

# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

Otoño 2009

### CLASC 2009: Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo



CAB Centroamérica participo en el ICOD 2009 con sus investigaciones en bosques Tropicales de Costa Rica y Nicaragua sobre el balance hídrico, la gestión de la cobertura vegetal para la reducción de la erosión. La participación se concreto en 10 ponencias:

- **NUTRICIÓN EN BOSQUES Y FERTILIZACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES EN LATINOAMÉRICA.** Alvarado, A. [Ver resumen](#)
- **BASES TEÓRICAS Y RECOMENDACIONES PARA LA SIMULACIÓN DE LLUVIAS INTENSAS PARA MEDIR LA INFILTRACIÓN EN SUELOS.** Forsythe, W. et Marchamalo, M. [Ver resumen](#)
- **CAMBIOS DEL USO DEL SUELO DURANTE EL PERIODO 1986-2008 A TRAVÉS DEL ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES LANDSAT EN EL MACIZO DEL VOLCÁN IRAZÚ, COSTA RICA.** Algeet, N. et al. [Ver resumen](#)
- **RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN E INFILTRACIÓN EN LAS LADERAS ALTAS DEL VOLCÁN IRAZÚ, COSTA RICA.** García, A. et al. [Ver resumen](#)
- **ESTUDIO DEL FACTOR VEGETACIÓN DE LA RUSLE PARA EL MANEJO DE COBERTURAS VEGETALES EN EL CONTROL DE EROSIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO BIRRÍS, COSTA RICA.** Lianes, E. et al. [Ver resumen](#)
- **ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ALFISOLES EN DISTINTOS USOS DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO JABILLO, PENÍNSULA DE NICOYA, GUANACASTE.** Listo, E. et al. [Ver resumen](#)
- **EVALUACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y SU INFLUENCIA EN LOS PROCESOS DE EROSIÓN EN LA CUENCA DEL EMBALSE APANÁS-ASTURIAS, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA, NICARAGUA.** Madrigal, L. et al. [Ver resumen](#)
- **PROPIEDADES DE LOS SUELOS ENCONTRADOS BAJO DIFERENTES USOS DE LA TIERRA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO VIRILLA, CORONADO, COSTA RICA.** Salazar, S. et al. [Ver resumen](#)
- **FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO EN PLANTACIONES DE JAÚL (*Alnus acuminata*) EN ANDISOLES DE COSTA RICA.** Segura, M. et al. [Ver resumen](#)
- **VARIACIÓN DEL CONTENIDO FOLIAR DE NUTRIMENTOS DE *Alnus acuminata*.** Segura, M. et al. [Ver resumen](#)

### Cooperación para el Desarrollo de la UPM y el Proyecto PCI-AECID entre UPM-UCR: experiencia de un estudiante de Ingeniería de Montes

Gracias a la adjudicación de una beca de Cooperación para el Desarrollo de la Universidad Politécnica de Madrid para Elena Listo, Ingeniera de Montes recién titulada, pudo realizar su Trabajo fin de Carrera dentro de las labores de investigación que se están llevando a cabo en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica para realizar el estudio de caso en dos cuencas de Costa Rica. Además, la estudiante contó con el apoyo del Proyecto Internacional PCI-AECID “Mejora de la eficiencia de captación y recarga de los sistemas de abastecimiento de agua mediante ordenamiento de los usos de la tierra en Centroamérica” (2008-2009).

### Enhorabuena:

➤ Elena Listo Úbeda por la presentación de su Trabajo Fin de Carrera de Ingeniera de Montes sobre el “Balance hídrico en cuencas forestales prioritarias para el abastecimiento de agua en Centroamérica”.

### Más Noticias:

#### Nuevas tecnologías para la gestión del Patrimonio en Centroamérica

Madrid, España

[Ver resumen](#)

#### Importancia del manejo de fincas para la conservación de suelos y aguas

Pacayas, Costa Rica

[Ver resumen](#)

#### Devolución de resultados de los estudios realizados por el proyecto TroFCCA

Jinotega, Nicaragua

[Ver resumen](#)

### Publicaciones:

Listo, E., Marchamalo, M. 2009. *Balance hídrico en cuencas forestales prioritarias para el abastecimiento de agua en Centroamérica.* Trabajo Fin de Carrera para la obtención del Título de Ingeniera de Montes. E.T.S.I. Montes de la Universidad Politécnica de Madrid. 248p.

[Ver resumen](#)

Lianes, E., Marchamalo, M., Roldán, M. 2009. *Evaluación del factor C de la RUSLE para el manejo de coberturas vegetales en el control de la erosión en la cuenca del río Birrís.* Agronomía Costarricense 33(2): 217-235

[Ver resumen](#)

Ver publicación :

[http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v33n02\\_217.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v33n02_217.pdf)

# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

### NUTRICIÓN EN BOSQUES Y FERTILIZACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES EN LATINOAMÉRICA

Alfredo Alvarado

Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica,  
alfredo.alvarado@ucr.ac.cr

La nutrición de bosques y la fertilización de plantaciones forestales, son un tema relativamente nuevo y multidisciplinario en áreas tropicales.

El presente trabajo resume la información al alcance del autor sobre el tema, de la cual aproximadamente el 60% proviene de América Latina.

Del reciclaje de nutrientes, se discute la producción de biomasa, la deposición, mineralización, humificación y quema de los residuos, contemplando la pérdida, absorción y acumulación de los nutrientes liberados al desconerse los diferentes tejidos; al final del capítulo se discute la necesidad de mantener el balance de nutriente en la sostenibilidad de los ecosistemas forestales.

La fertilización incluye las etapas de vivero, trasplante o establecimiento y mantenimiento de operaciones forestales de las especies *Acacia mangium*, *Alnus acuminata*, *Calophyllum brasiliense*, *Cedrela odorata*, *Cedrela tonduzii*, *Cordia alliodora*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus deglupta*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus globulus*, *Gmelina arborea*, *Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa*, *Swietenia macrophylla*, *Tectona grandis*, *Terminalia mazonica*, *Vochysia ferruginea* y *Vochysia guatemalensis*. Por aparte se incluye lo concerniente a la corrección de la acidez del suelo en plantaciones de especies que así lo requieran.

[Volver al Boletín](#)

# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

### BASES TEÓRICAS Y RECOMENDACIONES PARA LA SIMULACIÓN DE LLUVIAS INTENSAS PARA MEDIR LA INFILTRACIÓN EN SUELOS

Warren Forsythe (1) y Miguel Marchamalo (2)

(1) Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, [wforsythe@ice.co.cr](mailto:wforsythe@ice.co.cr)

(2) Universidad Politécnica de Madrid, [miguel.marchamalo@upm.es](mailto:miguel.marchamalo@upm.es)

La simulación de lluvia permite medir la infiltración del suelo bajo condiciones comparables a la lluvia natural, la cual es muy variable.

Ekern (1953) estimó que el diámetro promedio de las gotas de una lluvia natural se aproxima a 3,44 mm, para un evento de 101,6 mm/h.

Si se usan generadores de gotas, se pueden utilizar los cálculos de Adams et al. (1957), basados en los de Laws (1941) y Ekern (1953), de manera que una lluvia de gotas de 5,56 mm de diámetro, cayendo desde 1 m de altura, tendrá la misma energía cinética que una lluvia con gotas de 3,44 mm que alcanza su velocidad terminal después de caer 20 m en el aire. Así, la lluvia artificial somete el suelo a una condición similar a la natural y se puede evaluar la vulnerabilidad de sellamiento de una superficie natural sin disturbar, condición que indica el grado de estabilidad del suelo a la dispersión provocada por las gotas y su capacidad de captar agua en una cuenca. La intensidad de lluvia cada 5 minutos puede variar, pero la infiltración (lluvia variable menos escorrentía igualmente variable) no cambia e indica la rata de infiltración estabilizada. Se recomienda un mínimo de 60 minutos de lluvia artificial y de 5 repeticiones para caracterizar cada suelo.

Este trabajo forma parte del proyecto “Mejora de la eficiencia de captación y recarga de los sistemas de abastecimiento de agua mediante ordenamiento de los usos de la tierra en Centroamérica” que realizan en conjunto la UCR y la UPM con apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (PCI-AECID).

Palabras clave: simulador de lluvia, infiltración, infiltrómetro portátil

[Volver al Boletín](#)

# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

### CAMBIOS DEL USO DEL SUELO DURANTE EL PERIODO 1986-2008 A TRAVÉS DEL ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES LANDSAT EN EL MACIZO DEL VOLCÁN IRAZÚ, COSTA RICA

Nur Algeet (1), Miguel Marchamalo (1), Juan Gregorio Rejas (1), Javier Bonatti (2) y Rubén Martínez (1)  
(1) *Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno, Universidad Politécnica de Madrid, España,*  
[nuralgeet@gmail.com](mailto:nuralgeet@gmail.com)

(2) *CICANUM, Universidad de Costa Rica*

La situación y evolución del recurso tierra en Costa Rica requiere de información confiable, especialmente para el análisis de los cambios acontecidos en los últimos 20 años (Bertsch, 2006).

Para cubrir esta necesidad se plantea un estudio multitemporal con imágenes LANDSAT de los años 1986, 1997 y 2008, con el fin de aportar información sobre la evolución de los principales usos del suelo en este período.

Este trabajo presenta y evalúa la información de teledetección disponible en la actualidad para realizar este tipo de estudios en la región y discute el potencial de cada uno dependiendo de la zona, los recursos disponibles y la escala del trabajo.

La aplicación de técnicas de teledetección para la identificación y el estudio de los cambios de los usos del suelo en este trabajo ha supuesto un importante avance en cuanto al detalle y cantidad de información obtenidos.

El estudio de las coberturas vegetales se ha abordado desde una perspectiva global, adoptando un sistema clasificación internacional que uniforme los estudios de coberturas que se realizarán en diferentes áreas de la región centroamericana.

El sistema que se presenta es el LCCS (Land Cover Classification System) propuesto por la FAO (Di Gregorio y Jansen, 2000) y que ha sido ya utilizado con anterioridad en Centroamérica para estudios a nivel regional (Latifovic *et al.*, 2004).

*Esta investigación forma parte del proyecto “MEJORA DE LA EFICIENCIA DE CAPTACIÓN Y RECARGA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA MEDIANTE ORDENAMIENTO DE LOS USOS DE LA TIERRA EN CENTROAMÉRICA” (PCI-AECID). Sus resultados contribuirán al análisis de la evolución de los usos del suelo y el balance hídrico en cuencas prioritarias para la producción de agua seleccionadas en la región. Se presenta a modo de ejemplo el estudio de caso del macizo del Volcán Irazú, que incluye las cabeceras de las cuencas de los ríos Reventazón, río Grande de Tárcoles y río Chirripó, de gran importancia para Costa Rica.*

Palabras clave: uso del suelo, Landsat, multitemporal, LCCS, Costa Rica, cuencas.

#### Referencias:

Bertsch F. (2006). El recurso tierra en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 30(1): 133-156.

Di Gregorio A., Jansen L.J.M. (2000). “*Land Cover Classification System (LCCS)*”. F.A.O. 180 pp. Roma.

Latifovic R., Zhi-Liang Zhu, Cihlar J., Giri C., Olthof I. (2004). Land cover mapping of North and Central America--Global Land Cover 2000, *Remote Sensing of Environment*, 89: 1, 116-127.

[Volver al Boletín](#)

### RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN E INFILTRACIÓN EN LAS LADERAS ALTAS DEL VOLCÁN IRAZÚ, COSTA RICA

Armando García (1), Warren Forsythe (2), Alfredo Alvarado (2), Miguel Marchamalo(3)

(1) *E.U.I.T. Forestal, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España, agflega@hotmail.com*

(2) *Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), Universidad de Costa Rica, wforsythe@ice.com.cr, alfredo.alvarado@ucr.ac.cr*

(3) *Dpto. de Ingeniería y Morfología del Terreno, Universidad Politécnica de Madrid, España, miguel.marchamalo@upm.es*

El objetivo del presente trabajo es medir la resistencia que presentan los andisoles a ser penetrados por un penetrómetro de suelos tipo Eikelcamp y calcular la infiltración con un simulador de lluvia portátil bajo unas condiciones semejantes a una lluvia natural de intensidad constante de aproximadamente 100 mm/h; para esto se mide la escorrentía y se estima la infiltración por diferencia entre la lluvia caída y la infiltración.

El estudio se llevó a cabo en las laderas altas del Volcán Irazú, en los parajes conocidos como Nubes de Coronado y La Matinilla.

Se definió un transecto de degradación que comprendía cuatro parcelas con usos diferentes: bosque primario, bosque secundario, potrero en carga adecuada y potrero sobrecargado; y otro transecto de reforestación que constaba de las parcelas: potrero sobrecargado, potrero en carga adecuada, reforestación joven y reforestación madura.

Para que los datos obtenidos en cada parcela se pudieran comparar, el suelo debería ser el mismo. Para ello se procuró que todas tuvieran la misma exposición y pendiente y no estar muy distantes unas de otras: exposición NW; pendiente: 20-30%; distancia mínima entre ellas 2-3 km. En cada parcela se realizaron tres réplicas de infiltración y de penetración.

Los datos referentes al ensayo de penetración muestran que cuanto mayor es la profundidad, mayor es la resistencia a la penetración. Cabe destacar que los pastos a profundidades bajas presentan mayor resistencia a la penetración (1-1,35MPa) que el resto de suelos (0-1MPa), sobre todo el pasto que soporta una carga ganadera superior a la adecuada que resulta impenetrable a 5cm de profundidad debido a la compactación que produce el pastoreo. La reforestación madura sigue un patrón contrario al explicado: a 15 cm de profundidad presenta 2,5MPa y a 50 cm 1,25Mpa. Los ensayos de infiltración revelan que en los potreros la infiltración es menor (2-3 cm/h) que en los usos forestales (hasta 5cm/h) debido a la compactación producida por el pisoteo del ganado. La reforestación joven sigue el patrón inverso, sólo se infiltra 1,5 cm/h ya que perduran los efectos de compactación que produce el pastoreo. Se propone para el futuro investigar la correlación compactación-infiltración.

Palabras clave: resistencia a la penetración, infiltración, Costa Rica

[Volver al Boletín](#)

# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

### ESTUDIO DEL FACTOR VEGETACIÓN DE LA RUSLE PARA EL MANEJO DE COBERTURAS VEGETALES EN EL CONTROL DE EROSIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO BIRRÍS, COSTA RICA

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

(1) Dpto. de Ingeniería Forestal, Universidad Politécnica de Madrid, España, elr@alumnos.upm.es, margarita.roldan@upm.es

(2) Dpto. de Ingeniería y Morfología del Terreno, Universidad Politécnica de Madrid, España, miguel.marchamalo@upm.es

Este trabajo contribuye al incremento del conocimiento sobre las relaciones de la cobertura vegetal y la erosión hídrica con el fin de obtener coeficientes técnicos para la modelización de la erosión laminar y en regueros, basados en trabajos de campo siguiendo la formulación original de RUSLE (Renard *et al.* 1996). La cuenca de estudio presenta altas tasas de erosión, debido principalmente a la reducción de la cubierta forestal, a usos inadecuados de la tierra y a modificaciones de la red de drenaje, que afecta a la producción hidroeléctrica y agropecuaria.

En este trabajo, se determina la capacidad de uso de la tierra según MAG y MIRENEM (1995), y el factor C de RUSLE. La capacidad de uso de la tierra de las parcelas es de las Clases V y VI, en una pendiente entre 21% y 79%. Sólo el 21% de las parcelas presenta un uso adecuado, correspondiendo con las parcelas de arbolado, pasto de corta y potrero en pastoreo normal. El factor C calculado varía de forma considerable entre las cubiertas agrícolas,  $C=(0,3-0,4)$ , y el resto de cubiertas vegetales,  $C=(0,002-0,04)$ . Los factores C agrícolas presentan valores menores que los tabulados para la región y empleados en otros estudios (FAO 1989; Saborío 2002; Marchamalo 2004), lo cual parece indicar que se ha corregido parte de la sobreestimación de las pérdidas de suelo de tierras agrícolas señalada en los estudios de Vahrson y Cervantes (1991).

Para corregir el conflicto de uso de la tierra y disminuir la erosión se recomienda aplicar planes de manejo integrado que implementen prácticas para la conservación de suelos y aguas considerando las propuestas de cubiertas vegetales que ofrecen mejor protección al suelo en base a los resultados de este trabajo.

Se ha contado con el apoyo de los proyectos Trofcca (Bosques Tropicales y Adaptación al Cambio Climático, CATIE-CIFOR) y el Proyecto conjunto UPM-UCR "Mejora de la eficiencia de captación y recarga de los sistemas de abastecimiento de agua mediante ordenamiento de los usos de la tierra en Centroamérica" (PCI-AECID).

Palabras clave: factor C, RUSLE, erosión, capacidad de uso, Costa Rica

#### REFERENCIAS

FAO. 1989. Evaluación de los Estados de Erosión Hídrica de los Suelos y Delimitación de Areas Críticas por Pérdida del Horizonte A en la cuenca del Río Reventazón. Gobierno de Costa Rica. Informe Técnico No. 1-E. Roma: FAO. 133.

MAG y MIRENEM. 1995. Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras en Costa Rica. Ministerios de Agricultura y Ganadería y Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. San José, Costa Rica, 63.

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. Madrid, España. 409.

RENARD K.G., FOSTER G.R., WEESIES G.A., MCCOOL D.K., 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.

SABORÍO J. 2002. Informe final: Estudio erosión potencial, cuenca del río Savegre, Costa Rica. Instituto Costarricense de Electricidad, Costa Rica. 41.

VAHRSON W.G., CERVANTES C. 1991. Escorrentía superficial y erosión laminar en Puriscal, Costa Rica. In. W.G. Vahrson, M. Alfaro y G. Palacios. Memoria del Taller de Erosión de Suelos. Universidad Nacional., Heredia, Costa Rica. 236.

[Volver al Boletín](#)

### ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ALFISOLES EN DISTINTOS USOS DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO JABILLO, PENÍNSULA DE NICOYA, GUANACASTE

Elena Listo (1), Sussy Salazar (2), Warren Forsythe (2), Alfredo Alvarado (2) y Miguel Marchamalo (3)

(1) E.T.S.I Montes, Universidad Politécnica de Madrid, España

(2) Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), Universidad de Costa Rica

(3) Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno. Universidad Politécnica de Madrid. España

Los suelos de la costa pacífica de Costa Rica son un importante recurso para el país, cuya ordenación es de gran importancia para el desarrollo sostenible de la región. En la provincia de Guanacaste se está produciendo un importante desarrollo turístico, unido a la importante producción agrícola y maderera, por lo que se han de realizar estudios que analicen el potencial de conservación de suelos y aguas en esta zona. El trabajo que se presenta está enmarcado dentro del proyecto conjunto UPM-UCR “Mejora de la eficiencia de captación y recarga de los sistemas de abastecimiento de agua mediante ordenamiento de los usos de la tierra en Centroamérica” (PCI-AECID).

Se estudian las propiedades de los suelos localizados en la cuenca del río Jabillo, en la provincia de Guanacaste, Costa Rica, comparando plantaciones forestales de teca (*Tectona grandis*) con potreros y bosque natural. Los suelos analizados se clasifican en todos los casos como Alfisoles (Typic Haplustalfs), y, en las partes más llanas con cobertura vegetal de potrero, como Fluventic Haplustalfs o por su mal drenaje como Fluventic Epiaqualfs (Alvarado et al., 2009). Lo más característico es la presencia de un horizonte argílico, Bt, en condiciones de pH de neutro a básico, propio de dicha zona del trópico húmedo seco.

Se analizaron muestras de tierra extraídas de minicalicatas realizadas en coberturas de bosque secundario, potrero degradado, plantación madura y rebrote de teca, especie que se ha desarrollado muy favorablemente en la península de Nicoya. Además, para completar el estudio, se realizaron mediciones de infiltración con simulador de lluvia artificial, así como estudios de compactación de suelo con penetrómetro Eijkelkamp, en puntos estratégicamente seleccionados de dichas coberturas. La infiltración alcanzó valores mayores en la plantación madura y especialmente valores máximos en el bosque secundario, debido a su elevada materia orgánica, densidad aparente relativamente baja y conductividad hidráulica alta. El rebrote de teca presentó una infiltración baja, debido a que en los estudios de compactación del suelo, éste se presentó como parcialmente compactado a lo largo de los 50 cm en los que se realizaron las mediciones. El bosque secundario presentó una capa compacta desde los 15 cm a los 30 cm de profundidad, y el potrero degradado, como consecuencia del pastoreo, en los primeros 15 cm.

El presente estudio tiene como principal objetivo determinar el estado en el que se encuentra el suelo, para proponer unos usos convenientes y mejorar así la eficiencia de los sistemas de captación de agua en Costa Rica. Los resultados de este estudio se han transferido igualmente a los productores de teca de Nicaragua.

Palabras clave: propiedades físicas, infiltración, compactación, Alfisoles, Costa Rica

# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

### EVALUACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y SU INFLUENCIA EN LOS PROCESOS DE EROSIÓN EN LA CUENCA DEL EMBALSE APANÁS-ASTURIAS, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA, NICARAGUA

Luisa Madrigal (1), Miguel Marchamalo (2), Margarita Roldán (1), Elena Lianes (1) y Warren Forsythe (3)

(1) Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad Politécnica de Madrid

(2) Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno, Universidad Politécnica de Madrid

(3) Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica

Este trabajo tiene por objeto profundizar en el conocimiento de los procesos de erosión, obteniendo coeficientes técnicos de cobertura vegetal. Ha sido realizado en la cuenca de Apanás por ser una cuenca importante a nivel nacional, representativa de la región Centroamericana.

Las parcelas de muestreo seleccionadas representan las diferentes coberturas vegetales de la región. El cálculo de los subfactores previos al factor de cobertura vegetal C se realizó con base en la formulación original de la RUSLE, extraída de Renard et al. (1996), efectuando la toma de datos en campo. Como apoyo se evaluó la vocación de la tierra en cada parcela mediante la Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica (MAG y MIRENEM, 1995).

Los resultados indican como factores determinantes de la capacidad de uso de las parcelas, en el 64% de los casos, la pendiente y la profundidad del terreno. Las parcelas de café, tacotales, pastizales y hortalizas presentan un uso acorde con la vocación de la tierra, aunque en estas últimas deben aplicarse prácticas de conservación de suelos continuadas en el tiempo. Únicamente en granos básicos se detecta una sobreutilización debida al establecimiento del cultivo en zonas de profundidad reducida, erosionadas y pedregosas.

Los resultados obtenidos para los Ratios de Pérdida de Suelo (SLR) muestran la variabilidad existente. Destacan los altos valores obtenidos para cultivos anuales en estados tempranos (0,5), debidos principalmente al alto porcentaje de suelo descubierto. Asimismo se reafirma la función protectora de los bosques, representada en sus bajos valores de SLR a lo largo del año (0,0018-0,0041). El cálculo realizado del factor SLR permite disponer de valores concretos aplicables para la estimación de la erosión potencial en Apanás, así como para su utilización en zonas con formaciones vegetales similares, existentes en toda la región Centroamericana.

Asimismo los valores obtenidos constituyen un aporte novedoso a la gestión de la cuenca, con aplicaciones en modelización, para simular el efecto de los escenarios de usos del suelo futuros en los procesos de erosión y sedimentación, en conservación de suelos y en diseño de esquemas de Pagos por Servicios Ambientales.

Palabras clave: cobertura vegetal, erosión, capacidad de uso de la tierra, factor C, modelo RUSLE

[Volver al Boletín](#)

# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

### PROPIEDADES DE LOS SUELOS ENCONTRADOS BAJO DIFERENTES USOS DE LA TIERRA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO VIRILLA, CORONADO, COSTA RICA

Salazar (1), Elena Listo (2), Warren Forsythe (3), Alfredo Alvarado (3) y Miguel Marchamalo (4)

(1) Universidad de Costa Rica-Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL)

(2) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. España (UPM)

(3) Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA). Universidad de Costa Rica (UCR)

(4) Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno. Universidad Politécnica de Madrid. España

El trabajo que se presenta forma parte del proyecto TCI-AECID “Mejora de la eficiencia de captación y recarga de los sistemas de abastecimiento de agua mediante ordenamiento de los usos de la tierra en Centroamérica” que realiza la UCR en conjunto con la UPM.

El objetivo principal del presente estudio es determinar las propiedades de los suelos localizados en la cuenca Alta del río Virilla en Coronado, Costa Rica bajo distintos tipos de cobertura: plantación forestal de jaúl (*Alnus acuminata*) joven (1-10 años) y madura (mayor de 10 años), pasto y bosque secundario; esto con el fin de determinar si la cobertura influye en la respuesta hidrológica del suelo, y poder así proponer usos convenientes para mejorar la eficiencia de los sistemas de captación de agua.

Para cumplir con este objetivo se realizaron medidas de la tasa de infiltración mediante el uso del simulador de lluvia diseñado por Forsythe y Marchamalo (2009), así como medidas de compactación del suelo con el penetrómetro de suelos Eikelcamp, y por último se realizó la construcción de calicatas en puntos seleccionados bajo cada cobertura para tomar muestras de suelo y realizar análisis físicos y químicos. Los suelos que presentaron mayores tasas de infiltración (cobertura de bosque 69 mm h<sup>-1</sup> y plantación de jaúl madura 59 mm/hora) corresponden con los que tenían un grado de compactación menor (0-1,86 MPa). Esto puede ser el resultado del uso del suelo que se le dio anteriormente al terreno y del efecto positivo causado por la cobertura arbórea sobre las características físicas de estos suelos.

Los suelos de la plantación de jaúl joven y el pasto tuvieron tasas de infiltración hasta de un 50% menor en comparación con el bosque y la plantación de jaúl madura (20 mm h<sup>-1</sup> y 29 mm h<sup>-1</sup>, respectivamente); esto puede ser resultado del efecto de degradación causado por el ganado, ya que ambos sitios han sido utilizados para la ganadería de leche. Además se obtuvieron altos valores de compactación en ambos sitios.

Palabras clave: suelo, infiltración, compactación

[Volver al Boletín](#)

### FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO EN PLANTACIONES DE JAÚL (*Alnus acuminata*) EN ANDISOLES DE COSTA RICA

Manuel Segura (1), Alvaro Castillo (1) y Alfredo Alvarado (2)

(1) Compañía Nacional de Fuerza y Luz, San José, Costa Rica, [seguramoraes@gmail.com](mailto:seguramoraes@gmail.com)

(2) Centro Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, [alfredo.alvarado@ucr.ac.cr](mailto:alfredo.alvarado@ucr.ac.cr)

Se evaluó el efecto de fertilizar con 0, 61, 122, 183 y 244 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/árbol sobre el crecimiento de árboles y la biomasa de nódulos en tres plantaciones de jaúl de diferente edad en suelos Typic Udivitrands y Entic Udivitrands. Se determinó que los contenidos disponibles de P aumentaron y los contenidos de Al y Fe amorfo y del pH en NaF disminuyeron con la adición de P.

La adición de niveles crecientes de P al suelo no produjo variaciones de la concentración foliar de ningún elemento en forma significativa ni en el número de nódulos de Frankia, aunque el número de nódulos disminuyó con la edad de la plantación. Sin embargo, con la adición de 61g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/árbol se observaron aumentos leves en la concentración foliar de K en una plantación y en el contenido de B foliar en otra plantación.

La adición de P no causó diferencia alguna en el diámetro, la altura o el volumen de los árboles en ninguno de los sitios durante el transcurso del ensayo. Al calcular el incremento relativo de las variables de crecimiento, el tratamiento de 61g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/árbol es el que mostró la mayor tasa en altura en las tres plantaciones.

La diferencias en diámetro, altura y volumen entre edades fueron evidentes desde el inicio del experimento y se mantuvieron constantes a lo largo del mismo. En la plantación de 3.6 años el ICA (Incremento Corriente Anual) para las variables analizadas es mayor que el encontrado en las plantaciones de mayor edad, en las cuales disminuye.

El IMA (Incremento Medio Anual) alcanza un punto máximo a la edad de 7.5 años y luego tiende a disminuir.

Palabras clave: Andisoles, fósforo, fijación de N, jaúl, *Alnus acuminata*, *Frankia ssp.*

[Volver al Boletín](#)

# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

### VARIACIÓN DEL CONTENIDO FOLIAR DE NUTRIMENTOS DE *Alnus acuminata*

Manuel Segura, Álvaro Castillo y Alfredo Alvarado

(1) Compañía Nacional de Fuerza y Luz, San José, Costa Rica, [seguramoraes@gmail.com](mailto:seguramoraes@gmail.com)

(2) Centro Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, [alfredo.alvarado@ucr.ac.cr](mailto:alfredo.alvarado@ucr.ac.cr)

Se encontró que la posición de las muestras en la copa provenientes de árboles de 3 y 5 años de *A. acuminata* no afecta la concentración foliar para la mayoría de los nutrientes de manera significativa. La única excepción la constituye el Ca en árboles de 5 años, cuya concentración en la parte alta fue menor que en la parte media de la copa.

Aunque no significativa, se observó que la concentración de Fe, Mn y Zn tiende a ser mayor en la sección alta externa de la copa a los 3 años; mientras que, a la edad de 5 años tiende a ser mayor en la parte media externa de la copa.

No se observaron diferencias significativas en la concentración foliar de los nutrientes con la edad de la plantación entre 2 y 8 años, en ninguna de las épocas comparadas, excepto para el Mn, elemento que tiende a disminuir con la edad de las plantaciones (86 a 26 mg/kg).

La concentración foliar de Mg, Fe, Zn, Mn, Cu y B fue mayor durante la época seca que durante la época lluviosa, mientras que los contenidos foliares de N y P fueron más elevados durante la época lluviosa y no se observó variación alguna en las concentraciones foliares de Ca, K y S debidas al efecto de la época de muestreo.

Con base en lo encontrado, se define en forma tentativa los niveles críticos foliares para la especie *A. acuminata*.

Palabras clave: Jaúl, muestreo foliar, análisis foliar, *Alnus acuminata*

[Volver al Boletín](#)

# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

### Nuevas tecnologías para la gestión del patrimonio en Centroamérica

El seminario "Nuevas Tecnologías para la gestión del patrimonio en Centroamérica" se celebró el 23 de octubre de 2009 en la Escuela de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid. Se contó con la presencia de los profesores e Investigadores Vito Véliz, Rafael Corrales, Warren Forsythe y Alexis Sánchez de las Universidades Autónoma de Honduras y de la Universidad de Costa Rica, contrapartes de la UPM en Proyectos PCI-AECID:

- "MEJORA DE LA EFICIENCIA DE CAPTACIÓN Y RECARGA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA MEDIANTE ORDENAMIENTO DE LOS USOS DE LA TIERRA EN CENTROAMÉRICA"
- "DESARROLLO EN NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA PROTECCIÓN Y PRESERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL Y HÁBITATS HUMANOS EN HONDURAS"

Tras la presentación del seminario y del marco de la cooperación entre la UPM-Centroamérica y Caribe, el seminario se estructuró en tres grandes bloques:

(1) Ponencias de investigadores visitantes de la Autónoma de Honduras (UNAH) y de la Universidad de Costa Rica (UCR), que incluyó:

- Contexto actual del patrimonio arqueológico en Honduras. Más allá de Copán. Prof. Vito Véliz (UNAH)
- Análisis de cambio de la cobertura y usos del suelo en el Valle de Jesús de Otoro a partir de datos multiespectrales. Alexis Sánchez (UNAH)
- Aproximación prospectiva mediante teledetección en el Valle de Choluteca. Caracterización de cubiertas y correlación con actividad antrópica. Prof. Rafael Corrales (UNAH)
- Simulación de lluvia tropical. Dr. Warren Forsythe (UCR)
- Bosques y teledetección en el Sur de Costa Rica. Dr. Javier Bonatti (UCR)

(2) Presentación de las investigaciones llevadas a cabo por alumnos de la Universidad Politécnica de Madrid en Centroamérica:

- Teledetección geología. (C.Rica) Esperanza Bragado
- Cobertura e infiltración. (Nicaragua) Luisa Madrigal
- Escenarios de balance hídrico. (Costa Rica) Elena Listo

Seguidamente se realizó un coloquio.



#### NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN DEL PATRIMONIO EN CENTROAMÉRICA

PROYECTOS PCI-AECID:  
"MEJORA DE LA EFICIENCIA DE CAPTACIÓN Y RECARGA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA MEDIANTE ORDENAMIENTO DE LOS USOS DE LA TIERRA EN CENTROAMÉRICA"  
"DESARROLLO EN NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA PROTECCIÓN Y PRESERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL Y HÁBITATS HUMANOS EN HONDURAS"



VIERNES 23 DE OCTUBRE DE 2009

E.T.S.I. CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SALA BLANCA

16,00 – 19,00

16,00-16,15. Marco de la Cooperación UPM-Centroamérica y Caribe (J.G. Rejas y M. Marchamalo, UPM)  
16,15- 16,35. Contexto actual del patrimonio arqueológico en Honduras. Más allá de Copán. Prof. Vito Véliz (UNAH)  
16,35-16,55. Análisis de cambio de la cobertura y usos del suelo en el Valle de Jesús de Otoro a partir de datos multiespectrales. Alexis Sánchez (UNAH)  
16,55-17,15. Aproximación prospectiva mediante teledetección en el Valle de Choluteca. Caracterización de cubiertas y correlación con actividad antrópica. Prof. Rafael Corrales (UNAH)  
17,15-17,35. Simulación de lluvia tropical. Dr. Warren Forsythe (UCR)

PRESENTACIÓN ESTUDIOS DE CASO:  
17,35 -17,50. Teledetección geología. (C.Rica) Esperanza Bragado  
17,50 -18,05. Cobertura e infiltración. (Nicaragua) Luisa Madrigal  
18,05 -18,20. Escenarios de balance hídrico. (Costa Rica) Elena Listo

18,20 -18,40 Coloquio.  
18,40-18,45 Conclusiones. (J.G. Rejas y M. Marchamalo, UPM)  
VINO ESPAÑOL

#### ORGANIZAN:

PCI-AECID  
GRUPO COOPERACIÓN E INGENIERÍA CIVIL  
GRUPO UPM DE INVESTIGACIÓN EN PATRIMONIO  
GRUPO DE COOPERACIÓN FORESTAL



# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

### Importancia del manejo de fincas para la conservación de suelos y aguas

El Taller “Importancia del manejo de fincas para la conservación de suelos y aguas” se celebró el 13 de Noviembre de 2009 en la Agencia de Extensión Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Pacayas de Alvarado.

El Taller se organizó para compartir los resultados hasta la fecha de estudios realizados en la zona, cuenca del río Birrís, u otras zonas del país caracterizadas por un clima similar y usos similares, cuenca del río Virilla. Los ponentes tienen en común haber realizado estos estudios con los proyectos:

- TroFFCA: BOSQUES TROPICALES Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO (2006-2009)

- PCI-AECID: MEJORA DE LA EFICIENCIA DE CAPTACIÓN Y RECARGA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA MEDIANTE ORDENAMIENTO DE LOS USOS DE LA TIERRA EN CENTROAMÉRICA (2008-09)

Así mismo, todos los ponentes tienen en común haber llegado a hacer posible su investigación tutorizado por Miguel Marchamalo, investigador de la Universidad Politécnica de Madrid y coordinador del Proyecto mencionado PCI-AECID. No fue posible contar con su presencia en esta ocasión, aunque un objetivo de este taller es la compartir los resultados con los productores y profesionales de la cuenca del río Birrís, en la que Miguel lleva trabajando desde el año 2000. Por todo ello, se le hizo una mención especial.

Primeramente, Beatriz Molina, Ing. de la Agencia del MAG presentó el taller y el contexto del mismo. Seguidamente, sugerido por ella cada uno de los asistentes, oyentes y ponentes, se presentaron. Así pasamos a la presentación de resultados estructurada:

- 1- Cobertura vegetal y protección del suelo contra la erosión –Luisa Madrigal (EUIT Forestal, UPM)
- 2- Coberturas vegetales y protección del suelo contra la erosión en la cuenca del río Birrís- Elena Lianes (EUIT Forestal, UPM)
- 3- Penetración e infiltración en usos pascícolas y arbolados – Armando García (EUIT Forestal, UPM)
- 4- Balance hídrico - Elena Listo (ETSI Montes, UPM)

Seguidamente se realizó un coloquio entre todos los asistentes

### IMPORTANCIA DEL MANEJO DE FINCAS PARA CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS

**Día:** VIERNES, 13 DE NOVIEMBRE DE 2009

**Hora:** 9:00 a 11:00

**Lugar:** MAG- PACAYAS



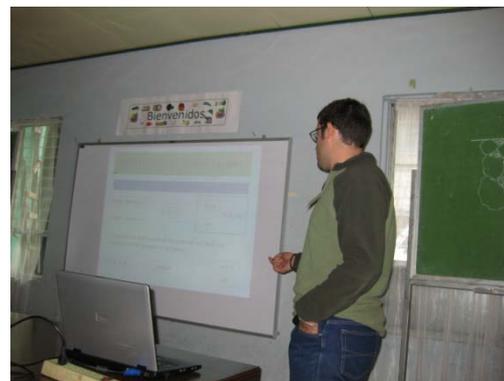
9:00	• PRESENTACIÓN – Beatriz Molina
9:15	Manejo de fincas: cultivos de papa, zanahoria y brócoli – Luisa Madrigal
9:30	Conservación de suelos y aguas: cultivos – Elena Lianes
9:45	Manejo de fincas: potrero y usos arbolados – Armando García
10:00	Conservación de suelos y aguas: potreros y usos arbolados - Elena Listo
10:15	• DISCUSIÓN: todos los participantes y presentadores – moderadora Beatriz
10:30	• CONCLUSIONES – Beatriz Molina
10:50	Entrega de diplomas de participación
11:00	Café y frescos



#### Organización:

Beatriz Molina, Miguel Marchamalo, Elena Lianes, Armando García, Luisa Madrigal, Elena Listo

→PROYECTO PCI-AECID(1)(3)(4): MEJORA DE LA EFICIENCIA DE CAPTACIÓN Y RECARGA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA MEDIANTE ORDENAMIENTO DE LOS USOS DE LA TIERRA EN CENTROAMÉRICA.  
→PROYECTO TROFFCA(2)(3)(4): CONTRIBUCIÓN A LA POLÍTICA DE PAGO POR SERVICIOS HIDROLÓGICOS PARA EL SECTOR HIDROELÉCTRICO DE COSTA RICA.



[Volver al Boletín](#)

# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

### Devolución de resultados de los estudios realizados por el proyecto TroFCCA en Jinotega, Nicaragua.

El Taller “Devolución de resultados de los estudios realizados por el proyecto TroFCCA en Jinotega, Nicaragua” se celebró el 27 de Noviembre de 2009. se realizó con un doble sentido:

- en primer lugar el de dar a conocer los resultados como información disponible para los futuros usuarios y,
- además, el de apoyo en la capacitación de los Técnicos que trabajan para el proyecto TERRENA. Este proyecto lo lleva a cabo Ingenieros Sin Fronteras desde el año 2007 en la parte alta del Río Viejo, tratando entre otros temas, la mejora de la eficiencia de los sistemas de riego y las prácticas de manejo para la reducción de la vulnerabilidad de las comunidades

La mayoría de los resultados provenían de los estudios del del proyecto TroFCCA: BOSQUES TROPICALES Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO (2006-2009). En el caso de la presentación de Luisa Madrigal sobre la cobertura vegetal y la erosión también contó con el apoyo de TroFFCA y del proyecto PCI-AECID: MEJORA DE LA EFICIENCIA DE CAPTACIÓN Y RECARGA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA MEDIANTE ORDENAMIENTO DE LOS USOS DE LA TIERRA EN CENTROAMÉRICA (2008-09).

A continuación se muestra el programa del taller.

Hora	Tema	Responsable
2:00 - 2:20	Presentación de TroFCCA	Ángela Díaz (CATIE)
2:20 - 2:50	Bases para el planteamiento de un distrito de riego. Experiencias de sistemas de riego en el municipio de la Concordia.	Paula Novo (ISF)
2:50 - 3:20	Presentación “Evaluación de la cobertura vegetal y su influencia en los procesos de erosión en la cuenca del embalse Apanás”	Luisa Madrigal (UPM)
3:20 -3:30	Preguntas	Elías Bucardo (CATIE)
3:30 - 3:40	Refrigerio	
3:40 - 4:40	Presentación estudio “Modelación hidrológica con SWAT del área del Lago Apanás”	Javier Saborío (CATIE)
4:40 - 4:50	Preguntas	Elías Bucardo
4:50 - 5:20	Propuesta de estrategia de adaptación para la cuenca del Lago Apanás	Angela Díaz
5:20 - 6:20	Cena	

[Volver al Boletín](#)

# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

### **Balance hídrico en cuencas forestales prioritarias para el abastecimiento de agua en Centroamérica – Elena Listo, 2009.**

La demanda de agua se duplica cada veinte años, a un ritmo dos veces mayor que el crecimiento de la población mundial. Pese a su gran importancia, el agua es uno de los recursos naturales más degradados a nivel mundial, debido principalmente a la reducción de la cobertura vegetal natural, al crecimiento demográfico, a los procesos contaminantes y a los cambios en el uso del suelo que reducen la capacidad de captación de agua. Esta situación es especialmente grave en Centroamérica, como queda reflejado en los informes de Desarrollo Humano.

Este proyecto, tiene por objetivo colaborar en la mejora de la producción y la calidad del agua en Centroamérica. Para ello, se seleccionaron dos cuencas experimentales de Costa Rica: la cuenca del río Virilla-Durazno, localizada en el extremo noreste del valle central y con influencia atlántica; y la cuenca del río Jabillo, que vierte directamente sus aguas al Pacífico. La cuenca del río Virilla está localizada sobre andisoles, y la cuenca del río Jabillo sobre alfisoles, y ambas son de gran relevancia por su capacidad de abastecimiento de agua a la Gran Área Metropolitana y a los futuros enclaves turísticos, respectivamente, así como por la producción agrícola, ganadera e hidroeléctrica.

Se analizó la respuesta hidrológica de distintos complejos suelo-cobertura, en un gradiente que va desde el bosque secundario, o vegetación natural, hasta los pastos degradados, mediante la evaluación de las propiedades del suelo, la infiltración, compactación del suelo, así como los efectos del complejo suelo-cobertura sobre la erosión, mediante el cálculo del factor C de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada (RUSLE). Además se realizó un balance hídrico de cada cuenca, por el que se estimó el volumen de entrada de agua, y el de salida, así como la evapotranspiración, escorrentía superficial y subterránea.

Se propusieron dos escenarios futuros que representan la implementación de planes de reforestación y deforestación respectivamente, y se analizó el efecto del complejo suelo-cobertura sobre el balance hídrico en cada caso. Los resultados obtenidos muestran el aumento de la recarga hídrica en las coberturas forestales en zonas húmedas, mientras que se propone la ampliación de estudios en zonas secas, donde la oferta hídrica disminuye en tales coberturas. Estos resultados son de gran importancia para la planificación, el diseño de esquemas de Pago por Servicios Ambientales y la mejora de los sistemas de abastecimiento existentes.

En Centroamérica es prioritaria la ordenación del territorio, y por ende, de las cuencas, con el fin de valorar social y económicamente el recurso hídrico, asegurando su disponibilidad en el futuro. El estudio que se presenta se realizó en el marco de PFC para la Cooperación y se integra en el proyecto de cooperación internacional “Mejora de la eficiencia de captación y recarga de los sistemas de abastecimiento de agua mediante ordenamiento de los usos de la tierra en Centroamérica” (PCI-AECI), ejecutado por la UPM, y la Universidad de Costa Rica.

[Volver al Boletín](#)

# CAB Centroamérica

## Comunidad, Agua y Bosques en Centroamérica

### **Evaluación del factor C de la RUSLE para el manejo de coberturas vegetales en el control de la erosión en la cuenca del río Birrís – Elena Lianes, 2009.**

Este trabajo contribuye al incremento del conocimiento sobre las relaciones cobertura vegetal y erosión hídrica. Se determina la capacidad de uso de la tierra según MAG y MIRENEM, y el factor C de RUSLE.

La capacidad de uso de la tierra de las parcelas es de las Clases V y VI, en una pendiente de 21% y 79%, respectivamente. Sólo el 21% de las parcelas presenta un uso adecuado, correspondiendo con las parcelas de arbolado, pasto de corta y potrero en pastoreo normal.

El factor C calculado, como es esperable, varía de forma considerable entre las cubiertas agrícolas  $C=(0,3-0,4)$ , y el resto de cubiertas vegetales  $C=(0,002-0,04)$ .

Los factores C agrícolas presentan valores menores que los tabulados para la región, empleados en otros estudios, lo cual parece indicar que se ha corregido parte de la sobreestimación de las pérdidas de suelo de tierras agrícolas señalada en estudios previos.

Para corregir el conflicto de uso de la tierra y disminuir la erosión se recomienda aplicar planes de manejo integrado que implementen prácticas para la conservación de suelos y aguas, considerando las propuestas de cubiertas vegetales que ofrecen mejor protección al suelo según los resultados de este trabajo.

[Volver al Boletín](#)