

Estudio del factor “C” de la RUSLE en la cuenca del río Birrís, Costa Rica

Elena Lianes⁽¹⁾, Miguel Marchamalo⁽²⁾, Margarita Roldán⁽³⁾

(1), Departamento de Ingeniería Forestal. E.U.I.T. Forestal. UPM. Avda. Ramiro de Maeztu s/n. Ciudad Universitaria.28040 Madrid. E-mail: elr@alumnos.upm.es.

(2) Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno. E.T.S.I. Caminos Canales y Puertos, UPM. C/ Profesor Aranguren 3. Ciudad Universitaria, 28040 Madrid. E-mail: miguel.marchamalo@upm.es

(3) Grupo de Investigación Ecología y Gestión Forestal Sostenible. ECOGESFOR-UPM. E.U.I.T. Forestal. Avda. Ramiro de Maeztu s/n. Ciudad Universitaria.28040 Madrid. margarita.roldan@upm.es

ABSTRACT

This work contributes to increase the knowledge about the relations between vegetation cover and water erosion in order to obtain technical coefficients based on field data and the RUSLE model. The study watershed produces high erosion rates, mainly due to the decrease of forest cover, land misuses and changes in the drainage network, causing damage in the hydropower, agricultural and pasture production. Values of RUSLE C factor were determined for the different kind of vegetation cover. C factor varies considerably between agricultural cover, $C = (0,3 - 0,4)$, and the other vegetation covers, $C = (0,002 - 0,04)$. Agricultural factor C was calculated for the different phases of the crop ($SLR_{crop\ phase}$). To decrease erosion the implementation of integrated management practices is recommended for soil and water conservation taking into account the vegetation cover proposals that better protect the soil based on the results of the present work.

Palabras clave: cobertura vegetal, erosión, factor C, modelo RUSLE, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Birrís es de carácter prioritario para el país tanto por su producción agropastoral como hidroeléctrica. Por ello, se han llevado a cabo estudios sobre la erosión de la cuenca, presentando valores promedio elevados, próximos a 50t/ha/año (ICE 1999; CATIE 2003; Marchamalo 2004), así como sobre las tasas de sedimentación. Sin embargo no hay estudios específicos sobre el papel de la cobertura vegetal y su influencia en esos procesos. Este trabajo se centra en ello, ya que la cubierta vegetal es el elemento natural de protección del suelo contra la erosión y que se puede modificar en un periodo relativamente corto de tiempo mediante la gestión del territorio. Para ello, se calcula el factor C del modelo RUSLE. A partir de los resultados, se proponen alternativas para el manejo de las cubiertas vegetales más eficaces en la protección del suelo contra la erosión. Esos valores pueden ser empleados para estimar los valores de la erosión potencial y producción de sedimentos para evaluar el efecto de diversas medidas de conservación de suelos y aguas.

MÉTODOS

La cuenca del río Birrís pertenece a la del río Reventazón, situada entre las coordenadas geográficas 83,78° - 83,86° de longitud oeste y 9,89° - 9,98° de latitud norte. Comprende una superficie de 4.802 hectáreas, regida por condiciones climáticas de la Vertiente Atlántica con transición al clima del Valle Central. Presenta suelos de origen volcánico, clasificados como

andisoles. En la zona alta de la cuenca existe mayor cobertura forestal que en la zona media y baja donde queda limitada a las nacientes y a la franja de ribera, donde la pendiente imposibilita el uso agropastoral, el resto de la superficie está cubierta por pastos y cultivos agrícolas. El uso actual de la cuenca en porcentaje de superficie se reparte en bosque 28%, pastos 35% y cultivos 32% (Marchamalo 2004).

Se muestrearon veinte parcelas, realizando cinco réplicas en cada parcela, representando un total de cien puntos de muestreo; agrupadas según los tres tipos de cobertura de la cuenca: (1) arbórea: bosque natural, bosque degradado, frutal joven, frutal maduro; (2) con pastos: pasto de corta o pasto de siega, potrero o pasto de diente; (3) con cultivos: papa, zanahoria y brócoli, en cuatro estados: recién sembrado o plantado, tras el aporcado, en plena cobertura, tras el arranque o cosecha. En cada parcela se midió la fracción de la cubierta aérea, altura efectiva, fracción de la cubierta del suelo y rugosidad.

Para el cálculo del factor C, y de sus subfactores, se aplicaron las ecuaciones de RUSLE (Renard *et al.* 1996) y una hoja de cálculo de elaboración propia. La erosividad de lluvia fue facilitada por el ICE (Gómez, 2007). El factor C de las parcelas agrícolas se calculó para las rotaciones actuales y para unas alternativas propuestas que tienen como objeto promover los estados del cultivo más protectores en los momentos más críticos de erosión. El orden de los cultivos de las rotaciones alternativas se contrastó con Molina (2007) para ser compatibles con las preferencias de los productores de la zona.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores del subfactor cubierta en contacto con el suelo, SC, muestran la eficacia de ésta en la protección del suelo así como su importancia en los valores del factor C de las diferentes cubiertas, ya que existe una relación proporcional y directa.

En la tabla 1 se muestran los factores C de los diferentes estados del cultivo (ratios de pérdida de suelo, SLR). Su cálculo es posible ya que en la cuenca de estudio los estados del cultivo se presentan, en distintas fincas, a lo largo de un año. Cabe destacar su utilidad en otras zonas donde las prácticas agrícolas para un tipo determinado de cultivo sean las mismas que las de la cuenca de estudio pues el valor final del factor C se vería influenciado por la distribución del factor R, erosividad de la lluvia, de la zona concreta de estudio.

Tabla 1. Factores C de los diferentes estados del cultivo (ratios de pérdida de suelo, SLR).

Cultivo	1.Sembrado o plantado	2.Aporcado	3.Plena cobertura	4. Cosecha
Papa	0,731	0,270	0,122	0,522
Zanahoria	0,990	0,316	0,051	0,081
Brócoli	0,735	0,171	0,034	0,015

Los factores C de los diferentes estados de cultivo muestran que la pérdida potencial de suelo en los cultivos agrícolas varía según su estado de desarrollo y el porcentaje de suelo desnudo expuesto a la acción erosiva. En el desarrollo del cultivo, desde el estado de la siembra o la plantación, fase más vulnerable ante la erosión, hasta llegar al crecimiento máximo, su cobertura aumenta disminuyendo el factor C (Tabla 1). Por ello, los cultivos tienen una función protectora estacional. Los factores C tras la cosecha (Tabla 1) muestran la influencia del modo en que ésta se realiza, muy relacionada con el porcentaje de residuos en contacto con el suelo que dejan tras la cosecha.

Los factores C calculados en este estudio están basados en datos recogidos en campo y aplicando la RUSLE. En estudios anteriores desarrollados en esta misma cuenca (FAO

1989; ICE 1999; Saborío 2002; Gómez 2002; CATIE 2003; Marchamalo 2004) se utilizaron tablas adaptadas a partir de las de USLE. Cabe destacar que la aplicación de la metodología original de RUSLE, ha permitido acotar los valores de los factores C agrícolas. Así pues, los resultados del factor C de los cultivos anuales en la cuenca calculados en este estudio presentan valores del factor C, máximos de 0,4, notablemente menores que los usados en los estudios arriba mencionados estudios.

Tabla 2. Factor C de los tipos de cubierta en la cuenca del río Birrís, Costa Rica.

Cobertura		Factor C
Bosque	Bosque natural	0,003
	Bosque degradado	0,037
Pastos	Pasto de corta o pasto de siega	0,012
	Potrero carga normal	0,002
	Potrero degradado	0,002
Cultivos	Potrero muy degradado	0,016
	Árboles frutales	0,003
Cultivos anuales	Papa- brócoli	0,260
	Papa-zanahoria	0,300
	Papa-zanahoria-papa	0,390
	Papa-papa-brócoli	0,390
	Papa-zanahoria-brócoli	0,360

Los pastos de diente o potreros proporcionan una protección eficiente del suelo cuando son aprovechados adecuadamente (Tabla 2), y de orden similar al bosque natural. No obstante, un bosque con sotobosque, más que una cubierta herbácea, contribuye a incrementar la infiltración en el suelo con lo que disminuye la escorrentía superficial con la consecuente disminución del potencial de erosión hídrica (Ríos *et al.* 2007). En las cubiertas forestales el incremento de la infiltración puede ayudar a mejorar la recarga de los acuíferos y al mantenimiento del caudal base de los ríos, sobre todo en la época de estiaje (Marchamalo 2004). Además, la cobertura arbórea provee distintos servicios ambientales entre los cuales se destacan la protección de la cuenca y la regulación del ciclo hidrológico (Ríos *et al.* 2007). En conjunto se verifica la importancia del bosque tanto por la protección del suelo contra la erosión como por su respuesta hidrológica.

Respecto al valor similar del potrero en carga normal y el potrero degradado (Tabla 2) se debe a que ambos presentan una cobertura casi completa, aunque el potrero degradado tiene una carga ganadera mayor que produce la compactación del suelo la cual está compensada por la alta rugosidad del escalonamiento característico.

Los factores C para el pasto de corta y el pasto de diente o potrero en aprovechamiento adecuado toman valores aproximadamente iguales (Tabla 2). No obstante el pasto de corta proporciona importantes servicios hidrológicos, como son su efecto favorable global sobre las variables hidrológicas reduciendo la escorrentía en un 73 % y la erosión en un 57% respecto del potrero tradicional (Marchamalo 2004).

Las propuestas de nuevas rotaciones de cultivo resultan mejores que los regímenes actuales (Fig.1), obteniéndose factores C menores que con las rotaciones actuales. Así, manteniendo el resto de factores de la RUSLE invariables, se disminuyen las pérdidas de suelo potenciales entre un 20 hasta un 40%. Las rotaciones propuestas permiten una ordenación del territorio sin cambio de uso, sino con ciertas limitaciones temporales y con la aplicación de nuevas tecnologías de cultivo conservacionistas. Se va a aplicar un esquema de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) en la cuenca del río Birrís con el fin de

compensar a los productores por las posibles disminuciones de productividad que se produzcan por la adopción de medidas conservacionistas de suelos y aguas. Estos fondos, provenientes de una tarifa ambiental del agua y de la hidroelectricidad, permitirán compensar a los productores que conserven el suelo y agua.

CONCLUSIONES

Se recomienda que los planes de manejo que apliquen los fondos del PSA incluyan las siguientes propuestas respecto a las cubiertas vegetales. Estas propuestas deberán ser avaladas con un estudio socioeconómico y con un estudio de áreas prioritarias de aplicación de dichos planes según la producción de sedimentos;

- Favorecer los usos forestales y pascícolas frente a los cultivos anuales;
- Favorecer los pastos de corta frente a los pastos de piso o de diente;
- En cultivos permanentes favorecer la instalación de vegetación en contacto con el suelo.
- En cultivos agrícolas: aumentar la cubierta en contacto con el suelo en las etapas críticas del cultivo, como por ejemplo evitar el uso de herbicidas antes de la cosecha de la patata; y ordenar temporalmente los cultivos, de manera que en los momentos de mayor erosividad pluvial la cubierta en contacto con el suelo sea máxima.

AGRADECIMIENTOS

A los profesionales de CATIE, CIA-UCR, MAG, MINAE, ICE y UPM que han compartido su conocimiento y apoyado el desarrollo de esta investigación. A los productores de la cuenca de estudio. Al financiamiento y apoyo de la UPM, y los proyectos Trofcca y PCI-AECID.

REFERENCIAS

- ❖ FAO. 1989. *Evaluación de los Estados de Erosión Hídrica de los Suelos y Delimitación de Áreas Críticas por Pérdida del Horizonte A en la cuenca del Río Reventazón*. Gobierno de Costa Rica. Informe Técnico No. 1-E. Roma: FAO. 133.
- ❖ Gómez, F. 2007. Erosividades de lluvia para las estaciones meteorológicas de Cachí y Sanatorio Durán, 1999 - 2006. Instituto Costarricense de Electricidad, ICE. San José, Costa Rica. Sin publicar.
- ❖ Gómez, F. 2002. *Evaluación de la erosión potencial y producción de sedimentos en tres cuencas de Costa Rica*. Trabajo de Graduación: Licenciado en Ingeniería Civil. UCR. San José, Costa Rica. 191.
- ❖ ICE. 1999. *Plan Integral de Manejo de la Cuenca del Río Reventazón*. Instituto Costarricense de Electricidad. San Jose, Costa Rica. 550.
- ❖ Marchamalo, M. 2004. *Ordenación del territorio para la producción de servicios ambientales hídricos. Aplicación a la cuenca del Río Birrís (Costa Rica)*. Universidad Politécnica de Madrid. España. 409.
- ❖ Molina, B. 2007. Comunicación personal: usos de la tierra en la cuenca del río Birrís. Agencia de Extensión Agropecuaria del Ministerio de Agricultura en Pacayas. Pacayas, Costa Rica.
- ❖ Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., and Yoder, D.C. 1996. *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Soil Loss Equation (RUSLE)*. Agricultural Handbook 703. US Government Printing Office. Washington DC. 384.
- ❖ Ríos, N., Cárdenas, A.Y., Andrade, H.J., Ibrahim, M., Jiménez, F., Sancho, F., Ramírez, E., Reyes, B. y Woo, A. 2007. *Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo (Nicaragua, Costa Rica)*. Agroforestería Américas, 45: 66-71
- ❖ Saborío, J.2002. Informe final: *Estudio erosión potencial, cuenca del río Savegre, Costa Rica*. Instituto Costarricense de Electricidad, ICE. San José, Costa Rica. 41.