

Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua¹

Sandro Domínguez²; Sergio Velásquez³,
Francisco Jiménez⁴; Jorge Faustino⁵

El 45% del territorio de la subcuenca presenta un uso adecuado del suelo. Sin embargo, los suelos de uso forestal muestran altos grados de degradación por actividades agropecuarias que ocupan el 53% de los suelos forestales. Estas actividades son de importancia socioeconómica para los productores; esto hace poco factible el cambio de uso del suelo. Otros suelos requieren un manejo amigable con el medio ambiente, restauración y/o presentan limitaciones por normas legales. Por lo tanto, en la subcuenca Aguas Calientes no es factible zonificar de manera estricta en función de la capacidad de uso del suelo.

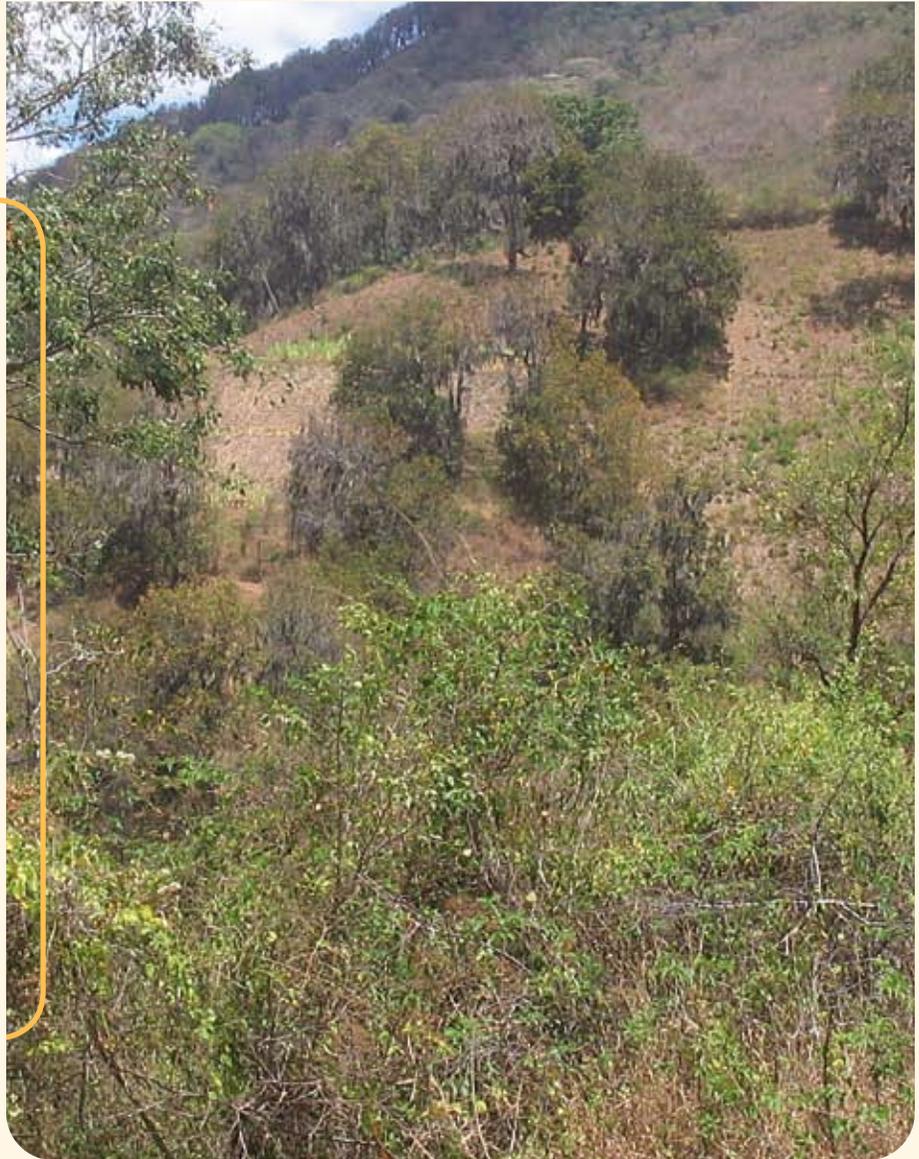


Foto: Sandro Domínguez.

¹ Basado en Domínguez Del Águila (2008).

² sdomingu@catie.ac.cr

³ Grupo Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas, CATIE. svelasqu@catie.ac.cr

⁴ Grupo Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas, CATIE. fjimenez@catie.ac.cr

⁵ Grupo Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas, CATIE. faustino@catie.ac.cr

Resumen

Se elaboró una propuesta de zonificación ambiental como insumo para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, departamento de Madriz, Nicaragua. Se integraron factores biofísicos, socioeconómicos, procesos participativos y criterios técnicos y legales. La metodología constó de tres fases: recopilación de información, análisis del uso actual del suelo y propuesta de zonificación ambiental. Para la recuperación de insumos se hicieron talleres de comunicación, educación y zonificación participativa con los comités comunales de cuenca. Entre los productos obtenidos están la ubicación espacial de la información socioeconómica y biofísica, el análisis de conflictos de uso de la tierra, la distribución de las zonas potenciales de recarga hídrica y zonas vulnerables a deslizamientos, además de la propuesta de 15 subcategorías de manejo de la subcuenca. Se recomienda compartir la propuesta de zonificación con los usuarios locales y ganar el respaldo legal mediante una ordenanza municipal para asegurar su implementación.

Palabras claves: Cuencas hidrográficas; ordenación de cuencas; ordenación territorial; uso de la tierra; capacidad de uso de la tierra; zonificación; gobernanza ambiental.

Summary

Environmental zoning for land use planning in the bi-municipal sub-watershed of Aguas Calientes River, Nicaragua. An environmental zoning proposal was made as part of a land use plan for the Aguas Calientes sub-watershed, department of Madriz, Nicaragua. Biophysical and socioeconomic factors, legal and technical criteria and other participative processes were integrated for this purpose. The methodology consisted of three steps: information gathering, soil current use analysis, and the zoning proposal. For gathering information, participative communication, education and zoning workshops were held with local committees. Among the products obtained were a geographical database on social, economic and biophysical information, a land use conflict analysis, and location of hydrologic recharge and historical landslide zones; also, fifteen management sub-classes were identified. It is advisable to share the zoning proposal with local stakeholders and to gain it legal support through a municipal ordinance in order to assure its implementation.

Keywords: Watershed; watershed management; land management; land use; soil use capacity; zoning; environmental governance.

Introducción

El desarrollo de actividades agropecuarias inadecuadas, sumado a la utilización de tecnologías inapropiadas, ocasiona graves procesos de deterioro ambiental y, en consecuencia, reducción de la productividad y de la calidad de los productos. Por ello, se hace necesario planificar y reagrupar el espacio en zonas que tengan características homogéneas en cuanto a los diferentes factores que inciden en el desarrollo (Quintero y Pérez 2006). La zonificación ambiental es una herramienta valiosa para la planificación y el uso de los recursos naturales, ya que permite identificar unidades de

manejo ambiental según la tasa de extracción, capacidad de uso, acervo cultural de las comunidades y capacidad de auto-recuperación de los ecosistemas (Quintero y Pérez 2006).

Nicaragua presenta una serie de situaciones que dificultan el desarrollo sostenible, originadas en prácticas agrícolas inadecuadas, deforestación sin control y mal uso del recurso hídrico, y agravadas por la ocurrencia de fenómenos naturales y la ausencia de un ordenamiento territorial como parte de los procesos de desarrollo. Un claro ejemplo de esta situación es la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, la cual presenta problemas socio-

ambientales, amenazas de sequías y deslizamientos. Aunque la subcuenca cuenta con un plan de cogestión, este no integra de manera directa la zonificación; solamente la menciona como una necesidad para el manejo de la subcuenca.

El objetivo de este trabajo fue realizar una propuesta de zonificación para los municipios Somoto y San Lucas, que permita canalizar los recursos para el desarrollo de diversas actividades de conservación y producción. La propuesta está basada en información recopilada y en el análisis del uso actual del suelo. Durante el proceso se realizaron talleres de comunicación y educación y talleres

participativos con los comités comunales de cuenca para definir la zonificación; sin embargo, todavía hace falta consensuar y negociar la zonificación, teniendo en cuenta beneficios sociales y económicos.

Metodología

La subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes se localiza en el norte de Nicaragua, en el departamento de Madriz. Comprende las comunidades de Aguas Calientes, Quebrada de Agua, Mansico, Los Copales, Santa Rosa, Rodeo No. 2, Santa Isabel y Uniles, en el municipio de Somoto y El Volcán y El Porcal en el municipio de San Lucas. Tiene un área de 47,3 km²; el 85% corresponde al municipio de Somoto y el 15% a San Lucas (Fig. 1).

El estudio constó de tres fases que se describen a continuación:

Recopilación de información

En esta etapa se recopiló, seleccionó, analizó e interpretó la información socioeconómica y biofísica. Asimismo, se realizaron entrevistas mediante la técnica de la bola de nieve a actores claves en las zonas donde históricamente han ocurrido

deslizamientos. Además, se realizaron talleres participativos de comunicación y educación con los diez comités comunales de cuenca existentes en la subcuenca, agrupados por sectores (parte alta, media y baja). Se analizaron temas como zonas potenciales de recarga hídrica, zonificación y ordenamiento territorial. Estos talleres se basaron en la construcción de escenarios de zonificación con los cambios más deseables y bajo un horizonte temporal de 15 años. El objetivo era crear un ambiente de cooperación sobre el uso adecuado de los recursos naturales. Finalmente, se procedió a ubicar geográficamente la información con ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG).

Análisis del uso actual del suelo e identificación de zonas potenciales de recarga hídrica de la subcuenca

Análisis de conflictos de uso

Para el análisis de los conflictos de uso se combinaron los mapas de uso actual y de capacidad de uso del suelo; el resultado arrojó las siguientes categorías:

- Categoría adecuada: estado de

equilibrio entre el uso actual y la capacidad de uso de los suelos; es decir, que se satisfacen los requerimientos entre la conservación y el desarrollo.

- Categoría subuso: estado en el que el suelo no está siendo aprovechado de manera eficiente según su capacidad productiva. El uso actual corresponde a una alternativa de menor productividad que la capacidad de uso.
- Categoría sobreuso: el suelo está siendo utilizado con alternativas productivas que no son adecuadas, según el potencial de uso, y presentan un alto riesgo de degradación de los suelos y de los recursos naturales.

Vulnerabilidad a los deslizamientos

Las zonas vulnerables a deslizamientos se estimaron mediante la integración de mapas temáticos de cobertura (expresada como uso actual del suelo), de pendiente y de precipitación. La vulnerabilidad se ponderó con la siguiente fórmula:

$$\text{Vulnerabilidad a deslizamiento} = \text{Factor pendiente} * 0.45 + \text{Factor cobertura} * 0.25 + \text{Factor precipitación} * 0.30$$

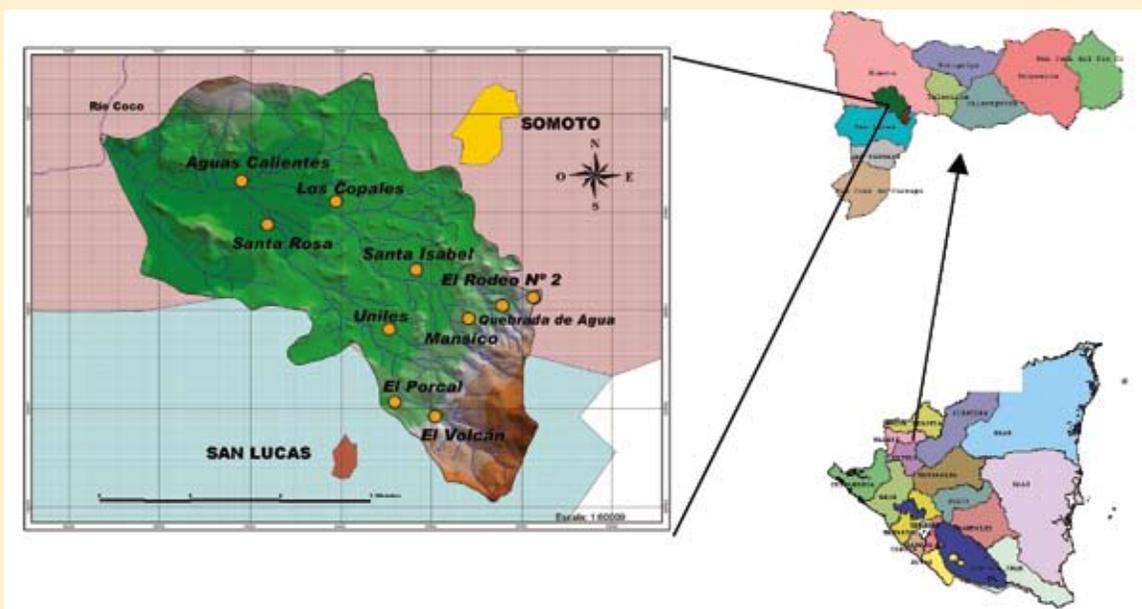


Figura 1. Localización de la subcuenca del río Aguas Calientes

Existen varios métodos teóricos que, mediante otros factores, identifican el potencial de deslizamiento de una zona dependiendo del uso futuro de las tierras; entre esos factores están las características geológicas, geomorfológicas y geotecnias y el nivel freático (Rodgers 1993). Pero, aun con una investigación detallada y monitoreo es extremadamente difícil pronosticar la vulnerabilidad a deslizamientos de las tierras en términos absolutos; sin embargo, el planificador puede utilizar esta estimación para tomar ciertas decisiones y determinar qué tipos de actividades de desarrollo son las más adecuadas (Rodgers 1993).

Los métodos empleados en este estudio fueron los siguientes:

Escala por uso actual del suelo: se reclasificaron los tipos de cobertura del suelo en cinco categorías, según su grado de vulnerabilidad a deslizamientos. 1. vulnerabilidad muy baja: bosques, son las zonas menos intervenidas de la subcuenca y se encuentran principalmente en su parte alta; 2. vulnerabilidad baja: pasturas (ubicadas en la parte alta de la subcuenca); 3. vulnerabilidad media: coberturas vegetales correspondientes a cultivos anuales tradicionales, cultivos tecnificados y perennes ubicados en la parte media y baja de la subcuenca; 4. vulnerabilidad alta: huertos familiares; 5. vulnerabilidad muy alta: roca expuesta y/o suelos desnudos.

Escala por tipo de pendiente: a partir del modelo de elevación digital se obtuvo el mapa de pendientes en porcentaje; se definieron cinco categorías según el riesgo a deslizamientos: valor 1: <3%; valor 2: 3-8%; valor 3: 8-15%; valor 4: 15-30%; valor 5: > 30. Entre mayor el valor asignado, mayor la vulnerabilidad.

Escala por rango de precipitación: el mapa de isoyetas de la subcuenca, obtenido con las estaciones pluviométricas ubicadas dentro del área de estudio, se reclasificó en rangos de precipitación. Los rangos

utilizados del promedio anual de precipitación de la cuenca en estudio fueron: 1. de 334 a 646 mm; 2. de 646 a 957 mm; 3. de 957 a 1268 mm; 4. de 1268 a 1580 mm; 5. >1580 mm.

Análisis de las zonas de protección de las aguas superficiales

Con base en el mapa de la red hídrica principal de la subcuenca y el apoyo del SIG, se definió una zona de protección de las aguas de 200 m a partir de las riberas de los ríos, según se establece en la Ley General de Aguas Nacionales de Nicaragua. Se debe tener presente que dicha ley no discrimina entre categorías de ríos para establecer la dimensión de la zona de protección de las aguas. En la subcuenca Aguas Calientes, la zona de protección representa el 39% del área total. Para analizar el grado de intervención en estas zonas se superpuso el mapa de uso actual con el de zonas de protección; así se encontraron las actividades socioeconómicas que se dan.

Zonas potenciales de recarga hídrica

La identificación de las zonas potenciales de recarga hídrica se realizó

mediante el método RAS. Este es un método teórico para elaborar el mapa de recarga de agua subterránea, y puede servir como una herramienta para apoyar la toma de decisiones en la protección y manejo sostenible del recurso hídrico y para el ordenamiento territorial (Junker 2005). El manejo de los mapas se realizó con el apoyo del SIG, según los pasos se indican en la Fig. 2. Asimismo, se realizó la primera aproximación a las zonas potenciales de recarga hídrica; para ello se usaron indicadores prácticos y conocimientos ancestrales obtenidos a través de procesos participativos. Los indicadores prácticos incluyeron el análisis del paisaje teniendo en cuenta la configuración del terreno, el uso actual y el tipo de suelo.

Propuesta de zonificación ambiental

La zonificación ambiental se entiende como un proceso dinámico que permite la división del territorio en unidades relativamente homogéneas, a partir de aspectos biofísicos, económicos, legales y sociales. Estos estudios buscan proponer escenarios adecuados para la ocupación, uso

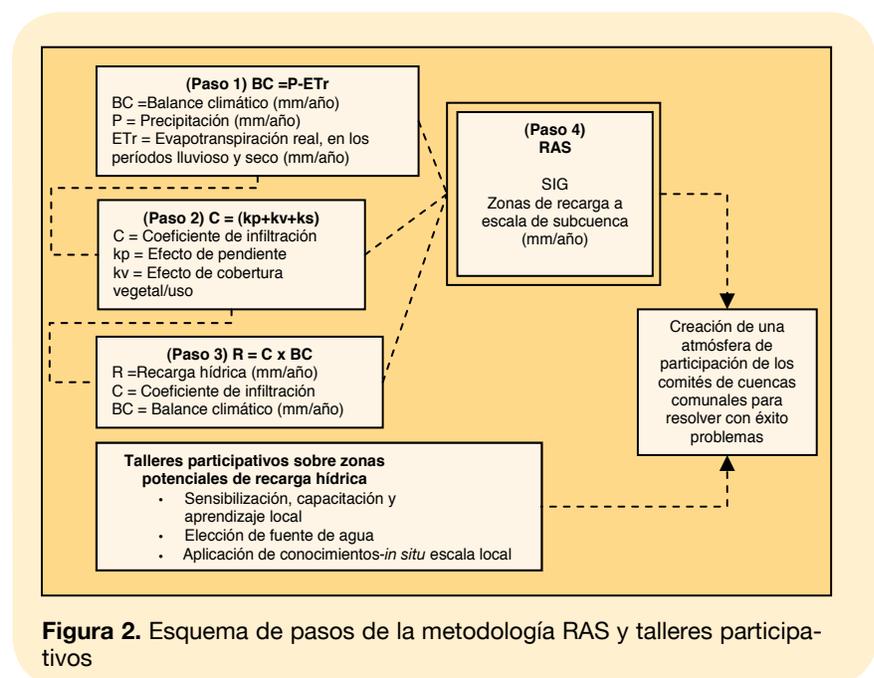


Figura 2. Esquema de pasos de la metodología RAS y talleres participativos

y manejo sostenible de los recursos naturales y del medio ambiente. Por ello se convierten en una alternativa de estudio integral y sistémico del territorio, como base importante para cualquier proceso de ordenamiento territorial (TCA 1997). En ese sentido, la propuesta de zonificación ambiental de la subcuenca en estudio se basó en el análisis del ámbito natural y socioeconómico (Fig. 3), el cual se realizó mediante la integración y análisis de los mapas

de restricción de uso de los suelos por normas legales (zona natural protegida, zonas de protección de las aguas) y zonas de deslizamientos históricos. También se consideraron los mapas de uso actual del suelo, conflicto de uso y accesibilidad, e información obtenida en los talleres de zonificación participativa (Fig. 4).

Es importante anotar que existen otros modelos de zonificación ambiental (clases de capacidad de

uso, zonas agroecológicas, zonificación ecológica-económica, ecología de paisaje, ecosistemas estratégicos, estructura ecológica principal, ecoregiones) que utilizan otras y/o más variables o factores que influyen tanto en la dimensión natural como en la dimensión socioeconómica. IDEAM (2006) menciona que no existe una homologación de definiciones, criterios y principios para categorizar la zonificación ambiental y permita determinar fortalezas y debilidades en la ordenación de cuencas hidrográficas. A continuación se describen los mapas temáticos empleados:

Mapa de capacidad de uso: según MAGFOR (2000), la capacidad de uso del suelo en la subcuenca es 50% para uso forestal, 40% para uso agrícola y 10% para uso pecuario.

Mapa de áreas protegidas: las serranías de Tepexomothl-La Patasta fueron declaradas como un área natural protegida de interés nacional. En esta área existen restricciones al uso de los recursos naturales.

Mapa de zonas protectoras de aguas: según la Ley General de Aguas Nacionales, se prohíbe la tala de árboles de cualquier especie dentro de los 200 m a partir de las riberas de los ríos.

Mapa de deslizamientos: se ubicaron las zonas donde históricamente han ocurrido deslizamientos. Las áreas ubicadas se encuentran en los cerros El Volcán, Malacate y Güiliguisca.

Mapa de uso actual: se obtuvo de la reclasificación del “Mapeo detallado de la cuenca del río Aguas Calientes, Somoto, Nicaragua” (Jones y Velásquez 2006). Se definieron ocho categorías: pasto, bosque, cultivos tradicionales, bosque ribereño, huertos caseros, cultivos perennes, café son sombra, cultivo tecnificado.

Mapa de conflictos de uso: indica el nivel de intervención en los recursos naturales para orientar

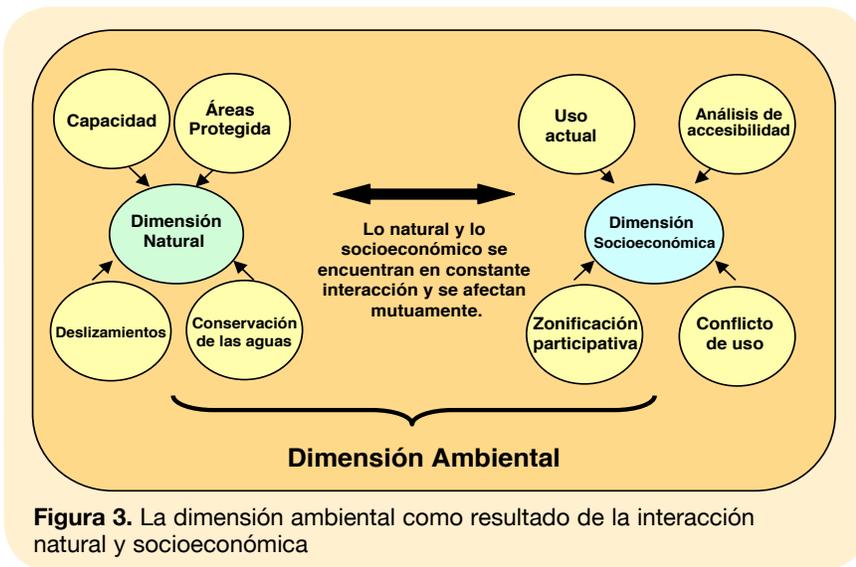


Figura 3. La dimensión ambiental como resultado de la interacción natural y socioeconómica

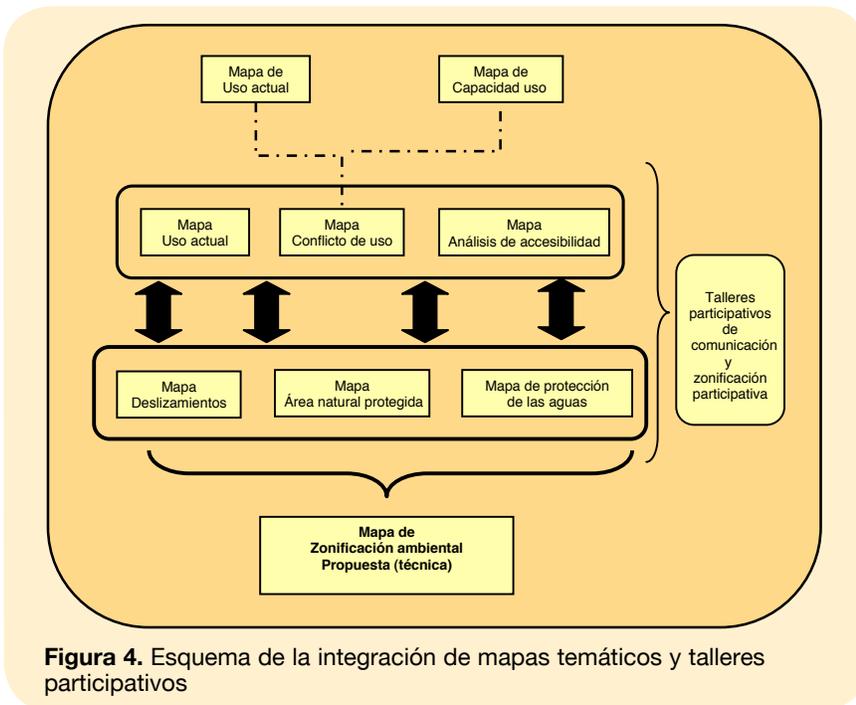


Figura 4. Esquema de la integración de mapas temáticos y talleres participativos

proyectos que ayuden a mantener el equilibrio entre la naturaleza y la sociedad.

Mapa de accesibilidad: representa el tiempo de acceso desde los centros de población a cualquier localidad dentro de la subcuenca. El área presenta los siguientes niveles de accesibilidad: el 56% del territorio tiene buena accesibilidad (0-10 min), el 39% tiene mediana accesibilidad (10-40 min) y el 5% tiene baja accesibilidad (más de 40 min).

Resultados y discusión

Una vez recopilada la información socioeconómica y biofísica se diseñaron mapas temáticos, los cuales fueron utilizados en la descripción de la subcuenca y para la creación de nuevos mapas temáticos para la propuesta de zonificación. Domínguez (2008) ofrece el detalle de estos mapas. El éxito de la recopilación se debió, en buena medida, a la presencia de instituciones en la ciudad de Somoto, las cuales forman parte del comité bimunicipal de cuencas, y de organizaciones sociales locales, tales como los comités comunales de cuenca.

Uso actual del suelo e identificación de zonas potenciales de recarga hídrica

Uso actual, capacidad de uso y conflicto de uso del suelo

En el análisis del uso actual del suelo en la subcuenca Aguas Calientes, el uso más extendido es el pasto (36%), seguido de bosques, bosque ribereño y café con sombra, que en total suman el 34%; las actividades agrícolas representan el 27%. La Fig. 5 ofrece el detalle de los usos en la subcuenca. Por otra parte, las categorías de capacidad de uso del suelo establecidas por MAGFOR (2000), indican que el 50% del área de la subcuenca es de uso forestal, 40% para uso agrícola y 10% del área es de uso pecuario (Fig. 6). Al confrontar la capacidad de uso y el uso actual, se obtuvieron los conflictos de uso del suelo en la subcuenca

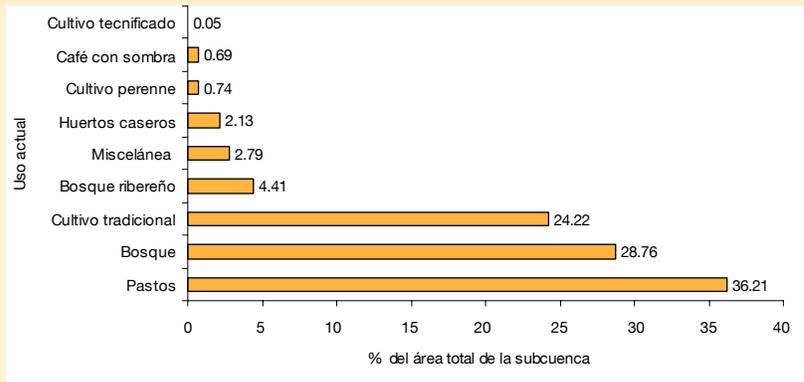


Figura 5. Usos actuales del suelo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua

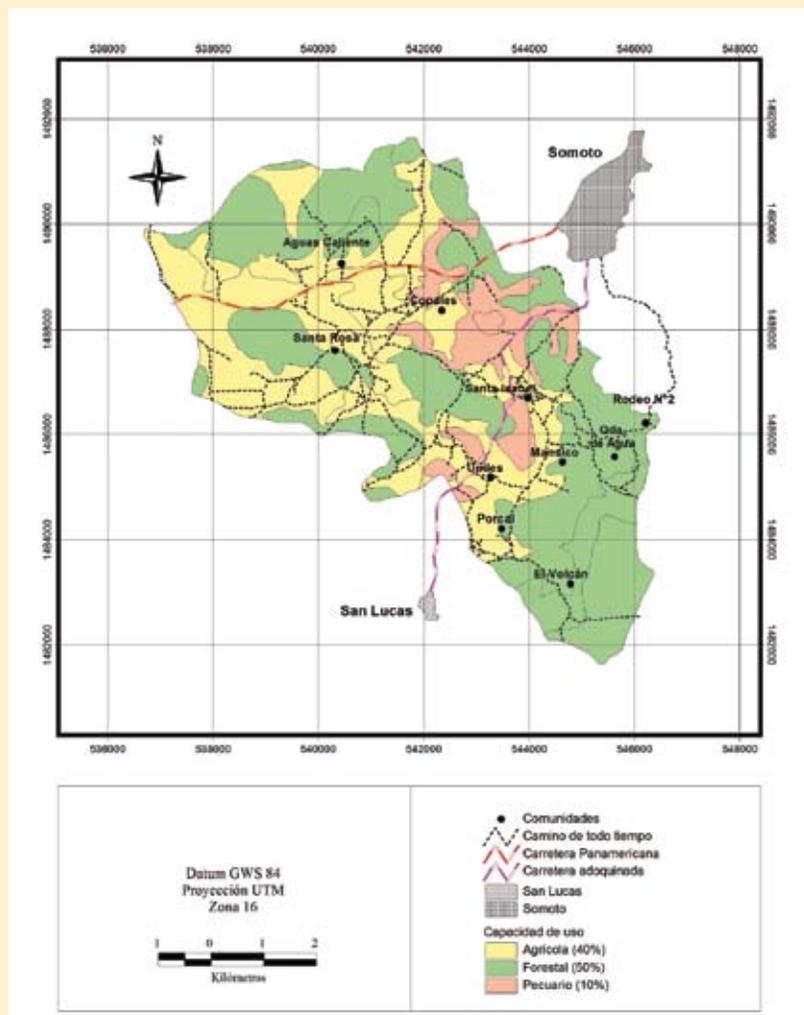


Figura 6. Capacidad de uso en la subcuenca del río Aguas Calientes

(Fig. 7). Es evidente que la categoría ‘uso adecuado del suelo’ presenta la mayor extensión territorial (21,49 km²); la categoría sobreuso del suelo se da en 12,41 km² y en subuso hay 12,49 km².

Usos del suelo en las zonas de protección de aguas superficiales

Las zonas de protección cubren un área aproximada de 18,52 km² y representan el 38,79% de la superficie total de la subcuenca. En promedio, el 65% del área de la subcuenca está de acuerdo con el uso establecido por norma legal (Fig. 8). Estas áreas presentan una alta vulnerabilidad a las actividades agropecuarias y un elevado riesgo de contaminación por agroquímicos usados por los productores de la parte alta de la subcuenca. Las sustancias químicas ingresan a la red hídrica y contaminan las aguas subterráneas, debido a que la red hídrica de la subcuenca está conformada por corrientes intermitentes (Umaña 2000), efímeras que alimentan los almacenamientos de agua subterránea (Aparicio 1997). Igualmente, la fragmentación del paisaje y/o de los corredores fluviales aumenta de forma considerable el porcentaje de agua de lluvia que llega a los cauces, e incrementa la velocidad de la escorrentía y causa inestabilidad de los cauces, disminución de la infiltración de las aguas y de la recarga de los acuíferos, y además, afecta a la fauna ribereña (González 1999).

Análisis de vulnerabilidad a deslizamientos

La subcuenca está dominada por la categoría de vulnerabilidad media (29% del área), seguida de vulnerabilidad baja (27%) y muy baja (20%) (Cuadro 1). La información recopilada en los sitios donde efectivamente se dieron los deslizamientos durante el huracán Mitch se confrontó con el mapa de zonas vulnerables a deslizamientos; de allí resultó la clasificación

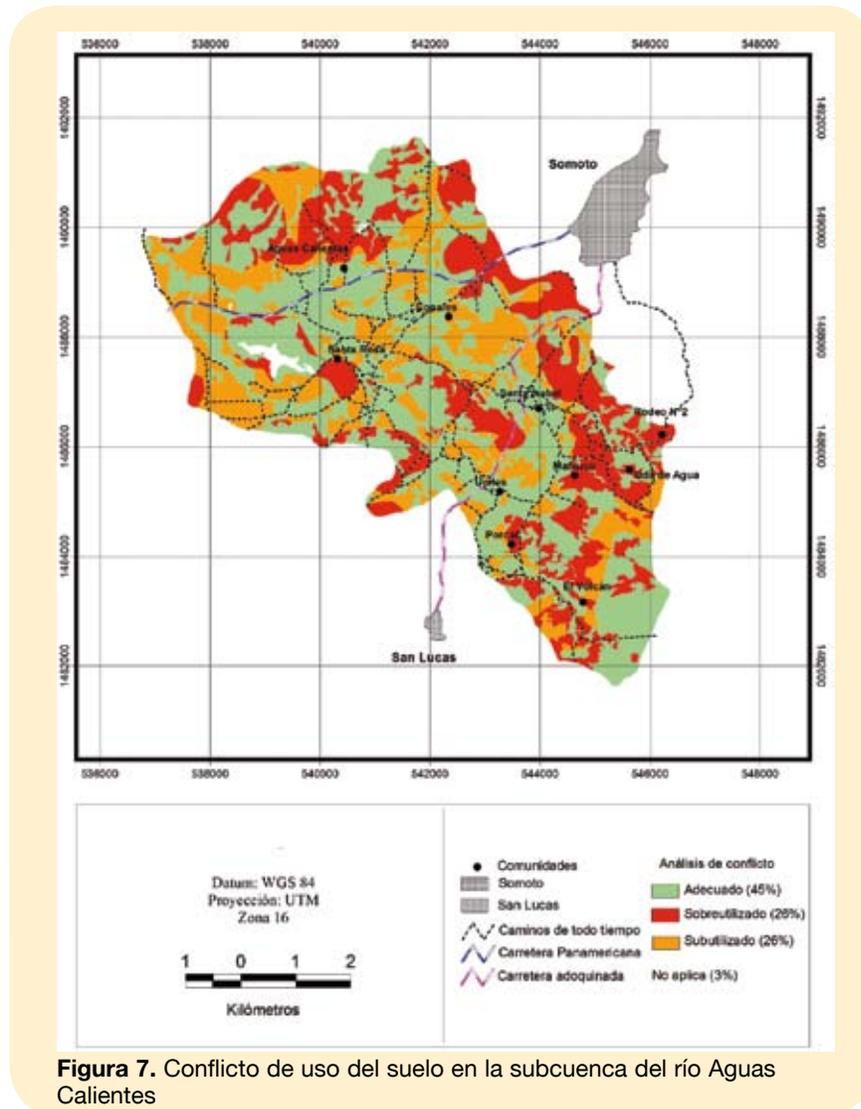


Figura 7. Conflicto de uso del suelo en la subcuenca del río Aguas Calientes

que se muestra en el Cuadro 2. Según MAGFOR (2000), los deslizamientos son una amenaza natural causada por la magnitud de la pendiente y por el agua. Es por eso que los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia en áreas donde la topografía es escarpada. Durante el huracán Mitch, los deslizamientos y otros desprendimientos de suelo se produjeron incluso en zonas con cobertura vegetal densa debido al aumento de la fragilidad del suelo en pendientes mayores por las lluvias intensas. Esto ocasionó pérdidas severas en infraestructura productiva, como bosques y cafetales (PREVAC 2000).

Cuadro 1. Vulnerabilidad a deslizamientos en la subcuenca del río Aguas Calientes

Grado de vulnerabilidad	Área (ha)	Área (%)
Muy bajo	950,09	20,39
Bajo	1245,15	26,72
Medio	1376,25	29,53
Alto	631,91	13,56
Muy alto	456,56	9,80
Total	4659,96	100

Zonas potenciales de recarga hídrica de la subcuenca

La subcuenca presenta zonas con diferentes láminas de recarga hídrica que varían desde 0 a 892 mm/año, desde la parte baja hacia la parte

Cuadro 2. Clasificación de deslizamientos históricos

Ubicación del deslizamiento	Área (ha)	Área (%)	Grado de vulnerabilidad
Cerro El Volcán	60,74	1,27	Alto/muy alto
Cerro El Volcán	28,34	0,59	Muy alto
Cerro Malacate	11,14	0,23	Alto
Cerro Güilguisca	9,30	0,19	Medio

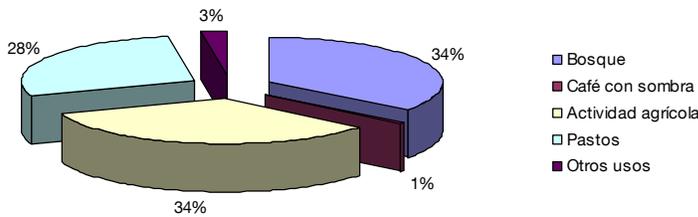


Figura 8. Usos actuales del suelo en las zonas de protección de aguas superficiales en la subcuenca del río Aguas Calientes

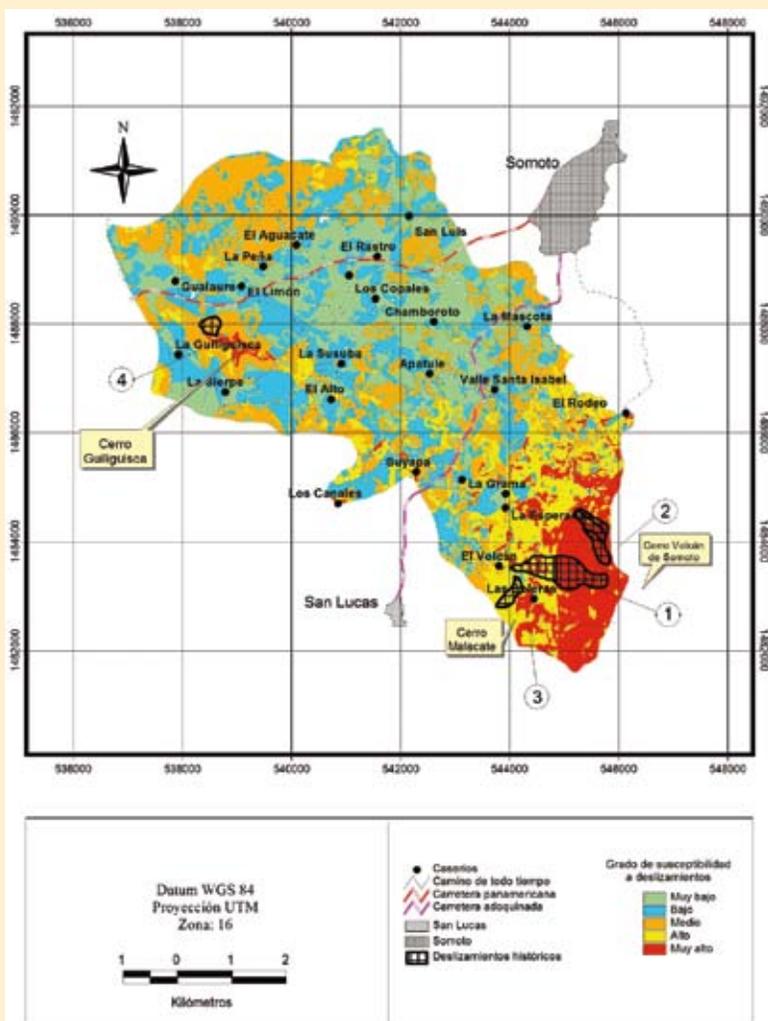


Figura 9. Distribución de zonas potenciales de recarga hídrica en la subcuenca del río Aguas Calientes

alta de la subcuenca (Fig. 9). El valor de cero significa que supuestamente no existe lámina de agua que se infiltre para la recarga; sin embargo, en una escala de tiempo menor (mensual, semanal o diario) y en época de lluvias, se tendrían zonas con recarga que el análisis anual no muestra (Fig. 10). Así por ejemplo, en el análisis temporal anual se obtuvo que aproximadamente en el 52% del área de la subcuenca no se da recarga hídrica, pero el análisis mensual (mayo) determinó que solamente un 23% del área no posee recarga hídrica.

La mayor parte de las zonas potenciales de recarga se ubican en la parte alta de la subcuenca, con una lámina calculada de 300 a 892 mm/año y básicamente dentro de la zona protegida. Un análisis de uso actual de los suelos en la zona protegida determinó que el 66% del área posee cobertura boscosa y que el 34% está dedicado a actividades agropecuarias. La recarga de los acuíferos se podría incrementar o disminuir como resultado de los cambios de uso de suelo. La literatura hidrológica indica que el bosque mantiene y favorece los procesos de infiltración, percolación y flujo subsuperficial en las cuencas hidrográficas, pero no puede modificar la porosidad de la roca madre ni su capacidad para formar acuíferos (Calder 2003). Asimismo, la primera aproximación participativa de identificación de las zonas potenciales de recarga hídrica mostró que la misma se apoya en la experiencia propia de los actores y en los conocimientos ancestrales y locales adquiridos de terceras personas. También se evidenció que dichas zonas están limitadas a una escala local y no todos los participantes conocen el territorio en su totalidad.

Propuesta de zonificación ambiental de la subcuenca del río Aguas Calientes

Como resultado de la integración de la información temática (Fig. 4) y la interiorización del conocimiento por parte de los actores locales, así como

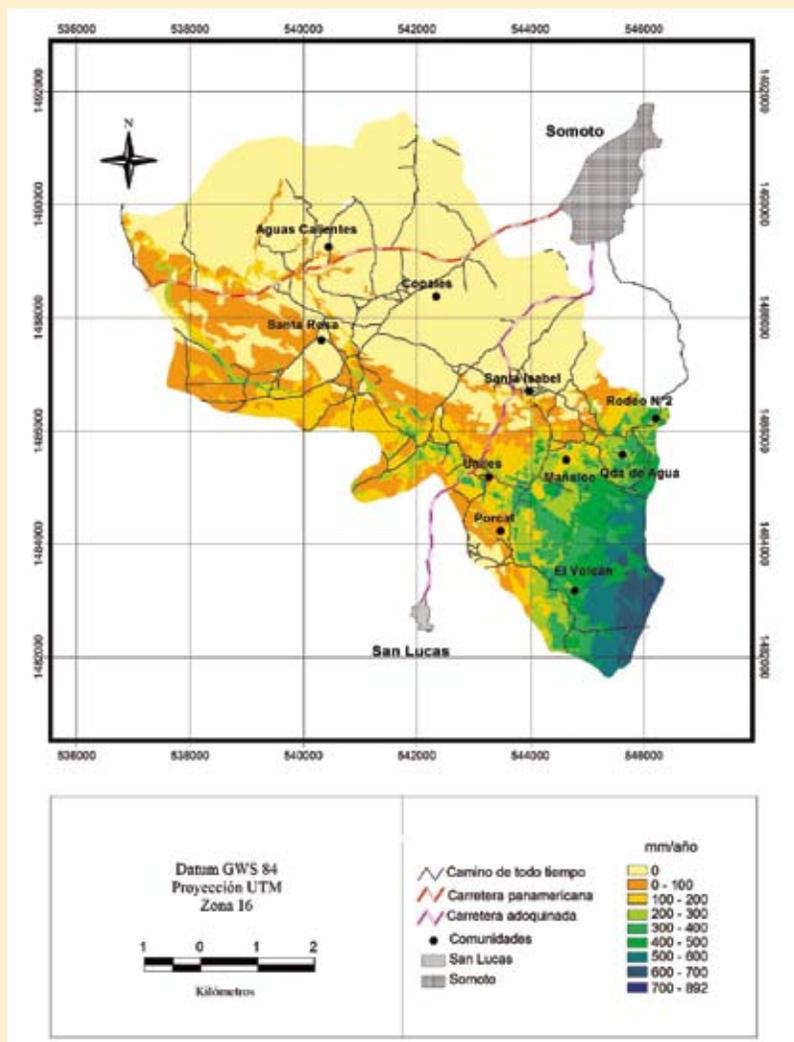


Figura 10. Distribución de zonas potenciales de recarga hídrica en el mes de mayo (2007) en la subcuenca del río Aguas Calientes

los deseos de cambio expresados por los comités comunales de cuenca, se ofrece una propuesta de zonificación ambiental. Tal propuesta está sujeta a sugerencias y observaciones por parte de las instituciones que conforman el comité de cuencas bimunicipal del río Aguas Calientes, así como de otros actores locales y externos. El Cuadro 3 muestra las siete categorías y las 15 subcategorías de la propuesta de zonificación. El mayor porcentaje corresponde a las zonas para desarrollo forestal y agroforestal (53% del área total de la subcuenca), seguido de las zonas potenciales para el desarrollo agrícola y pecuario.

El análisis de los mapas de zonificación participativa indica que los actores locales desean cambios positivos (conservacionistas) pero desde una óptica muy general. No obstante, debe tenerse en cuenta que este ejercicio forma parte del inicio del proceso de participación activa, que propicia un ambiente favorable de cooperación en la solución de problemas ambientales.

Conclusiones

El 45% del territorio de la subcuenca presenta un uso adecuado del suelo. Sin embargo, los suelos de uso forestal muestran altos grados de degra-

dación por actividades agropecuarias (cultivos tradicionales, cultivos perennes, huertos caseros, pastos y café) que ocupan el 53% de los suelos forestales.

El análisis del uso del suelo en zonas de protección de las aguas demuestra que la Ley General de Aguas Nacionales debiera distinguir entre las diferentes categorías de cursos de aguas (primario, secundario, terciario) para aplicar la normativa, debido a que con una sola categoría se cubren zonas extensas, lo cual limita el área de desarrollo en una cuenca.

El uso de indicadores prácticos y de conocimientos ancestrales para la ubicación participativa de las zonas potenciales de recarga hídrica fue útil a nivel local. Dicho ejercicio despertó conciencia de la importancia que tiene el manejo adecuado de los recursos naturales en la recarga hídrica subterránea.

La propuesta de zonificación deberá darse a conocer a todos los actores involucrados, para lograr un consenso; además, se deberá ganar el respaldo legal mediante una ordenanza municipal para asegurar su implementación.

La zonificación participativa, sin ningún tipo de capacitación en cartografía y sin material cartográfico, tuvo un alcance muy general de los cambios deseables en la subcuenca. El grado de conocimiento sobre manejo sostenible y de las normas legales vigentes es escaso.

Buena parte de los suelos de uso forestal están intervenidos por actividades agropecuarias de importancia socioeconómica para los productores; esto hace poco factible el cambio de uso del suelo. Otros suelos requieren un manejo amigable con el medio ambiente, restauración y/o presentan limitaciones por normas legales. Por lo tanto, en la subcuenca Aguas Calientes no es factible zonificar de manera estricta en función de la capacidad de uso del suelo. 🌱

Cuadro 3. Categorías y subcategorías de la propuesta de zonificación ambiental para la subcuenca Aguas Calientes

Propuesta de Zonificación Ambiental	Superficie	
	Ha	%
A. Zonas potenciales para el desarrollo agrícola y pecuario	1235.88	25.89
A1 Desarrollo de cultivo tradicional adaptativo (henequén) y/o frutales con manejo agroforestal	0.44	0.01
A2 Desarrollo de cultivos anuales tradicionales con manejo agroforestal y prácticas de conservación de suelos	76.79	3.70
A3 Desarrollo potencial de cultivos anuales con manejo agrosilvopastoril y/o bosque energético	140.71	2.95
A4 Desarrollo potencial de cultivos anuales y adaptativo (henequén) con manejo agrosilvopastoril y/o bosque energético	3.20	0.07
A5 Desarrollo de pastoreo extensivo con manejo silvopastoril y/o bosque energético	914.74	19.16
B. Zonas adecuadas para el desarrollo agropecuario	505.36	10.58
B1 Desarrollo potencial de cultivos anuales y adaptativo (henequén) y/o frutales	13.15	0.28
B2 Desarrollo potencial de cultivos anuales con manejo agroforestal diversificado	21.44	0.45
B3 Desarrollo potencial de ganadería en núcleos tradicionales	185.26	3.88
B4 Desarrollo potencial de cultivos anuales en núcleos tradicionales	285.51	5.98
C. Zonas para el desarrollo forestal y agroforestal	2528.07	52.95
C1 Desarrollo y conservación del bosque ribereño	1862.01	39.00
C2 Desarrollo del potencial de aprovechamiento forestal sostenible	647.17	13.55
C3 Desarrollo del potencial de la conservación del bosque, belleza escénica, investigación ecológica y conservación de cuencas	18.89	0.40
D. Zonas de restauración ecológica	62.80	1.32
D1 Desarrollo de la restauración ecológica	62.80	1.32
E. Zonas protegidas	267.97	5.61
E1 Zona natural protegida	267.97	5.61
F. Zona de amenazas naturales	109.52	2.29
F1 Deslizamientos históricos	109.52	2.29
G. Miscelánea	64.85	1.36
G1 No aplica	64.85	1.36
Total	4774.45	100.00

Literatura citada

- Aparicio Mijares, FJ. 1997. Fundamentos de hidrología de superficie. México, Limusa. 6 ed. 303 p.
- Calder, IR. 2003. Forests and integrated water resources management. DFID Forestry Research on Forest and Water Interactions (en línea). Consultado el 20-03-2008. [http://www.rinya.maff.go.jp/faw/2002/07%20I.%20Calder%20\(UK-DFID\).pdf](http://www.rinya.maff.go.jp/faw/2002/07%20I.%20Calder%20(UK-DFID).pdf).
- Domínguez Del Águila, S. 2008. Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal de río Aguas Calientes, Nicaragua. Turrialba, CR, CATIE. Tesis Mag. Sc. 174 p.
- González Del Tánago, M. 1999. Las riberas, elementos clave del paisaje y en la gestión del agua (en línea). Consultado el 20-05-2008. http://www-en.us.es/ciberico/archivos_acrobat/zaraponengtanago.pdf
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). 2006. Zonificación ambiental en el ordenamiento de cuencas hidrográficas. Bogotá, CO, GTZ. 39 p.
- Jones, J; Velásquez, S. 2006. Mapa detallado del río Aguas Calientes Somoto. NI. 8 p.
- Junker, M. 2005. Método RAS para determinar la recarga de agua subterránea. San Salvador, SV, FORGAES. 40 p.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal, NI). 2000. Manejo integrado de cuencas hidrográficas en la región de Las Segovias. Managua, NI. 199 p.
- PREVAC (Programa de Prevención y Preparación ante Desastres en América Central). 2000. Evaluación indicativa de peligros derivados de fenómenos de inestabilidad y torrenciales en el municipio de Somoto, departamento de Madriz, Nicaragua. Managua, NI. 16 p.
- Quintero Bertel, QR; Pérez Cardozo, R. 2006. Zonificación agrícola como una herramienta básica para el ordenamiento ambiental de un territorio (en línea). Consultado 12-07-2008. <http://www.docentes.unal.edu.co/qrquintero/>
- Rodgers, QP. 1993. Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado (en línea). Consultado el 12-07-2008. <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/begin.htm#Contents>
- TCA (Tratado de Cooperación Amazónica). 1997. Propuesta metodológica para la zonificación ecológica-económica para la Amazonia. [Memorias del seminario-taller, Santa Fe de Bogotá, CO, 9-12 diciembre 1997]. 366 p.
- Umaña, E. 2000. Caracterización biofísica de la subcuenca Coco-Somoto. Informe final del estudio. Somoto, NI, Alcaldía Municipal. 69 p.