



## Valoración económica preliminar de la erosión hídrica en sistemas ganaderos de la cuenca media alta del Río Reventazón, Costa Rica

Salas, Carlos.<sup>1</sup>; Ríos, Ney; Ibrahim, Muhammad; Sepulveda, Claudia

### RESUMEN

El presente estudio evaluó la erosión provocada por escorrentía superficial mediante parcelas de escorrentía en cuatro usos de suelo en la zona media alta del Río Reventazón, posteriormente se realizó un análisis de costos evitados para estimar una valoración económica de la misma. Los usos de suelo evaluados fueron: bosque ripario (BR), banco forrajero (BF), pastura mejorada (PM) y pastura degradada (PD). Durante el periodo de muestreo (10 meses) se evaluaron 90 eventos de lluvia en BR, 89 en BF, 98 en PM y 49 en PD. Mediante un análisis de varianza se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p=0,0001$ ), con una cantidad mayor de sedimento en PD (25,56 Ton ha<sup>-1</sup>), seguida por PM (6,89 Ton ha<sup>-1</sup>), BF y BR (3,93 y 1,82 Tn ha<sup>-1</sup> respectivamente), además de evidenciarse una estrecha relación entre el uso de suelo y el manejo del mismo. El análisis económico demostró que el cambio de sistema productivo a uno que produzca menos erosión (BF) disminuiría USD 36,13 por Tn ha<sup>-1</sup> los costos de dragado de un embalse en la parte baja de la cuenca.

**Palabras clave:** Ganadería, costos evitados, escorrentía, erosión hídrica.

### INTRODUCCIÓN

La ganadería a nivel mundial es la actividad productiva que más superficie de tierra utiliza (Steinfeld, *et al.* 2009), pero, a pesar de ser de vital importancia para el bienestar de millones de personas, en términos generales está caracterizada por producir efectos indeseables sobre el ambiente tales como el incremento en la tasa de deforestación, la degradación de los suelos, la fragmentación de paisajes (Betteridge *et al.* 2002; Drewry *et al.* 2004; Tobar e Ibrahim, 2008), entre otros. Esta realidad se torna preocupante más aun cuando se suman factores naturales como las lluvias y/o pendientes pronunciadas (Oñate-Valdivieso, 2004) que podrían conducir sedimentos hacia cuerpos de agua en la parte baja de una cuenca. Este es el caso de la cuenca del Río Reventazón en Costa Rica, donde se encuentra ubicado el proyecto hidroeléctrico Angostura y anualmente el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) realiza dos trabajos de dragado en el embalse con un costo de USD 3.000.000,00 para desalojar 1.500.000 Tn de sedimentos (ICE, 2002). La finalidad del presente trabajo fue tratar de identificar cuáles usos de suelo dedicados a ganadería generan gran cantidad de sedimento y si el cambio a tecnologías mejoradas (sistemas silvipastoriles) podría disminuir el costo de dragado.

### MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación.** La cuenca del Río Reventazón se encuentra ubicada en la vertiente Atlántica de la República de Costa Rica, hacia el centro del país en la provincia de Cartago. El pasto y la ganadería comprenden grandes extensiones de tierra (80% de la ganadería tiene como fin la producción de leche y el 20% de doble propósito), generando un 30% de la producción nacional de leche y carne (ICE, 2009). Se encuentran razas europeas como Holstein, Jersey, Guernsey. El área de estudio comprende la parte media-alta de la cuenca del Río Reventazón, específicamente en la campiña lechera del distrito de Santa Cruz ubicado en la subcuenca del Río Turrialba, 19 kilómetros al noroeste de la cabecera de Turrialba en una zona montañosa con temperaturas promedio de entre 10 y 19 °C, con precipitaciones de 3.000 a 3.500 mm, 85 % de humedad relativa, alturas que van desde los 900 a 3.200 msnm y 3.274 habitantes (IFAM 1992). En cuanto a pasturas en la zona de estudio, se encontraron principalmente kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), estrella (*Cynodon plectostachyus*) y brachiaria (*Brachiaria decumbens*) con sistemas de manejo rotativo con divisiones en apartos para pastoreo.

<sup>1</sup> Docente Investigador. Universidad Técnica de Manabí – Ecuador. carlos.a.salas.m@gmail.com

**Criterios para la selección de sitios de muestreo.** Los sitios donde se ubicaron las parcelas de muestreo debieron cumplir con los siguientes criterios:

- ∞ *Uso prioritario:* Principales dentro de las actividades de la zona.
- ∞ *Tipo de suelo:* Cuentan con similares características en cuanto a estructura y composición.
- ∞ *Pendiente:* Pendientes dentro de un rango de 25% a 35%
- ∞ *Sistema de manejo:* cuentan con un sistema de manejo rotativo.

Los usos de suelo identificados para evaluación fueron: bosque ripario (BR), banco forrajero (BF), pastura mejorada (PM) y pastura degradada (PD).

**Parcelas de escorrentía para determinar sedimento.** Se utilizó parcelas de escorrentía (Figura 1) con un área de 50 m<sup>2</sup> (5 m x10 m) de manera tal que la mayor longitud (10 m), esté en el mismo sentido de la pendiente.

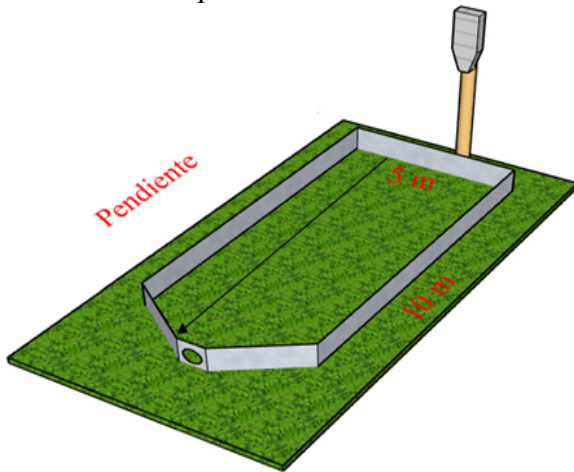


Figura 1. Parcela de escorrentía utilizada para medir escorrentía superficial y erosión hídrica en usos de suelo en la cuenca media alta del Río Reventazón.

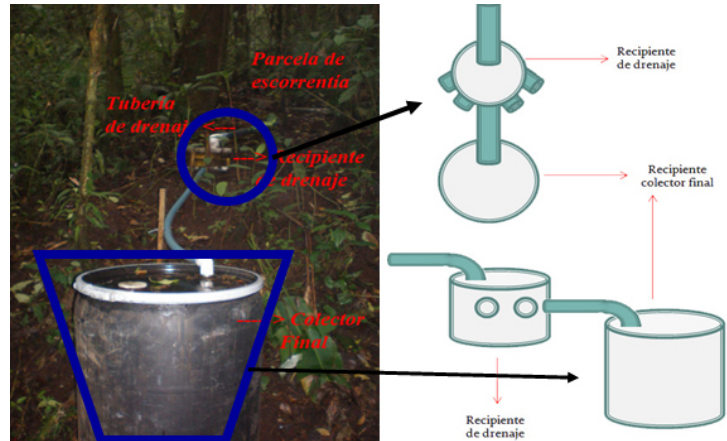


Figura 2. Estructura del sistema para recolección de agua escurrida en parcelas de escorrentía utilizada para medir escorrentía superficial y erosión hídrica en usos de suelo en la cuenca media alta del Río Reventazón.

Las parcelas se construyeron con laminas de hierro galvanizado de 15 cm de alto (5 cm enterrados en el suelo) con dobleces de 1 cm en el borde superior (con el fin de prevenir accidentes por corte al ganado) y refuerzos con estacas cada 30 cm en la pared exterior de las laminas para evitar daños por manipulación o por el ganado. En el extremo inferior de cada parcela de escorrentía se habilitó un drenaje con un diámetro de 5,08 cm y una tubería del mismo diámetro la cual condujo el agua y sedimento hasta un recipiente de drenaje y luego hasta un recipiente colector final. Al recipiente de drenaje se le adecuó cinco orificios, con el fin de que el colector final capte 1/5 del total de agua escurrida (Figura 2) para prever que eventos extremos desborden el recipiente. Dicho recipiente de drenaje se mantuvo lleno durante el tiempo que duró la toma de datos, cuidando siempre que el mismo este nivelado, al igual que los orificios de drenaje. Las parcelas fueron dispuestas en cada uno de los usos de suelo tomando en consideración el análisis de las condiciones normales de manejo en las zonas de estudio (permanencia del ganado en pastoreo, corte de bancos forrajeros, y no alterando el suelo dentro de parcelas en bosques). Se registraron datos diarios durante el periodo comprendido entre noviembre de 2009 y agosto de 2010. Para medir la pérdida de suelo se tomó una alícuota homogenizada del volumen percibido por el colector final. Estas muestras fueron filtradas para separar los sólidos mediante el uso de un papel filtro. Los sólidos acumulados en el papel filtro se secaron a temperatura de 60°C durante 48 horas, para posteriormente pesarlos. Para expresar la erosión en toneladas por hectárea se multiplicó el peso del suelo erodado por la fracción de hectárea que representa la parcela y se extrapoló a hectárea. Adicionalmente para comparar el efecto del pastoreo o corta de bancos forrajeros / recuperación en los diferentes usos de suelo se utilizaron contrastes para obtener significancia sobre los parámetros del modelo y se utilizó correlaciones de Pearson entre las variables en estudio para comprobar la asociación entre ellas.

**Valoración económica de la erosión.** Para realizar una primera aproximación a la valoración económica de la erosión en la zona evaluada, se utilizó el método de valoración indirecto de “costos evitados”, mismo que consiste en obtener los costos de rectificar un daño provocado generalmente por eventos probabilísticos (inundaciones, sequías, entre otros) y compararlos con los costos en que se incurriría para prevenir el mismo. El presente estudio de caso está representado por el resultante de restar el costo de dragado de un embalse y el costo de implementación de prácticas que disminuyan la erosión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Erosión hídrica.** En la Figura 3 se muestran los resultados obtenidos para esta variable en los usos de la tierra evaluados durante el periodo de estudio comprendido entre noviembre de 2009 y agosto de 2010.

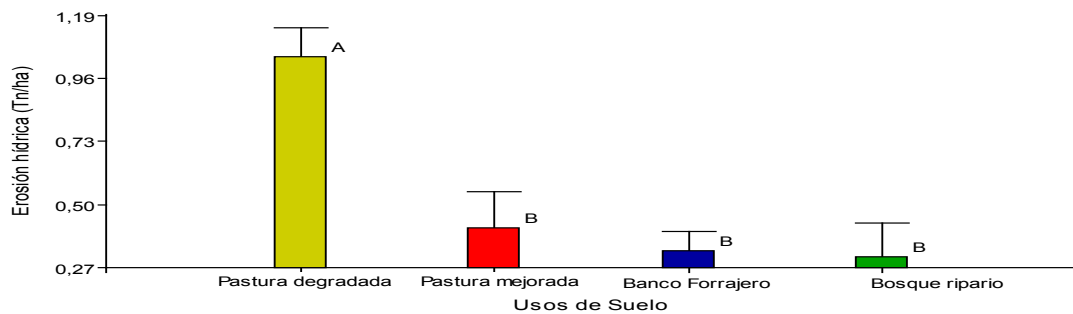


Figura 3. Erosión hídrica ( $Tn\ ha^{-1}$ ) en usos de suelo evaluados en la campaña lechera de Santa Cruz, Turrialba, cuenca media alta del Río Reventazón.

La mayor erosión hídrica se encontró en la pastura degradada (Figura 3) con  $25,56\ Tn\ ha^{-1}$  siendo catorce veces más que en BR ( $1,82\ Tn\ ha^{-1}$ ), seis veces más que en BF ( $3,93\ Tn\ ha^{-1}$ ) y cuatro veces mayor que en PM ( $6,89\ Tn\ ha^{-1}$ ); indiscutiblemente se evidencian las consecuencias negativas que traen consigo prácticas agropecuarias tradicionales en cuanto a la conservación del recurso suelo (Derpsch, 2006). Con respecto a la influencia del manejo de los usos de suelo en los valores de suelo erosionado, se pudo observar diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,0316$ ), lo cual sugiere que la erosión aumenta cuando el uso de suelo se encuentra en pastoreo en el caso de PM y PD; y en corta cuando se trata de BF.

**Valoración económica de la erosión.** El objetivo fue determinar cuáles son los costos de dragado de los sedimentos producidos por un uso de suelo tradicional (PD), y el de un sistema silvopastoril (BF). Dichos datos se presentan en el Cuadro 1, donde BF representa el sistema por el cual se cambiará el uso tradicional (PD). Se realizó entonces la relación siguiente:

Cuadro 1. Costos de dragado de sedimentos producidos por usos de suelo.

Uso de Suelo	Producción de sedimento ( $Tn\ ha^{-1}$ ) <sup>5</sup>	Costo de Dragado (USD) <sup>6</sup>
PD	25,56	42,69
BF	3,93	6,56
TOTAL	21,63	36,13

Donde: PD = Pastura degradada, BF = Banco forrajero.

La erosión en PD es de  $25,56\ Tn\ ha^{-1}$  10 meses y en BF es de  $3,93\ Tn\ ha^{-1}$  10 meses, la diferencia ( $21,63\ Tn\ ha^{-1}$ ) representa el suelo que no se pierde por efecto hídrico.

<sup>5</sup> Sedimento producido durante el tiempo de investigación Noviembre 2009 a Agosto 2010 (10 meses).

<sup>6</sup> ICE. 2002. Unidad de manejo de la cuenca del Río Reventazón: Descripción general. USD 3.000.000,00 anuales para desalojar 1.500.000,00  $Tn/ha$  de sedimento. Resultando USD 2  $tn/ha/año$ , y USD 1,67 durante el tiempo de la investigación (10 meses)

$$25,56 \text{ Tn ha}^{-1} - 3,93 \text{ Tn ha}^{-1} = 21,63 \text{ Tn ha}^{-1}$$

Si multiplicamos este valor por el costo de remover una tonelada de sedimento tendremos que si se cambia una hectárea de pastura tradicional (PD) a una hectárea de BF (*Cratylia argentea*) para corte y acarreo, los trabajos de dragado costarían USD 36,13 / Tn ha<sup>-1</sup> menos.

$$21,63 \text{ Tn ha}^{-1} \times \text{USD } 1,67 = 36,13 \text{ USD/ Tn ha}^{-1}$$

Si bien es cierto el costo de implementación y mantenimiento de esta tecnología (Cuadro 2) genera salidas de efectivo de recursos propios del productor, es importante citar trabajos como los de Jansen *et al.* 1997, Jiménez, 2007; Sánchez, 2007 y Turcios, 2008; quienes demuestran mediante análisis financiero, que los sistemas silvopastoriles presentan una tasa interna de retorno positiva, las mismas que varían entre 17 y 35% usando especies como *Cratylia argentea*. Por otro lado, estudios realizados por Gobbi y Casasola (2003), demuestran que el tiempo de recuperar la inversión inicial es de cuatro años; indican también que si existiera pago por servicios ambientales, este periodo se reduciría a dos años. A esto se suma el hecho de que la suplementación con forraje permite a los productores aumentar los indicadores de producción por unidad de área y/o animal y los ingresos a partir de una mayor capacidad productiva gracias al mejoramiento en la calidad de la dieta (Ficke *et al.*, 2003; Franco 1997; Ibrahim *et al.*, 2001; Sowell *et al.*, 2003).

Cuadro 2. Costos de implementación y mantenimiento de un banco forrajero de *Cratylia argentea* para corte y acarreo.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo
<b>Establecimiento</b>			
Semilla	Kg	5,00	150,00
Herbicida (glifosato)	Litros	4,00	34,32
Fertilizante (15-15-15)	Kg	454,54	121,20
Llenado y siembra de bolsas	Jornales*	19,00	128,64
Aplicación de herbicida	Jornales*	8,00	63,33
Ahoyado y siembra	Jornales*	92,00	622,92
Aplicación de fertilizante	Jornales*	2,00	13,54
<b>Total</b>			<b>1.133,95</b>
<b>Mantenimiento/utilización</b>			
Control de malezas manual	Jornales*	4,00	27,08
Podas de uniformización	Jornales*	6,00	40,62
Corte, acarreo, picado y ofrecimiento	Jornales*	25,00	169,30
Ensilaje (2.000 kg)	Jornales*	6,70	85,31
Electricidad			12,50
Sacos			16,25
<b>Total</b>			<b>351,06</b>

\*Un jornal fue ajustado para seis horas/día hombre. Tasa de cambio: USD 1 = 480 colones costarricenses (Agosto 2005)

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La erosión hídrica muestra correlaciones positivas con el suelo desnudo, lo cual se constituye como evidencia de la importancia de la cobertura para la conservación de agua y suelo.

Los sistemas mejorados (bancos forrajeros) presentan erosión hídrica intermedia entre pasturas y bosque, por lo que resulta interesante aprovechar sus beneficios para encontrar un balance conservación/producción. La adopción de estos sistemas productivos es definitivamente una opción que tomar en cuenta para disminuir la degradación de suelos, por otro lado resulta interesante contar con opciones que a largo plazo representen un ahorro económico para las comunidades.

Es innegable el efecto de la precipitación en el porcentaje de producción de sedimentos, no obstante sería interesante medir la intensidad de las lluvias para conocer su relación con este factor.





## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Betteridge, K.; Mackay, A.; Pande, T.; Costall, D.; Budding, P.; Valentine, I.; Singleton, P.; Drewry, J.; Findlayson, J.; Boyes, M.; Judge, A. 2002. Cattle treading on wet soils: implications for pasture growth and soil physical condition. In "Diary farm soil management". Lime Research Centre: Massey University, Palmerston North, NZ. 79-88 pp.
- Derpsch, R. 2006. Entender el proceso de la erosión y de la infiltración del agua en el suelo. Siembra Directa, Agricultura Sostenible en el Nuevo Milenio. (En línea). Consultado el 22 de Octubre de 2010. Disponible en: <http://www.rolf-derpsch.com/erosion-es.html>.
- Drewry, J.; Littlejohn, R.; Paton, R.; Singleton, P.; Monaghan, R.; Smith, L. 2004. Diary pasture responses to soil physical properties. Australian Journal of soil research. no.44:99-105.
- Ficke, J. H.; Staples, C.; Sollenberger, E.; Macoon, B.; Moore, J. 2003. Pasture forages, supplementation rate, and stocking rate effects on dairy cow performance. Journal of Dairy Science. 2003 86(4):1268-1281.
- Franco, M. 1997. Evaluación de la calidad nutricional de *Cratylia argentea* como suplemento en el sistema de producción de doble propósito en el trópico subhúmedo de Costa Rica. Tesis Mag. M.Sc. CATIE, Turrialba, CR. 75p.
- Gobbi, J.; Casasola, F. 2003. Comportamiento financiero de la inversión en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. Revista Agroforestería de las Américas 39-40(10):52-60.
- Ibrahim, M.; Franco, M.; Pezo, D.; Camero, A.; Araya, J. 2001. Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. Agroforestry Systems 51(2):167-175.
- ICE. 2009. La importancia del manejo de la cuenca el Río reventazón. Unidad de Manejo de Cuencas. Biblioteca ICE. CR. (En línea). Consultado el 30 de Enero de 2010. Disponible en [http://www.grupoice.com/esp/ele/manejo\\_cuencas/biblio/folletos/importan.html](http://www.grupoice.com/esp/ele/manejo_cuencas/biblio/folletos/importan.html)
- ICE. 2002. Unidad de manejo de la cuenca del Río Reventazón. Descripción General. (En línea) Consultado el 15 de Noviembre de 2010. Disponible en [http://www.grupoice.com/esp/ele/manejo\\_cuencas/docs/umcre/actividades.pdf](http://www.grupoice.com/esp/ele/manejo_cuencas/docs/umcre/actividades.pdf)
- IFAM, 1992. Cantones de Costa Rica. 6 Ed. IFAM. San José, CR.
- Jansen, H.; Nieuwenhuys, A.; Ibrahim, M.; Abarca, S. 1997. Evaluación económica de la incorporación de leguminosas en pasturas mejoradas, comparada con sistemas tradicionales de alimentación en la Zona Atlántica de Costa Rica. 4(15):9-13.
- Jiménez, A. 2007. Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base a los sistemas silvopastoriles (SSP) para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, CR. 103 p.
- Oñate-Valdivieso, F. 2004. Metodología para la evaluación del riesgo de erosión hídrica en zonas áridas y su aplicación en el manejo y protección de proyectos hidráulicos. *Revista Electrónica de la REDLACH* no.1, (1): 27-32.
- Sánchez, L. 2007. Caracterización de la mano de obra en fincas ganaderas y rentabilidad de bancos forrajeros en Esparza, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, CR. 97 p.
- Sowell, B.; Bowman, J.; Grings, E.; MacNeil, M. 2003. Liquid supplement and forage intake by range beef cows. Journal of Animal Science 81(1):294-303.
- Steinfeld, H.; Gerber, P.; Wassenaar, T.; Castel, V.; Rosales, M.; De Haan, C. 2009. La larga sombra del ganado: Problemas ambientales y opciones. FAO. Roma, IT. 464 p.
- Tobar, D.; Ibrahim, M. 2008. Valor de los sistemas silvopastoriles para conservar la biodiversidad en fincas y paisajes ganaderos en América Central. CATIE. Turrialba, CR. 40 p.
- Turcios, H. 2008. Evaluación del proceso de toma de decisiones para adopción de bancos de proteína de leucaena (*Leucaena leucocephala*) y su efecto como suplemento nutricional para vacas lactantes en sistemas doble propósito en el Chal, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, CR. 125 p.