

CONSIDERACIONES Y CONCLUSIONES AL APLICAR EL MODELO DE EROSIÓN RUSLE EN ALGUNAS CUENCAS DE LA FILA COSTEÑA, COSTA RICA

Roger Eduardo Mesén Leal

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS-UCR)
 Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica (UCR). Costa Rica, Centroamérica.
 E-mail: rmesen@produs.ucr.ac.cr teléfono: of (506) 2283 7634 ó cel (506) 8890 9755

Introducción

Costa Rica, país centroamericano ubicado entre los 8,5° y los 11° latitud norte con una extensión terrestre de 51100 km², de relieve variado pero marcadamente montañoso, con elevaciones que van desde los 0 msnm hasta los 3820 msnm. Con llanuras extensas y grandes farallones de hasta 300 metros de altura. Por su cercanía a la Zona de Convergencia Intertropical entre otros factores presenta fuertes precipitaciones, alcanzando valores anuales que van desde los 1500 mm hasta los 7000 mm.

Hacia el sur del país se definen complejos sistemas montañosos producto de la subducción de la Placa de Cocos bajo la Placa Caribe, fallamientos locales, actividad volcánica y eventos hidrológicos.

Al sur, en el cantón de Osa, a escasos kilómetros de la costa se levanta la Fila Costeña, de aproximadamente 65 km de largo. Está formada por estrechas cadenas montañosas que desfilan junto a la costa desde el norte y se insertan hacia dentro del país en el sur, con vista al océano Pacífico, al Valle del General y al Humedal Terraba-Sierpe.

En la falda oeste de la Fila Costeña se forman más de 30 pequeñas cuencas con áreas entre 1 y 226 Km², con elevaciones que van desde los 0 msnm hasta los 1400 msnm. El 85% del área de las cuencas posee una pendiente superior al 12% y casi un 8% de la extensión supera el 75%; formando valles estrechos que delinean cuencas cóncavas donde la escorrentía superficial juega un papel muy importante.

En los últimos 5 años la falda oeste de la Fila Costeña ha experimentado un crecimiento inmobiliario acelerado pero carente de una planificación integral que analice adecuadamente las variables ambientales, sociales y económicas.

Una de las variables ambientales que suele desestimarse es la erosión. Proceso natural en el que los suelos varían su espesor, desestabilizando los taludes, se anegan y colmatan los sistemas naturales o artificiales que controlan el excedente de escorrentía superficial (ríos, humedales, canales, lagos y embalses), provocando desbordamiento e inundaciones en las comunidades vecinas o en las actividades agropecuarias e industriales que se encuentren cercanas.

El incremento en la erosión aumenta la carga de sedimentos en los ríos y en las desembocaduras afectando los procesos de oxigenación y la turbiedad en el agua. El incremento de erosión contiene intrínsecamente un aumento en la escorrentía y una reducción en la infiltración, afectando el comportamiento de los flujos superficiales y subterráneos.

Existen métodos físicos y empíricos para modelar este proceso; estos integran de distintas maneras las principales variables que intervienen en el proceso erosivo.

Objetivos

- Estudiar la aplicabilidad del modelo de erosión

RUSLE en Costa Rica.

- Analizar la susceptibilidad a la erosión hídrica a partir de coberturas de uso de suelo.
- Determinar los factores determinantes en el proceso erosivo para el caso de estudio.

Metodología y Lineamientos de Cálculo

Las condiciones climáticas y edafológicas de Costa Rica son diferentes de la región donde se desarrolló y calibró el modelo de erosión RUSLE (1997, USDA). Se han realizado pocas calibraciones locales y diversas de las variables carecen de información, por lo que, se propuso una adaptación a la metodología para evaluar las características de los factores.

Con el cambio de la metodología fue necesario redefinir algunos detalles del modelo, así como algunas limitaciones. Para ello se analizaron los supuestos que sustentan al modelo y se realizó un análisis de sensibilidad matemática para entender el comportamiento del mismo dentro de los rangos numéricos que ofrece cada variable.

Se aplicó la metodología en dos fases (Figura 1). En cada una se definieron 5 componentes, que sintetizan el enfoque de cada fase. En ambas, se utiliza un SIG; para representar y procesar la información cartográfica. El proceso de cálculo requiere de la superposición y combinación de diversas capas de información.

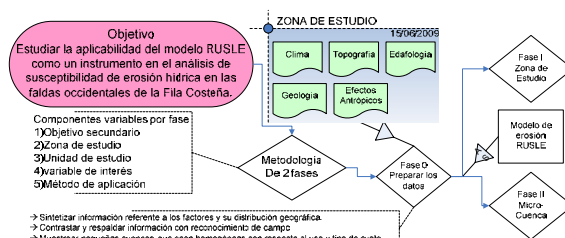


Figura 1.- Esquema metodológico

Para la Fase I se definen 6 casos donde se varía la presencia de los factores y se evalúa la interacción que se da entre ellos (ver Tabla 1).

Tabla 1.- Casos definidos para observar el comportamiento del modelo RUSLE

	Factores				Objetivo		
	R	K	LS	C			
casos	1	Mapa Preliminar de la Erosividad Pluvial Anual en Costa Rica; Wilhem-Günther Vahrson, 1990	Ecuación Diámetro geométrico promedio	ladera única	Uso anterior	Resultado mínimo	
	2				Uso actual, 2005	Situación real en una fecha reciente	
	3				máximo numérico	Resultado máximo	
	4				nulo (1)	Variación espacial del modelo	
	5				nulo (1)	uso actual 2005	Zonas idóneas para la Fase II
	6				nulo (1)	nulo (1)	Interacción de los Factores

Para evaluar el modelo en una zona de estudio tan grande

se debió realizar una reducción, así se convirtió toda la zona de estudio en pequeñas laderas uniformes (más de 1,3 millones) representadas por un arreglo tipo raster donde a cada píxel o celda se le aplica el modelo de manera aislada. Para la Fase II se retoman los casos 1, 2 y 3 de la Fase I y se modifica el procedimiento de cálculo del factor LS; esto para comparar la erosión de acuerdo a dos enfoques que calculan el factor de relieve en pequeñas cuencas. En la Fase II se evalúa el modelo en 8 pequeñas cuencas homogéneas.

El análisis de sensibilidad, incluye: valores extremos, rangos de comportamiento y equivalencias de crecimiento. Para obtener estos indicadores se emplea la correspondencia de crecimiento, el método de evaluación de las variables en valores extremos, sucesión de crecimiento y la nube aleatoria de dispersión. Inicialmente se plantearon diversas ecuaciones para cada una de los factores que componen el modelo RUSLE a partir del análisis de sensibilidad se decidió cuales ecuaciones utilizar.

Resultados

Para evaluar un caso real de uso del suelo se realizó un análisis fotogramétrico con las fotografías aéreas del proyecto CARTA 2005, realizado por el PRIAS, Proyecto BID-Catastro, IGN, UCR y otras instituciones. Específicamente se utilizaron las imágenes multiespectrales MASTER, las fotografías en infrarrojo cercano y las fotografías en color verdadero. Estas se encuentran a disposición para trabajos académicos y además poseen la mejor resolución disponible para el país, con un tamaño de píxel de 10 m para las imágenes MASTER y 1,5 a 0,60 m en las fotografías.

El análisis de susceptibilidad implicó comparar el resultado numérico del modelo contra algún rango de aceptabilidad. Inicialmente se utilizaron rangos en las unidades del modelo, masa por área por año, pero los resultados distaban mucho de los rangos definidos en la bibliografía consultada (USDA, FAO). Por ello los valores fueron representados de acuerdo a rangos de comportamiento definidos a partir de la forma del histograma acumulado, y validados con métodos estadísticos, como se muestra en la figura 2. Para comparar el resultado numérico se realizó un cambio de unidades y se comparó la profundidad de suelo desprendido contra la profundidad total del suelo.

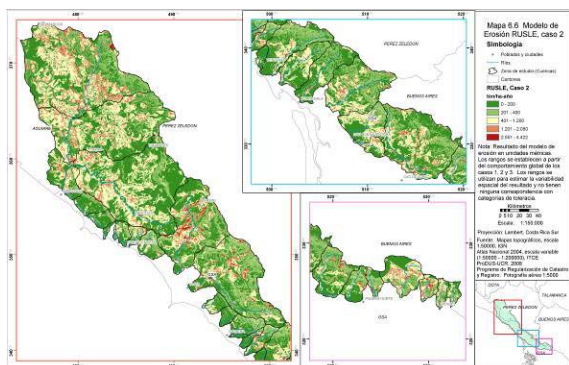


Figura 2.- Resultado del modelo de erosión RUSLE, utilizando todos los factores y el uso del suelo del año 2005. Fase I, caso 2.

Al final de la Fase I se realizó una comparación entre el resultado del caso 1 y el caso 3, se evaluó todo el rango y el promedio para cada cuenca, con esto se estimó el nivel de afectación que podría sufrir la cuenca en un cambio

intensivo de uso del suelo.

En la Fase II el Factor LS se estima con dos métodos, en conjunto con los casos 1, 2 y 3. Las técnicas para calcular el Factor LS en subcuencas son: densidad de drenaje de Horton y contorno-punto extremo de Williams y Berndt. En la Figura 3 se muestra para las nueve combinaciones y cinco de las subcuencas el resultado numérico del modelo, en unidades de masa de suelo desprendido..

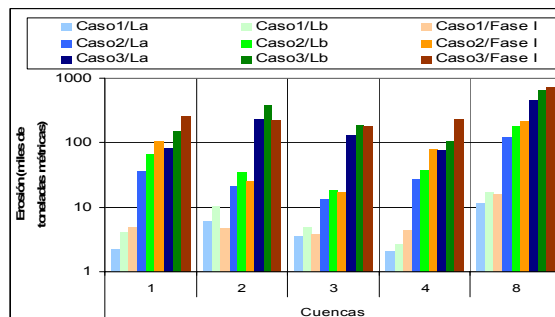


Figura 3.- Comparación entre algunas de las cuencas de la Fase II y los métodos de cálculo del Factor L

Conclusiones

En el cálculo del Factor K el peso de la granulometría es muy superior al resto de las otras variables que afectan el proceso erosivo. Los suelos arenosos son poco erosionables pues las partículas más grandes requieren mayor fuerza para ser desprendidas y transportadas. Los suelos arcillosos en estado saturado son poco erosionables ya que su plasticidad los vuelve deformables más que erosionables. Los suelos más erosionables son los limos y los materiales con una mala granulometría.

El tamaño del píxel que se escoja para dividir la zona de estudio desestima la erosión total en la medida en que este sea mucho menor respecto de la longitud uniforme de las laderas que forman la cuenca.

Obtener los datos para las variables que emplean los Factores del modelo RUSLE, es muy complicado para grandes extensiones; especialmente las variables de los Factores K y C; ya que estas, pueden variar rápidamente de un lugar a otro. Pese a la dificultad de obtener estos datos, con suficiente información se puede realizar una aproximación aceptable del comportamiento de la erosión.

El criterio de tolerancia por pérdida de masa por área por año presenta serias dificultades en regiones donde no ha sido calibrado adecuadamente. El criterio de tolerancia por porcentaje del horizonte A desprendido, dio un comportamiento aceptable. Sin embargo se debe recordar que este analiza el resultado al cabo de un año y no la sostenibilidad del mismo en el tiempo.

La falta de calibración del modelo para las condiciones tropicales, la escasa información pertinente y la dificultad de medir y determinar algunos parámetros, obliga el uso de los resultados del modelo con cautela. Sin embargo las relaciones observadas entre los casos de estudio; erosión mínima, máxima y real; así como el comportamiento y la variación relativa entre cuencas y entre las partes de las cuencas, siguen siendo válidas.

La metodología pese a sus limitaciones es efectiva en la determinación y comparación de la susceptibilidad de diferentes regiones dentro de una zona de estudio y puede ser utilizada como una herramienta de planificación regional y como un indicador de la susceptibilidad de un terreno ante un proyecto u obra civil.