

AGROFORESTERIA

Vol. 5 N°20 Octubre - Diciembre 1998

EN LAS AMERICAS



*Enfoque
Agroforestal del
Manejo de Cuencas*

30 JUL 2004

RECIBIDO

Turriaco, Costa Rica



AGROFORESTERIA

EN LAS AMÉRICAS

1. Editorial

Manejo de cuencas. Un marco estratégico para promover el desarrollo sostenible.....4

2. Agroforestales en América

L.Meléndez/J.Faustino

Carlos José Rivas: veinte años de experiencia en gestión y manejo de cuencas hidrográficas.....6

3. Avances de Investigación

F.Jiménez/J.Collinet/M.Mazarlego

Recuperación de suelos degradados con *Giricidia septum* o gallinaza en la microcuenca río Las Cañas, El Salvador.....10

J.Siles/F.Jiménez/J.Faustino/D.Kass

Producción de abono orgánico a partir de pulpa de café mediante lombricompostaje como alternativa para reducir la contaminación de las cuencas.....17

S.Shultz/J.Faustino/D.Melgar

Adopción y rentabilidad de la agroforestería y la conservación de suelos en El Salvador.....22

4. ¿Cómo hacerlo?

J.M.Medina/S.Shultz/S.Velázquez

Uso de un Sistema de Información Geográfico en la toma de decisiones para la reforestación de una cuenca degradada.....26

A.Prelsig/H.Espinosa

Sistemas agroforestales para el manejo de cuencas en zonas andinas semiáridas.....32

5. Noticias Agroforestales.....38

6. Reseñas de Libros.....41

7. Agenda Agroforestal.....43

8. Publicaciones Agroforestales.....43



El mal manejo de la microcuenca del río Las Cañas es uno de los principales responsables del proceso de erosión y sedimentación del embalse hidroeléctrico Cerrón grande en el río Lempa (Foto J. Faustino).

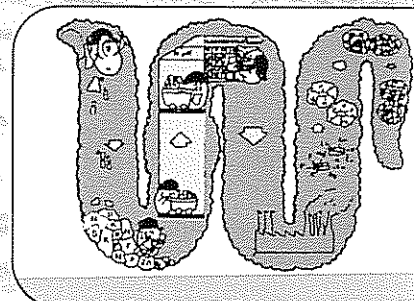


Diagrama de la lombriz roja (*Eisenia fetida*) y del proceso de transformación de la pulpa de café a través de su cuerpo (Diagrama J. Siles).



Terreno en proceso de siembra en la cuenca Pintu Mayu, Bolivia en combinación con arbustos y árboles nativos y exóticos (Foto PROMIC).

En esta edición fungió como Editor Técnico Jorge Faustino. Jefe del Área Cooperación Técnica y Mercadeo, CATIE

MANEJO DE CUENCAS: UN MARCO ESTRATEGICO PARA PROMOVER EL DESARROLLO SOSTENIBLE

El crecimiento de la población en América Latina y el Caribe ha provocado cambios muy fuertes en el ambiente, generando una acelerada degradación de los Recursos Naturales, especialmente en las zonas de mayor concentración. El uso inadecuado de la tierra ha generado efectos adversos en lo biofísico (pérdida de suelos, menor diversidad, disminución de caudales en los ríos y quebradas) y en la vida de los pobladores (pérdidas económicas por inundaciones, disminución en la producción de sus cultivos, enfermedades en cultivos y personas) disminuyendo en general la calidad de vida de la región.

Mediante un manejo adecuado de cuencas, se puede controlar y revertir esa degradación, mitigar la pobreza rural y resolver conflictos ambientales. La aplicación de conceptos de manejo de cuencas ofrece ventajas y beneficios que favorecen la toma de decisiones a diferentes niveles en la ejecución de programas/proyectos de diversa índole. Sin embargo, en muchas ocasiones el manejo de cuencas en la región ha sido enfocado hacia la solución de problemas biofísicos ya existentes, tales como cuencas degradadas y uso inadecuado de la tierra.

El nuevo enfoque de manejo de cuencas es más antropocéntrico. El criterio de "desarrollo de los recursos naturales" cambia por el de "desarrollo y bienestar humano", se busca capacitar al hombre para que cambie de actitud, para que adapte y adopte las tecnologías, sobre todo que pueda lograr producir conservando y conservar produciendo, en armonía con los patrones culturales. Esta nueva concepción es visualizada como una filosofía de vida, capaz de integrar muchas disciplinas, donde cada una reconoce claramente su papel dentro del engranaje del manejo integral de la cuenca. Las áreas técnicas como la forestal, agroforestal, la hidrología, la geografía obedecen a un objetivo superior, no como anteriormente se hacía, en que cada área tenía objetivos puntuales definidos.

Los sistemas agroforestales (SAF) ofrecen una serie de ventajas para el logro de este nuevo enfoque: ofrecen ingresos a pequeños productores a corto y mediano plazo y pueden mejorar suelos degradados, mediante el reciclaje e incorporación de biomasa arbórea. Estos beneficios aunados a otras prácticas de conservación de suelos aumentan la sostenibilidad ecológica de las cuencas. Los SAF son especialmente útiles para agricultores en tierras de laderas, los cuales no tienen otras opciones productivas para la satisfacción de sus necesidades básicas en el Trópico Americano.

En la región existen experiencias que han comenzado esta línea de desarrollo, especialmente en proyectos y programas para el manejo de cuencas para la generación hidroeléctrica, así como para proyectos de captación de agua para consumo humano en ciudades importantes de América Central y el Caribe. Tanto los organismos de financiamiento como los decisores políticos se han percatado de la necesidad de establecer planes y estrategias pragmáticas que puedan traducirse en acciones concretas a nivel de sistemas de producción, finca y microcuenca, orientados a resolver problemas de sedimentación de embalses, garantizar agua suficiente y otros propósitos de regulación ambiental, incluidas la navegación y el transporte acuático en algunos lugares del continente Americano.

Es importante destacar los beneficios y ventajas de la aplicación del manejo de cuencas en el mantenimiento de la calidad y cantidad de agua. Es un hecho que este recurso estratégico será uno de los más importantes para el desarrollo de la región. Desde ahora se deben realizar estudios para identificar aquellas cuencas con mayor potencial e iniciar un proceso ordenado y responsable tendiente a garantizar que se realice un manejo adecuado, para tratar de evitar lo que nos ha sucedido en el pasado, que cuando se decide manejar una cuenca es cuando los recursos se encuentran totalmente colapsados.

En este enfoque se deben destacar cuatro aspectos importantes para lograr un mejor desarrollo del manejo de cuencas:

1. **Financiamiento adecuado.** Se deben de fortalecer los mecanismos y formas operativas para garantizar financiamiento a las actividades de manejo de cuencas. Lo que significa que los ciudadanos se deben percatar de los múltiples beneficios que reciben y contribuir para que eso se mantenga y no depender de ayudas externas para financiar las actividades en manejo de cuencas.
2. **Personal capacitado** El personal encargado del manejo integral de las cuencas debe estar lo suficientemente capacitado y con un gran sentido de compromiso con la comunidad, además de gozar de mayor estabilidad laboral, evitando así la excesiva rotación que perjudica la continuidad en el manejo de las cuencas.
3. **Adecuada organización administrativa.** Se debe lograr una adecuada estructura organizativa que garantice un buen manejo de las cuencas. No es

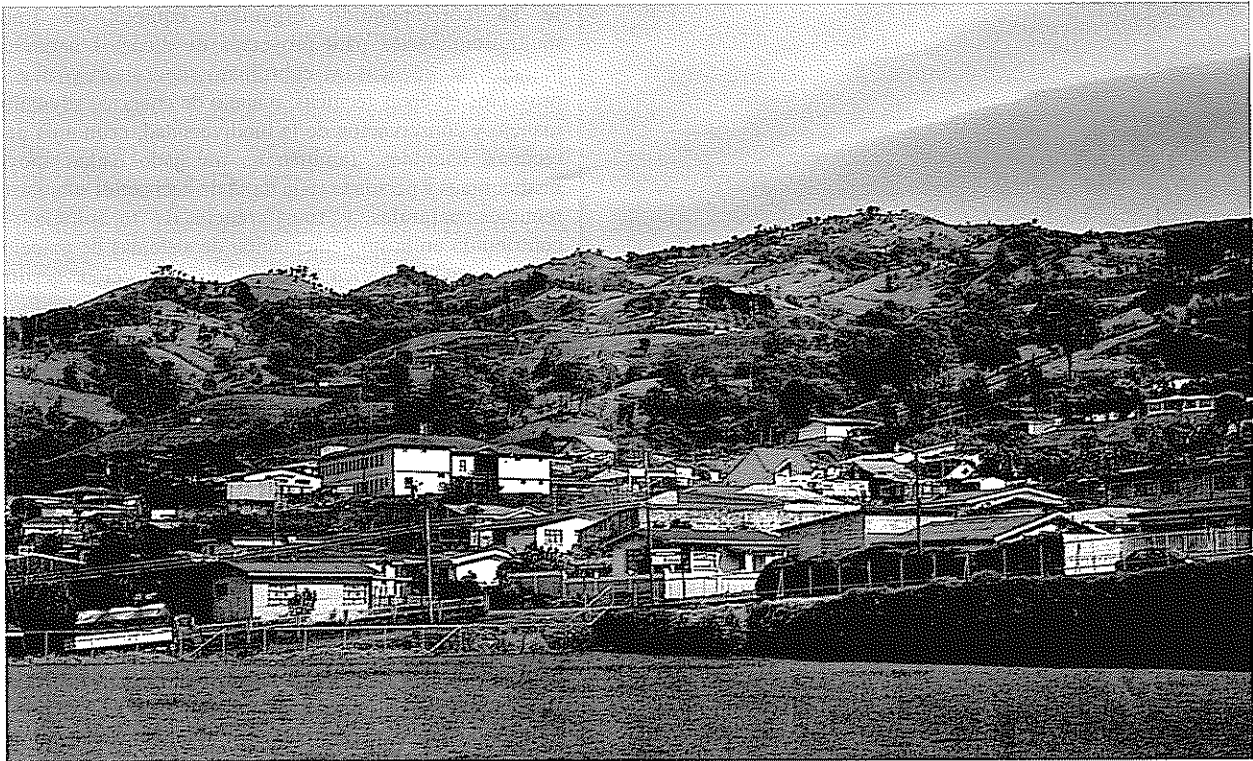
suficiente querer, se requieren conocimientos y una capacidad instalada mínima para poder realizar todas las tareas involucradas en el manejo.

4. **Pago por servicios ambientales.** Es necesario reconocer beneficios a los dueños que deben conservar y proteger los sistemas y áreas que generan recursos diversos como agua, plantas silvestres, aire, captación de carbono que benefician a poblaciones en las partes bajas de las cuencas. Se debe reconocer que esos recursos no son gratis, solo así se podrá garantizar que se mantendrán en el futuro.



Jorge Faustino

Jefe del Area Cooperación
Técnica y Mercadeo, CATIE



En el nuevo enfoque de manejo de cuencas se deben compatibilizar las demandas de bienes y servicios de la población con el uso adecuado de los recursos naturales, en armonía con los patrones socioculturales.

Carlos José Rivas: veinte años de experiencia en gestión y manejo de cuencas hidrográficas

.....
Luis Melendez¹
Jorge Faustino²

Biografía

El Dr Rivas nació en 1952 en Honduras. Estudió en la Universidad Nacional Autónoma de ese país, donde se graduó de Ing Agrónomo en 1973. En 1979 obtuvo su M.Sc. en Ciencias del Riego en la Universidad Estatal de Utah, en los EE.UU. y en 1991, su Ph.D. en Recursos Naturales en la Universidad Estatal de Colorado.

Desde el inicio de su carrera profesional se dedicó al estudio y manejo del recurso agua. En Honduras fue Jefe del Distrito de Riego de San Juan Flores, Subjefe del Programa de Investigaciones en Manejo de Recursos Hídricos y Suelo, Subdirector de la Dirección General de Recursos Hídricos y Director Ejecutivo del Proyecto de Manejo de Recursos Naturales en la cuenca de los ríos Choluteca, Sampile y Guasaule. Posteriormente, fue Líder del Grupo para la Actividad Regional de Manejo de Cuencas (Proyecto RENARM) y Director del Programa de Manejo de Recursos Naturales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Ha trabajado como consultor privado en diferentes países (Bolivia, América Central, USA) e instituciones (Tropical Research & Development, Development Alternatives Inc., CATIE, USAID/Honduras, Earth Satellite Corporation, University of Colorado).

Su experiencia laboral es muy vasta. Entre otras actividades, le ha correspondido organizar equipos de trabajo multidisciplinarios para proyectos de recursos naturales y manejo de cuencas y coordinar, supervisar y negociar proyectos en áreas técnicas: manejo de cuencas, silvicultura, manejo y conservación de la biodiversidad, economía de los recursos naturales. También ha trabajado dando apoyo a instituciones y personas en la toma de decisiones sobre uso de recursos naturales y transferencia de tecnología; ha contribuido en la implementación de sistemas de manejo de información geográfica (SIG) y en la selección, gestión y manejo de sistemas de riego; ha tenido a su cargo la elaboración de metodologías para programas de extensión y ha sido profesor de posgrado en Manejo de Cuencas.

En la actualidad se desempeña como Jefe del equipo de asistencia técnica internacional del Proyecto de Protección Ambiental GREEN PROJECI. Su trabajo consiste, básicamente, en orientar y supervisar al equipo de asistencia técnica en transferencia de tecnología, política y legislación y dar apoyo logístico en la articulación de los entes gubernamentales con el equipo técnico. En Honduras, el Dr Rivas ha sido galardonado por sus aportes al mejoramiento y conservación del medio ambiente; ha sido presidente del Colegio de Ingenieros Agrónomos de su país, es miembro fundador de la Fundación para la Investigación Agrícola de Honduras (FIAH), miembro del consejo de honores del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Honduras y miembro de la Sociedad Honorífica de Agricultura Gamma Sigma Delta, Capítulo de la Universidad Estatal de Colorado.

¹ Editor Revista Agroforestería en las Américas, CATIE. E-mail: lmelende@catie.ac.cr

² Jefe Área Cooperación Técnica y Mercadeo, CATIE. E-mail: jfaustin@catie.ac.cr

¿ Cuáles fueron las razones para trabajar en manejo de cuencas?

Cuando me gradué de ingeniero agrónomo, el tema de la conservación de suelos estaba en auge en mi país (Honduras) debido, principalmente, a las inundaciones que causó el huracán Fifi y a que gran parte de los daños se atribuyeron a un mal manejo de cuencas. En ese tiempo manejo de cuencas era sinónimo de conservación de suelos. Posteriormente, por mi orientación hacia el campo del riego, llegué a la conclusión de que había muchos problemas en ese tipo de sistemas, pero que los más importantes eran la escasez del recurso agua y su calidad. Esos aspectos me motivaron a canalizar más en serio mi orientación profesional. Pero esto no fue planificado, más bien fue el resultado de oportunidades que se fueron presentando en un tema que me parecía atractivo y que posteriormente se convirtió en el centro de mi desarrollo profesional.

¿Cómo evalúa el manejo de cuencas en la región?

Es difícil evaluar el manejo de cuencas en la región, debido a que los gobiernos todavía mantienen políticas de producción centradas en la productividad y no se ha podido superar el patrón de la producción tradicional intensiva en áreas de ladera. En la mayoría de los países no se ha logrado vincular los beneficios que produce el buen uso de la tierra (manejo adecuado de las cuencas), especialmente en áreas de ladera, con los servicios que esto provee a los diferentes sectores de la sociedad, como agua limpia y caudales regulados. Tenemos que poner en evidencia ante la sociedad que, en la mayoría de los países de la región, los problemas visibles vinculados al recurso hídrico (inundaciones periódicas más frecuentes, destrucción de cultivos y obras de infraestructura en la época lluviosa, ríos con caudales extremadamente bajos, pozos secos, animales muertos durante la época seca) no son más que las consecuencias del mal manejo y el uso inadecuado de los suelos y del aprovechamiento inadecuado de las áreas forestales, que conducen a la pérdida de la natural capacidad reguladora de las cuencas hidrográficas. Esto no es una tarea fácil, pero mientras no se logre hacer esa conexión, va a ser muy difícil justificar la conservación y el manejo de las cuencas hidrográficas. No obstante, debe mencionarse que entre los profesionales ha crecido el nivel de conciencia y

conocimiento respecto a la necesidad del trabajo multidisciplinario en esta área.

¿Cómo cree que deben actuar los técnicos para que los habitantes de las cuencas adopten las prácticas de manejo?

En primer lugar, los técnicos tienen que tener claro que si no se mejoran los ingresos del productor, no habrá práctica tecnológica que se adopte. Es difícil convencer a una persona para que cambie sus prácticas productivas y aumente su nivel de riesgo para beneficiar a otros. Lo propio de la naturaleza humana es actuar y hacer cambios en beneficio propio y eso tiene que ser tangible.

En segundo lugar, los técnicos deben planificar en función de los productores, los recursos disponibles y sus medios de producción. Luego, en conjunto con los beneficiarios, diseñar el mejor uso de los recursos; en esa forma, sentirán como propio su desarrollo y el beneficio de los otros sectores de la sociedad.

Por último, los técnicos deben entender que aunque tengan la formación académica requerida para planificar adecuadamente y aunque el proceso de capacitación y monitoreo sea adecuado, el único que realmente maneja los recursos naturales es el dueño de la propiedad y que sus motivaciones sobre el manejo por lo general son más económicas que ecológicas. Por lo tanto, la tecnología y las respuestas que le van a interesar son las que ofrezcan beneficios económicos y tengan como resultado adicional beneficios ecológicos y un mejor manejo de cuencas y/o recursos naturales.

¿Qué regiones tienen mayor necesidad de manejo de cuencas y en qué forma se podría lograr un mejor uso?

Los propósitos fundamentales del manejo de cuencas son por un lado, lograr un mayor equilibrio en el ciclo hidrológico, mejorando los aspectos de regulación de caudales, restableciendo los niveles de calidad, etc., y por otro, hacer un uso adecuado del suelo. Sabemos que en muchos casos el agua es el recurso limitante para el desarrollo. En el próximo siglo se deberá hacer un mejor manejo de las cuencas en toda la región de América Central y el Caribe. El manejo adecuado de las cuencas

debe ser una prioridad para todas las profesiones y áreas de trabajo relacionadas con el desarrollo de los países; no se trata de la preocupación exclusiva de una profesión en particular, como se tiende a pensar. Si cada profesional lo tuviera en cuenta en el momento de iniciar la planificación de cualquier tipo de obra, se lograría una mayor cobertura con menos daño para los recursos naturales.

¿Cuáles cree que son las tendencias en el desarrollo de manejo de cuencas en el ámbito regional?

En el pasado el estudio y manejo de las cuencas era integral; en la actualidad se ha perdido la dimensión real de la cuenca hidrográfica y el interés se ha centrado en las partes altas, que son las que en alguna medida regulan y proveen agua a las partes medias. Las tendencias en el manejo continúan siendo la conservación de suelos a través de prácticas culturales, obras mecánicas de conservación, prácticas forestales y agroforestales. Se sigue enfocando el tema como un problema agrícola y de conservación. Sin embargo, en la parte media de la cuenca no se considera el manejo de las aguas residuales de los centros urbanos y la contaminación que resulta de prácticas agrícolas intensivas en las áreas planas. Hemos llegado a dividir las cuencas en dos partes: las zonas en las que no se puede intervenir (cabeceras) y las áreas medias y bajas donde se puede hacer todo, lo que no es correcto.

¿Cuáles son las necesidades de investigación en manejo de cuencas en América Central?

En los países latinoamericanos, por lo general hay escasez de recursos económicos. Lo fundamental es que cada trabajo de investigación ofrezca soluciones que realmente tengan aplicabilidad en nuestro medio. Los temas de investigación deberían salir de los procesos de transferencia, para que la investigación aplicada sea sobre los problemas específicos que se les presentan a los extensionistas, ingenieros civiles, biólogos, etc. También debe tomarse en cuenta que la investigación sin un proceso adecuado de transferencia tiene poca validez. La otra modalidad es hacer investigación adaptativa con propósitos preventivos. Las necesidades de investigación en los diferentes campos del desarrollo son múltiples. En el área de hidrología se requieren investigaciones en

modelación; en el área agrícola, en producción de laderas; en el área de construcción, en densidades de urbanización en las zonas críticas de las cuencas; en desechos sólidos y aguas residuales los temas son inagotables.

¿Qué deberían hacer los técnicos para impulsar un adecuado manejo de cuencas?

Tanto para los profesionales como para los habitantes de la región debería ser evidente que esta es una época de transición: estamos migrando del *uso racional* hacia el *uso sostenible* de los recursos naturales. La diferencia entre los dos es que, en el primer caso, los límites de aprovechamiento los pone el hombre y su racionalidad generalmente económica; en el segundo, los límites de aprovechamiento los pone la naturaleza y su estabilidad ecológica. Cuando logremos - mediante la tecnología - respetar los límites ecológicos y obtener los beneficios económicos que perseguimos, habremos alcanzado el manejo de cuencas.

Publicaciones y presentaciones

A continuación se presentan algunas de las publicaciones y presentaciones realizadas por el Dr. Rivas a lo largo de su carrera:

RIVAS, C. 1977. Adaptación de diez variedades de soja para la región centro oriental del país. Honduras, s.e s.p.

RIVAS, C. 1980. Lineamientos generales de riego para la Región Centro-oriental de Honduras. Tegucigalpa, Hond., Secretaría de Recursos Naturales. s.p.

RIVAS, C. 1980. Una metodología para la gestión de áreas de cultivos como cuencas pequeñas. Utah, EE UU., Universidad Estatal de Utah. s.p.

RIVAS, C. 1983. Estudio de caso: la ejecución del Proyecto Manejo de Recursos Naturales. 1983. In Seminario Internacional sobre Conservación de la Tierra y el Agua (I., 1983, Santo Domingo, R. D.) s n t.

- RIVAS, C. 1987. La ejecución del Proyecto Manejo de Recursos Naturales en Honduras. *In* Taller de Usos Sostenibles para Laderas Pronunciadas (1987, Quito, Ec) s n t
- RIVAS, C 1989. Evaluación de una metodología de extensión para el manejo de cuencas en Honduras. Tesis Ph.D., Col., EE UU., Universidad Estatal de Colorado s p
- RIVAS, C 1991. Sistemas de Información Geográfica (SIG): su utilización para la planificación apropiada del uso de la tierra Panamá. s.p.
- RIVAS, C. 1994. Avances del Manejo de Cuencas en Centroamérica. *In* Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas (2., 1994, Mérida, Ven) s n t
- RIVAS, C. 1994 El papel de la forestería y agroforestería en el desarrollo sostenible de laderas *In* Taller Regional sobre Necesidades y Prioridades de Investigación en Políticas Forestales y Agroforestales para Latinoamérica (1993, San José, C.R.) Informe Ed por M. Alfaro; R de Camino V; M I. Mora; P. Oram, San José, C.R., IICA. Programa de Generación y Transferencia de Tecnología. p. 93-102.
- RIVAS, C. 1995 Marco conceptual y metodológico para el manejo de microcuencas. *In* Seminario Nacional sobre Uso Sostenido de Recursos Naturales y la Participación Comunitaria para el Manejo de Microcuencas en Guatemala. (1995, Quetzaltenango, Gua) Guatemala. s.e. s.p.
- RIVAS, C. 1997. Congreso Mundial de la Federación Internacional de Manejadores de Parques Nacionales (3., 1997, San José, C.R.) San José, C.R., s.e. s.p.
- RIVAS, C 1998 Proceso de apoyo en políticas y legislación. Lecciones aprendidas San Salvador, Salv., Proyecto Protección del Medio Ambiente, s.p.



Como parte de sus actividades en docencia e investigación, el Dr. Rivas (de pie) ha tenido que ofrecer cursos a diferentes niveles en temas relacionados con el uso de los Recursos Naturales (Foto J. Faustino)

Recuperación de suelos degradados con *Gliricidia sepium* o gallinaza en la microcuenca río Las Cañas, El Salvador

Francisco Jiménez¹
Jean Collinet²
Manuel Mazariego³

Palabras clave: *Gliricidia sepium*, gallinaza, abono orgánico, suelos volcánicos degradados, recuperación de suelos, manejo de cuencas, El Salvador.

¹ Profesor Investigador, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

E-mail: fjimenez@catie.ac.cr

² Especialista en suelos, ORSTOM, Montpellier, Francia.

³ Ing. Agrónomo, MAG, El Salvador.

RESUMEN

Durante tres años se estudiaron los cambios en los rendimientos de maíz y frijol y en los suelos de la microcuenca del río Las Cañas, en El Salvador, después de la aplicación de dos tipos de abono orgánico: gallinaza (estiércol de aves) y follaje de mata ratón (*Gliricidia sepium*). En ambos tratamientos la producción de maíz fue, en promedio, un 25% superior al testigo (labranza tradicional). Los rendimientos de frijol en el tratamiento con biomasa incorporada de *G. sepium* fueron superiores al testigo, mientras que con gallinaza fueron inferiores. La movilización de suelo fue 10 veces menor en el tratamiento con gallinaza, en comparación con el testigo. La materia orgánica aumentó por efecto de las enmiendas aplicadas; la aplicación de gallinaza produjo una mayor capacidad de intercambio catiónico en los suelos. Considerando los efectos biofísicos y socioeconómicos que fundamentan el manejo de cuencas, se recomienda el tratamiento correspondiente a la incorporación de 18 ton/ha/año de material fresco (hojas y ramas) de *Gliricidia sepium*.

RECOVERY OF DEGRADED SOILS WITH *Gliricidia sepium* OR CHICKEN MANURE IN THE CAÑAS RIVER MICRO-WATERSHED, EL SALVADOR

ABSTRACT

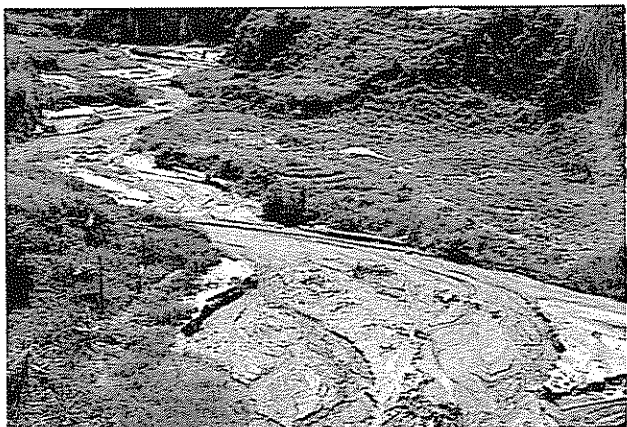
Changes in the yields of maize and beans, as well as soil properties, were monitored over a three year period in the micro-watershed of the Cañas River, El Salvador after two types of organic fertiliser were applied: chicken manure and foliage of quick stick (*Gliricidia sepium*). Maize yields in the chicken manure and *G. sepium* treatments averaged 25% higher than the control treatment (conventional tillage). Bean yields were highest where *G. sepium* biomass was incorporated while the chicken manure treatment produced lower yields than the control. After three years, the application of organic amendments began to produce an increase of soil organic matter. Soil movement was ten times less in the treatment with chicken manure than in the control. Chicken manure produced the greatest cation exchange capacity. When both the biophysical and socio-economic effects, which are of significance in watershed management, are taken into consideration the incorporation of 18 t/ha/yr of fresh material (leaves and branches) of *G. sepium* is the most recommended treatment.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las cuencas de América Central están muy degradadas por causa de la deforestación, la pérdida de diversidad biológica, el deterioro de los suelos y la contaminación de las aguas (Lindarte y Benito, 1991). Hay factores sociales, económicos y biofísicos que han contribuido a acelerar este proceso.

Actualmente se requieren tecnologías que contribuyan a la rehabilitación de las cuencas, acordes con el nivel de ingresos y las costumbres de los productores. Las prácticas deben ser eficientes y de bajo costo, utilizar recursos locales y no afectar el ambiente ni modificar drásticamente los patrones de uso de mano de obra de los productores. Las enmiendas orgánicas mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, sobre todo en zonas tropicales, donde la disponibilidad de nutrimentos como nitrógeno y fósforo es limitada (Sánchez, 1981; Tiang, 1992; Fassbender, 1993).

El mal manejo de la microcuenca del río Las Cañas es el principal responsable del proceso de sedimentación de los embalses hidroeléctricos en el río Lempa (Ferrán, 1993). La zona ha sido sometida a una explotación agrícola intensa, los productores utilizan técnicas de producción inadecuadas y los suelos se han erosionado, debido a la sobre-explotación agrícola en pendientes fuertes. En muchos sitios, la producción de granos básicos se realiza sobre materiales parentales de ceniza y pómez volcánicas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la biomasa de *G. sepium* y gallinaza en la restauración de suelos volcánicos degradados en la microcuenca del río Las Cañas, El Salvador.



El mal manejo de la microcuenca del río Las Cañas es uno de los principales responsables del proceso de erosión y sedimentación del embalse hidroeléctrico Cerrón Grande en el río Lempa (Foto J. Faustino).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre 1992 y 1995, en la microcuenca del río Las Cañas, en El Salvador (13° 43' N, 89° 10' O; 700 msnm; 1790 mm de precipitación anual, distribuidos entre mayo y octubre; 22.8 °C de temperatura promedio y entre 30 y 45% de pendiente). La investigación consistió en el seguimiento de la evolución de los rendimientos de maíz y frijol y los cambios en el suelo en seis parcelas experimentales de 400 m² cada una (dos por cada tratamiento).

Se utilizó un diseño estadístico de parcelas divididas en el tiempo; los tratamientos utilizados fueron:

- 1) Testigo: labranza con arado de tracción animal (bueyes), formando camellones en curvas a nivel; aplicación de 80 kg/ha de 20-20-0 (N-P-K) a la siembra y 80 kg/ha de sulfato de amonio al momento de la aporca.
- 2) Gallinaza: labranza tradicional y aplicación de 15 t/ha de estiércol de gallina (gallinaza) al momento de la labranza.
- 3) Biomasa de mata ratón (*Gliricidia sepium*): labranza tradicional y aplicación de 18 t/ha de biomasa fresca (hojas y ramas fragmentadas) al momento de la labranza.

Para determinar la ubicación de las parcelas se utilizó información topográfica y edafológica obtenida mediante sondeos (cinco toposecuencias, diez sondeos, tres profundidades). Se obtuvieron mapas de isovalores de las diferentes variables físicas y químicas del suelo y se siguió la evolución de estas variables en el tiempo (Collinet y Mazariego, 1993). La movilización de suelo para los diferentes tratamientos se evaluó midiendo la masa de sedimentos acumulada en los intercamellones de cada parcela experimental, durante las primeras lluvias intensas previas al establecimiento de la época lluviosa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Rendimiento de maíz y frijol

Los tratamientos con gallinaza y abono verde de *G. sepium* produjeron mayores rendimientos de maíz con respecto al testigo durante los tres años del estudio (Cuadro 1). En los primeros dos años, los rendimientos

de maíz fueron superiores en las parcelas en las que se aplicó gallinaza, pero el tercer año, los mejores rendimientos se obtuvieron con el tratamiento de *G. sepium*. Las diferencias (promedio anual) entre los

rendimientos de maíz con *G. sepium* y gallinaza para los tres años fueron de 33 kg/ha, en tanto que los rendimientos para ambos tratamientos superaron al testigo en 1100 kg/ha.

Cuadro 1. Rendimientos promedio de maíz y frijol (kg/ha) obtenidos en los diferentes tratamientos y años

Tratamientos	Rendimientos de maíz				Rendimientos de frijol		
	1992	1993	1994	Promedio ¹	1993	1994	Promedio
Testigo	2200	3800	5500	3833b	1850	1400	1625a
Gallinaza	3100	5600	6300	5000a	1500	1200	1350a
<i>G. sepium</i>	3000	4800	7300	5033 ^a	2300	1300	1800a
Promedio	2767c	4733b	6367 ^a		1883a	1300b	

¹ Los valores con la misma letra en una columna o en una fila no difieren estadísticamente (Tukey =0.05)

El hecho de que los rendimientos de maíz aumentaran en todos los tratamientos a través de los años ($p < 0.05$), pone en evidencia el efecto benéfico de la aplicación de enmiendas orgánicas y del manejo del suelo. En el caso del tratamiento testigo, donde no se aplicaron enmiendas, parte del aumento en los rendimientos podría atribuirse a la incorporación de los residuos de cosecha

Los rendimientos de frijol, evaluados durante dos años, fueron mayores (en promedio) en los tratamientos con

G. sepium y menores con gallinaza, aunque las diferencias no fueron significativas. Los bajos rendimientos del frijol en el tratamiento con estiércol podrían atribuirse, en parte, a la mayor proliferación de malezas durante el período crítico de competencia del cultivo. Obando (1985) menciona que la aplicación de mulch de *G. sepium* como abono verde afecta desfavorablemente la germinación y emergencia de malezas; esto se debe a la presencia de sustancias alelopáticas que actúan sobre algunas malezas del frijol y



La incorporación de abonos orgánicos aumentaron los rendimientos de los cultivos, mejoraron las características químicas de los suelos y redujeron la erosión en la microcuenca del río las Cañas, El Salvador (Foto J. Faustino)

del maíz, lo que permite obtener mayores rendimientos. López y Kass (1996) también obtuvieron rendimientos de frijol inferiores al del testigo en tratamientos con aplicación de estiércol bovino. Los estudios realizados en el CATIE durante más de 12 años por Tavares da Costa (1996) mostraron que los rendimientos de frijol en tratamientos con aplicación de mulch de *G. sepium* y estiércol bovino fueron los más bajos después del testigo, comparados con los siguientes tratamientos: mulch de *Erythrina poeppigiana*, callejones de *E. poeppigiana*, mulch de *Gmelina arborea* y callejones de *G. sepium*.

El aumento en los rendimientos a tan corto plazo (primer año) podría estar asociado con la rápida mineralización del nitrógeno y del fósforo disponibles para los cultivos (Sánchez, 1981) a partir de los abonos orgánicos aplicados. Tavares da Costa (1996) presentó resultados de rendimientos de maíz para 12 años en

Turrialba, que mostraban un mayor rendimiento del cultivo con respecto al testigo en los tratamientos con estiércol de bovino y mulch de *G. sepium*. Kang y Mulongoy (1987) también reportaron rendimientos de maíz y frijol más altos con respecto al testigo utilizando mulch de *G. sepium*.

2. Materia orgánica

Durante la investigación se observó la tendencia a la acumulación de materia orgánica a través del tiempo (Figura 1). El aumento absoluto de este componente fue de 150% para el tratamiento con gallinaza, 100% para *G. sepium* e incluso 40% para el testigo, bajo el único efecto de la restitución parcial de los residuos de cosecha. La acumulación de materia orgánica promovió la formación de un complejo absorbente órgano-mineral, principalmente en el tratamiento con gallinaza, que se manifestó en un aumento de la capacidad de intercambio de cationes (Figura 2). La acumulación de materia orgánica también aumentó el poder fijador del suelo

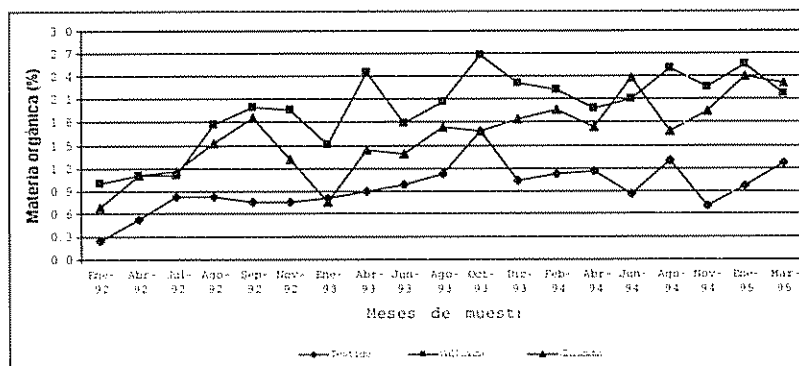


Figura 1. Variación del contenido de materia orgánica en el suelo (0 a 10 cm de profundidad), para los diferentes tratamientos, durante el periodo de estudio.

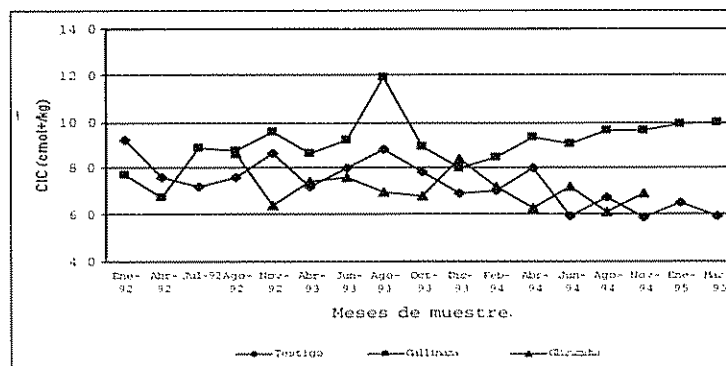


Figura 2. Variación de la capacidad de intercambio de cationes (CIC), de 0 a 10 cm de profundidad, para los diferentes tratamientos, durante el periodo de estudio.

respecto a los elementos minerales útiles para las plantas, que sin ese complejo absorbente se perderían por lixiviación y escorrentía.

La velocidad de formación y eficacia de ese complejo depende del tipo de material orgánico incorporado. Los resultados de este estudio indican que el aumento de la CIC por efecto de las dosis de materia orgánica en el tratamiento con gallinaza permite formar rápidamente un complejo órgano-mineral activo. En el caso del tratamiento con *G. sepium*, el efecto nulo o negativo de la materia orgánica sobre la CIC parece ser un

comportamiento transitorio hasta que se alcancen mayores valores de materia orgánica (cerca de 1.2% en el suelo estudiado). Cuando los valores de materia orgánica son bajos, se produce un bloqueo o saturación en los sitios de intercambio de los minerales del suelo, por parte de compuestos orgánicos sintetizados a partir de la materia orgánica fresca (Duxbury *et al.*, 1989) y por compuestos de aluminio (Al^{+3}), más abundantes en la superficie del suelo (Baidés, 1995). Zech *et al.* (1990) también mencionan que fuentes animales de materia orgánica resultan en aumentos más estables en la fracción orgánica del suelo.

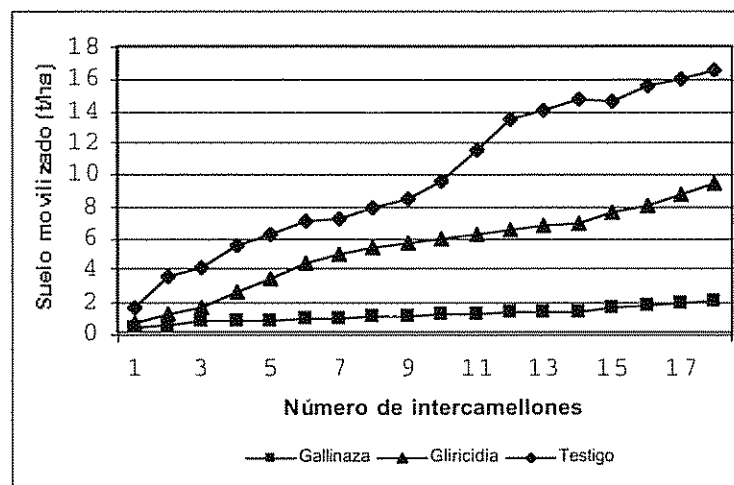


Figura 3. Cantidad de suelo movillizado, para los diferentes tratamientos, durante las primeras lluvias fuertes posteriores a la preparación del suelo y la siembra del maíz (valores acumulados para los intercamellones de cada parcela).

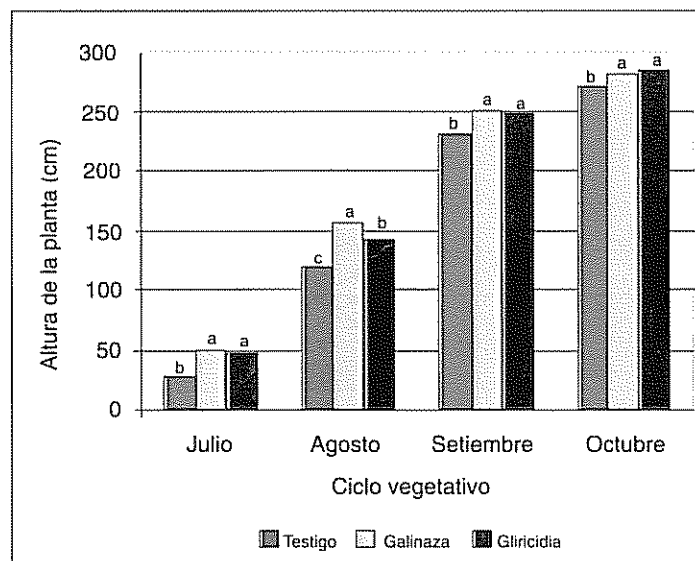


Figura 4. Dinámica del crecimiento del maíz a través de su ciclo vegetativo, en los tres tratamientos estudiados.

3. Conservación del suelo

En las parcelas donde se aplicaron abonos orgánicos, la movilización (fase inicial del proceso de erosión del suelo) fue menor que en el testigo (Figura 3). Esto puede explicarse, en parte, por el mayor crecimiento inicial del maíz en los tratamientos con enmiendas (Figura 4) y por la incipiente formación de una estructura granular, sobre todo con la gallinaza. Resultados similares fueron reportados por Eijk-Bos y Moreno (1986) en Colombia. La mayor cobertura vegetal en los tratamientos con enmiendas orgánicas permite interceptar más gotas de lluvia y reducir su energía cinética, lo que limita la desagregación y la movilización del suelo desde los camellones. La materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua del suelo, mantiene la rugosidad del campo y limita los flujos hídricos que provocan el arrastre de sedimentos. En la parcela testigo, el lento crecimiento inicial del maíz y el bajo nivel de materia orgánica fueron los responsables, en gran medida, de una erosión potencial casi 10 veces mayor que en el tratamiento con gallinaza.

CONCLUSIONES

Después de los tres años del estudio, los rendimientos del maíz fueron similares en los tratamientos con *G. sepium* y con gallinaza y superiores en alrededor de un 25% a los del tratamiento testigo. Los rendimientos del frijol fueron, en promedio, más altos que el testigo en los tratamientos con *G. sepium* y un 16% inferiores al testigo en los tratamientos con gallinaza.

El aumento en la materia orgánica del suelo ocurrió en todos los tratamientos, especialmente con gallinaza (+0,5%). Este tratamiento permitió la formación de un complejo absorbente órgano-mineral que aumentó rápidamente la capacidad de intercambio de cationes del suelo. La aplicación inicial conjunta de *G. sepium* con gallinaza podría ser favorable para alcanzar con rapidez el umbral de materia orgánica a partir del cual se construye el complejo absorbente de estos suelos degradados, lo que mejoraría la capacidad de intercambio de cationes.

La protección del suelo contra la erosión fue mejor en los tratamientos con gallinaza, seguidos de *G. sepium*; estos tratamientos permitieron un desarrollo más rápido del

maíz y consecuentemente, una protección más eficaz durante las primeras lluvias, cuando el suelo estaba descubierto. El tratamiento testigo fue el más propenso a la erosión.

Los abonos orgánicos utilizados mejoraron los rendimientos y las características químicas del suelo. Los resultados no permitieron establecer ventajas definitivas para ninguno de ellos, pero hay varios argumentos a favor del tratamiento con *G. sepium*:

- Los agricultores son de escasos recursos y el costo de la gallinaza y del transporte (no hay muchas granjas avícolas en la zona) genera un gasto adicional; además, no hay certeza respecto a la disponibilidad.
- Los campos de cultivo son pequeños, están muy diseminados y tienen un acceso difícil, por lo que la producción del material vegetal *in situ* resulta más práctica y económica.
- *G. sepium* se adapta bien a la zona y se puede plantar en los linderos de las parcelas, como cercas vivas, como barreras de protección para las obras de conservación de suelos y aguas o en las pendientes no arables que constituyen más del 50% de las fincas.
- El uso de *G. sepium* en las cercas y en otros sitios de la finca permitiría una cobertura arbórea importante, no sólo para producir abono verde, sino también para regulación hídrica, protección de la cuenca, fijación del carbono, así como para promover una mayor biodiversidad y reducir la erosión y la sedimentación de los cauces de las cuencas y los embalses.

BIBLIOGRAFÍA

- BAIDES, J. R. 1995. Papel del origen y forma de aplicación de la materia orgánica en la restauración de suelos derivados de cenizas volcánicas en la cuenca del río Las Cañas, El Salvador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CAIIE. 103 p.

- COLLINET, J.; MAZARIEGO, M. 1993. Restauración de suelos volcánicos degradados utilizando abonos orgánicos. microcuenca del río "Las Cañas", El Salvador. Primeros resultados Turrialba, C.R., CATIE, Proyecto Renarm/Cuencas 29 p.
- DUXBURY, J.M.; SCOTT, M.; DORAN J. W. 1989. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients. *In* Dynamic of soil organic matter in tropical ecosystems. Eds. D. Coleman, J. Malcolm; G. Uehara Hawaii, EE UU, University of Hawaii. p 33-67.
- EIJK-BOS, C.; MORENO, L. A. 1986. Barreras vivas de *Gliricidia sepium* (mata ratón) y su efecto sobre las pérdidas de suelo en terrenos de colinas bajas. Urabá, Col., Convenio CONIF-Holanda/CORPOURABA 16 p.
- FASSBENDER, H. W. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2. ed. CATIE. Materiales de Enseñanza no 29. 530 p.
- FERRAN, F. 1993. Entre la guerra y la conservación: estudio de caso de los antecedentes a la rehabilitación de la microcuenca del río Las Cañas, El Salvador. Turrialba, C.R., CATIE, Proyecto Renarm/Cuencas 26 p.
- KANG, B. T.; MULONGOY, K. 1987. *Gliricidia sepium* as a source of green manure in an alley cropping system. *In* Workshop *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp: Management and Improvement (1987, Turrialba, C.R.) Proceedings. Ed. by D. Withington; N. Glover; J.L. Brewbaker. Nitrogen Fixing Tree Association. Special Publication 87-01. p. 44-49.
- LINDARTE, E.; BENITO, C. 1991. Instituciones, tecnología y políticas en la agricultura sostenible de laderas en América Central. *In* Taller Agricultura Sostenible en las Laderas Centroamericanas: Oportunidades de Colaboración Interinstitucional (1991, Coronado, C.R.) Memorias. IICA. Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos AI/SC No 90-11. p 77-188.
- LOPEZ, F.; KASS, D. C. L. 1996. Efecto de enmiendas orgánicas en la dinámica del fósforo e indicadores de actividad biológica sobre el rendimiento del frijol en un suelo Acrudoxic Melanudand. *Agroforestería de las Américas* 3:12-15.
- OBANDO, L. 1985. Potencial alelopático de *Gliricidia sepium* sobre los cultivos de maíz y frijol y las malezas predominantes. *In* Workshop *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp: Management and Improvement (1987, Turrialba, C.R.) Proceedings. Ed. by D. Withington; N. Glover; J.L. Brewbaker. Nitrogen Fixing Tree Association. Special Publication 87-01. p. 59-60.
- SANCHEZ, P.A. 1981. Suelos del trópico, características y manejo. Trad. por E. Camacho. San José, C.R. IICA 634 p.
- TAVARES DA COSTA, F. 1996. Evolución de los efectos competitivos y sostenibilidad agroeconómica del cultivo en callejones. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE 157 p.
- TIANG, G. 1992. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions on plant and soil under humid tropical conditions. Thesis. Ph.D. Wageningen, The Netherlands, Wageningen Agricultural University. 114 p.
- ZECH, W.; HAUMAIER, L.; HEMPFLING, R. 1990. Ecological aspects of soil organic matter in tropical land use. *In* Humic substances in soil and crop sciences: Selected readings. Eds. P. MacCarthy and P. Bloom, Madison, American Society of Agronomy. p. 187-202.

Producción de abono orgánico a partir de pulpa de café mediante lombricompostaje como alternativa para reducir la contaminación de las cuencas¹

.....
Jackeline Siles²
Francisco Jiménez³
Jorge Faustino⁴
Donald Kass⁵

Palabras clave: lombricultura, *Eisenia fetida*, abono orgánico, pulpa de café, manejo de cuencas, Costa Rica.

¹ Basado en Siles, J. 1997. Producción de abono orgánico con pulpa de café mediante lombricompostaje. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica.

² M.Sc. Manejo de Cuencas, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

³ Profesor Investigador, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
E-mail: fjimenez@catie.ac.cr

⁴ Profesor Investigador Asociado, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
E-mail: jfaustin@catie.ac.cr

⁵ Profesor Investigador Principal, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
E-mail: dkass@catie.ac.cr

RESUMEN

La pulpa de café genera severos problemas de contaminación en las cuencas de América Central. La lombricultura es una alternativa apropiada para el aprovechamiento de este subproducto que permite mejorar los suelos, generar ingresos adicionales para los productores y contribuir a la sostenibilidad del ecosistema. En esta investigación se probaron tres métodos para preparar lombricompostaje utilizando pulpa de café: 1) suministro gradual (en capas) del sustrato y retiro total del lombricompostaje (SGRT), 2) suministro total del sustrato con retiro total del lombricompostaje (STRT) y 3) suministro total del sustrato con retiro gradual del lombricompostaje (STRG). Se utilizó pulpa de café con 28 días de descomposición aeróbica y la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*). El tratamiento SGRT tuvo el porcentaje más alto de transformación de pulpa a lombricompostaje. El número final de lombrices obtenido con el tratamiento SGRT no fue significativamente diferente del obtenido con el tratamiento STRT. La conversión más rápida de pulpa a lombricompostaje se obtuvo con los tratamientos SGRT y STRG. Se concluye que el tratamiento SGRT fue el método más eficiente para producir abono orgánico a partir de pulpa de café.

PRODUCTION OF ORGANIC FERTILISER FROM COFFEE PULP BY COMPOSTING WITH EARTHWORMS AS AN ALTERNATIVE TO REDUCE WATERSHED CONTAMINATION

ABSTRACT

Coffee pulp, which is a sub-product of coffee processing, causes severe problems of contamination in Central American watersheds. Earthworm cultivation is an appropriate technology for using this sub-product to improve soils, generate additional income for coffee producers and contribute to ecosystem sustainability.

In the present study, three methods of preparing earthworm compost from coffee pulp were tested: 1) gradual addition (in layers) of the substrate and total removal of the earthworm compost (GSOR), 2) total addition of the substrate and total removal of the earthworm compost (OSOR), and 3) total addition of the substrate and gradual removal of the earthworm compost (OSGR). Coffee pulp, which had undergone a 28 day period of aerobic decomposition, and the California red earthworm, *Eisenia fetida*, were used in the study. The GSOR treatment resulted in the highest percentage of transformation of coffee pulp to earthworm compost. The final number of earthworms in the GSOR treatment was not significantly different than that obtained in the OSOR treatment. The most rapid conversion of coffee pulp to earthworm compost was obtained with the GSOR and OSGR treatments. It was concluded that the GSOR treatment was the most efficient method of producing earthworm compost from coffee pulp.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, el procesamiento agroindustrial del café genera cerca de 350.000 toneladas de pulpa por año (Coto, 1992; Alfaro y Rodríguez, 1994). La mayor parte de esa pulpa es amontonada y/o distribuida en los cafetales y otros campos agrícolas, generalmente en forma superficial, con lo que se pierde gran parte de su potencial nutricional y se ocasionan problemas de mal olor, proliferación de moscas, contaminación de aguas y mayor riesgo de enfermedades infecto-contagiosas. Además, por lo voluminoso del material y su alto contenido de humedad, el transporte, el manejo y la distribución en el campo resultan difíciles.

El manejo de los subproductos del café constituye un serio problema ambiental en las cuencas cafetaleras del país, situación que resulta agravada debido a que la mayoría de los beneficios (60%) se localizan cerca de zonas urbanas, principalmente en el Valle Central (Coto, 1992). Por ejemplo, en la cuenca del río Tárcoles (principal receptor de la carga orgánica del Valle Central), durante la cosecha 91-92, se procesaron 3.6 millones de fanegas de café, las que generaron 1.5 millones de fanegas de pulpa y mieles y 3 millones de m³ de aguas residuales (Coto, 1992).

El creciente interés en el uso de lombrices para la transformación de residuos orgánicos se apoya en el conocimiento de su potencial de crecimiento y desarrollo en sustratos poco tradicionales, como la pulpa del café y su capacidad de transformarlos en abono orgánico de calidad. El lombricompostaje es una tecnología adecuada y sana, que requiere poca inversión de energía, capital y equipo. Además, ofrece una alternativa ecológica al problema de la pulpa, integra varias actividades de la agroindustria cafetalera (beneficiado y uso de abono orgánico en semilleros, viveros y plantaciones establecidas) y otorga valor agregado a este subproducto que por muchos años fue un problema para las industrias.

El uso de lombrices para procesar desechos orgánicos, las condiciones ambientales adecuadas para su desarrollo y el efecto de diferentes densidades de población han sido estudiados por numerosos investigadores: Kaplan *et al.*, 1980; Edwards, 1988; Edwards y Bater, 1992; Reeh, 1992; Reinecke *et al.*, 1992; Domínguez y Edwards,

1997; Frederickson *et al.*, 1997. Una de las especies más promisorias para el procesamiento de desechos orgánicos es *Eisenia fetida*, conocida como lombriz roja (Edwards, 1988; Edwards y Bater, 1992). Algunas de las ventajas que presenta son: actividad superficial, alta tasa de reproducción, capacidad para minimizar la formación de malos olores y habilidad para colonizar rápidamente el material orgánico, transformándolo en abono útil (Vijoen y Reinecke, 1992).

El suministro del material de alimentación a las lombrices y el retiro del lombriabono puede realizarse en cualquiera de estas tres formas: 1) suministro gradual del sustrato con retiro total del abono: este método consiste en colocar en el lecho capas de alimento de 30 a 35 cm de altura y cosechar el abono después de que las lombrices lo procesan (Dávila y Ramírez, 1996); 2) suministro total del sustrato con retiro total del abono: consiste en colocar todo el sustrato de una vez, junto con las lombrices y recoger al final todo el lombriabono producido, para después limpiar y desinfectar el lecho (Riddle, 1997); 3) suministro total del sustrato con retiro gradual del abono: en este caso, el sustrato se encuentra desde el comienzo en los lechos o depósitos, se colocan las lombrices sobre ellos y se van retirando las capas del lombriabono formado (Aranda, 1992). Se desconoce cuál es el sistema de alimentación de las lombrices que resulta más eficiente para maximizar su reproducción y la producción de abono orgánico. El objetivo de este estudio fue comparar la eficiencia de los tres métodos de suministro de pulpa de café y retiro del lombriabono descritos, en términos del porcentaje de pulpa transformado en abono orgánico, la población de lombrices al final del estudio y el tiempo requerido para el procesamiento de la pulpa, así como estimar el potencial de *E. fetida*.

METODOLOGÍA

La investigación se realizó en San Isidro de El General, Costa Rica (703 msnm, 2934 mm de precipitación media anual y 23°C de temperatura promedio). La pulpa utilizada se recolectó y distribuyó sobre un piso de cemento, formando una capa de 20 cm de espesor que se removió una vez por semana durante 28 días. Se utilizaron canastas plásticas de 48 x 30,5 x 28,5 cm (0,042 m³) con perforaciones para el drenado y

lombrices adultas cliteladas; la densidad utilizada fue de 1300 individuos por canasta. Las canastas se regaron dos veces por semana para mantener la humedad del sustrato entre el 70 y el 80%

Los tratamientos fueron: a) suministro gradual del sustrato (en capas de 20 cm) y retiro total del lombriabono (SGRI) a los 52 días; b) suministro total del sustrato y retiro total del lombriabono (STR) cuando finalizó el tratamiento (95% de pulpa procesada) y c) suministro total del sustrato y retiro cada dos semanas del lombriabono (STRG). El experimento tuvo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, en el que cada canasta representaba una repetición

Al comienzo del estudio se determinó el peso y el volumen de la pulpa utilizada para alimentar las lombrices en cada tratamiento; al final se pesó y determinó el volumen del lombriabono producido y se calculó el porcentaje de pulpa transformado en lombriabono para cada tratamiento y repetición. Cuando el 95% de la pulpa de café había sido procesada, se determinó el total de lombrices por tratamiento, el número de días utilizado para procesar la pulpa y la cantidad de abono producido. A las variables se les realizó un análisis de varianza

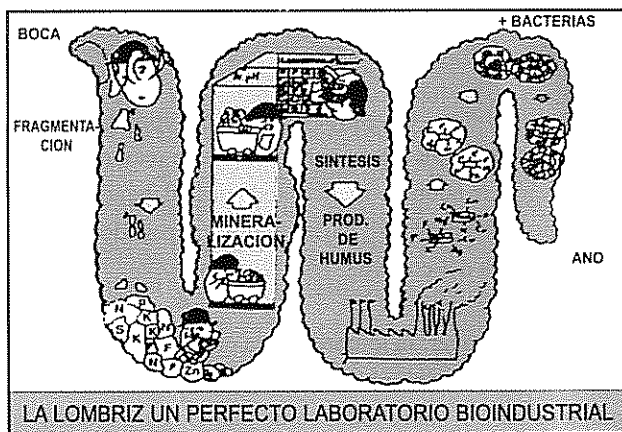


Diagrama de la lombriz roja (*Eisenia fetida*) y del proceso de transformación de la pulpa de café a través de su cuerpo (Diagrama J. Siles)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos difirieron ($p=0.05$) en términos del porcentaje de conversión de pulpa a lombriabono tanto en

base seca como en volumen (Cuadro 1). El mayor rendimiento de abono se obtuvo con SGRI y el menor con STRG. El efecto del peso inicial de la pulpa en cada canasta no influyó en forma significativa sobre el porcentaje de pulpa transformada. Dávila y Ramírez (1996) reportaron rendimientos de transformación de pulpa de café a lombriabono de entre 35 y 40% (base húmeda); estos valores son ligeramente inferiores a los obtenidos en este estudio con el mejor tratamiento (41% en base húmeda).

Cuadro 1. Porcentaje de pulpa transformada en lombriabono, con base en peso seco y volumen, según tratamientos.

Tratamientos	% peso seco	% de volumen
Suministro gradual de sustrato/retiro total del lombriabono	47,4 ^a	39,3 ^a
Suministro total de sustrato/retiro total del lombriabono	36,9 ^b	30,4 ^a
Suministro total del sustrato/retiro gradual del lombriabono	28,7 ^c	7,7 ^c

Medias con la misma letra en una columna no difieren significativamente (Tukey $p = 0.05$)

Las diferencias en los porcentajes de peso de pulpa transformada en abono para los diferentes tratamientos podrían deberse a la pulpa que se pierde en la parte superior de las canastas; en este sitio la pulpa se seca, se endurece y queda expuesta a la luz, lo que limita el acceso de las lombrices, que no transforman esta parte del sustrato. En el tratamiento STRG, cada vez que se retira el lombriabono se forma una nueva capa de pulpa seca que las lombrices no utilizan.

La tasa de transformación de la pulpa fue mayor para los tratamientos SGRI y STRG con 0.48 y 0.49 kg/día, respectivamente (Figura 1) El tratamiento STRI produjo una tasa de 0.38 kg/día, que es diferente ($p=0.05$) a la de los otros tratamientos. En la literatura no hay información sobre estudios similares con los cuales comparar los resultados de este trabajo. En todo caso, son evidentes las ventajas del suministro gradual del sustrato/retiro total del abono, en términos del porcentaje de pulpa transformada y la rapidez con que se procesó. De acuerdo con los datos correspondientes al periodo de estudio (52

días), este tratamiento representa un potencial de procesamiento de cuatro toneladas de pulpa por año por m³ de lecho (canastas plásticas).

El número total de lombrices al final del período de estudio fue mayor con el tratamiento STRI (Figura 2), donde pasó (en promedio) de 1300 a 7459 lombrices por canasta (0.042 m³). Este total no presentó diferencias estadísticas respecto al obtenido con el tratamiento SGRT, que fue de 6805 lombrices por unidad experimental. Con el método STRG, el número final de lombrices (3301) no alcanzó el 50% del obtenido con los otros tratamientos y fue estadísticamente diferente ($p=0.01$) de ambos. Es posible que el menor número de individuos en el tratamiento STRG se deba a la pérdida de las cápsulas (que contienen los huevos) depositadas por las lombrices en la capa de lombriabono que se retira; en los otros tratamientos, los huevos eclosionan normalmente. Las diferencias entre los tratamientos SGRT y STRI se pueden explicar por el estrés que sufren las lombrices cuando se agregan nuevas capas de sustrato en el tratamiento SGRT, material que en ese momento presenta características físicas, químicas y biológicas diferentes a las del sustrato del cual se han estado alimentando.

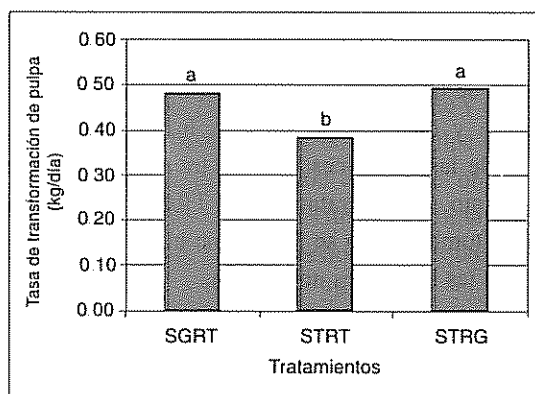


Figura 1. Cantidad de pulpa transformada por unidad de tiempo, para los diferentes tratamientos.

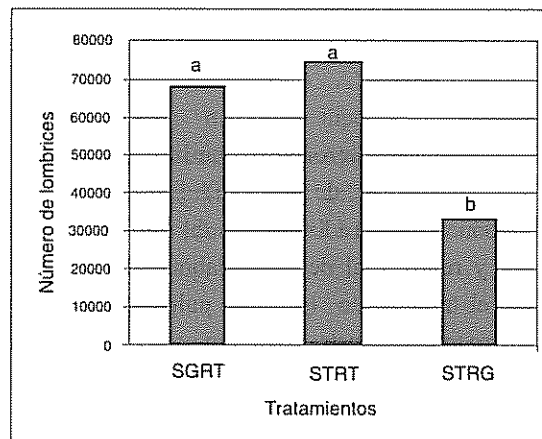


Figura 2. Número promedio de lombrices al final del periodo de estudio, para los diferentes tratamientos.

CONCLUSIONES

El suministro gradual de la pulpa de café (en capas de 20 cm de espesor) antes de que las lombrices terminen de consumir la capa de alimento anterior y la cosecha del lombriabono cuando se completa la capacidad de las canastas utilizadas como lecho fue el método más eficiente para producir abono orgánico a partir de pulpa de café.

El lombriabono de pulpa de café representa una alternativa ecológica para aprovechar este material en la producción de abono orgánico, reducir la dependencia de insumos externos y darle valor agregado a los subproductos del cultivo.

Se debe promover la lombricultura como una alternativa tecnológica para el manejo y aprovechamiento de la pulpa de café y, sobre todo, como una vía para reducir la contaminación ambiental y la degradación de las cuencas hidrográficas.



El lombriabono de la pulpa de café representa una alternativa ecológica para aprovechar este material en la producción de abono orgánico, reducir la dependencia de insumos externos y en darle valor agregado a los subproductos del café (Foto F. Jiménez).

BIBLIOGRAFÍA

- ALFARO, M. R.; RODRIGUEZ, J. J. 1994. Impacto ambiental del procesamiento del café en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 18: 217-225.
- ARANDA, E. 1992. El manejo de lombrices para la producción de abono orgánico de pulpa de café. *In* Simposio de Caficultura Latinoamericana (15, 1992, Xalapa, Veracruz, Méx.) Memoria. IICA. Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos A1/HN no 95-003 v. 2, [22] p.
- COTO, J.M. 1992. Contaminación del agua en Costa Rica por residuos del procesamientos del café y de la porcicultura. *In* Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Santiago, Chile, FAO. p. 124-133.
- DAVILA, M.; RAMIREZ, C. 1996. Lombricultura en pulpa de café. *Avances Técnicos*. Caldas, Col., Cenicafé. 11 p.
- DOMINGUEZ, J.; EDWARDS, C. 1997. Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure. *Soil Biology and Biochemistry* 29: 743-746.
- EDWARDS, C. 1988. Breakdown of animal, vegetable and industrial organic waste by earthworms. *In* Earthworms in waste and environmental management. Eds. C. Edwards; E. Neuhauser. The Netherlands, Academic Publishing. p. 21-31.
- _____; BATER, J. 1992. The use of earthworms in environmental management. *Soil Biology and Biochemistry* 24:1683-1692.
- FREDERICKSON, J.; BUTT, K.; MORRIS, R.; DANIEL, K. 1997. Combining vermiculture with traditional green waste composting systems. *Soil Biology and Biochemistry* 29:725-730.
- KAPLAN, D.; HARTENSTEIN, R.; NEUHAUSER, E.; MELECKI, M. 1980. Physicochemical requirements in the environment of the earthworm *Eisenia foetida*. *Soil Biology and Biochemistry* 12:347-352.
- REEH, U. 1992. Influence of population densities on growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei* on pig manure. *Soil Biology and Biochemistry* 24:1327-1331.
- REINECKE, A.; VILJOEN, S.; SAAYMAN, R. 1992. The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for Vermicomposting in Southern Africa in terms of their temperature requirements. *Soil Biology and Biochemistry* 24:1295-1307.
- RIDDLE, D. 1997. Vermicomposting in the Carolinas. *Biocycle*. 38(1):71-72.
- VILJOEN, S.; REINECKE, A. 1992. The temperature requirements on the epigeic earthworm species *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta). A laboratory study. *Soil Biology and Biochemistry* 24:1345-1350.

Adopción y rentabilidad de la agroforestería y conservación de suelos en El Salvador¹

Steven Shultz²
Jorge Faustino³
Douglas Melgar⁴

INTRODUCCIÓN

En América Central, los proyectos sobre manejo de cuencas generalmente han sido enfocados hacia la transferencia de tecnologías en conservación de suelos y agroforestería, a través de programas de extensión dirigidos sobre todo a pequeños agricultores que cultivan en zonas de ladera. Una evaluación de 20 proyectos agroforestales y 10 de conservación de suelos realizada recientemente por el Banco Mundial (Lutz *et al.*, 1994; Current y Scherr, 1995), llegó a la conclusión de que los factores críticos que condicionan la adopción de prácticas agroforestales son: la rentabilidad, el tamaño de la finca, los niveles de asistencia técnica y la disponibilidad de recursos e iniciativas. También encontró que los sistemas agroforestales más rentables fueron los que combinaron árboles y cultivos (Taungya y cultivo en callejones). Otros factores que influyeron decisivamente sobre la rentabilidad de las prácticas de conservación de suelos fueron las condiciones locales del sitio y los costos efectivos; las prácticas más simples y más baratas fueron generalmente las más rentables.

El Proyecto de Manejo de la Cuenca del río Las Cañas (RLC), en El Salvador, se evaluó un año después de haber finalizado. La evaluación, que consistió en una encuesta sobre adopción y un análisis financiero, pretendía corroborar si los resultados del proyecto coincidían con el patrón mencionado por el Banco Mundial. El Proyecto RLC se implementó en una subcuenca del río Lempa, al noreste de la ciudad de San Salvador. El área se caracteriza por suelos de ladera volcánicos e inestables, de calidad relativamente pobre, una estación seca prolongada seguida de lluvias intensas y un grupo creciente de pequeños agricultores de subsistencia que no acostumbran utilizar prácticas agroforestales ni de conservación de suelos.

Los niveles de erosión y sedimentación en la cuenca son muy altos, entre 350 y 1000 ton/ha/año. Los rendimientos de los cultivos y los ingresos agrícolas son bastante bajos y prevalecen los problemas asociados con la pobreza rural y la degradación de los recursos naturales (Rivas *et al.*, 1993).

¹ Traducido de *Agroforestry Today* 1997, Vol. 9 No 4, por Ariadne Jiménez.

² Agricultural Economics Dept., North Dakota State University. Tel: (701) 231-8935 Fax: (701) 231-7400
E-mail: sshultz@ndsuent.nodak.edu

³ Profesor Investigador Asociado, Jefe Área Cooperación Técnica y Mercadeo, CATIE. Tel: (506) 556-0026
E-mail: jfaustin@catie.ac.cr

⁴ M.Sc. Manejo de Cuencas, El Salvador.

RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El proyecto fue implementado entre 1991 y 1994 por el Área de Manejo de Cuencas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), una compañía de servicios eléctricos (CEL) y el Ministerio de Agricultura (MAG) de El Salvador. Las instituciones enfocaron sus esfuerzos en la transferencia de tecnología a través de una combinación de diferentes acciones: fortalecimiento institucional, eventos de capacitación, talleres para agricultores y parcelas demostrativas. En 1995 el proyecto había logrado capacitar a 34 agentes de extensión, establecer 360 parcelas demostrativas, capacitar en forma directa a 560 familias de agricultores (y más de 1000 familias en forma indirecta), construir más de 48 000 m de zanjas (diques) en contorno y 1300 m³ de estructuras para el control de inundaciones, plantar 130 000 árboles (9800 frutales), establecer 150 000 plantas de piñuela como barreras vivas, crear 150 000 terrazas individuales y construir 300 cocinas (estufas) para el uso eficiente de leña.

Además de contabilizar estos logros, se quería evaluar cómo y por qué diferentes agricultores adoptaban prácticas específicas sobre conservación de suelos y agroforestería y cuáles de esas prácticas eran rentables para ellos y determinar si las relaciones entre conservación de suelos y prácticas agroforestales eran complementarias o competitivas.

Estas evaluaciones permitirían comparar las similitudes y diferencias entre estudios de caso específicos sobre manejo de cuencas y los estudios generales del Banco Mundial, basados en análisis regionales cruzados y estudios de caso en América Central. Hacer esta comparación era especialmente importante, pues permitiría verificar la confiabilidad y pertinencia de los resultados, ya que la mayoría de los proyectos de manejo de cuencas no cuentan con el tiempo y los recursos financieros necesarios para hacer evaluaciones financieras y de adopción con el nivel de detalle y precisión de los estudios realizados recientemente por el Banco Mundial.

Entre marzo y junio de 1995 se entrevistaron 144 agricultores de la cuenca, elegidos al azar, para

cuantificar las tasas de adopción de las prácticas específicas de conservación y agroforestería promovidas por el proyecto. El objetivo de la encuesta fue determinar los factores biofísicos, socioeconómicos, institucionales, espaciales y temporales que influyeron en la participación y adopción (Melgar, 1995).

Además, entre 1992 y 1994, se hizo un análisis financiero del proyecto con la participación de nueve agricultores. Sin embargo, los datos requeridos sobre las diferentes actividades de cultivo en cada una de las fincas (área de cultivo, valor de los insumos, incentivos recibidos e ingresos por producción) a lo largo de todo el periodo, sólo se recolectaron en dos casos. Con estos datos se estimaron los valores netos actuales, que representan la rentabilidad de las actividades de cultivo totales y específicas, con y sin conservación de suelos y prácticas agroforestales, para los años 1992, 1993 y 1994 (Shultz, 1994).

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Las tasas de adopción de las prácticas agroforestales y de conservación de suelos entre los agricultores participantes en el Proyecto RLC fueron altas, lo que puede atribuirse al manejo del proyecto. El número y la complejidad de las prácticas adoptadas aumentó en forma dramática durante y después del proyecto, en relación con las prácticas de los agricultores no participantes.

En general, las prácticas de conservación de suelos se adoptaron con más frecuencia que las prácticas agroforestales. Las prácticas de conservación de suelos más aceptadas⁵ fueron: uso de abonos (gallinaza) orgánicos (90 %), plantaciones en contorno (85 %), diques de drenaje (82 %) y terrazas (47 %). Las prácticas agroforestales más adoptadas fueron: árboles frutales y leñosos (76 %), cercas vivas (44 %) y abonos verdes (36 %). Al igual que los agricultores en el estudio del Banco Mundial citado, la mayoría de los agricultores adoptaron prácticas agroforestales y de conservación de suelos en forma conjunta, lo que indica su carácter complementario en el paquete total de tecnologías de manejo de cuencas.

Mediante un análisis estadístico multivariado se determinó que los factores que influyeron en forma más

⁵ Porcentaje de productores que las adoptaron

significativa en la adopción de las prácticas agroforestales y de conservación de suelos fueron: edad (mayor adopción entre agricultores más jóvenes), tenencia de la tierra (mayor adopción por parte de los propietarios que de los arrendatarios) y número de visitas de extensión (a mayor número de visitas, mayor nivel de adopción). Estos hallazgos también son consistentes con los resultados de los estudios del Banco Mundial. Por último, es interesante destacar que la mayoría de los agricultores (74 %) declaró que su principal interés para participar en el proyecto había sido controlar la erosión, mientras que sólo un 28 % mencionó el obtener frutas y productos maderables.



Las acequias de infiltración en conjunto con cítricos en líneas, son prácticas agroforestales y de conservación de suelos adoptadas en forma conjunta por la mayoría de los agricultores en la microcuenca del río Las Cañas, EL Salvador (Foto J. Faustino)

El análisis financiero de los dos agricultores que adoptaron tanto las prácticas agroforestales como las de conservación de suelos durante los tres años de la recopilación de datos mostró que ellos comparten un patrón consistente. El primer año sembraron maíz, frijol y otros vegetales con ganancias bajas pero positivas. El segundo año, con la adopción de las prácticas agroforestales y de conservación de suelos, los niveles de ganancia se redujeron en forma significativa y para uno de ellos, el balance fue negativo. El tercer año, las ganancias asociadas con las prácticas agroforestales (eucalipto y frutales) eran todavía negativas, pero los niveles de ganancia para maíz, frijol y vegetales fueron bastante mayores, lo que resultó en un incremento global en la rentabilidad total de la finca. Para un agricultor, estas ganancias excedieron las obtenidas durante el primer año, mientras que para el otro, fueron ligeramente inferiores.

UNA RELACIÓN COMPLEMENTARIA

El análisis financiero demostró que las prácticas de conservación de suelos asociadas con cultivos tradicionales tuvieron un efecto casi inmediato en los niveles de rentabilidad de los agricultores. Esto compensó las pérdidas asociadas con los componentes de las prácticas agroforestales adoptadas ya que, como se esperaba, estos no produjeron ningún beneficio apreciable en los primeros años posteriores al establecimiento. Este análisis también es consistente con el estudio del Banco Mundial, que demostró que las prácticas agroforestales más rentables y más adoptadas fueron aquellas combinadas con la producción de cultivos tradicionales. Este hallazgo subraya la importante relación de complementariedad entre las prácticas agroforestales y de conservación de suelos de los agricultores de subsistencia en pequeña escala en tierras muy degradadas. En otras palabras, es poco probable que estos agricultores puedan afrontar la adopción de sólo las prácticas agroforestales. Para que los programas de manejo de cuencas tengan éxito, deben ofrecer a los agricultores un paquete combinado de ambas tecnologías: conservación de suelos y agroforestería.

Los resultados de la adopción y los estudios financieros realizados para evaluar el proyecto de manejo de cuencas RLC ilustra la factibilidad e importancia de conducir tales estudios. En este caso, aunque los resultados se basan en datos muy limitados, tanto en cantidad como tiempo, son muy similares a los resultados de los estudios (más detallados y rigurosos) del Banco Mundial sobre las prácticas agroforestales y de conservación de suelos en América Central. Los futuros proyectos sobre manejo de cuencas deben también evaluar la adopción y rentabilidad, aunque estén limitados en cuanto a alcance y magnitud. Estos estudios son importantes para confirmar o revisar nuestros conocimientos sobre los factores que influyen en la efectividad a corto y largo plazo de los proyectos sobre manejo de cuencas.



Mediante el uso del Bambú (*Bambusa vulgaris*) los agricultores de la microcuenca del río Las Cañas, El Salvador han logrado estabilizar las áreas con peligro de erosión en sus fincas, utilizando recursos locales (Foto J Faustino)

BIBLIOGRAFÍA

CURRENT, D.; LUTZ, E.; SCHERR, S. 1995. The cost and benefits of agroforestry to farmers. World Bank Research Observer 10 (2):151-180.

LUTZ, E.; PAGIOLA, S.; REICHE, C. 1994. The cost and benefits of soil conservation: the farmers viewpoint. World Bank Research Observer 9(2):273-295

MELGAR, D. 1995. Adopción de prácticas de conservación de suelos transferidas en el Proyecto Rehabilitación de la Cuenca del Río Las Cañas en El Salvador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE 77p

RIVAS, C.; FERRAN, F.; FAUSTINO, J. 1993. Propuesta para la rehabilitación de la subcuenca del Río Las Cañas. Turrialba, C.R., CATIE. 19 p.

SCHULTZ, S. 1994. Financial analysis of demonstrative parcels of the CATIE-CEL. Rio Las Cañas watershed Management Project Internal report Watershed Management Area. Turrialba, C.R., CATIE s.p

Uso de un Sistema de Información Geográfica en la toma de decisiones para la reforestación de una cuenca degradada

Juan Manuel Medina¹
Steven Shultz²
Sergio Velázquez³

INTRODUCCION

La característica de la mayoría de las cuencas hidrográficas de América Central y el Caribe es el deterioro y la degradación. Causados principalmente, por prácticas inadecuadas de manejo y uso de la tierra. Una planificación deficiente ha resultado en una serie de impactos negativos, entre ellos, las inundaciones estacionales que afectan las zonas agrícolas e inciden negativamente en la economía de los países de la región. La reforestación de las cuencas altas podría ser la mejor opción para el control de inundaciones (Hamilton, 1986; FAO, 1994).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una excelente herramienta, que resulta muy práctica en la planificación del manejo de las cuencas hidrográficas, pues permiten identificar áreas críticas y zonas con alto riesgo de inundación. Estos sistemas, a partir de información de suelos, geología, pendiente, precipitación, uso de la tierra y cobertura vegetal pueden capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar datos referidos específicamente a un sistema de coordenadas en tierra. También pueden utilizarse para formular e implementar planes de manejo forestal para una zona dada, desde la planificación inicial hasta las etapas de monitoreo y evaluación. Pueden usarse en modelación y simulación (Adinarayana *et al.*, 1994; Mallawaarachchi *et al.*, 1996), así como para determinar áreas especialmente propensas o sensibles a la degradación y/o erosión.

Los proyectos de reforestación y conservación de cuencas han demostrado su rentabilidad tanto económica como financiera (De Camino, 1985). Sin embargo, su mayor potencial son los beneficios ambientales y económicos que ofrecen, como conservación del suelo, reducción de la erosión en zonas de ladera, aumento en la producción y la productividad al mantener la fertilidad del suelo, aumento en la capacidad de infiltración, revalorización de las tierras y mayor estabilidad. En este artículo se pretende describir una metodología mediante el ejemplo de una aplicación de los SIG en estudios de áreas críticas: la planificación de un proyecto de reforestación en una cuenca degradada. Para demostrar el procedimiento se utilizarán los datos de un estudio de caso en la cuenca del río Purires, en Costa Rica, donde la deforestación de las tierras altas ha provocado serias inundaciones en las partes bajas durante las últimas décadas.

¹ M.Sc. Proyecto IFPRI-Laderas, Tegucigalpa, Honduras
² Agricultural Economics Dept., North Dakota State University
Tel: 701-231-8935
³ Especialista en SIG, CATIE. Tel: (506) 556-1530
E-mail: svelasqu@catie.ac.cr

Plan de reforestación de la cuenca del río Purires

La cuenca del río Purires está ubicada en el Valle del Guarco, cinco kilómetros al suroeste de Cartago, Costa Rica (Figura 1). Es una cuenca relativamente pequeña, localizada en el trópico húmedo y formada por tierras volcánicas con baja capacidad de infiltración (MAG, 1988). Tiene una superficie de 7.500 ha, una altura comprendida entre los 1.380 y los 2.100 msnm, una precipitación de 1.760 mm (concentrada en la estación lluviosa que va de mayo a noviembre) y una temperatura anual promedio de 19°C. Los ríos Cabrera y Coris son alternos a la cuenca del Purires.

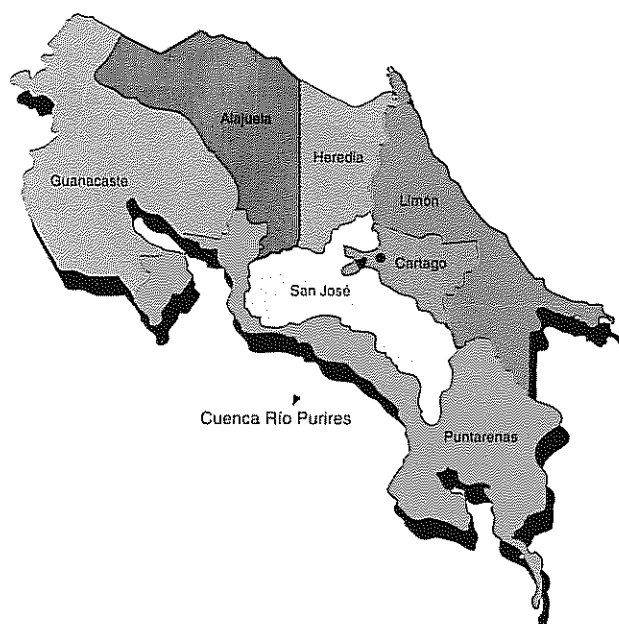


Figura 1. Localización de la cuenca del río Purires.

La parte alta de la cuenca tiene una pendiente muy fuerte, superior al 40%. Aunque clasifica como zona forestal,

está muy deforestada y se utiliza para pastoreo. La parte baja es relativamente plana, apropiada para la agricultura. Hay varias comunidades rurales dedicadas a la ganadería y a la producción de hortalizas en forma intensiva (consumo interno), además de explotaciones de diferentes cultivos (helechos, flores y plantas ornamentales) para exportación.

Durante los años 80, la parte baja de la cuenca estuvo expuesta a una serie de inundaciones severas y recurrentes, las que fueron atribuidas a la rápida deforestación y al cambio de uso a la ganadería que había sido subsidiada por el gobierno en los años 70. En diciembre de 1988 la cuenca se declaró en estado de emergencia debido a pérdidas por inundaciones que sobrepasaron los \$650.000. Estos daños incluían la destrucción parcial - y algunas veces total - de casas, carreteras, puentes, cultivos agrícolas e instalaciones industriales.

Información sobre pendientes

Para identificar las áreas críticas que debían ser reforestadas se usó un módulo de digitalización de SIG (ASD ARC/INFO) para introducir la información procedente de diferentes hojas cartográficas. Con esta información se elaboró una base de datos, que incluyó datos de curvas de nivel espaciadas a 20 m (además, en las áreas de interés se establecieron "ventanas" para asegurar y corregir la información por georeferencia, utilizando las ventanas como identificadores de la curva). A partir de estos datos se elaboró un mapa de pendientes de la cuenca en porcentaje. Esta información se utilizó para identificar áreas, las que se clasificaron y agruparon en categorías según la pendiente, tal como se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Área y porcentaje de la cuenca del río Purires por categoría de pendiente, según la metodología de Sheng (1990)

Categoría de pendiente	Descripción	área (ha)	% del total
< 12 %	Plano o ligeramente plano	2232	29.7
12-30 %	Ligeramente ondulado	2064	27.5
30-50 %	Fuertemente ondulado	1558	20.7
50-60 %	Escarpado	1241	16.5
> 60 %	muy escarpado	418	5.6

Uso actual del suelo

Las áreas correspondientes a los diferentes tipos de cobertura vegetal o usos de la tierra se identificaron mediante fotografías aéreas en mapas topográficos en escala 1:10.000 y se ingresaron a la base de datos. Se identificaron las siguientes clases de uso: bosque, charral (barbecho), pasto, cultivos perennes, cultivos anuales, áreas urbanas, minas, tajos y lagunas. En esta ocasión se pudieron utilizar imágenes de satélite para completar la información. A partir de la información obtenida se procedió a unir las coberturas correspondientes a las diferentes categorías de uso para obtener el uso actual de toda la cuenca.

El mapa de uso de la tierra (Figura 2) indicó que la ocupación predominante era el pasto, que cubría 2.563 ha (34% del área total). El 65% de este área ocupa pendientes inferiores al 30%, y el resto, pendientes fuertes. Un 33% del área total (2.454 ha) está cubierta por charrales (barbechos). La superficie bajo bosque representa sólo el 12% del área total (867 ha) y ocupa sitios con pendientes superiores al 30%. El resto del área corresponde a cultivos perennes de exportación, incluidos los no tradicionales, como helechos (13%), cultivos anuales, zona urbana, lagunas y zonas protegidas (8%).

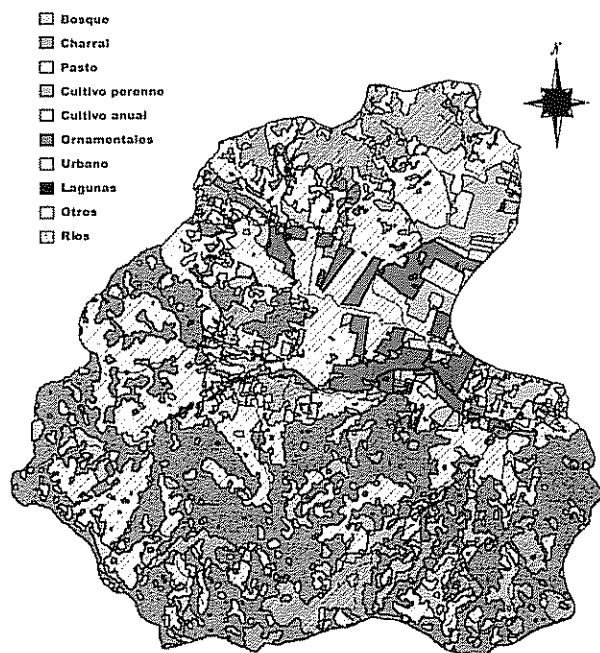


Figura 2: Uso actual de la tierra en la cuenca del río Purires.

Capacidad de uso

Se utilizaron los mapas de capacidad de uso elaborados por la Fundación Neotrópica, el Centro Científico Tropical y el Ministerio de Agricultura y Recursos Naturales (Figura 3) que incluyen las zonas de protección y/o amortiguamiento de los ríos, de acuerdo con la ley forestal costarricense. Este tipo de información puede conseguirse en los institutos geográficos de los respectivos países o en los ministerios de agricultura o recursos naturales. Los criterios utilizados para la clasificación fueron: profundidad del suelo, pendiente, erosión y algunos factores de clima.

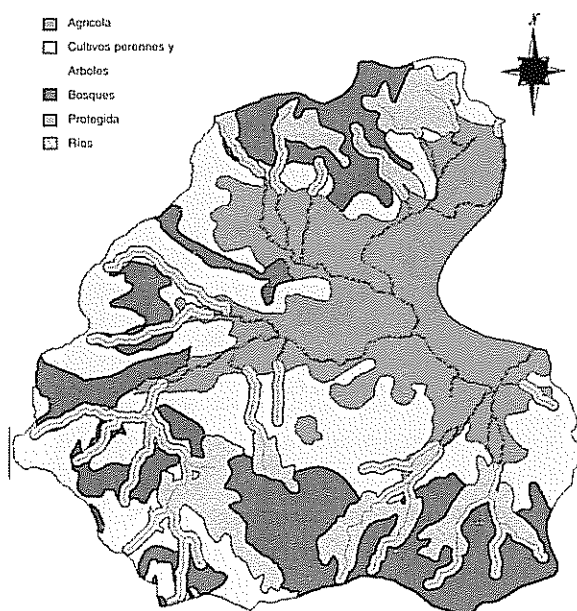


Figura 3: Capacidad de uso de la tierra en la cuenca del río Purires.

Las tierras aptas para agricultura cubren una superficie de 1.891 ha (25%); la mayor parte de ellas está en el valle del Guarco. Las tierras aptas para árboles y cultivos perennes (incluyendo actividades agroforestales y plantaciones) abarcan 2.220 ha (30%); de estas, 1.765 ha (24%) sólo son aptas para uso forestal (bosques naturales). Las 1.635 ha (21%) restantes corresponden a áreas de protección, en las que no puede haber actividades agrícolas o extracción forestal. Las áreas protegidas comprenden unas 616 ha de tierras escarpadas (8%) y 1.019 ha de zonas protegidas que corresponden a

una franja de entre 20 y 100 m en las márgenes de varios ríos y arroyos (13%)

Definición de zonas de conflicto

Para determinar las áreas críticas se hizo una clasificación cruzada de los mapas de capacidad de uso y de uso actual. Se consideraron tres categorías de intensidad: sobre uso, si el uso actual sobrepasa la capacidad de uso; sub-uso, si soporta un uso más intensivo que el actual y uso correcto o a capacidad, si el uso actual coincide con la capacidad de uso.

La áreas y estadísticas determinadas e identificadas en el mapa resultante se presentan en la Figura 4 y en el Cuadro 2. El 60% del área total de la cuenca tiene un uso correcto: parte está bajo bosque secundario y parte bajo charral e invernaderos.

Cuadro 2. Área del mapa de conflictos de uso de la tierra (%).

Usos de la tierra	área (ha)	% del total
Sobre uso	2365	31,5
Sub-uso	435	5,8
Uso correcto o a capacidad	4472	59,5
Uso urbano	210	2,8
Otros usos (minas y tajos)	19	0,3
Laguna (áreas inundadas)	11	0,1

La mayoría de las áreas críticas están en la parte alta de la cuenca; se encuentran en sobre uso y cubren una superficie de 2.365 ha. El 75% de este área se utiliza en pastos, el 22% en cultivos perennes o anuales y el 3% restante corresponde a áreas de protección en las márgenes de ríos y quebradas (20 m en tierras planas y 100 m en laderas).

Se utilizó el mapa de conflictos de uso para identificar las áreas a reforestar, dentro de la categoría de sobre uso. La mayoría de estas tierras estaban dedicadas a la ganadería, aunque la capacidad de uso es forestal. Se estimó que deberían reforestarse 1.346 ha, que corresponden al 57% del área total en sobre uso. Las 1019 ha restantes son las áreas de amortiguamiento o protección de los ríos, que se dejaron regenerar en forma natural, con un plan de

mantenimiento sencillo, para disminuir el costo de la recuperación de la cobertura vegetal de la cuenca.

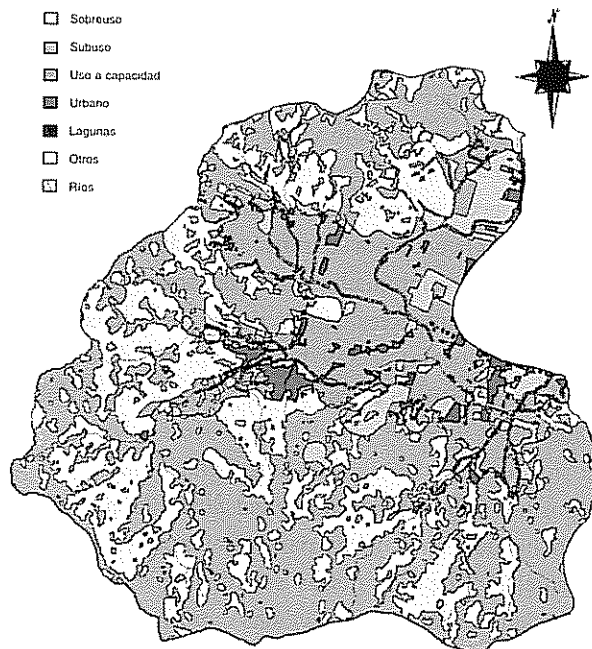


Figura 4: Conflictos en el uso de la tierra en la cuenca del río Purires

Recolección de datos entre los agricultores locales

Se realizaron varias reuniones con los productores del área para identificar sus características socio económicas y sus preferencias, con el fin de seleccionar especies forestales y sistemas de plantación apropiados. También se consultó a algunos técnicos forestales y a organizaciones no gubernamentales que trabajaban en la zona, como el proyecto MADELEÑA del CATIE. Además, se aplicó un cuestionario base a 16 agricultores seleccionados al azar entre los que estaban localizados en las áreas críticas identificadas previamente en la parte alta de la cuenca.

Cupressus lusitanica se reportó como el árbol mejor adaptado a la zona y el preferido por los productores; en segundo lugar se identificaron las especies *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus* sp. y *Cedrela salvadorensis* (especie nativa). Otras especies nativas reportadas por los entrevistados fueron *Alnus acuminata*, *Quercus opeyensis* y *Quercus costarricense*.

La mayoría de los agricultores entrevistados (más del 80%) manifestó el deseo de plantar árboles en su finca; preferían árboles maderables, seguido de frutales y árboles para postes y leña. De los interesados en reforestar sus fincas, un 42% manifestó interés y habilidad para hacerlo con inversión propia, otro 42% sólo estaba dispuesto a poner su trabajo y un 16% estaba dispuesto a aportar trabajo y transporte

De las observaciones realizadas en el campo y los datos obtenidos en la encuesta se infirió que 1.192 ha de pastos degradados son apropiadas para plantaciones forestales con una o más especies nativas de las preferidas por los agricultores locales y 359 ha son aptas para sistemas agroforestales, como cercas vivas, cortinas rompevientos y Taungya.

Es posible reforestar alrededor del 80% (757ha) de las 1.346 ha de tierras aptas para este uso. Actualmente, cerca del 25% de estas tierras se utilizan para agricultura y podrían destinarse a sistemas agroforestales como cercas vivas, cortinas rompe vientos y Taungya. Las 568 ha restantes, que están en pastos degradados, son apropiadas para plantaciones forestales; allí podrían

- Plantaciones (1490 Has)
- Agroforestería (449 Has)
- Regeneración Natural (426 Has)
- Ríos

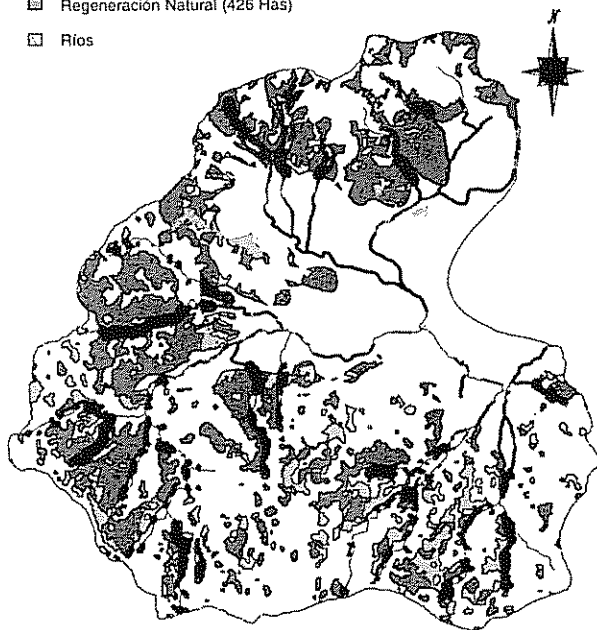


Figura 5: Plan de reforestación de la cuenca del río Purires.

usarse algunas de las especies nativas preferidas por los agricultores locales. Por último, las 341 ha de área crítica que se encuentran en los márgenes de ríos y arroyos deberían dejarse recuperar mediante regeneración natural (Figura 5)

Plan de reforestación

Los planes de reforestación para la cuenca se organizaron a través del Centro Agrícola Cantonal del Tablón del Guarco, que tiene experiencia en la promoción de planes de reforestación entre los agricultores del área. Estos planes incluyeron la contratación de un técnico con tiempo completo para trabajar en el proyecto.

Se hizo un análisis financiero de la rentabilidad de plantaciones forestales con las especies preferidas por los agricultores, en suelos clase I y II, bajo una variedad de escenarios diferentes. Los datos sobre costo de establecimiento, mantenimiento y cosecha se tomaron del proyecto CATIE-MADELEÑA; las tasas de crecimiento fueron proporcionadas por los productores locales y los precios esperados del producto, por los aserraderos de la zona.

Los resultados mostraron que las especies *Cedrella*, *Eucalyptus deglupta* y *Eucalyptus saligna* eran rentables en los suelos clase I (con una relación beneficio/costo de 1.1 y 1.25); en los suelos clase II, la única especie productiva fue *Eucalyptus deglupta*.

CONCLUSIONES

En este artículo se muestra cómo planificar la reforestación de una cuenca utilizando un SIG para la identificación de áreas críticas con el ejemplo específico de la cuenca del río Purires. El proceso incluyó la información proveniente de encuestas a los agricultores locales, que permitió identificar una estrategia de reforestación específica y eficiente para la cuenca.

La metodología utilizada da una idea de la distribución de las tierras aptas para reforestar y al mismo tiempo establece una guía para un plan de reforestación acorde con la realidad; por otra parte, el plan de trabajo se diseñó teniendo en cuenta las preferencias de los agricultores y sólo para aquellas áreas en las que el

análisis financiero probó que el establecimiento era rentable.

Actualmente, en el área de América Central y el Caribe, se ejecutan o están por ejecutarse muchos proyectos de reforestación tanto en instituciones nacionales como internacionales. El uso de este tipo de metodología permitirá obtener rápidamente información sobre la extensión de tierra disponible y apta para reforestación, la disposición de los productores locales para participar en el programa y sus preferencias, la rentabilidad de la actividad y los costos del proyecto mismo.

BIBLIOGRAFIA

ADINARAYANA, J ; FLACH, J ; COLLINS, W 1994.

Mapping land use patterns in a river catchment using geographical information systems. *Journal of Environmental Management*, 42 (1):55-61

CAMINO, R. DE 1985. Incentivos para la participación de la comunidad en programas de conservación. *Guía FAO Conservación No 12*. 208 p.

CENTRO CIENTÍFICO TROPICAL. 1994. Mapa de capacidad de uso de las tierras forestales de Costa Rica (e Informe). Escala 1:50,000. San José, Costa Rica. 49 p.

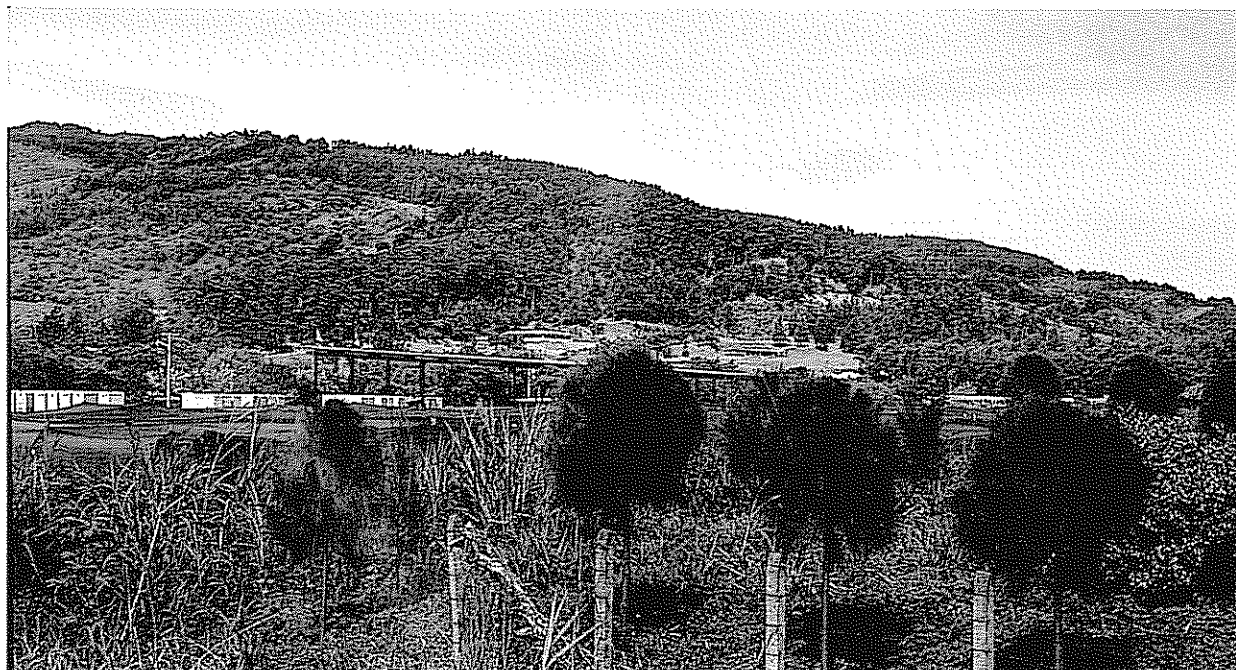
FAO 1994. Integrated natural resource management for sustainable agricultural development: the key role of land and water (mimeografiado) Presentado en: Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (23,1994, San Salvador, El Salvador)

HAMILTON, L. S. 1986. Towards clarifying the appropriate mandate in forestry for watershed rehabilitation and management. *In Strategies, approaches and systems in integrated watershed management* FAO Conservation Guide # 14.

MALLAWAARACHCHI, I ; WALKER, P.A ; YOUNG, M.D ; SMYHI, R.E ; LYNCH, H.S 1996. GIS based integrated modeling systems for natural resource management *Agricultural Systems* 50(2):169-189

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA DE COSTA RICA-FAO. 1988. Mapa de suelos de la cuenca del río Reventazón. Proyecto GCP/COS/009/ITA. San José, Servicio Nacional de Conservación de Suelos. sp.

SHENG, T.C. 1990. Conservación de suelos para pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas. *FAO Boletín de Suelos No 60*. 121 p.



Mediante el uso de SIG se pudieron tomar decisiones más adecuadas sobre las áreas críticas donde se debe aplicar el criterio de los productores (Foto L. Meléndez)

¿Cómo hacerlo?

Sistemas agroforestales para el manejo de cuencas en zonas andinas semiáridas

Andreas Preisig ¹
Herbert Espinoza ¹



Terreno en proceso de siembra en la cuenca Pintu Mayu, Bolivia en combinación con arbustos y árboles nativos y exóticos (Foto PROMIC).

INTRODUCCION

El manejo integral de las cuencas en zonas semiáridas implica enfrentar muchos problemas. Entre ellos: disminución de la cobertura vegetal, uso inadecuado de la tierra por parte de los agricultores, con los consiguientes procesos de erosión y transporte de sedimentos. Por otra parte, en muchos sitios de la zona andina, el aumento de la población y sus necesidades crecientes han provocado un proceso de degradación ambiental alarmante. El manejo de árboles y arbustos en las fincas de los campesinos es uno de los componentes claves del manejo de cuencas, sobre todo en zonas semiáridas, donde los pocos pero intensos eventos de precipitación pueden causar severos daños en las zonas de influencia de los valles.

En las reforestaciones masivas tradicionales, el objetivo principal ha sido siempre la producción de madera. Como por lo general se trata de producir madera de calidad, los árboles deben ser de rápido crecimiento y cumplir ciertos requisitos cualitativos desde el vivero, para obtener en el menor tiempo, la mayor rentabilidad posible. Estas prácticas pueden crear serias desventajas ambientales, similares a las que ocasiona la agricultura intensiva, pues la producción y renovación del cultivo en una secuencia rápida empobrece el suelo por la excesiva sustracción de nutrientes, como sucede con algunas especies de pino (Schulte, 1992).

Un manejo forestal orientado a la producción de madera muchas veces no resulta adecuado para las cuencas altas andinas tanto por razones sociales, como por los problemas de acceso que presentan las zonas accidentadas, que dificultan el manejo y la extracción del producto y elevan mucho los costos. La implementación de una red de caminos de acceso para el manejo y aprovechamiento de las masas boscosas de producción por lo general implica un riesgo adicional para las laderas de las cuencas, que a menudo son geológicamente frágiles.

A continuación se describe una metodología agroforestal apropiada para el manejo de cuencas en zonas andinas semiáridas, donde lo prioritario es la protección de los valles, junto con la rehabilitación y conservación de las cuencas. Esta metodología es el resultado de cuatro años de trabajo del

¹ Funcionarios del Programa Manejo Integral de Cuencas, PROMIC, Cochabamba, Bolivia, casilla 4909. Fax 42-91095

Programa Manejo Integral de Cuencas (PROMIC) en Cochabamba, Bolivia y de experiencias recopiladas en otros proyectos.

Agroforestería para el manejo de cuencas andinas semiáridas

El componente arbóreo en agroecosistemas ofrece una serie de ventajas para el uso adecuado de las cuencas. Las especies utilizadas en agroforestería deben ofrecer múltiples beneficios y no tener muchos requisitos de cuidado y manejo. Además, deben ser resistentes a enfermedades, vientos y eventos climáticos extremos e integrarse armónicamente con los sistemas existentes. Tanto las especies nativas como las exóticas pueden ofrecer una cobertura vegetal apropiada. Con podas

adecuadas, algunas especies nativas, como *Buddleja* sp., producen excelentes cantidades de leña; otras, como *Spartium junceum* y *Cassia tomentosa*, mantienen la fertilidad de los suelos y producen forraje para el tiempo de estiaje.

Para que la implementación de los sistemas agroforestales y silvopastoriles cumpla los objetivos planificados, es necesario seleccionar las especies que se utilizarán entre las que se adaptan bien al ecosistema natural, buscando una combinación de especies que ofrezca en el futuro la variedad de efectos y productos deseados. En el Cuadro 1 se presenta una lista de las especies propuestas para ser usadas en el área de acción del PROMIC.

Cuadro 1. Especies de árboles y arbustos propuestas para ser usadas en la Cordillera de Tunari, Cochabamba, por pisos altitudinales.

2600 - 3000 msnm	3000 - 3400 msnm	3400 - 3800 msnm	3800 - 4200 msnm
<i>Acacia visco</i>	<i>Spartium junceum</i>	<i>Berberis boliviana</i>	<i>Polylepis besseri</i>
<i>Tipuana Tipu</i>	<i>Baccharis latifolia</i>	<i>Polylepis besseri</i>	<i>Ginoxys glabriuscula</i>
<i>Jacarandá mimosifolia</i>	<i>Sambucus peruviana</i>	<i>Buddleja</i> sp.	<i>Buddleja</i> sp.
<i>Schinus molle</i>	<i>Schinus molle</i>	<i>Baccharis</i> sp.	<i>Solanum nitidum</i>
<i>Erythrina</i> sp.	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Alnus acuminata</i>	
<i>Salix humboldtiana</i>	<i>Salix humboldtiana</i>	<i>Sambucus peruviana</i>	
<i>Spartium junceum</i>	<i>Populus</i> sp.	<i>Dunalia spinosa-horrida</i>	
<i>Dodonaea viscosa</i>	<i>Escallonia resinosa</i>		
<i>Santoxylum coco</i>	<i>Alnus acuminata</i>		
<i>Alnus acuminata</i>	<i>Escallonia myrtilloides</i>		
<i>Caesalpinia tinctoria</i>	<i>Santhoxylum coco</i>		
	<i>Cantua buxifolia</i>		
	<i>Cassia tomentosa</i>		

Las experiencias del PROMIC demostraron que con un método de extensión y planificación participativa se puede obtener una respuesta entusiasta hacia los sistemas agroforestales. A través de las experiencias técnicas y sociales desarrolladas durante cuatro años de trabajo participativo con la población de las cuencas, el PROMIC logró definir propuestas conceptuales en agroforestería orientadas a que el árbol y los arbustos fueran introducidos nuevamente en los sistemas de producción campesina.

Aplicación de sistemas agroforestales para el manejo de cuencas

En el marco del manejo integral de cuencas, se proponen los siguientes sistemas agroforestales por sus efectos positivos en el manejo del espacio, en la conservación de los suelos o en la rehabilitación y estabilización de áreas degradadas:

Barreras vivas con formación lenta de terrazas para uso agrícola. Consiste en el establecimiento o manejo de especies leñosas, formando hileras o bandas continuas de vegetación que siguen las curvas de nivel de las laderas. Las barreras vivas interceptan la escorrentía producida por la lluvia y la tierra arrastrada por ella. La tierra se acumula sobre la barrera y como resultado de este proceso, con el tiempo se forman pequeñas terrazas en el relieve de la ladera.

Estabilización de cárcavas y taludes. La concentración de la escorrentía en zonas con pendiente elevada e inadecuado manejo de suelos puede provocar cárcavas. En estas condiciones, se establecen bosquetes de uso múltiple sobre la misma cárcava para frenar los procesos de erosión. Para proteger los taludes de los cauces susceptibles a deslizamiento, se establece una densa cubierta vegetal de especies arbustivas y herbáceas.

Bosquetes en la cabecera de cárcavas y ríos. En las zonas altas de las colinas o en las cabeceras de cuenca, se establecen o mantienen bosquetes densos de diversas especies, que conforman varios estratos (árboles, arbustos y vegetación anual). Estos bosquetes actúan como reguladores del escurrimiento y el flujo del agua de lluvia desde la cabecera hacia las partes bajas, evitando la formación de cárcavas.

Estabilización de riberas y acequias. Los ríos y quebradas erosionan las áreas ribereñas, lo que produce pérdidas de terreno que afectan la estabilidad de los taludes. Las áreas ribereñas se estabilizan por medio de plantación y manejo de vegetación leñosa. Con el tiempo, los canales de riego y las acequias de desagüe de los campos de cultivo se desestabilizan y destruyen por el arrastre del agua. Para evitar estos problemas, se establece y maneja vegetación arbórea, arbustiva, herbácea y pastos en las orillas y zonas adyacentes.

Cultivos mixtos de especies arbóreas y agrícolas. Algunas especies forestales tienen la propiedad de incorporar nitrógeno al suelo, a través de microorganismos generados especialmente a nivel radicular que fijan este elemento. Esas especies forestales se usan en combinación con prácticas de conservación de suelos para fomentar su fertilidad, lo que incentiva la concentración de la agricultura en zonas aptas y reduce la ampliación de la frontera agrícola.

Follaje de especies forestales para materia orgánica. El follaje y las ramas tiernas de los árboles son utilizados como abono. Se incorporan al suelo unos meses antes de la siembra, para aumentar la materia orgánica e incrementar la productividad. Esta técnica mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la capacidad de infiltración y disminuye el riesgo de erosión.

Cercos vivos y cercos espinosos. Los cercos vivos son las prácticas agroforestales más difundidas porque contribuyen a generar un microclima más benigno, que mejora las condiciones para la producción agrícola. Cuando se establecen apropiadamente, forman redes eficientes para la retención de suelos y los protegen de la erosión. Muchas de las especies presentes en los cercos vivos que circundan las propiedades de los campesinos se caracterizan por un rebrote rápido y fácil. Se tala para obtener una primera cosecha de madera, el tocón produce rebrotes que crecen y maduran rápidamente, produciendo varillas que pueden utilizarse como material para la construcción, en la fabricación de herramientas y otros. Diversas especies arbustivas, cactáceas o de zarzas leñosas provistas de espinas pueden establecerse y manejarse formando cercos vivos cerrados. Además de protección, los cercos vivos de espinos ofrecen los beneficios de cobijo termorregulador y evitan el ingreso de animales a las parcelas.

Cortinas rompevientos y cortinas contra heladas. Las cortinas rompevientos son cercos de vegetación arbórea y arbustiva dispuestos en sentido transversal a los vientos dominantes, con el fin de proteger los cultivos. Estas cortinas interceptan los vientos fuertes, disminuyen su velocidad y atenúan sus efectos perjudiciales, incluyendo la erosión eólica. También conforman redes de retención de suelos y de protección contra la erosión. Las cortinas contra heladas son cercos muy densos y tupidos de altura mediana, formados principalmente por árboles, a veces acompañados de arbustos. Se establecen alrededor de los cultivos para neutralizar los efectos de las heladas, que suelen ocurrir en horas de la madrugada. En zonas de frío extremo, es preciso proteger el cerco recién establecido con un muro de piedras hasta que las plantas se hagan más grandes y resistentes. Dependiendo de las especies establecidas, se pueden obtener diversos productos, como leña, frutos y miel.

En el Cuadro 2 se indica el potencial de uso en diferentes sistemas agroforestales de varias especies arbóreas y arbustivas, con base en la experiencia del PROMIC y los datos publicados por Reynel y León (1990).

Criterios para la selección de especies

En el Cuadro 3 se presenta un resumen de la calificación

de diferentes especies según las funciones que pueden cumplir en un sistema de producción campesina. Los símbolos utilizados en la calificación fueron los siguientes:

-- = muy negativo ++ = muy positivo
+ = positivo 0 = neutro
- = negativo

Cuadro 3 Calificación de las especies de acuerdo con su desempeño según criterios agroecológicos y de producción

NOMBRE CIENTIFICO	ASPECTOS AGROECOLOGICOS			PRODUCCION			
	Integración al ecosistema	Protección contra erosión	Mejoramiento de suelos	Agricultura	Leña	Forraje	Madera
1 <i>Acacia saligna</i>	+	+	++	+	++	0	0
2 <i>Agave americana</i>	+	++	0	+	0	0	0
3 <i>Alnus acuminata</i>	++	+	++	++	+	0	+
4 <i>Baccharis latifolia</i>	++	++	+	+	+	0	0
5 <i>Buddleja coriacea</i>	+	++	+	++	+	0	0
6 <i>Buddleja</i> sp.	+	+	+	+	0	0	0
7 <i>Caesalpinia tinctoria</i>	+	0	0	+	+	0	+
8 <i>Cantua buxifolia</i>	+	0	0	+	0	0	0
9 <i>Casuarina</i> sp.	0	0	+	0	+	0	++
10 <i>Cassia hookeriana</i>	++	++	++	+	0	+	0
11 <i>Cassia tomentosa</i>	++	++	++	+	0	+	0
12 <i>Cupressus macrocarpa</i>	0	0	0	+	+	0	++
13 <i>Dodonaea viscosa</i>	++	++	+	+	+	0	0
14 <i>Dunalia spinosa-orrida</i>	+	+	+	+	0	+	0
15 <i>Escallonia angustifolia</i>	++	+	+	++	+	0	++
16 <i>Escallonia resinosa</i>	++	+	+	++	+	0	++
17 <i>Erythrina</i> sp.	+	0	0	+	+	+	+
18 <i>Eucalyptus globulus</i>	--	--	--	--	++	-	++
19 <i>Fraxinus americana</i>	0	0	0	+	++	0	++
20 <i>Jacaranda mimosifolia</i>	+	+	+	+	+	0	+
21 <i>Kegeneckia lanceolata</i>	+	0	0	0	+	0	+
22 <i>Leucaena leucocephala</i>	++	+	++	++	+	++	0
23 <i>Myrcianthes</i> sp.	+	+	+	+	+	0	+
24 <i>Opuntia ficus-indica</i>	+	0	0	+	0	+	0
25 <i>Pastiflora mollissima</i>	+	0	+	+	0	0	0
26 <i>Pinus radiata</i>	-	--	--	0	+	-	+
27 <i>Podocarpus parlatorei</i>	++	++	+	0	+	0	++
28 <i>Polylepis bessi</i>	++	++	++	++	++	0	+
29 <i>Populus</i> sp.	+	0	0	+	+	0	++
30 <i>Prunus serotina</i>	+	0	0	+	0	0	+
31 <i>Salix humboldtiana</i>	++	+	+	0	+	+	+
32 <i>Sambucus peruviana</i>	++	+	0	+	0	0	0
33 <i>Schinus molle</i>	++	++	++	++	+	0	+
34 <i>Solanum nitidum</i>	+	+	+	++	0	0	0
35 <i>Spartium junceum</i>	++	++	++	++	+	+	0
36 <i>Tipuana tipu</i>	++	++	++	++	+	++	0

La calificación presentada en el cuadro anterior se fundamenta en diferentes propiedades de las especies y en su potencial de uso, de acuerdo con los criterios que se describen a continuación.

Integración al ecosistema natural

Las observaciones de campo muestran que las especies nativas se adaptan con facilidad a los agroecosistemas

existentes, pero hay especies exóticas que presentan las mismas propiedades, como *Spartium junceum*

Protección contra la erosión

Aquí califican bien las plantas que presentan un sistema radicular amplio y las que pueden aumentar significativamente la cobertura vegetal y la hojarasca, como *Baccharis dracunculiflora*

Mejoramiento de suelos

Se adjudicó un puntaje alto a las leguminosas por su capacidad fijadora de nitrógeno y a las especies con gran cantidad de follaje para la producción de materia orgánica. En este aspecto, *Eucaliptus* spp. y *Pinus* spp. recibieron puntajes negativos por su influencia no deseable sobre los suelos.

Agricultura

La calificación se basa en las posibilidades de integración de la especie a los sistemas de producción agrícola

Producción

- a) leña: las especies con elevado valor calorífico recibieron un puntaje alto
- b) forraje: las especies que producen forraje para el ganado y son resistentes al ramoneo obtuvieron una buena calificación.
- c) madera: el criterio principal para la puntuación fue el rápido crecimiento. Algunas especies exóticas ofrecen ventajas considerables en este aspecto.

CONCLUSIONES

En las zonas andinas semiáridas, la implementación de sistemas agroforestales es un componente importante en el manejo integral de cuencas para la rehabilitación y conservación de los recursos suelo y vegetación. Los sistemas agroforestales, establecidos conjuntamente con obras de conservación de suelos son una buena alternativa a la reforestación masiva, que a menudo no se adecua a las condiciones sociales y ecológicas de las zonas altas andinas. Aparte de los beneficios productivos que la agroforestería ofrece al pequeño agricultor, los sistemas agroforestales adecuadamente establecidos cumplen importantes funciones dentro del manejo integral de cuencas:

- contribuyen al ordenamiento del espacio y a la planificación de las fincas, apoyando la concentración del uso agrícola en zonas aptas para la agricultura;

- coadyuvan a la conservación de suelos, sobre todo cuando se combinan con obras mecánicas de conservación;
- mejoran la estructura de los suelos, incrementando la capacidad de infiltración y disminuyendo su erodabilidad;
- sirven como técnica para el manejo de aguas en las cabeceras de cárcavas y en las áreas adyacentes de taludes.

BIBLIOGRAFÍA

-
- AUGSBURGER, F 1984 Erfahrungen mit dem Transfer ökologischer Landbautechniken an Kleinbauern Bolivianischer Hochtäler *In* Ökologischer Landbau in den Tropen Verlag C.F Müller, Karlsruhe, Alemania p 183-190
- COMBE, J 1982 Agroforestry techniques in tropical countries - potential and limitations. *Agroforestry Systems* 1:13-27.
- ELLENBERG, H. 1981 Desarrollar sin destruir - respuestas de un ecólogo a 15 preguntas de agrónomos planificadores bolivianos La Paz, Bolivia Instituto de Ecología, Univ Mayor de San Andrés s p
- IBISCH, P. 1993 Konzeption, Planung und Ablauforganisation für die Implementierung agroforstlicher Massnahmen. Cochabamba, Bolivia PROSANA, GTZ 225 p
- REYNEL, C; LEON, G 1990. Arboles y arbustos andinos para agroforestería y conservación de suelos N° 2, Especies. Lima, Perú FAO/DGFF, 322 p
- SCHULTE, A 1992 Reforestación y agroforestería en los Andes - especies nativas *versus* especies exóticas *Revista de Agricultura* 18:18-25.
- TREES FOR PEOPLE 1993 Taller de Agri-Cultura Informe de consultoría al PROMIC, Cochabamba, Bolivia 62 p
- VON MAYDELL, H J. 1982 Möglichkeiten zur Erhöhung der humanökologischen Tragfähigkeit durch agroforstliche Massnahmen in semiariden Gebieten tropischer und subtropischer Gebiete *Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung* 8 (Reihe 1):121-130.

Experiencias en Manejo de Cuencas para generación hidroeléctrica en Panamá

José F. Victoria¹

El manejo de una cuenca hidrográfica para generación hidroeléctrica tiene sus diferencias con respecto al sistema convencional. En América Central, las cuencas que se utilizan para estos fines cuentan con reservorios o embalses. Sin embargo, por su diseño, son muy sensibles a los sedimentos y sin un manejo adecuado, su vida útil puede disminuir drásticamente. Otro factor que afecta el manejo de este tipo de cuencas son las múltiples instituciones que trabajan en ellas, porque tienen diversos enfoques sobre el manejo, su trabajo a veces es errático y la alta rotación del personal dificulta la continuidad de las actividades planificadas.

Esta noticia describe algunas experiencias en investigación y desarrollo de cuencas generadas por el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE) de Panamá, con el objetivo de convertirlas en un insumo que facilite y/o mejore el manejo de cuencas en la región.

El IRHE ha estado manejando cuencas hidrográficas desde 1979. Actualmente maneja las cuencas para generación hidroeléctrica de Bayano (cuenca del río Bayano), La Yeguada (cuenca del río San Juan), Fortuna (cuenca Alta del río Chiriquí), Dolega (cuenca del río Cochea), Macho de Monte (cuenca del río Macho de Monte), La Estrella y Los Valles (cuencas de los ríos Caldera y Los Valles) y Estí (cuenca del río Estí).

Las experiencias descritas en este trabajo se orientan hacia el análisis de tres aspectos básicos: 1) calidad del agua, 2) cantidad de agua y 3) pérdidas de suelo. En el artículo se mencionan algunos problemas específicos y cómo han sido manejados por el IRHE,

teniendo siempre en mente el objetivo de garantizar un período de funcionamiento óptimo para la cuenca hidroeléctrica.

• Calidad del agua

La calidad del agua afecta las turbinas de las plantas hidroeléctricas. El agua no debe tener elementos químicos ni orgánicos disueltos o mezclados en cantidades o concentraciones perjudiciales, pues estos deterioran las partes mecánicas de las turbinas. Por ejemplo, en el Proyecto Hidroeléctrico de Bayano, que inició operaciones en 1976, no se eliminó completamente la vegetación de la base del embalse, que cubre 35.000 ha. Como consecuencia de la inundación de bosque en pie, hubo un proceso de eutrofización acelerado y una explosión de malezas acuáticas; la vida útil de las piezas mecánicas disminuyó por la corrosión de las turbinas y se debió implementar un programa de control.

En la Hidroeléctrica Los Valles, en 1992, las turbinas empezaron a recalentarse porque los filtros de enfriamiento estaban obstruidos por masas de algas. El problema se solucionó ese mismo año, con la introducción de carpas comunes (*Cyprinus carpio*) en el reservorio, de acuerdo con las recomendaciones de la Estación Acuícola del MIDA.

El agua también debe estar libre de elementos físicos tales como latas, madera, botellas plásticas, etc. Por ejemplo, en Boquete, con frecuencia deben hacerse trabajos adicionales de limpieza en el reservorio La Estrella para eliminar las basuras flotantes, que son arrojadas al río Caldera por los moradores de la cuenca. Con el apoyo de las autoridades y los programas de educación se han desarrollado algunas campañas de educación ambiental en las comunidades locales y la situación ha mejorado un poco.

• Cantidad de agua

Se deben asegurar volúmenes adecuados de agua, sobre todo en plantas hidroeléctricas con reservorios muy pequeños. En la Hidroeléctrica La Estrella, que comenzó a trabajar en 1979, durante la época de verano el volumen de agua era muy bajo y la capacidad de generación disminuía. Se hizo un manejo de la cuenca con los siguientes objetivos: 1) Aumentar la cobertura boscosa mediante la incorporación de sistemas agroforestales:

barreras vivas, rompevientos y uso de árboles de sombra y en fajas en las plantaciones. Las especies utilizadas fueron: pino (*Pinus* spp.) y Corpachí (*Croton nideus*). 2) Incorporar el manejo de las aguas de escorrentía a través de acequias de laderas.

Para aumentar la cobertura boscosa se estableció un vivero con una capacidad de 200.000 plantas durante los primeros años (1981-1985) y de 50.000 actualmente (1998). La madera producida ha tenido buena aceptación por parte de los agricultores, que la utilizan para el embalaje de hortalizas y en construcciones rurales. Esta medida fue muy exitosa, pues disminuyó la presión extractiva sobre el bosque nativo en la cuenca del río Caldera y aumentó la cobertura boscosa.

Los estudios realizados por Aguilar entre 1991 y 1992 en el Proyecto Hidroeléctrico de Fortuna encontraron que la interceptación horizontal y vertical de las lluvias era un determinante para regular la cantidad de agua de toda la cuenca (Aguilar, 1996). Se demostró que por interceptación vertical se pierde entre el 7 y el 11% de la lluvia que ingresa al dosel y que los aportes netos por efectos de la interceptación horizontal pueden ser de hasta 32 mm/año, cantidades muy importantes tanto para las actividades agrícolas como para el nivel de los embalses.

Desde que el Proyecto Hidroeléctrico La Yeguada entró en operación, en 1968, se llevó a cabo un plan de reforestación y protección de la cuenca del río San Juan en colaboración con el antigua INRENARE ahora Autoridad Nacional del Ambiente. Se reforestó el 40% de la cuenca, con lo que la cantidad de

agua de los embalses es satisfactoria, lo que incide favorablemente en el estado actual de los mismos.

Otro caso importante es el Proyecto Hidroeléctrico Los Valles, que empezó a operar en 1979. Los estudios preliminares para la construcción de esta represa no contemplaron los aspectos de manejo de cuencas. La ausencia de manejo y la colonización de la cuenca del río Los Valles produjeron un desbalance hidrológico, cuyos mayores efectos se observaron en 1986. Ese año un aumento progresivo de los picos de escorrentía fue socavando y ampliando el cauce, hasta que encontró una zona geológicamente débil, con poca cohesión y provocó un deslizamiento de grandes magnitudes (medio millón de m³). El deslizamiento represó el río y provocó un alud de rocas enormes, que rodaron por efecto del empuje de la cabeza de agua al ceder la represa, amenazando la seguridad misma de la planta. En este momento, después de dos años de trabajo en la estabilización del deslizamiento, el área se encuentra bastante estable. Los trabajos consistieron básicamente en instalar drenajes de corona, la construcción de pantallas retenedoras de sedimentos y el establecimiento de pastos de crecimiento estolonífero.

• Pérdida de suelo

Las pérdidas de suelo son uno de los aspectos más preocupantes en el manejo de cuencas hidroeléctricas; cuanto menores sean las pérdidas, mayor será la vida útil de la cuenca. En Panamá, en la mayoría de las cuencas hay actividad agrícola con diferentes formas de uso del suelo, que ocasionan diferentes grados de erosión (Cuadro 1).

Cuadro 1. Erosión del suelo en parcelas de escorrentía bajo diferentes actividades, usos y relieve en Boquete, Panamá.

Actividades, cultivos y usos del suelo	1980		1992	
	Erosión t/ha	Profundidad del suelo erosionado (m)	Erosión t/ha	Profundidad del suelo erosionado (m)
en contorno	80	1.2	55	0.8
a favor de la pendiente	122	1.8	80	1.2
pasto	0.01	0.001	55	0.5
café	0.3	0.06	77	1.1
suelo desnudo	233	3.4	183	2.7

Fuente: Misión Francesa; Aguilar, N 1996

Con base en estudios hechos en 1980 se realizaron otras investigaciones tendientes a evaluar diferentes cultivos y usos de la tierra. El segundo grupo de investigaciones, realizadas por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de

Panamá, probó la efectividad de las medidas en el control de la erosión, que bajó de 42 t/ha/año a 11 t/ha/año; estos son niveles muy buenos cuando se siembran cultivos hortícolas (Cuadro 2)

Cuadro 2 Erosión (t/ha/año) para tres cultivos hortícolas en suelo desnudo y con barbecho, en la región de Camiseta-Boquete, 1991-1992

cultivo	suelo desnudo	Siembra a favor de la pendiente		siembra en contorno		100% cobertura de barbecho
		sin acequias	con acequias	sin acequias	con acequias	
tomate	64.1	23.5	2.66	2.70	nd	0.14
cebolla	5.5	0.01	0.00	0.00	nd	0.00
total	70	23.5	2.66	2.70	nd	0.14
papa	33	5.06	3.95	0.92	0.52	0.00
cebolla	51	37.0	32.0	10.0	12.6	0.00
total	84	42.0	35.9	10.9	13.1	0.00

nd= no disponible

El IRHE busca conciliar los aspectos de generación hidroeléctrica (que implican suplir la demanda que requiere el desarrollo del país) con la producción agrícola y la conservación, para que las cuencas hidrográficas sigan siendo productivas y sean un legado para las generaciones futuras. Por estas razones ha adoptado el siguiente concepto de manejo de cuencas: "Un sistema de evaluación que determina la eficiencia de los programas de manejo de las cuencas, permitiendo hacer inferencias sobre el comportamiento actual y/o futuro de técnicas de manejo; tanto en aspectos de generación hidroeléctrica, como en sus componentes mecánicos" (Victoria, 1990).

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, N 1996 Estudio de intercepción de la lluvia en un bosque nublado en Hornitos, Chiriquí Reserva Forestal Fortuna s n t

OSTER, R 1982 Erosión en las tierras altas de Chiriquí s n t



Las acequias de ladera son una de las herramientas utilizadas para el control de la erosión en cuencas para la producción hidroeléctrica en Panamá (Foto I. Victoria)

Reseña de Libros



DOCUMENTOS DEL CURSO DESARROLLO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

ATTI del Corso Sviluppo e Gestione dei Bacini Idrografici.

Compiladores: Fattorelli, S; Civardi, E; Nardin, D., con la

contribución de la Dirección General de la Cooperación para el Desarrollo del Ministerio de Asuntos Exteriores de Italia. Instituto Italo-Latino-Americano (IILA), Associazione Italiana di Idronomia (AIDI). Provincia Autonoma di Trento, Italia. 554 p.

A partir de la década de los setenta, el Instituto Italo-Latino-Americano (IILA) ha desarrollado múltiples actividades de docencia, investigación y difusión relacionadas con la problemática del manejo sostenible de los recursos naturales en América Latina. Esta colaboración, que incluye protección ambiental, planificación y gestión de los recursos hídricos, equilibrio de ecosistemas, riesgos hidrogeológicos, optimización del uso de los recursos hídricos en agricultura, control de torrentes, etc., generó una experiencia muy valiosa sobre manejo sostenible de los recursos naturales en cuencas hidrográficas, la que ha sido utilizado como base en la capacitación de expertos latinoamericanos que trabajan en esta área. El *Curso sobre desarrollo y gestión de cuencas hidrográficas* intenta transmitir esta útil experiencia de varias décadas, tanto en Italia como en América Latina.

En la publicación reseñada se insiste en la necesidad de integrar el concepto tradicional de manejo de cuencas en una visión más generalista, que considere globalmente el manejo de los recursos naturales (suelo, flora, fauna y agua) utilizados para llenar las necesidades sociales, económicas y culturales del hombre, sin que se produzca el -supuestamente inevitable- deterioro de esos recursos. Se insiste en la necesidad de una participación protagónica de los habitantes de la cuenca en la solución de sus problemas. Por otra parte, se enfatiza el concepto básico de que debe existir un balance entre desarrollo, sostenibilidad y equidad.

El libro se divide en tres partes. La primera se refiere a aspectos estructurales, la segunda a la gestión integrada de cuencas y la tercera a la modelación hidrológica. La experiencia de la provincia alpina de Trento en el control de desastres naturales como inundaciones y derrumbes ha sido muy útil para el curso de gestión de cuencas hidrográficas y el diseño de estrategias de manejo de cuencas aplicables en América Latina.

En la primera parte se enfatiza la necesidad de interacción entre la ingeniería hidráulica y el ambiente. Se da especial atención al uso de medidas estructurales en colinas y áreas montañosas para el control de torrentes y erosión. Se tiene en cuenta tanto la ingeniería estructural, incluyendo presas de control y diseño de caminos forestales en pendientes fuertes, como la bioingeniería, que al introducir la vegetación en las obras, no sólo contribuye a su sostenibilidad, sino también a su belleza paisajística.

La gestión integrada de cuencas se refiere a las intervenciones coordinadas sobre los recursos naturales de las cuencas y orientadas al desarrollo socioeconómico, que consideran su efecto en la dinámica de la cuenca y en sus pobladores y el manejo de los recursos con fines de sostenibilidad ambiental. Esta gestión comprende básicamente tres etapas: planeamiento, ejecución y operación. En el texto se analizan varios casos importantes desarrollados en América del Sur e Italia.

La parte final se refiere a la modelación hidrológica de cuencas. Se destaca la gran difusión que ha tenido el uso de modelos en los últimos años y la importancia de utilizar SIG para el manejo y presentación de grandes volúmenes de datos.

En conclusión, el libro contiene una amplia gama de artículos - algunos escritos en español, otros en italiano - de mucho interés para el especialista en manejo de cuencas tropicales.

Dr. Hernán Solís

Profesor Escuela Ingeniería Agrícola
Universidad de Costa Rica.

E-mail: vsolis@sol.racsa.co.cr



**Desarrollo Sostenible:
Metodología para el
Diagnóstico Micro-
regional.** Orlando Plaza
y Sergio Sepúlveda.
BMZ/GTZ – IICA.
Coronado, Costa Rica.
1996, 142 p.

Se trata de una publicación de mucha actualidad por su enfoque sobre el proceso de democratización, su incidencia en América Latina y su contribución a la planificación y el manejo de los recursos a nivel regional. Tiene un objetivo ambicioso: proponer una metodología para generar un proceso de desarrollo sostenible, que a la vez contribuya a aliviar el problema del mal uso de los recursos, mejorar la distribución de la riqueza y proveer un acceso más equitativo a los recursos en la sociedad.

El libro se divide en tres secciones: Elementos Conceptuales, Elementos Metodológicos para el Diagnóstico y un Anexo de Metodologías de Apoyo para la capacitación del equipo de trabajo interdisciplinario. En la primera sección se afirma que el desarrollo sostenible requiere de un enfoque integrado e interdisciplinario para evitar que los avances del desarrollo choquen con los valores fundamentales. Señala que muchos problemas del desarrollo son el resultado de desequilibrios espaciales que concentran oportunidades y recursos en ciertos lugares, como las ciudades grandes y enfatiza la necesidad de una planificación que tome en cuenta los desequilibrios potenciales.

En el capítulo sobre Elementos Metodológicos para el Diagnóstico se establecen consideraciones bastante detalladas acerca de cómo elaborar un plan micro-regional en forma participativa y se hace énfasis en la confección y análisis de mapas regionales. Señala que la interacción con los pobladores locales es un aspecto fundamental de la metodología, pues permite obtener datos actualizados e involucra en el análisis a los actores en forma integral, de modo que los resultados realmente reflejan las preocupaciones de la colectividad. El proceso comienza con la capacitación del equipo de trabajo, la identificación de los límites de la micro-región

y los contactos con personas claves de la localidad. Luego viene el proceso de caracterización de la micro-región y las sugerencias respecto a la confección de mapas para los diferentes análisis: Recursos Naturales, Cobertura Vegetal, Patrón de distribución, Producción y Mercados, Productos, Flujos comerciales, Mapa vial, Servicios para la producción y otros. Sugiere combinar estos datos con otros en un análisis dinámico que incluya tendencias históricas y futuras de producción, tenencia de la tierra y desarrollo social.

El Anexo contiene un glosario y metodologías de preparación de la actividad. Esta sección parece reflejar una cierta presión de tiempo en la producción del libro, ya que algunas partes faltan o están incompletas. Esta presión también podría explicar una serie de omisiones y errores editoriales que presenta la publicación.

Entre los aspectos más destacables del libro están sus objetivos y el que plantea un análisis regional y enfatiza la participación y la planificación micro-regional, con apoyo en el uso intensivo de mapas. Si bien todos estos elementos han existido en el pasado, la intención de combinar el análisis espacial con la facilidad de interpretación y comunicación con los participantes no expertos que ofrecen los mapas es una contribución digna de destacar. La confección y el análisis de mapas es un punto clave en la comunicación entre los miembros del equipo y provee un mecanismo para integrar los conocimientos locales y las contribuciones científicas.

En resumen, este libro es una contribución valiosa a la literatura sobre el tema, que intenta explicar el valor del diagnóstico y la planificación regional por medio de recomendaciones claras y sanas a fin de entablar un diálogo entre expertos y representantes locales para identificar las condiciones vigentes y más destacadas de una región.

Jeffrey R. Jones
Profesor investigador
Información Geográfica, CAIIE
Turrialba, Costa Rica.

Agenda de actividades sobre Manejo de Cuencas

Evento: XI Curso intensivo Internacional de manejo diversificado de bosques naturales tropicales
 Tipo: Curso
 Fecha: 15 febrero al 25 marzo de 1999
 Lugar: CATIE, Turrialba, Costa Rica
 Contacto: Programa de Proyección Externa, Area de Capacitación
 Tel. (506) 556-2703 fax: (506) 556-7730
 Email: jzamora@catie.ac.cr

Evento: II Taller Internacional de Gestión Ambiental en Manejo de Cuencas
 Tipo: Taller
 Fecha: 9-13 noviembre de 1998
 Lugar: CATIE, Turrialba
 Contacto: Dr. Jorge Faustino, Area de Capacitación, Unidad de Manejo de Cuencas
 Tel: (506)5567830; Fax:(506)5561576;
 E-mail: jfaustin@catie.ac.cr

Evento: XV International Symposium on Sustainable Agriculture
 Tipo: Simposio
 Fecha: Noviembre de 1998
 Lugar: Sudáfrica
 Contacto: Ferguson Sinclair, Coordinator IUFRO Group 1.15.00 de Agroforesteria
 Tel: 01248 382459;
 Fax: 01248 382832
 E-mail: f.l.sinclair@bangor.ac.uk

Evento: II Congreso Agroforestal Brasileiro
 Tipo: Congreso
 Fecha: 23-27 noviembre de 1998
 Lugar: Belem, Pará, Brasil
 Contacto: Dr. Milton Kanashiro ó Dra. Tatiana de Abreu Sá.
 E-mail: tatiana@cpatu.embrapa.br
 Tel: 5591 2465268 Fax: 5591 2269845

Publicaciones Agroforestales

Literatura disponible sobre manejo de cuencas en los últimos 8 años en la Biblioteca Orton CATIE, Turrialba. Para mayor información dirigirse a:

Biblioteca Conmemorativa Orton, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Apdo: 7170, Fax: (507) 556-0858. E-mail: bibliot@catie.ac.cr

AGUILAR MORÁN, J C 1993 Evaluación de la adopción de prácticas mecánicas, agronómicas y agroforestales en el manejo y protección de cuencas hidrográficas: estudio de caso en Namasigue y Concepción de María, Choluteca, Honduras Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE 168 p

CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN, LA PROMOCIÓN Y EL DESARROLLO RURAL Y SOCIAL 1992. Diagnóstico físico - natural y socioeconómico del area de amortiguamiento en el río San Juan Managua, Nicaragua. 199 p.

FERRÁN, F.I. 1993 Entre la guerra y la conservación: estudio de caso de los antecedentes a la rehabilitación de la microcuenca del río Las Cañas, El Salvador Turrialba, Costa Rica, CATIE 26 p

FLORES, M; ESTRADA, N.; LÓPEZ, M; GARCÍA RAMIRIOS, C; VARGAS, F; RODRÍGUEZ PIEDRA, A; RUIZ, I 1994 Propuestas campesinas para el desarrollo sostenible: un recuento sobre experiencias piloto en Centroamérica. Panamá, Fundación para el Desarrollo Económico y Social de Centroamérica. 152 p

GOMEZ, S, M del S; UBEDA Z., M A. 1992 Identificación de sistemas agroforestales de las subcuencas de los ríos Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua Tesis Ing Agr Matagalpa, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria 53 p

- IICA 1994. Seminar Sustainable Agricultural Development and the Environment: Focus on Watersheds (1994, Kingston, Jamaica) Proceedings. Reports, Results and Recommendations from Technical Events A2/JM IICA no. 94-002 152 p.
- INSTITUTO NICARAGÜENSE DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE 1992. Plan de rehabilitación ambiental de las cuencas Río Fonseca - Río Luna - Ciudad Boaco. Managua, Nicaragua; Servicio Nacional de Ordenamiento de Cuencas 96 p.
- _____ 1992. Plan de manejo para la rehabilitación ambiental de las cuencas productoras de agua para la ciudad de Matagalpa (San Francisco, Molino Norte y Jigüina) Managua, Nicaragua 86 p.
- KARLIN, U. 1996. Producción agrícola *In* FAO Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina FAO. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas (FAO) no. 7 p. 161-174
- LARIOS, J.F.; FAUSTINO, J.; BARAHONA, R.; ROSALES, J.N. 1994. Los sistemas de producción y su intensificación en relación con la conservación de suelos de la microcuenca del río Las Cañas Turrialba Costa Rica. CATIE 37 p.
- LEIVA PÉREZ, J.M. 1991. Proyecto "prueba de especies forestales y métodos de reforestación en la parte alta de la cuenca del río Achiguate, Guatemala *In* Universidad de San Carlos de Guatemala Informes de investigaciones 1990 Guatemala p 59-96.
- OEA, TEGUCIGALPA (HONDURAS); (EUA) 1991. Executive Secretariat for Economic and Social Affairs Agroforestry and watershed management project Artibonite river: pre-feasibility study, Republic of Haiti. Washington, DC (EUA) 106 p.
- OEA-BID. 1991. Proyecto de manejo de los recursos naturales renovables de la cuenca del Embalse El Cajón: componente silvoagropecuario Tegucigalpa Honduras, 215 p.
- RAMAKRISHNA, B. 1997. Manejo integrado de los recursos naturales: el problema a nivel de cuencas *In* Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. IICA. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible A1/sc no. 97-02. p 1-34
- SHARMA, P.N. 1990. Project on "natural resource conservation and management with community participation in the western up-lands of the Maribios Mountains", Leon, Nicaragua: report of consultancy in soil conservation and agroforestry. Roma, FAO-DIRENA PROJECT GCP/NIC/019/NET. FAO, Roma (Italia) 72 p.
- _____ 1993. Sistemas agroforestales para la rehabilitación de cuencas altas en Honduras tropical y conceptos modernos sobre el manejo de cuencas para los países en desarrollo. Turrialba, Costa Rica, CATIE 30 p.
- ZAPATA, J.B.; FERRÁN, F.I.; FAUSTINO, J. 1993. Propuesta para el manejo sostenible de la cuenca del lago Yojoa CATIE, Turrialba, Costa Rica, CATIE 58 p.