

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.

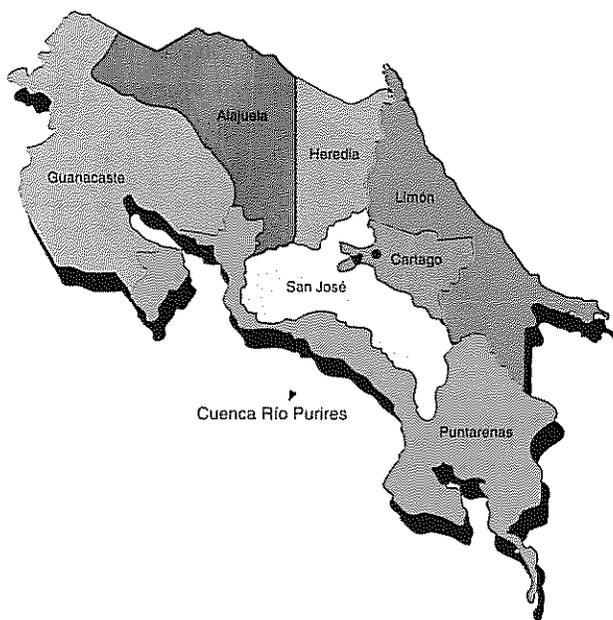


Figura 1. Localización de la cuenca del río Purires.

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%).

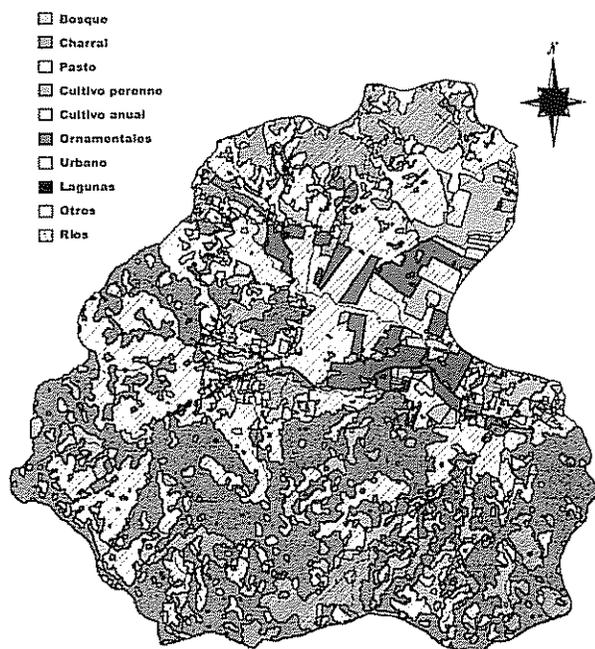


Figura 2: Uso actual de la tierra en la cuenca del río Purires.

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.

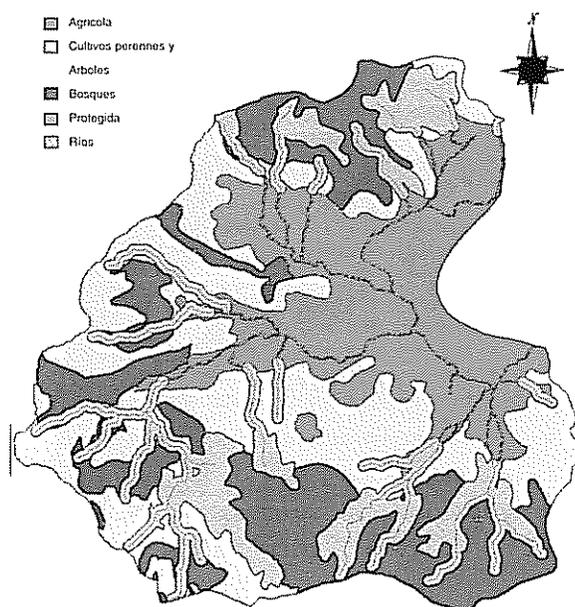


Figura 3: Capacidad de uso de la tierra en la cuenca del río Purires.

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.

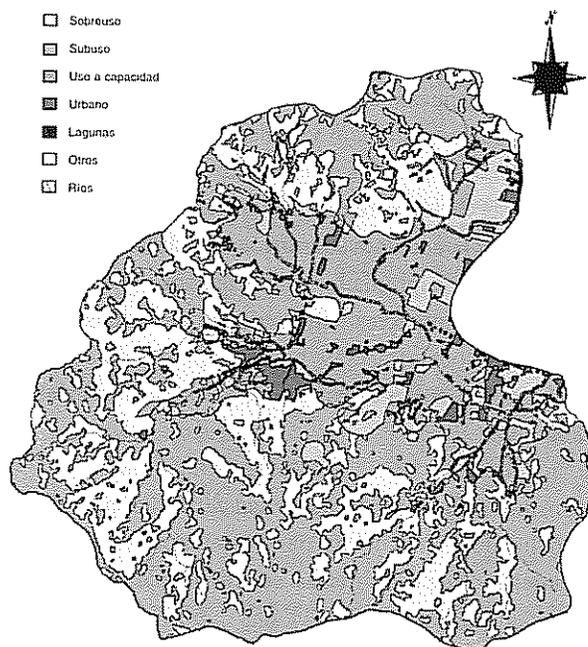


Figura 4: Conflictos en el uso de la tierra en la cuenca del río Purires

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

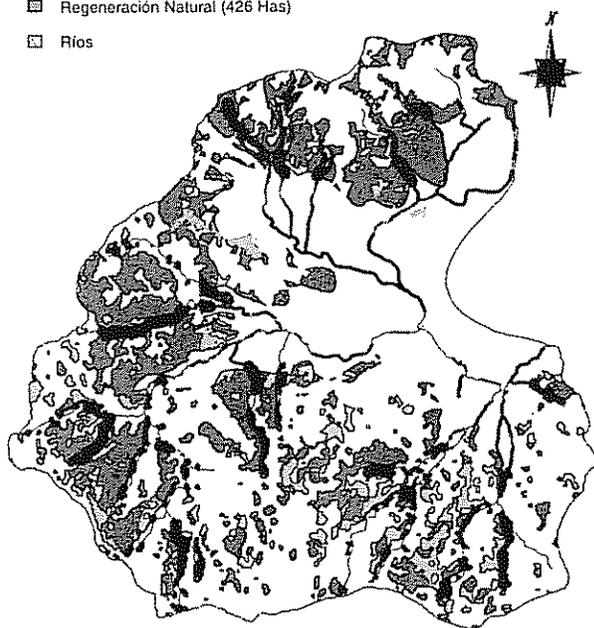


Figura 5: Plan de reforestación de la cuenca del río Purires.

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.

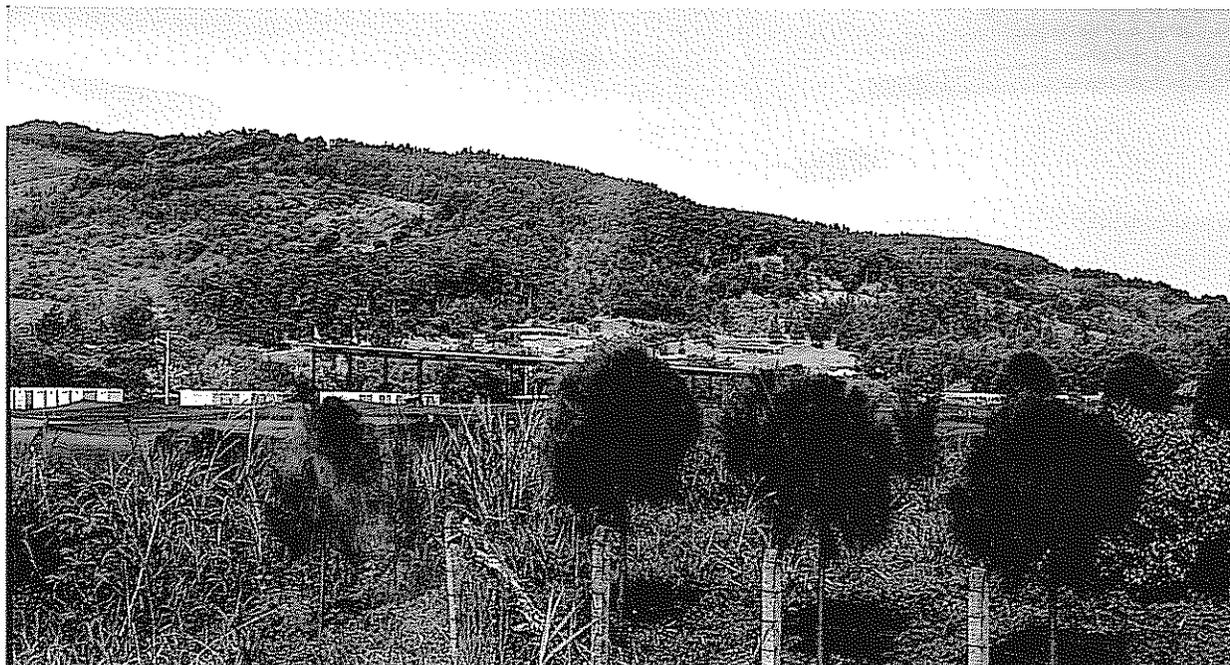
FAO 1994. Integrated natural resource management for sustainable agricultural development: the key role of land and water (mimeografiado) Presentado en: Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (23,1994, San Salvador, El Salvador)

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)