applied for the calculation of the soil degradation risk by hydric erosion in Mérida state, Venezuela. Based on previous calculations of climatic and soils erosionability factors, the influence of the topographic factor on the results is evaluated. The topographic factor is determined from a digital elevation model with a 90-meter resolution. The comparison on the degradation risk by hydric erosion obtained through the aggregate and distributed models suggests identical results on 65% of the surface. Over-estimated values for the aggregate model can be observed on 19% of the area under study, while under-estimated values correspond to 7% of the total area. In the remaining 9% of the area the presence of rock exposure (rock outcropping) is identified.

Keywords: Risk by hydric erosion, SIG, Mérida-Venezuela, SRTM

## 1. Introducción

El suelo es, por definición, un recurso natural renovable. Sin embargo, su continua y abusiva utilización por parte del hombre ha truncado su evolución y ha condicionado negativamente sus propiedades de renovación. La degradación del suelo se refiere a toda modificación que conduzca al deterioro de este recurso (FAO, 1982).

El término "degradación de suelos" implica, un problema social. Los procesos ambientales como erosión y lavado ocurren sin la acción humana. Pero para que estos procesos sean interpretados como "degradación" es necesario involucrar un criterio social que relaciona la tierra con su uso actual o potencial (Blaikie y Broockfield, 1987).

Los problemas de degradación, como la erosión, son considerados más graves en los países tropicales y en desarrollo, donde las características de los suelos, el régimen de lluvias y las prácticas agrícolas generalmente aceleran este tipo de procesos. Algunos estudios realizados en estos lugares señalan que los índices de pérdida de suelos son muy superiores a la tasa natural de formación de éstos (World Bank, 1992).

La evaluación de la degradación de los suelos, en lugares con escasa disponibilidad de estudios de suelo a nivel detallado, se hace, por lo general, tomando en consideración estudios de reconocimiento. Dada la limitada cantidad de datos que aportan los estudios a un bajo nivel de detalle, las evaluaciones deben basarse en las clasificaciones de suelo y en la cantidad de datos cuantitativos disponibles (Shields y Coote, 1990).

La evaluación mundial de la degradación antropogénica de los suelos ha demostrado que el 15 por ciento de la superficie total de las tierras en todo el mundo ha sufrido daños (en un 13 por ciento de los casos ligeros y moderados, y en un 2 por ciento graves y muy graves), debidos sobre todo a la erosión, la disminución de los nutrientes, la salinización y la compactación física.

Estos efectos suelen traducirse en una reducción del rendimiento. La conservación y rehabilitación de tierras constituyen una parte esencial del desarrollo agrícola sostenible. Aunque existen suelos gravemente degradados en casi todas las regiones del mundo, los efectos negativos de un suelo degradado sobre la economía son más severos en los países que más dependen de la agricultura para obtener ingresos (FAO, 1996).

Por otra parte, el desarrollo de tecnologías de sistemas de información geográfica y la reciente disponibilidad de información topográfica proveniente de diferentes fuentes tales como las imágenes de radar, permite crear rápida y eficazmente modelos de elevación digital y mapas de pendiente, los cuales se utilizan en ecuaciones paramétricas para evaluar la resistencia relativa del suelo a la degradación.

En el campo de los sistemas de información geográfica, las entidades espaciales que componen una realidad compleja se representan de manera simplificada a través de elementos

discretos. Esta representación requiere de un proceso de abstracción de la realidad, y por lo tanto, de la creación de un modelo de datos (Longley *et al.*, 2001).

Existen dos modelos de datos básicos, agregado y distribuido. En el modelo agregado, los datos geográficos están representados por elementos vectoriales, donde las características geométricas y topológicas de los datos se expresan explícitamente utilizando puntos, líneas y polígonos como base del modelado espacial. El objeto espacial que representa un dato geográfico tiene asociado un conjunto de datos temáticos, que dependiendo del sistema vectorial, puede almacenarse en una misma base de datos o en bases de datos separadas. En el modelo vectorial el objeto espacial tiene un identificador único asociado que es usado para relacionar los datos espaciales con los datos temáticos (Burrough y McDonnell, 1998).

En el modelo distribuido los datos geográficos están representados por celdas o rejillas continuas que muestran implícitamente las características geométricas y la localización del objeto. En este modelo, se considera la realidad como una continuidad espacial en el que las fronteras son la excepción y la regla la variación continua. En este modelo se asigna un valor a la celda para cada una de las variables consideradas, lo cual indica que existirá un mapa distribuido para cada variable analizada (Longley *et al.*, 2001).

En este trabajo se evalúa el efecto que puede ejercer el cálculo del factor topográfico tomando en consideración un modelo distribuido y un modelo agregado en la determinación del riesgo de degradación de suelos por erosión hídrica, aplicando la metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos (FAO-PNUMA-UNESCO, 1980).

## 2. Características generales del área de estudio

El Estado Mérida se encuentra situado en el occidente de Venezuela, ocupa una superficie aproximada de 12.473 km<sup>2</sup>, con una topografía muy accidentada, típica de la región andina en donde son escasas las tierras planas. Se presentan afloraciones de las formaciones geológicas más antiguas desde el Precámbrico hasta el Holoceno (Miele y Cadenas, 1982).

Los suelos se caracterizan por su gran variabilidad, condición que se expresa en función de la gran diversidad de los factores pedogenéticos que les han dado origen. Por un lado, se presenta una gran variabilidad en los patrones de precipitación y temperatura. Por otro lado, la topografía irregular, introduce por sí sola, variaciones significativas en los suelos al favorecer o no algunos procesos de pedogénesis. La variabilidad de los suelos se encuentra muy ligada a la diversidad de los materiales geológicos, tanto en las facies litológicas como en el grado de meteorización de las rocas aflorantes (Castillo, 1967).

En el Estado Mérida se manifiestan, con excepción del orden Andisol, los restantes 10 órdenes del sistema taxonómico del USDA (Soil Survey Staff, 1992). La mayor expresión se ubica en los órdenes Entisol, Inceptisol, Ultisol y Mollisol (Mogollón y Comerma, 1994). Como en toda región montañosa, se observa una marcada influencia de la topografía en los procesos de degradación de suelos. Los marcados contrastes del relieve andino se encuentran presentes en toda

Quiñónez, E. y Dal Pozzo, F. (2005): "Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por la erosión hídrica en el Estado de Mérida, Venezuela", *GeoFocus (Artículos)*, n° 5, p. 204-218, ISSN: 1578-5157

---

la geografía merideña. La combinación de las pendientes suaves de los valles intramontanos y las fuertes pendientes de las vertientes otorgan al paisaje una complejidad que se ve más acentuada si se considera la existencia en una misma unidad fisiográfica de pendientes complejas, las cuales en muchos casos, producen cambios de gradiente y son muy comunes en los relieves montañosos.

Pero el Estado Mérida ofrece aún muchos más contrastes pues posee el relieve montañoso más abrupto de todos los andes venezolanos y a su vez un área relativamente extensa de planicies aluviales, que ocupa el 13% de la superficie total, en donde el gradiente de la pendiente es prácticamente insignificante (Quiñónez, 1997).

### 3. Materiales y métodos

#### 3.1. Equipos y programas utilizados

Se utilizó un computador Pentium IV, 3.2 GHz, 1024 Mb de memoria RAM y disco duro de 32 Gb. El cálculo del factor topográfico y el modelado cartográfico se determinaron con el programa ArcGIS versión 8.3 cuya licencia pertenece al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, CIDIAT.

El modelo de elevación digital se obtiene a partir de datos de elevación provenientes de imágenes de radar capturadas a través del *The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*. Esta misión se inició el 11 de Febrero de 2000, sus radares barrieron la mayor parte de la superficie de la Tierra, y adquirieron datos durante diez días de operación para obtener una base de datos topográfica digital de alta resolución que cubre el 80% de la superficie de la tierra entre los 60° de latitud norte y los 56° de latitud sur. La información de elevación está disponible cada 3 segundos del arco (cerca de 90 m). La precisión vertical de los datos de elevación es de aproximadamente 16 metros (90% de confiabilidad). Los datos de elevación son distribuidos de manera gratuita por la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial (NGA) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), (USGS, 2000).

Al utilizar esta información básica topográfica con un detalle no típico de escalas pequeñas se espera un mejoramiento del cálculo de la variable topográfica en la aplicación de la metodología, utilizando para ello dos fuentes de datos topográficos diferentes.

El modelo agregado se basa en la digitalización manual de las curvas de nivel partiendo de un mapa a escala 1:250.000. Se asume que se consideraron todas las especificaciones técnicas necesarias para reducir el error producto de este medio.

El modelo distribuido se obtiene ya en formato RASTER y con resolución de 90 metros generados por la NASA. Se asume que las técnicas empleadas para procesar la información de Radar (interferometría) consideran la minimización del error. Por otra parte, el modelo generado a 90 metros no es un redimensionamiento de una fuente de mayor resolución (*resample*), lo que permite inferir que el nivel de error es bajo.

### 3.2. Estimación del riesgo de erosión hídrica

El problema de la degradación de los suelos a nivel mundial ha sido un tema de primordial importancia para los organismos internacionales dedicados al medio ambiente. En esta línea, FAO - UNESCO - PNUMA (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) han desarrollado una metodología para la evaluación de la degradación de los suelos de aplicación a todo el mundo denominada: Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos (FAO/PNUMA/UNESCO, 1980).

El principio fundamental de esta metodología es que el clima ataca los suelos, los cuales poseen una resistencia natural frente a las fuerzas degradantes y esta estabilidad es drásticamente modificada por la acción humana (Red Nacional de Conservación de Suelos y Aguas, 2004).

Un segundo principio trata la formación del suelo como un proceso dinámico, en continua evolución, y por tanto la metodología ha de poder evaluar de distinta manera a un suelo que se encuentre bien preservado pero que actualmente se esté degradando con rapidez, de otro suelo, que por el contrario se encuentre muy degradado pero que actualmente lo haga a una velocidad de deterioro muy baja.

Un tercer principio adoptado en esta metodología es que la evaluación de los riesgos alcanza su máxima utilidad cuando al realizar la evaluación se eliminan todos los factores relativamente inestables o no permanentes, como puede ser la vegetación o el uso actual. De esta manera las evaluaciones adquieren un carácter permanente, no se vuelven obsoletas por un simple cambio en el uso del suelo.

Para calcular los diferentes riesgos de degradación de suelos se establece un modelo paramétrico conjugando los siguientes factores: clima, topografía y suelos. La premisa en la selección de estos factores está basada en la estabilidad que poseen cada uno de ellos en el tiempo. La expresión del modelo paramétrico es la siguiente:

$$R = f(C, S, T) \quad (1)$$

siendo: R = riesgo de degradación, C = factor de agresividad climática, S = factor suelo, T = factor topografía.

En el cálculo del riesgo por degradación hídrica se multiplican cada uno de los factores contenidos en la ecuación 1. Los componentes de la ecuación, aún cuando son adimensionales, producen un resultado de riesgo de pérdida de suelos expresado en toneladas por hectárea por año (t/ha/año) o en milímetros por año (mm/año). Estos resultados pueden ser catalogados en diferentes rangos de acuerdo a la clasificación de la [Tabla 1](#).

Quiñónez, E. y Dal Pozzo, F. (2005): "Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por la erosión hídrica en el Estado de Mérida, Venezuela", *GeoFocus (Artículos)*, n° 5, p. 204-218, ISSN: 1578-5157

---

### 3.3. Determinación del factor climático

Para el factor climático se consideran las mismas estimaciones realizadas por Quiñónez (1997). La autora establece el cálculo del factor climático a partir del índice modificado de Fournier, considerando 84 estaciones climatológicas. En este estudio, la ausencia de estaciones climatológicas en una amplia superficie, ubicada al noreste del Estado, se resuelve mediante la ubicación de 7 puntos en donde la precipitación se estima mediante correlación entre las variables precipitación y altitud. El cálculo del índice modificado de Fournier para estos puntos se determina a partir de la correlación entre este índice y la precipitación anual. La [Figura 1](#) muestra el mapa del factor climático.

### 3.4. Determinación del factor suelo

Para el factor suelo se consideran las mismas estimaciones realizadas por Quiñónez (1997). En este estudio se consideran 85 perfiles de suelo localizados dentro del Estado Mérida. Debido a serias limitaciones sobre información de suelos, la valoración de la erosionabilidad se realiza con base en la clasificación taxonómica y la textura. La valoración por clase textural considera las tres clases generales de texturas: gruesa (0.2), media (0.3), fina (0.1) y la fase pedregosa (0.5). En cuanto a la valoración por taxonomía se establecen tres clases: ligera (0.5), moderada (1.0) y alta (2.0). Las [Figura 2](#) y [Figura 3](#) muestran las valoraciones realizadas para el factor suelo.

### 3.5. Determinación del factor topográfico

El modelo de elevación digital se obtiene a partir de imágenes de radar capturadas a través de *SRTM*. La resolución de este modelo es de píxel de 90 metros. A partir del mapa de pendientes generado, la asignación de la valoración por factor topográfico se realiza tomando en consideración la ecuación ajustada por Quiñónez (1997) para los puntos medios de cada rango de pendiente considerados en ese estudio. La ecuación de tipo lineal con un  $R = 0.997$ , se expresa como sigue:

$$T = (0.2234 * P) - 0.5265 \quad (2)$$

siendo: T = Valoración para el factor topográfico, P = Pendiente en porcentaje.

## 4. Resultados y discusión

En el análisis de la variable topográfica, la utilización de un modelo espacial agregado tal como el utilizado por Quiñónez (1997) no permite la caracterización detallada de la complejidad del paisaje. Importantes generalizaciones de la pendiente se realizan al agregar espacialmente las categorías seleccionadas (ver [Figura 4](#)). Además, la utilización del método del ábaco de pendiente con curvas de nivel cada 400 metros para la generación del mapa de pendientes no ha permitido representar las pendientes complejas.

Quiñónez, E. y Dal Pozzo, F. (2005): "Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por la erosión hídrica en el Estado de Mérida, Venezuela", *GeoFocus (Artículos)*, n° 5, p. 204-218, ISSN: 1578-5157

---

Al utilizar el método del ábaco de pendiente, Quiñónez (1997) señala que en el Estado Mérida, las áreas con pendientes mayores a 50% ocupan el 57% de la superficie del área de estudio. En el modelo distribuido (ver [Figura 5](#)) las pendientes mayores a 50% ocupan el 31% del área de estudio. La [Figura 6](#) muestra las diferencias porcentuales por superficie obtenidas, para cada modelo, en el cálculo del factor topográfico.

En el análisis de los resultados para el riesgo de degradación por erosión hídrica considerando el modelo agregado, los riesgos catalogados como muy altos (> 200 t/ha/año) ocupan el 59% de la superficie (ver [Figura 7](#)). La ubicación espacial del 83% de los riesgos muy altos de degradación ocurre en pendientes mayores al 50%. Esto indica una alta influencia del factor topográfico en los resultados obtenidos a partir de modelos agregados.

En el modelo distribuido, los riesgos de degradación por erosión hídrica catalogados como muy altos (> 200 t/ha/año) ocupan un 48% de la superficie (ver [Figura 8](#)). La ubicación espacial del 51% de los riesgos muy altos de degradación ocurre en pendientes mayores al 50%.

Al comparar los resultados obtenidos para cada categoría de riesgo a partir del modelo topográfico agregado con los obtenidos a partir del modelo topográfico distribuido puede observarse que existen diferencias notables de índole porcentual. La [Figura 9](#) muestra el porcentaje de área para cada tipo de riesgo obtenido para cada modelo.

Un análisis aritmético simple, entre los riesgos de degradación por erosión hídrica obtenidos con el modelo agregado y el modelo distribuido, permite precisar los sitios donde ocurrieron los cambios en la estimación del riesgo. La [Figura 10](#) muestra las áreas donde el riesgo fue sobreestimado y subestimado, si se considera como patrón el modelo agregado.

El análisis de las Figuras 9 y [Figura 10](#) permite establecer en términos relativos que el modelo agregado subestimó y sobreestimó el riesgo erosivo en un 7% y 19% de la superficie, respectivamente. Los dos modelos producen resultados idénticos en un 65% del total del área. El restante 9% se corresponde con la existencia de afloramientos rocosos, no sujetos a riesgos de degradación por erosión hídrica. Cabe destacar que estos porcentajes se refieren única y exclusivamente a la erosión potencial y no deben ser utilizados como referencia de la posible erosión actual en donde el factor de cobertura de vegetación tiene una incidencia determinante.

La [Figura 11](#) representa el modelo conceptual de la metodología aplicada. Las tres primeras capas; valoración por erosividad de la lluvia, orden taxonómico y clase textural, permanecen constantes para el modelo agregado y el modelo distribuido. La cuarta capa fue alternada entre la variable pendiente del modelo agregado (ábaco de pendiente) y la variable pendiente del modelo distribuido (pendiente media DEM 90 metros). Los resultados para cada modelo se muestran en la quinta capa, la cual representa los riesgos de degradación por erosión hídrica. Por último, la sexta capa representa las diferencias entre los resultados obtenidos para cada modelo.

Tomando en consideración los resultados obtenidos en el análisis, es importante resaltar las potenciales ventajas de la determinación del factor topográfico a partir del modelo distribuido ya que es menos subjetivo y más detallado que el elaborado manualmente. Por otra parte, debe



Quiñónez, E. y Dal Pozzo, F. (2005): "Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por la erosión hídrica en el Estado de Mérida, Venezuela", *GeoFocus (Artículos)*, nº 5, p. 204-218, ISSN: 1578-5157

considerarse la minimización de los costos en cuanto a la búsqueda de la información, ya que su distribución es gratuita y la minimización en los tiempos de procesamiento como un efecto del uso de programas especializados.

### Referencias bibliográficas

- Blaikie, P. y H. Brookfield (1987): *Land degradation and society*. London and New York, Methuen
- Burrough, P. y R. McDonnell (1998): *Principles of geographical information systems (spatial information systems)*. New York, Oxford University Press Inc.,
- Castillo, J. (1967): *La cuenca montañosa del río Uribante*. Mérida, Venezuela, Fac. de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes.
- FAO (1982): *Carta mundial de los suelos*. Roma, Italia.
- FAO (1996): *Degradación antropogénica de los suelos*.  
<http://www.fao.org/sd/spdirect/gis/wfs12.htm> Consultado en Enero 2005.
- FAO-PNUMA-UNESCO (1980): *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Agricultura y la Alimentación (FAO), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Organización de las Naciones para el Medio Ambiente (UNESCO)*. Roma, FAO.
- Miele, Y. y R. Cadenas, (1982): *Atlas del Estado Mérida*. Mérida, Venezuela, Escuela de Geografía, Fac. de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes. Tesis.
- Mogollón, L. y J. Comerma (1994): *Suelos de Venezuela*. Caracas, Venezuela, Palmaven, Filial de Petróleos de Venezuela. Editorial ExLibris, C.A.
- Longley, P., M. Goodchild, D. Maguire y D. Rhind (2001): *Geographic information systems and science*. Chichester, John Wiley and Sons.
- Quiñónez, E. (1997): *Distribución espacial de riesgos de degradación de suelos en el Estado Mérida: Aplicación de un sistema de información geográfica*. Mérida, Venezuela, CIDIAT, Universidad de los Andes. Tesis de maestría.
- Red Nacional de Conservación de Suelos y Aguas (2004): *El recurso suelo*.  
<http://www.redaguas.edu.co/default.php?link=recursos&sub=suelo&item=evaluacion>. Consultado en Diciembre 2004.
- Shields, J. y D. Coote (1990): "Development, documentation and testing of the soil and terrain (SOSTER) database and its use in the global assessment of soil degradation (GLASOD)", *Trans. 14<sup>th</sup> International Congress Soil Sci.*, V, pp. V120 - V125.
- Soil Survey Staff (1992): *Soil survey manual*. Department of Agriculture. Agricultural Research Administration. Washington. United States.
- USGS (2000): *The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, <http://srtm.usgs.gov/> Consultado en Abril 2004.
- World Bank (1992): *World development report*. Washington D.C., EEUU.

Codi de camp canviat

Formatat: espanyol (Espanya - alfab. internacional)



Quiñónez, E. y Dal Pozzo, F. (2005): "Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por la erosión hídrica en el Estado de Mérida, Venezuela", *GeoFocus (Artículos)*, n° 5, p. 204-218, ISSN: 1578-5157

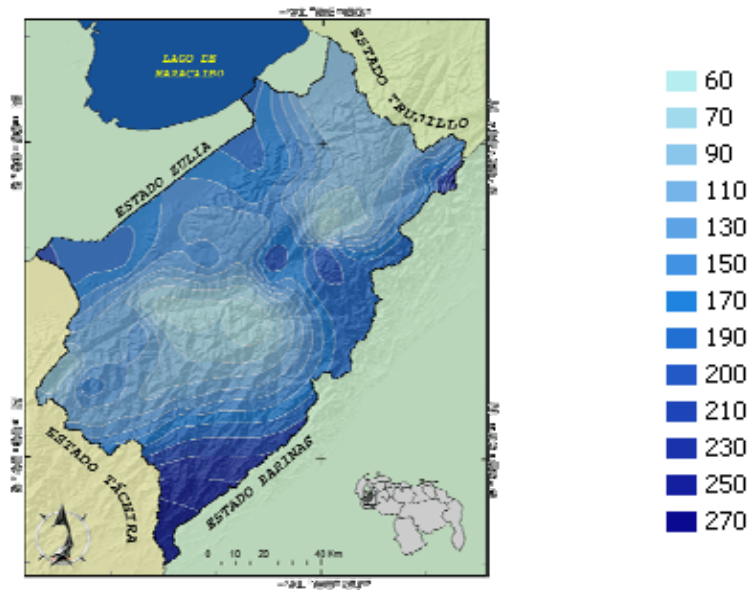
### TABLAS

**Tabla 1. Clases de degradación de suelos por erosión hídrica**

Clase	Pérdida de suelo	
	(t/ha/año)	(mm/año)
Ninguna a ligera	< 10	< 0.6
Moderada	10 - 50	0.6 - 3.3
Alta	50 - 200	3.3 - 13.3
Muy alta	> 200	> 13.3

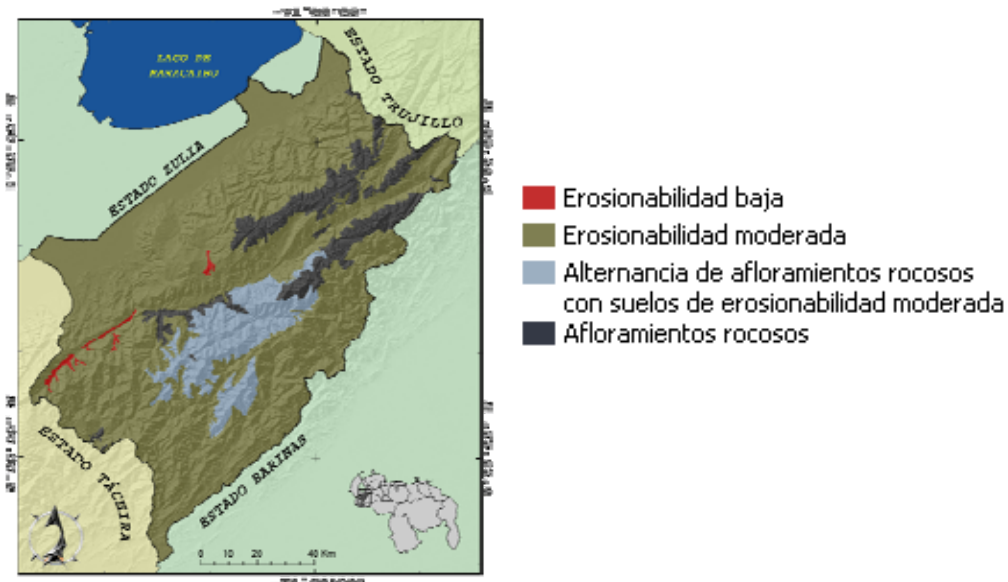
Fuente: FAO/PNUMA/UNESCO, 1980

### FIGURAS

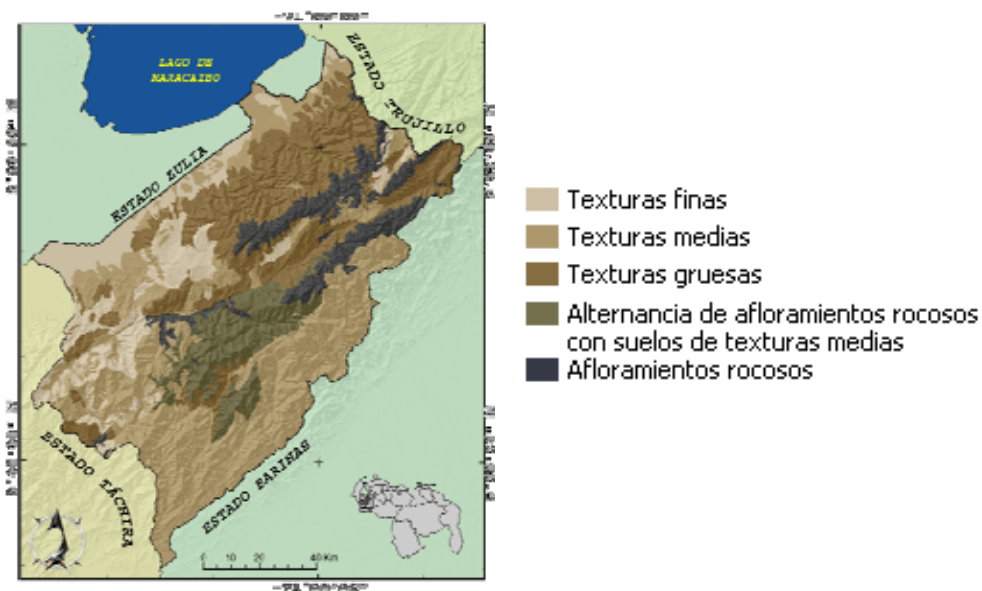


**Figura 1. Valores anuales medios de erosividad de la lluvia (según el índice modificado de Fournier). Adaptado de Quiñónez (1997).**

Quiñónez, E. y Dal Pozzo, F. (2005): "Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por la erosión hídrica en el Estado de Mérida, Venezuela", *GeoFocus (Artículos)*, n° 5, p. 204-218, ISSN: 1578-5157



**Figura 2. Distribución de la erosionabilidad del suelo (según el orden taxonómico).**  
Adaptado de Quiñónez (1997).



**Figura 3. Distribución espacial de los suelos según su clase textural.**  
Adaptado de Quiñónez (1997).

Quiñónez, E. y Dal Pozzo, F. (2005): "Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por la erosión hídrica en el Estado de Mérida, Venezuela", *GeoFocus (Artículos)*, n° 5, p. 204-218, ISSN: 1578-5157

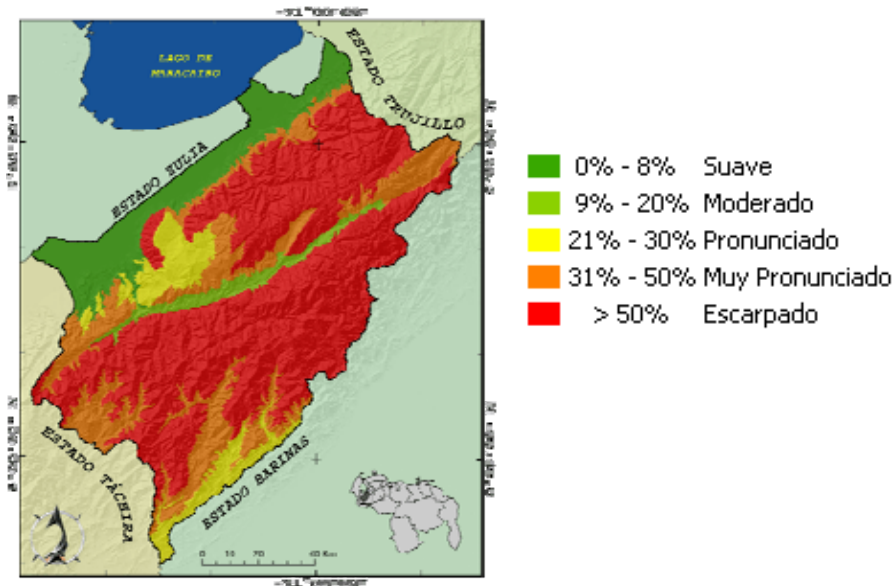


Figura 4. Rangos de pendiente (%). Modelo agregado. Adaptado de Quiñónez (1997).

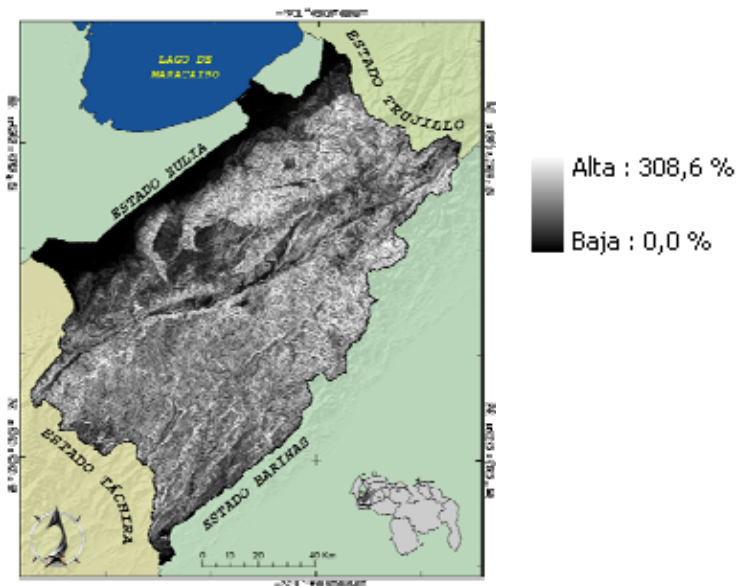


Figura 5. Rangos de pendiente (%). Modelo distribuido.

Quiñónez, E. y Dal Pozzo, F. (2005): "Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por la erosión hídrica en el Estado de Mérida, Venezuela", *GeoFocus (Artículos)*, n° 5, p. 204-218, ISSN: 1578-5157

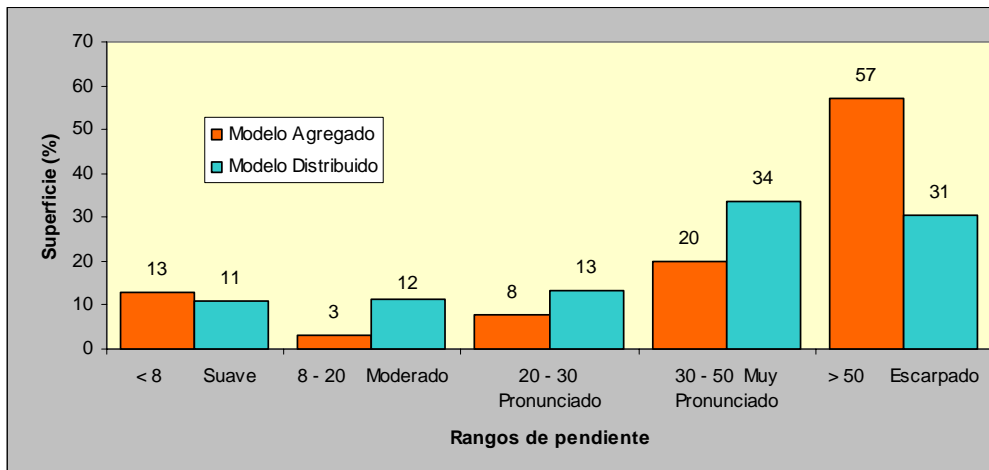


Figura 6. Rangos de pendiente. Diferencias porcentuales por superficie entre los modelos.

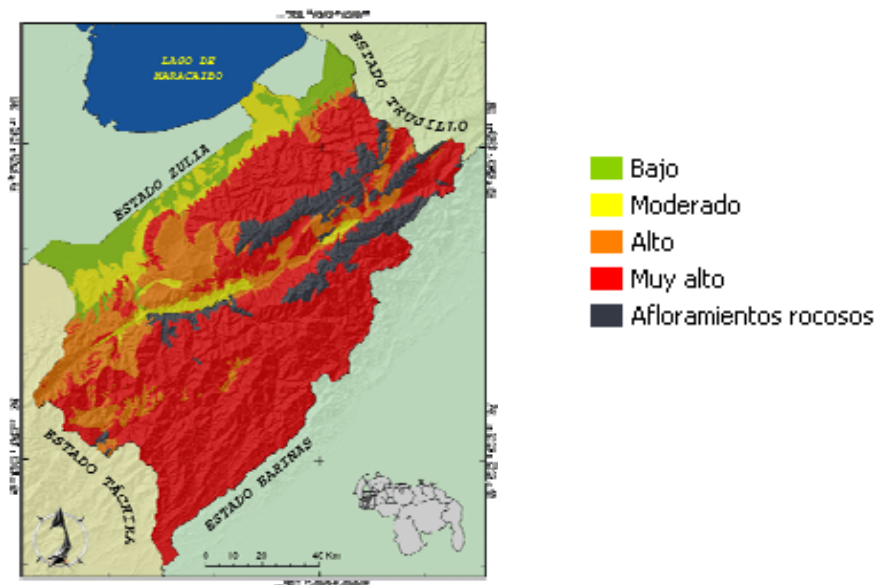


Figura 7. Distribución espacial de los riesgos de degradación de suelos por erosión hídrica. Modelo agregado. Adaptado de Quiñónez (1997)

Quiñónez, E. y Dal Pozzo, F. (2005): "Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por la erosión hídrica en el Estado de Mérida, Venezuela", *GeoFocus (Artículos)*, n° 5, p. 204-218, ISSN: 1578-5157

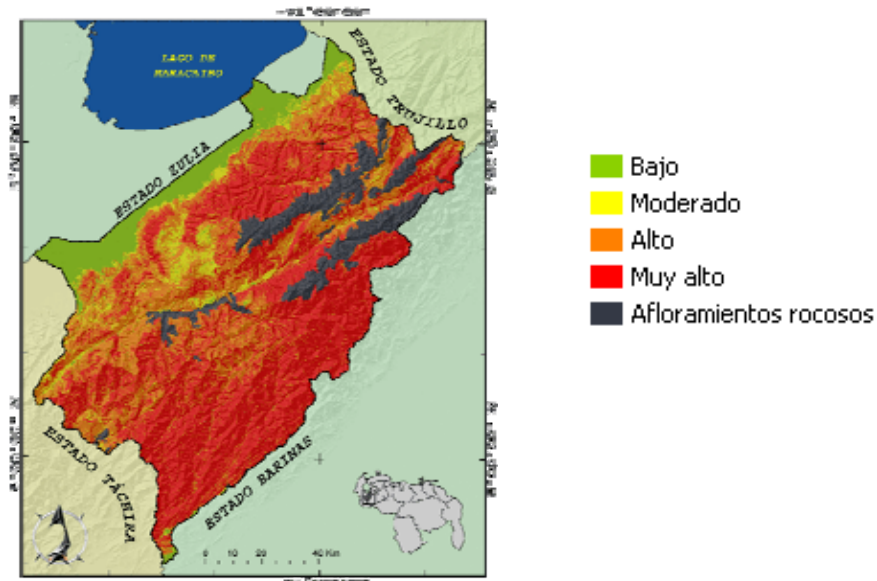


Figura 8. Distribución espacial de los riesgos de degradación de suelos por erosión hídrica. Modelo distribuido.

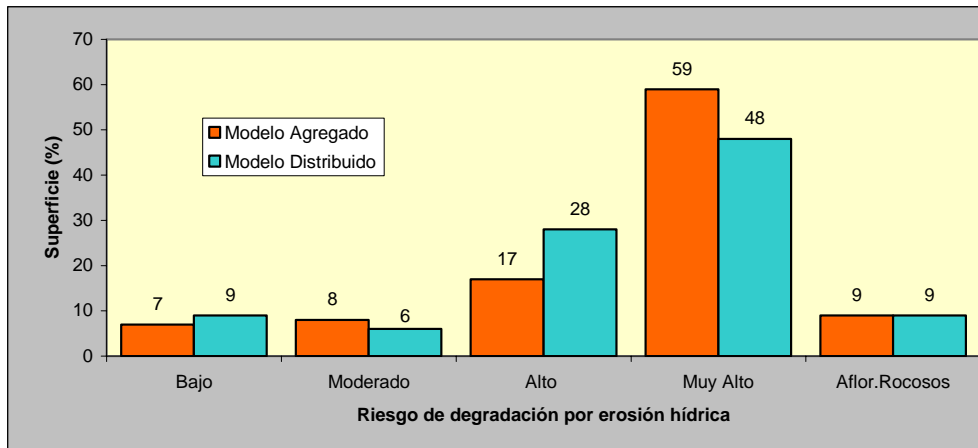
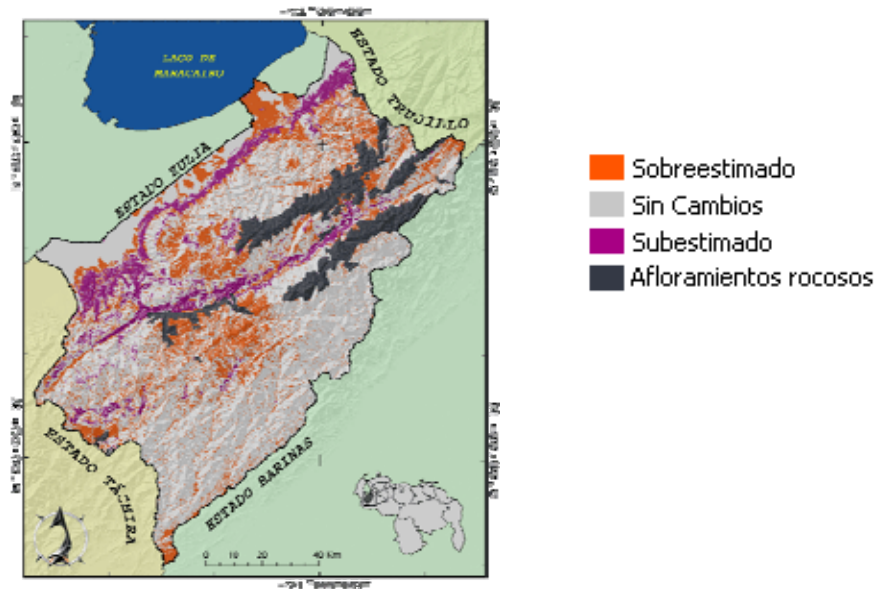


Figura 9. Riesgo de degradación por erosión hídrica. Diferencias porcentuales por superficie entre los modelos

Quiñónez, E. y Dal Pozzo, F. (2005): "Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por la erosión hídrica en el Estado de Mérida, Venezuela", *GeoFocus (Artículos)*, n° 5, p. 204-218, ISSN: 1578-5157



**Figura 10. Cambios en la estimación del riesgo de degradación por erosión hídrica. Modelo agregado vs. distribuido.**

Quiñónez, E. y Dal Pozzo, F. (2005): "Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por la erosión hídrica en el Estado de Mérida, Venezuela", *GeoFocus (Artículos)*, nº 5, p. 204-218, ISSN: 1578-5157

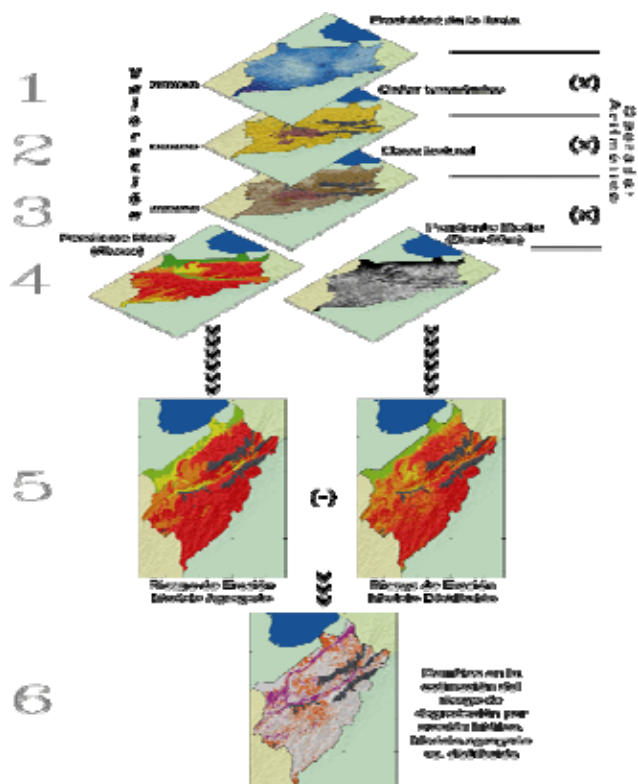


Figura 11. Modelado cartográfico de la metodología aplicada.