



Uso del modelo SWAT para estimar la producción de sedimentos en una cuenca dominada por Ganadería.

Ney Ríos¹, Muhammad Ibrahim, Jorge Faustino, FONAFIFO

Resumen

La cuenca del Río Jesús María es considerada como una de las cuencas más deterioradas de Centroamérica y su principal uso del suelo es la ganadería extensiva. Forma parte de un corredor biológico nacional, alberga dos áreas protegidas y por alto índice de degradación ha sido declarada como prioritaria. Por tal razón, con el uso de la herramienta del modelo SWAT en interface con Sistemas de Información Geográfica, la simulación del balance hídrico fue estimada con el objetivo de conocer las zonas de mayor producción de sedimentos y el grado de aporte de los diferentes usos de suelo a la misma. Los resultados refuerzan la evidencia que el tipo de cobertura, grado de pendiente y el manejo de un sistema juegan un papel importante en la producción de sedimentos. En la cuenca, la actividad ganadera produce el 40 % del total de sedimentos; 1,5 veces más que la actividad agrícola y 3,2 veces más que la cobertura forestal presente. La ubicación espacial de la erosión evidencia que no solo la ganadería es un punto crítico en la producción de sedimentos; altas tasas de erosión se registran en usos agrícolas en zonas con alta pendiente. La identificación espacial de la producción de sedimentos permitiría focalizar acciones y recursos técnicos integrales en áreas donde se producen mayor cantidad de sedimentos. El modelo SWAT puede ser una herramienta útil para identificar zonas críticas de intervención que permitirían facilitar el desarrollo de estrategias y toma de decisiones integrales en el manejo de cuencas.

Palabras clave: Ganadería extensiva, comportamiento hidrológico, erosión, Sistemas de información geográfica

1. Introducción

Varios estudios evidencian que la eliminación de la vegetación es la principal causa de degradación del suelo y de la pérdida de su capacidad de tolerar la erosión. La erosión del suelo se considera uno de los factores que contribuyen a la desertificación. La erosión hídrica es uno de los factores que afectan en gran medida el capital natural de las fincas como consecuencia natural de las lluvias y potenciado por malas prácticas agrícolas y desprotección del suelo (Cartes, *et al.* 2009). Debido a la influencia que ejerce sobre la actividad productiva tanto agrícola, forestal y ganadera, es relevante conocer que sistemas son los que aportan más o que influyen en el proceso erosivo y donde están ubicados espacialmente.

Para generar una estimación de erosión hídrica existen varios métodos, pudiendo clasificar estos en directos, los cuales consisten en la instalación de unidades experimentales en campo; y métodos indirectos a través de expresiones matemáticas con recopilación de información y modelación. Estos últimos ahorran tiempo y dinero, factores que caracterizan a los métodos directos. (Chela *et al.* 2008).

¹ Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza –CATIE. jrios@catie.ac.cr



Un modelo Hidrológico es una representación simplificada de un sistema real complejo llamado prototipo, bajo forma física o matemática. La simulación hidrológica pretende reproducir con la ayuda de un computador, todos los procesos físicos que conforman el ciclo hidrológico en una cuenca hidrográfica, utilizando un modelo matemático que los represente adecuadamente. Uno de los modelos hidrológicos para pronosticar el impacto de un uso de suelo es SWAT (Soil and Water Assessment Tool). SWAT se basa en un balance hídrico para determinar la entrada, salida y almacenamiento de agua en la cuenca. Para el modelamiento, la cuenca hidrográfica se divide en pequeñas subcuencas con el fin de mejorar la exactitud de los cálculos. En Costa Rica el modelo ha sido desarrollado en algunas cuencas con resultados validados en campo.

La cuenca del Río Jesús María, según la metodología de priorización de cuencas desarrollada por el PNUD, tienen los mayores niveles de degradación en Costa Rica y a sido elegida como cuenca piloto para el desarrollo de iniciativas integrales de manejos sostenible. Ante este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la producción de sedimentos por erosión hídrica y determinar su ubicación espacial mediante el uso del modelo hídrico SWAT en la Cuenca del Río Jesús Maria.

2. Materiales y métodos

Descripción del área de estudio.

La cuenca del Río Jesús María se localiza en el Pacífico Central de Costa Rica, posee una superficie aproximada de 352,8 km², una escorrentía de 1322 mm/año, precipitación media de 2750 mm, temperatura promedio de 24,8 °C y humedad relativa promedio de 79%. La pendiente es moderadamente plana (poco accidentada) y en la parte alta predominan las escarpadas, los suelos son de textura media (arenoso limoso o franco arcillo arenoso) y generalmente degradados. La actividad económica predominante es la ganadería de carne (ocupando un 37% de su área), seguida por la agricultura (generalmente frutas). De acuerdo a la comisión asesora sobre degradación de tierras (CADETI) es la cuenca con los mayores niveles de degradación de tierra de Costa Rica.

Descripción del modelo SWAT

SWAT es el acrónimo en inglés para Soil and Water Assessment Tool. Los componentes principales de SWAT incluyen: (a) el clima, (b) la escorrentía superficial, (c) los flujos de retorno, (d) la infiltración, (e) la evapotranspiración, (f) las pérdidas por transmisión, (g) el almacenamiento en reservorios, (h) el crecimiento de los cultivos, (i) la irrigación, (j) el flujo de aguas subterráneas, (k) el direccionamiento de las corrientes, (l) la recarga de nutrientes y pesticidas; y (m) la transferencia de agua. SWAT divide la cuenca en subcuencas. Cada subcuenca se divide a su vez en una serie de Unidades de Respuesta Hidrológica (URH). Cada URH es una combinación única de un tipo específico de suelo y uso de la tierra (tipo de vegetación, tipo de zona urbana, entre otros). SWAT simula la hidrología, el crecimiento de vegetación y las prácticas de manejo a nivel de URH, para cada subcuenca.



SWAT es un modelo basado en principios físicos, es decir, en lugar de integrar ecuaciones regresivas para describir las relaciones entre las variables de entrada y salida; el SWAT requiere de datos específicos acerca del clima, propiedades físicas del suelo, topografía, vegetación y prácticas de manejo del suelo. La base conceptual del modelo para indicar lo que pasa en la cuenca es predecir el comportamiento del ciclo hidrológico. SWAT puede predecir los efectos que tienen las distintas decisiones de manejo en la calidad del agua, sedimentos, nutrientes y cargas de pesticidas en cuencas sin monitoreo y considera complejos constituyentes de la calidad del agua.

Coberturas evaluadas (estado actual de la cuenca)

A continuación se sintetizan la clase de suelos y la cobertura de la cuenca del Río Jesús María

Cuadro 1. Características del Suelo y cobertura vegetal en la Cuenca del Río Jesús María.

Tipo de Suelo	Cobertura	Nomenclatura cobertura SWAT
Ah-e Ah-fo Ah-mo Ah-p Ah-so Et-p Eu-fo Ix-mo Ut-e Ut-fo	Agua	WATR
	Bosque	FRST
	Café	FRST
	Cultivos	AGRL
	Frutales	APPL
	Manglar	WETF
	Matorral	RNGB
	PSA-Teca	FRSE
	Pasto	RNGE
	Regeneración natural	FRST
	Urbano	URMD

3. Resultados y discusión

En la cuenca los usos de suelo que más contribuyen a la producción de sedimentos son las pasturas, seguidas por los cultivos y los matorrales (Cuadro 1). El grado de erosión presente es severa ($> 50 \text{ Ton ha}^{-1}$) en un 2%, moderada ($10 \text{ a } 50 \text{ Ton ha}^{-1}$) en 52,8% y tolerable ($< 10 \text{ Ton ha}^{-1}$) en un 45,2% (Figura 1). El desorden en el uso del suelo y el desarrollo de actividades agropecuarias, principalmente la ganadería extensiva en áreas diferentes a su vocación, explican estos resultados. Esto ha llevado a que el 31,3% de la cuenca este sobre explotada. Resultados similares fueron encontrados por Villanueva et al 2008, Ríos et al 2008 y Ríos e Ibrahim 2010 y Salas 2011 donde la ganadería extensiva es la responsable de producción de sedimentos.

Cuadro 1. Erosión total bajo diferentes coberturas en la cuenca del Río Jesús María, Costa Rica.

Uso de suelo	Erosión Total (Toneladas)	Erosión Total (% del total)
Pasto	43.049,75	40,42
cultivos	26.561,02	24,94
Matorral	18.211,76	17,10
Bosque	13.247,51	12,44
PSA - Teca	2.786,05	2,62
urbano	2.287,96	2,15
Manglar	371,65	0,35
frutales	0,78	0,00
Total	106.516,48	100,00

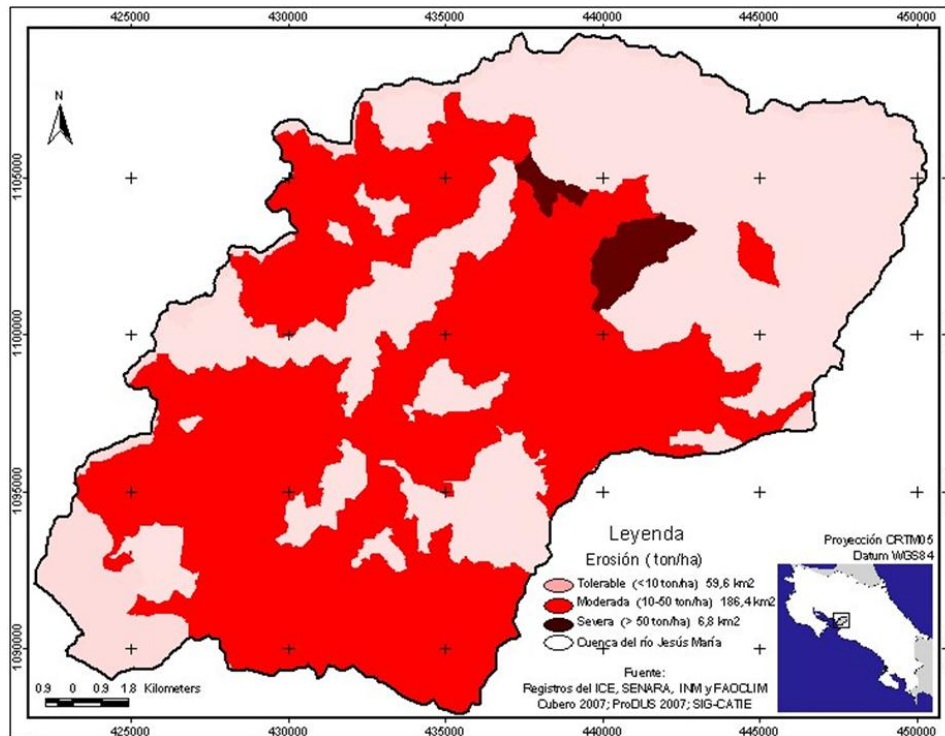


Figura 1. Distribución de la erosión en ton/ha de la cuenca del Río Jesús María, Costa Rica

4. Conclusiones

- Si bien la ganadería es el mayor uso de suelo en la cuenca y la responsable de la mayor producción de sedimentos, existen otros usos de suelo agrícolas que en menores áreas contribuyen significativamente en la producción de sedimentos en zonas de alta pendiente mediante procesos erosivos en surcos.



- La ubicación espacial de la producción de sedimentos es elemental para la identificación de técnicas productivas sostenibles y focalizar la inversión de las mismas en zonas prioritarias.
- El modelo hidrológico SWAT se muestra como una herramienta útil para la ubicación y categorización espacial de variables hidrológicas dentro de la cuenca.
- Se recomienda validar la información mediante pruebas de campo (parcelas de escorrentía), datos que permitirían calibrar el modelo y tener datos más exactos.

5. Agradecimientos

Al Fondo Nacional de Financiamiento Forestal de Costa Rica (FONAFIFO), quien ha financiado la elaboración del Plan de Manejo de la Cuenca Jesús María, del cual forma parte este estudio.

6. Literatura citada

- Cartes, E.; Rubilar, R. y Mardones, O. 2009. Comparación de erosión hídrica en plantaciones forestales y bosque nativo, en suelo granítico de la región del Bío-Bío, Chile. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, AR. pp. 18-23 (En línea). Disponible en http://www.cfm2009.org/es/programapost/resumenes/uploads/Erosion_hidrica_FD.pdf
- Chela, E; Monar, C.; Valverde, F.; Cruz, E. 2008. Evaluation of soil loss from water erosion in three production systems of the Alumbre River watershed, Ecuador. Working Paper. SANREM CRSP and OIRED, Virginia Tech. no 3((8). Quito, EC. 12 p.
- Ríos, N e Ibrahim, M. 2010. Escorrentía superficial y erosión hídrica en fincas ganaderas del trópico Centroamericano. In Congreso Internacional de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible (6° :2010 : Panamá, PA).21010. Multiplicación de los sistemas agroforestales y silvopastoriles para la adaptación y mitigación del cambio climático en territorios ganaderos. Resúmenes. Eds. M. Ibrahim; E. Murgueitio. Turrialba, C.R, CATIE
- Ríos, N; Heidenger, H; Zorogastua, P; Muhammad, I; Velásquez, S; Quiroz, R. 2008. Estimación del Balance hídrico y producción de sedimentos bajo tres escenarios de cobertura en la subcuenca ganadera del Río Jabonal, Costa Rica, mediante el empleo de SWAT. Presentado en el Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA) 2008. San José CR.12p.
- Salas, C. 2010. “Comportamiento hidrológico y erosivo en usos de suelo prioritarios de la campaña lechera en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica”. Tesis, Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 100 p
- Villanueva, C.; Ibrahim, M.; Torres, M. y Torres, K. 2008. Planificación agroecológica de fincas ganaderas: la experiencia de la subcuenca Copán, Honduras – 1° ed. – Turrialba, C.R : CATIE, 2008. 36p. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/a2984e/a2984e.pdf>