

Serie técnica. Informe técnico no. 378

Criterios para priorizar áreas de intervención en cuencas hidrográficas

La experiencia del Programa Focuenas II

Laura Benegas
Josué León

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
División de Investigación y Desarrollo
Turrialba, Costa Rica, 2009



CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y España.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 2009

ISBN 978-9977-

333.730972

B464 Benegas, Laura

Criterios para priorizar áreas de intervención en cuencas hidrográficas :
la experiencia del Programa Focuecas II / Laura Benegas y Josué León. –
Turrialba, C.R : Asdi ; CATIE, 2009

52 p. : il. – (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no. 378)

ISBN 978-9977-57-486-8

1. Cuencas hidrográficas – Planificación – América Central
 2. Cuencas hidrográficas – Conservación de aguas – América Central
- I. León, Josué II. Asdi III. CATIE IV. Título V. Serie

Créditos

Producción general

Lorena Orozco Vílchez

Corrección de estilo

Elizabeth Mora Lobo

Diseño y diagramación

Unidad de Comunicación, CATIE

División de Investigación y Desarrollo
Sede Central, CATIE

www.catie.ac.cr

Publicación patrocinada por el Programa "Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestión Adaptativa de Cuencas" (Focuecas II), ejecutado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), con financiamiento de la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (Asdi). El contenido de este documento, ni las propuestas e ideología de la publicación corresponden necesariamente a los criterios de Asdi, ni representan las políticas oficiales.

Índice

Introducción	4
Marco de referencia de otras experiencias	5
La experiencia del Programa Focuecas II	10
Subcuencas laboratorio de Focuecas II.....	13
Subcuenca del río Copán, Honduras.....	13
Subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua.....	26
Subcuenca del río La Soledad, Honduras.....	34
Subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua.....	41
Conclusiones	48
Literatura citada	50
Anexos	53

Introducción

Muchos de los procesos de planificación en cuencas consisten en tomar decisiones difíciles dado que los proyectos raras veces tienen recursos ilimitados; entonces, es importante conocer en qué lugar de la cuenca el dinero, las horas y esfuerzo invertido pueden derivar en los mayores impactos. Esta es la razón fundamental para priorizar las metas y, principalmente, las áreas de intervención dentro de una cuenca hidrográfica. Existen varios métodos para priorizar áreas, sean estas cuencas dentro de un país, microcuencas dentro de cuencas ya prioritarias o áreas específicas dentro de las microcuencas cuya importancia estratégica ya se reconoce.

Las áreas críticas dentro de una cuenca son aquellas que juegan un rol especialmente importante para sus ecosistemas, su gente o para ambos. Las áreas de vegetación próximas a un curso de agua pudieran no ser identificadas como importantes por los actores locales; sin embargo, pudieran cumplir funciones como filtro de polución, hábitat de especies importantes, control de inundaciones, o bien ser sitios críticos para los esfuerzos de protección. Un área crítica también puede ser determinada por los usos del agua, como el abastecimiento a poblaciones, áreas recreativas, o hábitats frágiles de vida silvestre. El objetivo de la planificación en áreas críticas debe ser la identificación y ubicación de tales áreas para asegurar el mantenimiento de sus beneficios (EPA-US 2005). Se espera que de manera participativa, los actores involucrados en la cuenca identifiquen las áreas con características vulnerables; por ejemplo, las márgenes inestables de ríos o los acuíferos superficiales.

El programa Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestión Adaptativa de Cuencas Hidrográficas (Focuecas II) ha planteado la intervención en cuencas a través del enfoque de cogestión. Según este enfoque, no sería necesario priorizar áreas puntuales de intervención dentro de las cuencas laboratorio del Programa (dos en Honduras y dos en Nicaragua), ya que se parte de la hipótesis de que la gestión conjunta de recursos (naturales, humanos y, sobre todo, financieros) provenientes de diferentes instituciones, proyectos, organizaciones e iniciativas que trabajan en las subcuencas, permitirá atacar diferentes frentes y áreas de manera simultánea. Con ello se elimina el criterio de priorización seguido por la mayoría de los proyectos de cuencas tanto en el pasado como en el presente. Sin embargo, esta idea, a pesar de ser entendida y promovida por el Programa, exigió la ejecución de acciones visibles. Es por esto que el presente documento busca reflejar la experiencia de Focuecas II sobre el proceso de definición de prioridades desarrollado en áreas críticas en cada subcuenca.

Marco de referencia de otras experiencias

De acuerdo con IDEAM (2002), en Colombia se cuenta con criterios y parámetros para la clasificación y definición de prioridades con fines de ordenación de cuencas hidrográficas. Esta herramienta se construyó por medio de la técnica de valoración del juicio de expertos mediante un sistema de votación compuesta, con votos de valor alto, medio y bajo. Este conjunto de criterios para priorizar cuencas se organizó en cinco componentes (hidrológico/físico, físico/biótico, sociocultural, tecnológico/económico y político/institucional). Para cada componente se valoraron varios factores y parámetros que conducen al criterio como tal. En el Cuadro 1 se presenta el factor, parámetro y criterio con mayor puntuación dentro de cada componente; la combinación de estos criterios define, mediante el peso más alto, la cuenca a priorizar.

Cuadro 1. Propuesta de criterios principales para la priorización de cuencas en Colombia

Componente	Valoración/100	Factor	Parámetro	Criterio
Hidrológico/físico	94	Demanda y oferta hídrica	Índice de escasez	A mayor índice de escasez, mayor prioridad
Tecnológico/económico	62	Oferta y demanda de bienes y servicios de la cuenca (para sectores productivos y extractivos)	Balances de oferta y demanda	A mayor déficit entre oferta y demanda, mayor prioridad
Físico/biótico	58	Presencia y estado de ecosistemas estratégicos (páramo, subpáramo, bosque nublado, bosque seco, humedal)	Presencia/ausencia	A mayor presencia de ecosistemas estratégicos, mayor prioridad

Componente	Valoración/100	Factor	Parámetro	Criterio
Sociocultural	23	Conflicto por uso de agua	Número de conflictos y grado de afectación del recurso	A mayor número de conflictos por uso, mayor prioridad
Político/ instiucional	65	Existencia y/o potencial de coordinación interinstitucional e intersectorial para el ordenamiento de la cuenca	Razón de recursos provenientes de: convenios, transferencias e instrumentos económicos a recursos totales	A mayor proporción de recursos disponibles, mayor prioridad

Posner et ál. (2002) proponen una metodología para la jerarquización de áreas en la microcuenca La Encañada, Cajamarca, Perú. La misma se basa en el uso de un sistema de información geográfica (SIG) y datos topográficos, de uso actual de la tierra y de suelos como aproximación a los riesgos de erosión. Los resultados indican dónde actuar y qué medidas tomar para disminuir esos riesgos. De las características del suelo (p.e. estructura, textura, pedregosidad, drenaje, pH), estos autores decidieron enfocarse en la **profundidad**. El criterio empleado fue el siguiente: *“Si la vulnerabilidad a la erosión es un problema que se presenta en unidades de suelo con diferentes clases de profundidad, los suelos profundos tienen más valor porque pueden ser más productivos y, por lo tanto, merecen más inversión que los suelos superficiales. Además, la profundidad del suelo determina si se pueden ejecutar determinadas medidas (terrazas o zanjas de infiltración), considerando las áreas donde no se puede aplicar terrazas o zanjas, destinadas a una cobertura permanente establecida a través de reforestaciones o la instalación de pastos”*.

Está claro que las prioridades varían conforme a las limitaciones más graves que presenten las cuencas. Por ejemplo, en las cuencas de la vertiente del Pacífico de Perú se dan severas limitaciones de agua durante una gran parte del año; en consecuencia, los criterios para seleccionar áreas críticas podrían ser:

- disponibilidad actual y potencial del recurso hídrico
- estado de conservación de la infraestructura hídrica
- incidencia de inundaciones
- organización de la Junta de Usuarios de la cuenca
- contaminación del agua por actividades humanas
- grado de salinidad de los suelos en la cuenca baja (Morales et ál. 1996).

En las cuencas de la sierra peruana, donde el objetivo prioritario es el control de la erosión hídrica, el PRONAMACHS (1994) citado por Morales et ál. (1996), estableció los siguientes criterios para seleccionar áreas críticas:

- áreas cultivadas en uso actual o en descanso, según pendiente
- población y asentamientos rurales
- organización de la población y asentamientos rurales
- modalidad del trabajo
- receptividad a la tecnología

Hincapié y Lema (sf) han trabajado en la determinación espacial de áreas de importancia estratégica en microcuencas que abastecen a los acueductos veredales del municipio de Medellín, Colombia. Para ello emplearon el concepto de Ecosistema Estratégico, definido como *“porción geográfica concreta y delimitable en la cual la oferta ambiental, natural o inducida por el hombre genera un conjunto de bienes y servicios ambientales imprescindibles para la población que los define como tales”*. Los autores utilizaron la técnica de álgebra de mapas para determinar espacialmente los polígonos según su importancia, con ayuda del SIG. Para la determinación del orden jerárquico se definieron variables o criterios de priorización obtenidos por medio de cuestionarios Delphi aplicados a expertos. Los criterios jerarquizados fueron los siguientes:

1. El orden de la cuenca (los órdenes menores fueron los prioritarios)
2. Coeficiente de rugosidad
3. Grupo hidrológico de suelos, relacionado con la capacidad de infiltración del suelo
4. Formaciones superficiales
5. Tiempo de concentración
6. Pendiente (el resultado fue contradictorio: o muy importante o poco importante)

Faustino (1986) empleó una metodología para la priorización de cuencas, subcuencas y microcuencas en conservación de suelos. Para el primer nivel (cuencas) se emplean tres parámetros, nueve para el segundo (subcuencas) y doce para el tercero (microcuencas). Tales parámetros fueron los siguientes: (1) extensión de daños por erosión moderada, (2) precipitación pluvial y potencial de erosión hídrica de los suelos, (3) potencial de suelos según capacidad de uso mayor, (4) relación de áreas de laderas con áreas planas, (5) receptividad del poblador rural, (6) escorrentía y disponibilidad de agua, (7) accesibilidad a la microcuenca, (8) existencia de obras hidráulicas, (9) daños por inundaciones, (10) existencia de proyectos de conservación de suelos, (11) tamaño de la microcuenca y (12) densidad de la población rural. Cada uno de estos parámetros tiene tres valores: un valor absoluto que mide su grado de importancia con fines de conservación, un valor relativo que mide en forma cualitativa el grado de afectación en relación al parámetro y un coeficiente de ajuste dado por la relación entre el área de influencia o área afectada por el parámetro y el área total de la microcuenca.

La fórmula de evaluación utilizada fue la siguiente:

$$Vc = Cr \sum VAI \times VRI \times Cai$$

Donde:

VAi = Valor absoluto (mide el grado de importancia para la conservación)

VRI = Valor relativo (mide en forma cualitativa el grado de afectación en relación con el parámetro)

Cai = Coeficiente de ajuste (mide la relación entre el área de influencia del parámetro y el área de la cuenca, subcuenca o microcuenca)

Cr = Coeficiente regional aplicable a nivel de cuenca (peso por desarrollo, importancia, deterioro; varía de 0-1). A nivel de subcuenca y microcuenca Cr = 1.

El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Venezuela desarrolló una metodología para la determinación de prioridades en cuencas hidrográficas. Dicha metodología considera siete parámetros: (1) problemas actuales de erosión y sedimentación, (2) penetración campesina (población que cause problemas de talas, incendios, erosión), (3) importancia de la cuenca como abastecedora de

agua, (4) obras construidas o por construir, (5) potencial de utilización de los recursos aguas arriba, (6) potencial de los recursos aguas abajo y (7) periodicidad o amplitud de los incendios de vegetación. A las subcuencas se asigna un valor índice obtenido de la sumatoria de las calificaciones dadas a los siete parámetros; la prioridad 1 la tiene la subcuenca con mayor valor-calificación (Ruiz 1986).

De manera general, el punto de partida para identificar áreas críticas o prioritarias en las cuencas es examinar cada problema que se traduce en una meta de manejo de la cuenca. Para ello se utilizan mapas e información ya existente y se formulan las siguientes preguntas: (i) ¿dónde se localiza o cuál es el tipo de uso del suelo donde el problema es peor o más común?, (ii) ¿quiénes son los actores que tienen el poder de cambiar esta situación?, (iii) ¿qué ríos, lagos o acuíferos muestran daños documentados? Es importante tener en cuenta que muchos planes de cuencas suponen plazos de trabajo de tres a cinco años debido a que este es el tiempo mínimo para lograr impactos significativos en el área crítica-meta y el plazo mínimo para ver evidencias de cambio (IDEM 2003).

De acuerdo con Richters (1986), las metodologías aplicadas para priorizar áreas de intervención en cuencas hidrográficas utilizan el siguiente esquema general:

- Definición del objetivo para la priorización
- Selección de criterios y cualidades para valorar las cuencas en relación con el objetivo
- Determinación de la prioridad relativa de cada criterio
- Valoración de las cuencas según los criterios
- Ajuste de valores absolutos según la importancia relativa de cada criterio
- Comparación de cuencas
- Priorización

La experiencia del Programa Focuencias II

En esta sección se ofrece una síntesis de la experiencia práctica de Focuencias II en la priorización de áreas críticas en cuencas hidrográficas. Se resaltan los factores y criterios comunes en todas las subcuencas, así como las diferencias o arreglos realizados en cada una de ellas según su particularidad y contexto. En el Cuadro 2 se presentan los factores comunes considerados por el Programa y sus implicaciones; con base en esta identificación se explican los criterios específicos aplicados en cada una de las “subcuencas laboratorio”.

Cuadro 2. Factores considerados por Focuencias II para la priorización de áreas para el manejo de cuencas hidrográficas

Factor	Hipótesis para el factor	Implicaciones en la cuenca	Territorio a priorizar para el factor (propiedades guías)
Agua potable para consumo humano	El caudal se ha reducido, la estacionalidad es más acentuada y/o la calidad del agua está en riesgo por pesticidas, bacterias coliformes o sedimentos. El origen de la amenaza está en la zona de recarga.	Grado de amenaza a la disponibilidad de agua potable actual o potencial en suficiente cantidad y calidad. Posibilidad de abrir una brecha mayor entre la oferta y demanda en el futuro. Existen factores externos no controlables, como el cambio climático.	Zonas de recarga hídrica y zonas críticas de recarga hídrica dentro de la zona de recarga aparente (uso actual del suelo, pendientes, tipos de suelo y geología, tenencia de la tierra).

Factor	Hip3tesis para el factor	Implicaciones en la cuenca	Territorio a priorizar para el factor (propiedades guías)
Inundaciones	Áreas de inundación han aumentado, y con ellas, los riesgos humanos y económicos asociados.	Grado de amenaza de inundaciones puede aumentar la pérdida de tierras productivas, viviendas, calidad del agua para consumo humano, etc. Existen factores externos no controlables, como el cambio climático.	Zonas críticas de inundaciones por su valor humano (considerando las personas afectadas por inundaciones), cultural, económico y zonas críticas de recarga (uso actual del suelo, pendientes, retenciones y obstrucciones en los cuerpos de agua).
Deslizamientos de tierra	Áreas de derrumbes y deslizamientos han aumentado y, con ellas, los riesgos humanos y económicos asociados.	Riesgos humanos en función de las variables de la propiedad en las zonas de riesgo, altas pendientes, cortes geológicos naturales y artificiales.	Zonas de alto riesgo de deslizamiento (uso actual del suelo en estas zonas, tipo de suelo, pendientes, microrrelieve).
Sedimentación en los cuerpos de agua	Los sedimentos en cuerpos de agua han aumentado y, con ello, se ven afectadas las funciones ecológicas, económicas y sociales de estos recursos.	Carga total de sedimentos en los cuerpos de agua en la salida de una subcuenca o en otros cuerpos de agua (lagos). Cantidad de sedimentos en los cuerpos de agua con incidencia en sus funciones ecológicas o económicas. Existen factores externos no controlables, como eventos climáticos extremos.	Zonas con alto grado de erosión de suelo, zonas de recarga y zonas ribereñas (uso actual de suelo en estas zonas, tipo de suelo, longitud).

A partir de los factores mencionados en el cuadro, y como elemento de clasificación de los mismos, se definieron siete criterios generales según una premisa fundamental: “*Existencia de plataformas de concertación entre los actores locales, gobierno local y la cooperación como condición necesaria*”. Tales criterios son los siguientes:

- Necesidades de agua en calidad y cantidad (pobreza y salud humana)
- Grado de vulnerabilidad a desastres naturales causado por la falta o abundancia de agua (importancia humana, económica y cultural)
- Viabilidad de las acciones prioritarias (costo-beneficio)
- Grado de organización de las juntas de agua y otras organizaciones para la intervención (capital social)
- Seguridad social de las inversiones (derecho de propiedad, apropiación por los actores locales)
- Aportes locales para la intervención (capital económico)
- Equidad entre municipios u otras unidades (capital político)

Focucenas II inicialmente no se planteaba la priorización de las áreas de intervención en cada subcuenca, pues la hipótesis de la cogestión no la consideraba como una condición necesaria para empezar a trabajar en cuencas. Más bien, se basaba en el supuesto de que a través de la cogestión, en las cuencas de intervención se lograría juntar esfuerzos, combinarlos y complementarlos, para trabajar simultáneamente la mayor cantidad de áreas y temas. Por esta razón, en las subcuencas laboratorio de Focucenas II no se encuentra *a priori* un proceso de priorización de las áreas de trabajo.

Subcuencas laboratorio de Focuencias II

Subcuenca del río Copán, Honduras

La subcuenca del río Copán se encuentra en el sector noroeste del departamento de Copán, en el extremo occidental de Honduras, cerca del límite con Guatemala. En esta subcuenca se inició el proceso de priorización de áreas para la intervención en tres niveles geográfico-organizativos:

1) Mancomunidad de municipios (MANCORSARIC): los criterios que se destacaron, desde el punto de vista de la mancomunidad, fueron: (i) distribución político/administrativa (al menos un territorio/microcuenca priorizado por municipio), (ii) población abastecida (para consumo humano en función del número de beneficiarios), (iii) aspectos legales (seguridad legal sobre la tenencia de la tierra, existencia de declaratoria de zonas de vocación forestal, concordancia con la política y legislación pertinente). Cualquiera de las acciones que se realicen debe estar garantizada por la tenencia de la tierra para asegurar la sostenibilidad en el área de influencia.

2) Municipio: en cada municipio integrante de la mancomunidad primaron los siguientes criterios comunes: (i) calidad del agua (relacionada con los usos del suelo y puntos de contaminación); (ii) aspectos sociales y de salud (incidencia de enfermedades de origen hídrico), corroboración del dato de calidad de agua, indicios de contaminación, problemas de mal manejo domiciliario; (iii) cantidad de agua en función de la demanda y tiempo futuro de abastecimiento; (iv) nivel de gestión y fortalecimiento de la junta de agua; (v) riesgos y amenazas al cambio de uso de suelo; (vi) aspectos legales y geográficos (Ley Forestal, Ley de Ordenamiento Territorial, Ley Ambiental).

3) Microcuenca: la meta final o eje de manejo consistió en la conservación y manejo sostenible de las microcuencas abastecedoras de agua para consumo humano. Por microcuenca se entiende *“el área comprendida desde los 100 metros aguas debajo de la obra toma y delimitada por el parte-aguas natural de dicha área”* (Ley Forestal de Honduras 2007). Entonces, se delinearon los siguientes criterios comunes: (i) aspectos hidrológicos zonas que más aportan agua, afluentes más importantes para el flujo del agua. Con respecto a este criterio se levantaron datos correspondientes al área de drenaje, precipitación, capacidad de retención,

escorrentía¹¹, cantidad y calidad de agua (focos de contaminación puntual y no puntual), deforestación activa, acceso de personas o animales arriba de la obra de captación, cultivos con alto uso de agroquímicos, viviendas dentro de la zona de influencia de una obra de captación de agua para consumo; (ii) aspectos geológico/ecológicos asociados con el riesgo pendiente y su longitud, cobertura del suelo, usos o prácticas de manejo de suelos; (iii) aspectos legales y sociales declaratorias de áreas de vocación forestal, tenencia de la tierra, grado de organización de juntas de agua e interés y activismo de la comunidad afectada/beneficiada. La medición del factor social legal es subjetiva en el momento de obtener el dato, por lo que es necesario verificar en el campo por medio de la experiencia *in situ*.

Los criterios seleccionados en cada nivel se plantearon en función de sus intereses particulares como territorios “geográfico-organizativos”. Así, para la MANCORSARIC se busca priorizar la intervención de un programa o proyecto; para los municipios, se busca la formulación y ejecución de una estrategia municipal para la gestión del recurso hídrico de consumo humano y como riesgo ambiental, y para la microcuenca abastecedora de agua se estaría actuando a nivel de la comunidad. Entonces, los criterios se definieron en función de la ejecución de acciones a nivel de campo, recuperación y manejo de zonas críticas de recarga aparente. Finalmente, la intervención en las áreas queda al nivel de microcuencas. En la subcuenca del río Copán se priorizaron las microcuencas Sesesmiles, Marroquín, Gila y Limón (Figura 1).

En la subcuenca del río Copán, un primer momento en el proceso de priorización fue la consideración del principio de equidad. Es recomendable tomar en cuenta este principio en aquellos casos en que las cuencas son compartidas por más de un municipio, ya que ayuda a decidir sobre las posibles inversiones de los municipios en el manejo de cuencas. Sin embargo, en esta subcuenca fue necesario considerar un segundo nivel de priorización: áreas dentro de los municipios que comparten la cuenca. Este criterio se retoma en el aspecto legal/hidrológico, que manda proteger hasta 50 metros por debajo de la obra de captación delimitado por el parte aguas; o sea, lo que se considera la zona potencial de recarga hídrica (Ley Forestal, de Áreas Protegidas y Vida Silvestre de Honduras, Art. 123, no. 1).

¹¹ Cuando se tuvo la información requerida, se modeló la escorrentía en SIG. En la mayoría de los casos (áreas prioritarias) se evaluó el factor escorrentía con respecto al riesgo en todas las áreas del municipio; en consecuencia, se trata de una evaluación paralela al objetivo primordial de abastecer de agua para consumo humano.

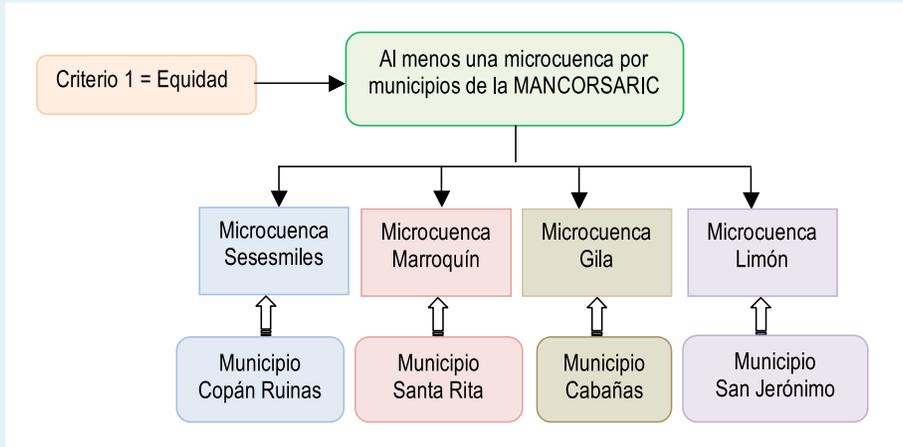


Figura 1. Priorización de microcuencas abastecedoras de agua a nivel municipal

El primer paso en este proceso fue la identificación de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano. Para ello, se delimitaron las microcuencas según lo establece la Ley Forestal y se procedió a caracterizarlas sistemáticamente por medio de fichas confeccionadas para tal fin (Anexo 1). La ficha contiene información básica sobre la ubicación geográfica (áreas georreferenciadas), uso del terreno, aspectos de percepción acerca del estado de la microcuenca, existencia de acciones de protección, entre otros. Además, se procedió a la caracterización de las condiciones de uso actual del suelo en las zonas de recarga aparente (consideradas, en este caso, como parte de las microcuencas abastecedoras de agua, delimitadas a una distancia de al menos 100 metros aguas abajo de la obra toma).

El segundo paso consistió en la delimitación de las áreas prioritarias dentro de las microcuencas abastecedoras de agua. Para ello se tomaron en cuenta criterios relacionados con las prácticas de manejo/coertura del suelo. En este paso se da mayor importancia a la cobertura del suelo; es decir, las acciones se concentran en garantizar la cobertura de mayor impacto para la cantidad de agua en función de la demanda (p.e., bosque) en zonas que se encuentren bajo amenaza y que

impliquen solamente una estrategia de conservación legal-local inmediata. En el otro extremo, se da el caso de otorgar mayor importancia a coberturas con mayor impacto en la calidad de agua (p.e., pasturas degradadas) que ya responden a una alta demanda (suficiente cantidad).

El tercer paso fue la priorización final de áreas con base en la combinación y/o suma de los dos criterios ecológicos considerados (Figura 2).

En la subcuenca del río Copán se realizó el ejercicio de priorización completo en el municipio de Copán Ruinas. La situación en el municipio es la siguiente: existen varias microcuencas abastecedoras de agua para consumo humano; por lo

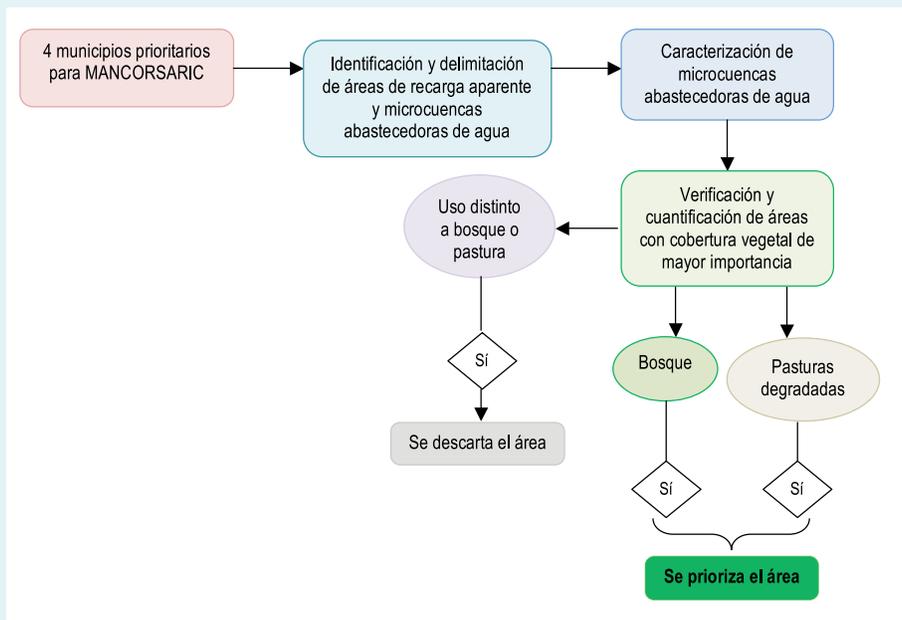


Figura 2. Esquema del proceso de priorización de áreas críticas para la producción de agua en la subcuenca del río Copán, Honduras

tanto, es necesario caracterizar primero esas microcuencas y luego priorizarlas según las necesidades de intervención más urgentes. Durante este ejercicio se introdujo un criterio inicial de descarte de las microcuencas. Este se refiere a los problemas de tenencia de la tierra que generan conflictos muy graves e impiden la caracterización de esas áreas; por lo tanto, este problema es lo primero que se debe resolver dentro del municipio.

La caracterización de las microcuencas abastecedoras de agua para el levantamiento de la información en detalle se basó en la investigación de Latham (2008), la cual cubrió en primera instancia las microcuencas del municipio de Copán Ruinas. Se espera que esa metodología se pueda replicar en toda la subcuenca. La Figura 3 ilustra el diagrama de flujo seguido para la evaluación y priorización de las microcuencas abastecedoras de agua en el municipio de Copán Ruinas. Ninguna de las microcuencas que se mencionan fue sometida a evaluación, ya que no son objeto de aplicación del resto de los criterios definidos por Latham (2008). En las áreas donde existen graves conflictos de tenencia de tierra y falta de interés de los usuarios sería necesario que el municipio de Copán Ruinas diera otro tipo de atención y un trato específico, dada la naturaleza de los problemas identificados.

Para dar un valor a los diferentes criterios a nivel de la microcuenca, el estudio de Latham (2008) se basó en la ecuación universal de pérdida de suelos (EUPS), a la cual se suma el criterio legal/social. La EUPS-Revisada proporcionó el dato sobre la cantidad de suelo erosionado en la microcuenca:

$$A = R \cdot K \cdot (LS) \cdot C \cdot P$$

Donde:

A = Carga producida en la cuenca de la pérdida de suelos (en kg o toneladas)

R = Factor de lluvia

K = Textura de suelo

L = Longitud

S = Pendiente

C = Cobertura de tierra

P = Prácticas de conservación de suelos

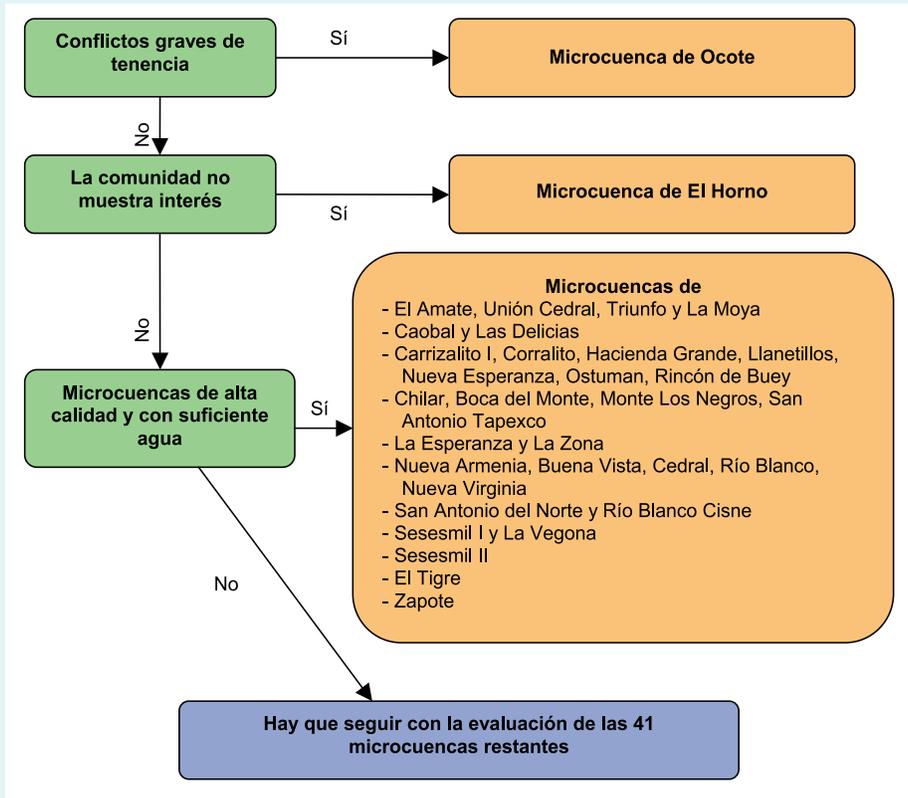


Figura 3. Diagrama de flujo con resultados de la evaluacin preliminar de microcuencas abastecedoras de agua en el municipio de Copn Ruinas, Honduras (Fuente: Latham 2008)

Esta ecuación no fue aplicada estrictamente, sino que cada uno de los factores de la ecuación sirvió de guía para la recolección de información a través de una ficha por microcuenca abastecedora de agua (Anexo 2). Para este trabajo se clasificó la información de caracterización de la siguiente manera:

1. Factores de calidad: se consideran los factores que influyen más directamente en la calidad del agua:
 - Erosión - ER (pendiente = P; cobertura de la tierra = C)
 - Fuentes potenciales de contaminación-CONT (deforestación activa = D, ganado = G, agroquímicos = Q, viviendas = V y caminos/calles = CC)
2. Factores de cantidad: se consideran los factores que determinan directamente la cantidad de agua relacionados fundamentalmente con la disponibilidad del agua:
 - Población demandante-P
 - Caudal de la época seca-q

Para cada uno de estos factores y sus componentes se definieron valores de ponderación (Anexo 3) y se realizaron los siguientes cálculos:

(i) Factor erosión, dentro de calidad de agua

$$P \times C = ER$$

Donde: P = Factor de pendiente
C = Factor de cobertura de la tierra
ER = Factor de erosión

(ii) Factor fuentes de contaminación, dentro de calidad de agua

$$D+G+Q+V+CC = CONT$$

Donde: D = Factor de deforestación
G = Factor de ganado
Q = Factor de agroquímicos
V = Factor de viviendas
CC = Factor de caminos o calles

Después de calcular el factor de erosión (ER) y el factor de contaminación (CONT), hay que ponderar cada uno y calcular un solo valor para el factor de calidad (CAL) y priorizar las microcuencas según este factor.

$$ER_{60} + CONT_{40} = CAL$$

Donde: ER_{60} = Factor de erosión normalizado de 0 a 60
 $CONT_{40}$ = Factor de contaminación normalizado de 0 a 40
CAL = Factor de calidad

De acuerdo con esta ecuación, el factor de erosión adquiere un peso mayor que el factor de contaminación. Esta ponderación está sustentada en que la erosión en una microcuenca es una fuente de contaminación por sedimentos y es un mecanismo de transporte de otros tipos de contaminantes a los cursos de agua. La ponderación de 60 por 40 (en vez de 70 por 30, u 80 por 20) se escogió después de un proceso de ensayo y error en diez microcuencas de Copán Ruinas con grados variantes de erosión potencial y fuentes de contaminación (Latham 2008).

Además del criterio de cobertura vegetal de importancia para la recarga aparente en las microcuencas abastecedoras de agua, se utilizó el criterio de agua para consumo humano. Para ello se realizó un ejercicio de combinación lógica de los criterios de calidad y cantidad de agua para consumo humano (Figura 4).

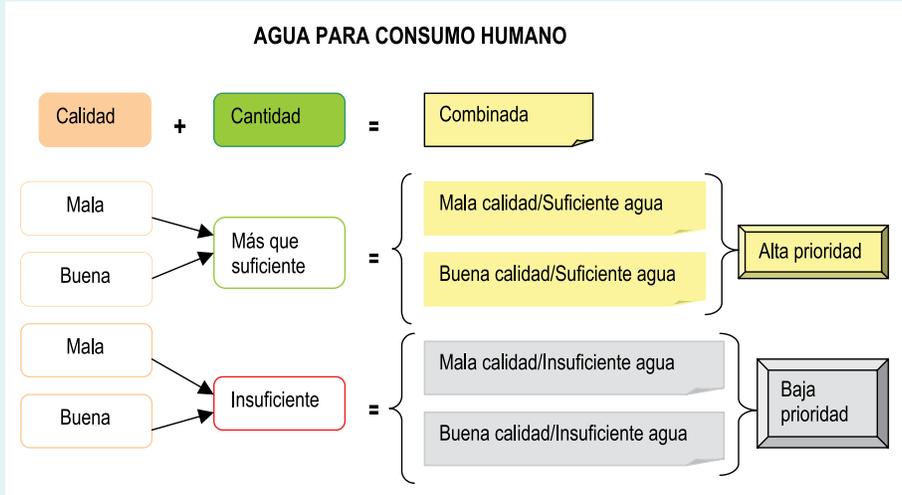


Figura 4. Combinación lógica de criterios referentes al agua para consumo humano en la subcuenca del río Copán, Honduras

El dato sobre cantidad de agua se obtuvo a partir de un estudio de caso que posteriormente generó el índice a ser usado de manera general. Se basó en las fórmulas para estimar la proyección de crecimiento poblacional a futuro, relacionándolo con el periodo de diseño de las fuentes de agua (captación y distribución). Las fórmulas empleadas fueron:

$$P_{fa} = P_0 \left(1 + \frac{K * N}{100} \right)$$

Donde:

P_{fa} = Población futura (proyección aritmética)

P₀ = Población presente

K = Período de diseño del sistema de agua (obra toma, conducción, tanque de almacenamiento, red de distribución, conexiones domiciliarias), en función de la vida útil

N = Tasa anual de crecimiento poblacional

$$Q = \frac{P_{fa} * y}{1440}$$

Donde:

Q = Aforo necesario de la fuente

Pfa = Población futura (proyección aritmética)

y = dotación diaria según OPS (galones/persona/día)

El factor denominador (1440) corresponde al tiempo de aforo diario, expresado en número de minutos por día. En el Cuadro 3 se ofrece, a modo de ejemplo ilustrativo, los resultados obtenidos para una comunidad.

Cuadro 3. Estudio de caso generador del método de cuantificación de la cantidad de agua

Comunidad San Miguel y Virginia		
Factor	Valor	Unidad de medida
Periodo de diseño (K)	20	años
Tasa de crecimiento (N)	3,5	índice por cada año
Densidad de población	6	personas por casa
Número de casas	80	casas
Población presente (Po)	480	personas
Población futura (Proyección aritmética) (Pfa)	816	personas
Dotación (y)	25	galones/persona/día
Aforo necesario de la fuente o caudal (Q)	14,1	galones/minuto
Aforo de la fuente en el verano	95	galones/minuto

Los factores de cantidad (CANT) son los valores de capacidad normalizados de 0 a 100. Es importante que los factores de cantidad sean consistentes con los factores de calidad para el proceso de priorización. Como se puede ver, a la hora de priorizar se da mayor peso a la cantidad de agua, partiendo de la premisa siguiente: *“Se puede mejorar la calidad del agua con el manejo, pero la cantidad de agua no se puede modificar por la naturaleza finita del ciclo hidrológico”*.

Como resultado final del proceso de priorizacin, se obtuvo el listado de microcuencas que se presenta en el Cuadro 4. En general, las microcuencas de alta prioridad sufren de serias posibilidades de contaminacin y tienen suficiente agua en la fuente; las de baja prioridad no tienen problemas de contaminacin, pero la cantidad de agua en la fuente es insuficiente. Las microcuencas de prioridad media tienen problemas de contaminacin y poca agua en la fuente, o mucha agua en la fuente y pocos problemas de contaminacin. La Figura 5 muestra la ubicacin de las subcuencas y microcuencas priorizadas en el municipio de Copán Ruinas.

Cuadro 4. Listado de microcuencas prioritarias para el municipio de Copán Ruinas, Honduras

Comunidad	Microcuenca	Factor de calidad	Factor de cantidad	Final
Prioridad alta				
Ceiba Segunda	El Corolar I	22,5	100,0	122,5
Carrizalón, Chonco, Santa Cruz	Carrizalón	96,5	20,4	116,9
Llano Grande	Llano Grande	74,7	18,2	92,9
Agua Fría	Agua Fría I	45,0	45,7	90,6
San Miguel Virginia y Virginia I	Nueva Virginia V	39,4	40,9	80,3
Montecristo	Monte Cristo	46,6	27,9	74,6
San Miguel Virginia y Virginia I	Nueva Virginia IV	28,0	40,9	68,9
Pintada	La Pintada	57,0	8,0	64,9
Bonete	El Bonete	57,4	6,5	63,9
Porvenir I y II	Cerro Campana	43,6	12,2	55,9
Cordoncillo	Agua Fría II	48,9	6,0	54,9
Agua Buena II	Agua Buena	39,5	14,5	54,0
Agua Caliente	Los Calderones	43,6	10,0	53,6
Prioridad media				
Estanzuela	El Zarzal	49,3	0,5	49,8
Sinaí	Sinaí	39,9	8,2	48,1
Flores	La Barranquilla	23,1	18,7	41,8
Nueva Suyapa y Pinabetal	Pinabetal	13,1	27,4	40,5
Sinaí	El Ahorcado II	30,5	8,2	38,7

Comunidad	Microcuenca	Factor de calidad	Factor de cantidad	Final
Quebracho	Angostura	31,6	6,4	38,1
Chilcal	El Chilcal	31,2	5,4	36,6
Sompopero	Sompopero I	28,3	8,0	36,2
Colón Jubuco y Alto Colón	Jubuco I	23,5	12,5	36,0
Buenos Aires	Jubuco III	18,6	11,7	30,3
Llano La Puerta y Salitrón	Las Peñonas	16,4	11,5	27,8
Encino	El Sampedral	9,1	18,2	27,2
Prioridad baja				
Laguna	Sisimita	19,1	7,9	27,0
Sompopero	Sompopero II	18,9	8,0	26,9
Santa Rosita	Santa Rosita I	21,5	5,0	26,6
Jubucón	El Mangal	20,6	5,9	26,5
Quebracho	Quebracho	19,8	6,4	26,2
Barbasco, Nueva San Isidro, San Francisco, San Isidro, San Rafael	Cerro Chino	19,9	5,3	25,2
Nueva Alianza	Jubuco III	13,9	11,2	25,0
San Cristóbal y Dos Quebradas	Cabreras	12,4	11,7	24,1
Plan del Danto	Nueva Virginia III	11,6	12,3	24,0
Agua Sucia	Colinas	23,3	0,0	23,3
Esperanza y La Zona	El Corolar II	6,5	13,4	19,9
Tesorito, San Antonio Oriente, San Juan Virginia	San Antonio	12,7	5,9	18,6
Santa Rosita	Santa Rosita II	13,3	5,0	18,3
Rosalila	Manzanal II	1,2	2,8	5,7
Pinalito	Pinalito	1,0	1,4	2,4
Cisne	Manzanal I	1,2	0,9	2,1

Fuente: Latham (2008)



Figura 5. Subcuencas y microcuencas priorizadas en la subcuenca del río Copán

Subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua

La subcuenca del río Jucuapa se ubica en el departamento de Matagalpa, Nicaragua y forma parte de la cuenca del río Grande de Matagalpa. En esta subcuenca, la necesidad de dar prioridad a algunas áreas surgió durante el segundo año del Programa Focucenas II (2005), al observarse una gran dispersión de acciones. Esto dio origen a la selección del tema “*Agua para consumo humano y producción ecológica*” como eje prioritario. A partir del mismo, se inició el proceso de priorización de áreas de intervención, sin dejar de lado el espíritu de la cogestión.

Para llegar a la identificación del agua como elemento prioritario se tomó como punto de partida un estudio de tesis sobre el impacto de los usos actuales del suelo sobre la calidad del agua en la subcuenca (Córdoba 2002). Dicho estudio consideraba que las fuentes de contaminación puntual se relacionan con las principales haciendas cafetaleras, lo que se confirmó con la contaminación orgánica por desechos provenientes de la actividad cafetalera. Otra investigación posterior confirmó que, según la caracterización de Jucuapa, aproximadamente el 50% de las fuentes de agua para consumo humano son vulnerables a la contaminación, incluyendo la parte baja del río (Baltodano 2005). Se llegó a la conclusión de que los usos actuales del suelo no están favoreciendo el manejo ni el uso sostenible del recurso hídrico, y que tampoco hay incentivos que estimulen la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y de protección **permanente** del recurso hídrico.

Con los resultados de Baltodano (2005) se tuvo una primera aproximación para definir áreas críticas prioritarias para la provisión del agua para consumo humano. El esquema mostrado en la Figura 6 resume el procedimiento que se siguió, el cual arrojó los siguientes resultados:

- a) Georreferenciación y clasificación de las 24 fuentes de agua existentes en la subcuenca. Este paso se cumplió en dos etapas:
 - a.1) Determinación de los tipos de fuentes que existen para el abastecimiento de agua en Jucuapa
 - Pozos naturales (9): ojos de agua y manantiales sin ningún tipo de construcción
 - Pozos mejorados (8) ó pozos artesianos con bomba de mecate

- Miniacueductos (6) o proyectos de agua potable que distribuyen el agua desde una fuente hasta la comunidad a través de tubería y por gravedad
 - Parte baja del río
- a.2) Determinación del estado biofísico del área inmediatamente circundante a las fuentes
- Sin protección alguna
 - Con protección abundante
 - Con protección escasa
 - Sin protección y con cultivos cercanos
 - Con protección y con cultivos cercanos
- b) Selección: se tomó en cuenta el estado crítico y la capacidad de abastecer de agua; para ello se cruzaron dos variables: sitio o comunidad y condición o estado de la fuente de agua, con el fin de seleccionar por sitio/área las fuentes más importantes por cantidad de beneficiarios y las de peor condición.

Las fuentes finalmente priorizadas se muestran en el Cuadro 5. En una segunda etapa se combinaron las fuentes priorizadas con las áreas críticas por pendiente y vegetación (son prioritarias las de mayor pendiente y sin vegetación). Las áreas críticas en Jucuapa se concentran en la parte baja de la subcuenca, a lo largo del cauce principal del río. De las 4000 ha que tiene la subcuenca, en total se identificaron 620 ha (15%) con problemas críticos. De esas 620 ha, 313 ha se localizan en Jucuapa Abajo y 307 ha en la parte alta, en las comunidades de El Ocotal y Las Mercedes.

Cuadro 5. Fuentes críticas para la provisión del agua para consumo humano priorizadas en la subcuenca del río Jucuapa

Comunidad	Tipo	Familias beneficiadas
El Ocotal	miniacueducto	45
Las Mercedes	pozo natural	12
Las Mercedes	miniacueducto	60
Limixto	miniacueducto	50
Jucuapa centro	miniacueducto	84
Jucuapa abajo	pozo natural	6
Jucuapa abajo	río Jucuapa en su parte baja	130

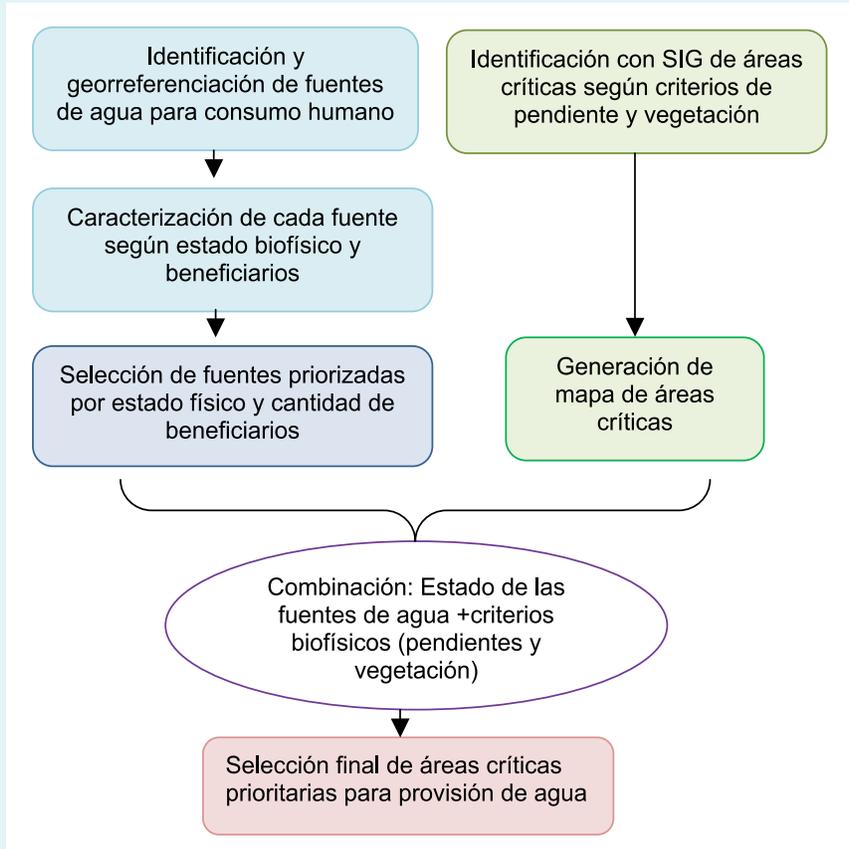


Figura 6. Procedimiento empleado para definir áreas críticas prioritarias para la provisión del agua para consumo humano en la subcuenca del río Jucuapa

Las siete fuentes de agua prioritarias (georreferenciadas en el mapa de la subcuenca) se superpusieron con las áreas críticas (por criterios biofísicos de pendiente y vegetación) para determinar el grado de coincidencia; ambos criterios coincidieron en el 90% de los casos. Sin embargo, podría haber un área de aproximadamente 12 ha en la parte alta donde no hay fuentes de agua pero que podría estar en estado vulnerable por falta de cobertura vegetal.

Por fines prácticos de manejo de esta subcuenca, donde la escasez del agua es la condición predominante, finalmente se definen acciones puntuales en torno a la protección de las fuentes de agua prioritarias. Esta decisión fue avalada por los pobladores de la cuenca. Con base en información de Baltodano (2005), se decidió realizar un plan de protección para las fuentes de agua prioritarias, el cual fue diseñado por Martínez y Toruño (2006), a partir de los siguientes criterios:

1. Tipo de fuente (para tener un insumo básico para el plan de protección y para tratar de cubrir al menos una fuente de cada tipo existente).
2. Uso del agua (se da prioridad al agua para consumo humano).
3. Disponibilidad de agua en época seca.
4. Distribución equitativa y ubicación de las fuentes en la subcuenca (al menos una fuente por comunidad). Sin embargo, no se priorizaron fuentes de agua en dos comunidades porque se cambió el criterio de selección: sección de la cuenca (alta, media y baja) en vez de comunidades. Así en cada parte de la cuenca se priorizó una cantidad de fuentes según la cantidad de población que abastecen.
5. Número de pobladores abastecidos.

El Cuadro 6 muestra el resultado de esta redefinición de las fuentes de agua. Con esta selección de fuentes prioritarias se tienen áreas de intervención donde el objetivo principal es proteger las fuentes y las áreas circundantes, las cuales cubren extensiones de media a una manzana (0,35 a 0,70 ha), según las características del entorno. Solo en la comunidad de Nuestra Tierra, además de la protección al miniacueducto y su sistema de conducción, se decidió trabajar en la parte alta, donde nace la quebrada (zona de recarga aparente más próxima a la fuente).

En Jucuapa, adem{s de la escasez, se tienen problemas de calidad de agua debido a dos situaciones: i) la presencia de fuentes de contaminaci3n puntual (aguas mieles derivadas del beneficiado del caf3) y ii) la falta de sistemas de alcantarillado sanitario. La parte alta de la subcuenca del r3o Jucuapa se ubica dentro de una zona de amortiguamiento del 3rea protegida Cerro Apante, donde el rubro de mayor importancia econ3mica es el caf3. Obviamente un criterio b3sico de trabajo en estas 3reas es la protecci3n; esto no significa, sin embargo, que las acciones de manejo sean innecesarias; muy por el contrario, debido a que el caf3 es el principal sistema productivo, siempre existe el riesgo de la expansi3n de la frontera agr3cola en detrimento del 3rea protegida, incluso de manera ilegal. Por ello, se decidi3 empezar a trabajar con las 3reas prioritarias de caficultura para relacionar el manejo agron3mico del cultivo y el procesamiento del grano (beneficiado) con la contaminaci3n de fuentes de agua. La acci3n propuesta m3s importante es el empleo de beneficios ecol3gicos que evitan la contaminaci3n puntual del agua. Otra acci3n propuesta es el mejoramiento de la eficiencia en el consumo de lefia por medio de cocinas mejoradas. En cuanto al alcantarillado sanitario, se decidi3 no tomar acciones por tratarse de un 3rea rural, donde las familias est3n muy dispersas como para trabajar en sistemas de conducci3n de aguas residuales. No obstante, se trabaja en la implementaci3n de un programa de educaci3n para el manejo adecuado de las aguas dom3sticas con las familias de la subcuenca.

Cuadro 6. Fuentes de agua resultantes del proceso de redefinici3n

Tipo de fuente	Comunidad	Ubicaci3n	Beneficiarios
Quebrada + Miniacueducto	Nuestra Tierra - La Pintada	Parte alta	96 familias
Miniacueducto	Ocotal	Parte alta	53 familias
Miniacueducto	Jucuapa centro	Parte media	82 familias
Pozo mejorado (perforado)	Ocote Sur -sector Las Uvas	Parte media	14 familias
Pozo natural	Ocote Sur -sector Las Uvas	Parte media	7 familias
Miniacueducto	Jucuapa centro -abastece Jucuapa occidental	Parte media	55 familias
Miniacueducto	Limixto -Las Limas	Parte media	57 familias
Pozo mejorado (excavado a mano)	Jucuapa abajo	Parte baja	14 familias

La demanda social por agua es el elemento de priorización en la subcuenca del río Jucuapa; por ello, las intervenciones de manejo se han extendido hacia las áreas de recarga aparente de las fuentes prioritarias. Estas zonas de recarga aparente están en proceso de delimitación por medio de procesos participativos asociados al empleo de criterios técnicos prácticos y fáciles de medir. En la delimitación se considera el principio de precaución debido a que no se emplean herramientas metodológicas precisas, principalmente por la falta de datos históricos básicos (series meteorológicas) que son un insumo para modelos matemáticos más exactos. Entonces, ante la ausencia de información, lo que se priorice por medio de la combinación del conocimiento local y técnico accesible, es simplemente una aproximación a las áreas reales de recarga hídrica.

Con los resultados obtenidos por Matus (2007), en las mismas ocho fuentes de agua priorizadas por Martínez y Toruño (2006), se logró caracterizar el potencial de recarga hídrica del área inmediatamente circundante a esos puntos. Los principales avances logrados son los siguientes:

- Las zonas identificadas y evaluadas en Nuestra Tierra, El Ocotal y Limixto tienen altas posibilidades de recarga hídrica, por presentar características que favorecen la infiltración del agua en el suelo.
- Las áreas identificadas y evaluadas en Jucuapa Centro, Ocote Sur, Jucuapa Occidental y Jucuapa Abajo tienen una moderada posibilidad de recarga hídrica.
- El balance hídrico climático realizado en la subcuenca a partir de promedios anuales de precipitación y evapotranspiración permitió determinar que en la parte alta y baja es donde existe mayor disponibilidad de agua para recarga hídrica.

Sin embargo, a pesar de que el modelo propuesto por Matus (2007) no incluye la precipitación ni evapotranspiración entre los factores que se suman para obtener el valor del potencial de recarga hídrica, de su aplicación (con la ayuda del programa ArcView) se concluyó que la subcuenca del río Jucuapa presenta buenas características para que ocurra la recarga hídrica: el 80% del área total se ubica en categorías que van de alta a moderada posibilidad de recarga hídrica.

Actualmente se está trabajando en una propuesta de ordenamiento territorial para la subcuenca que retomará los resultados de Matus. Una de las categorías de ordenamiento del territorio sin duda será la protección y conservación de las áreas de recarga hídrica potencial. Los criterios considerados para elegir las áreas de trabajo dentro de la subcuenca del río Jucuapa son los siguientes:

1. Fortalecimiento del ambiente organizativo de las comunidades
2. Conflictos por abastecimiento de agua para consumo humano e irrigación de cultivos
3. Calidad y cantidad de agua para abastecimiento humano proveniente de las fuentes principales
4. La cañicultura en la zona de amortiguamiento del área protegida Cerro Apante (zonas productoras de agua) causa contaminación puntual al río
5. Poco conocimiento sobre manejo agroecológico de los principales cultivos (granos básicos, café y cultivos no tradicionales)
6. Asentamientos humanos en la parte alta de la subcuenca en las comunidades de Nuestra Tierra y La Pintada afectan los recursos naturales

De estos criterios, los tres elementos más importantes que sirven de filtro principal para elegir áreas de intervención en la subcuenca del río Jucuapa se esquematizan en la Figura 7; las áreas de protección seleccionadas en la subcuenca se muestran en la Figura 8.

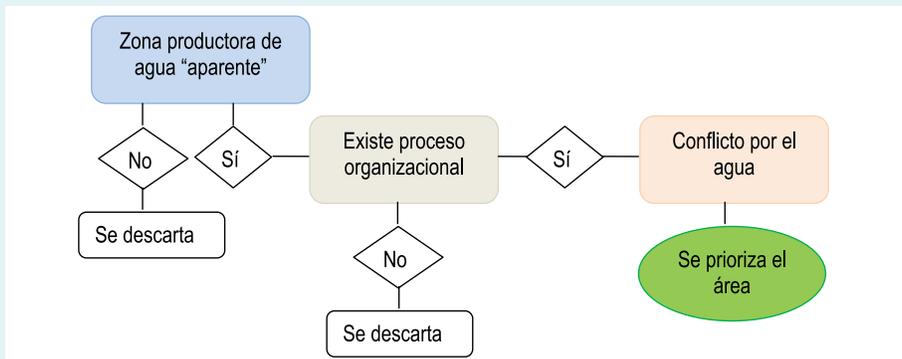


Figura 7. Proceso de selección de áreas de intervención en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua

Subcuenca del río La Soledad, Honduras

En el proceso de definición de acciones que permitan visualizar el manejo de cuenca como resultado de la cogestión en la microcuenca La Soledad, al inicio del Programa Focucenas II se tomó en cuenta el tiempo requerido y el presupuesto necesario. Para la revisión del estado inicial de la microcuenca se contó con información de estudios de investigación que formaron parte de tesis de maestría del CATIE. Así, Rivera (2002) concluyó que la microcuenca La Soledad presenta una vulnerabilidad global alta a inundaciones (62%); al desagregarse ese índice, se encontró que la vulnerabilidad institucional era la más alta como consecuencia de la falta de planes de prevención y coordinación interinstitucional. En segundo lugar de importancia se encontró la vulnerabilidad técnica, la cual requiere atención porque la mayoría de las obras hidráulicas no tienen capacidad para evacuar caudales pico.

Tabora (2002), por su parte, indicó que los servicios ambientales con mayor potencial en la microcuenca para contribuir a la protección de la misma son el agua y la belleza escénica, aunque la primera es la de mayor importancia según los expertos consultados. Por ello, se concluyó que los usuarios deben pagar por el servicio ambiental *“Protección del agua para uso doméstico”*.

Cardona (2003) encontró que en la microcuenca del río La Soledad se evidencia un proceso gradual de deterioro de la calidad del agua debido a las actividades antrópicas que allí se realizan. Incluso, se empieza a dar un proceso de marginalización social en el acceso al agua para consumo humano, no por limitaciones en la cantidad, sino por alteración de la calidad del agua, según se determinó mediante el índice de vulnerabilidad global compuesto por los índices de contaminación agroquímica, contaminación poblacional y vulnerabilidad institucional.

Espinal (2004) afirma que es necesario lograr la convergencia entre diversas instancias para la concertación entre los actores locales e instituciones presentes en la microcuenca. Ello presupone una fuerte limitación para acordar e integrar mecanismos de acción conjunta que faciliten y orienten el manejo sostenible de los recursos naturales.

Además de estos estudios, se revisó el documento de línea base elaborado en la fase puente (Focuenas I y II) y la línea base de la Fundación Vida (ONG que trabaja un diagnóstico del municipio de Valle de Ángeles). Con base en la información recopilada, se perfilaron algunas características particulares de esta cuenca: puesto que el 73% de la población vive en el 23% del área, se trata de una cuenca semi-urbana; la vocación de la microcuenca es la producción de agua, ya que abastece a seis municipios adyacentes. Estas características permitieron identificar el agua para consumo humano como el elemento prioritario para iniciar trabajos en esta microcuenca, pero, dada la limitación en recursos y tiempo, se busca lograr impactos de manejo con inversiones pequeñas.

Una vez definido el eje prioritario de trabajo se convocaron y realizaron reuniones con las juntas de agua para exponer la problemática y la intención de trabajo de Focuenas II. Posteriormente se realizó el inventario de las tomas de agua para el abastecimiento de las zonas rurales (se descartaron las fuentes administradas por el SANAA (Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillado), considerando que estas ya se encuentran correctamente manejadas). En total, se detectaron 22 tomas de agua que son alimentadas por 18 fuentes. Luego se evaluó la calidad y cantidad de agua en cada una de las fuentes. El proceso de priorización de áreas se detalla en la Figura 9.

De las 18 tomas de agua, siete se ubican en la montaña del Carrizal-Parque Nacional La Tigra, la cual es un área protegida bajo declaratoria nacional según el decreto no. 8786. Se firmó un convenio con la administración del parque para que las acciones del Programa Focuenas II fueran validadas y reconocidas; entre esas acciones se contempló el establecimiento de dos contratos vinculantes para evitar la quema dentro del parque y la creación de capacidades de manejo y administración de fondos a nivel local, por intermedio de la Escuela de Campo que funciona en la zona.

Las trece tomas restantes están ubicadas en el “perímetro de protección”; en ellas, las acciones consisten en la delimitación y cercado. Este esquema ofrece la ventaja de poder trabajar en torno a toda el área de las microcuencas abastecedoras de agua; por ejemplo, solo alrededor de dos fuentes de agua se ha protegido una superficie de 4 km. La intervención en el perímetro de protección

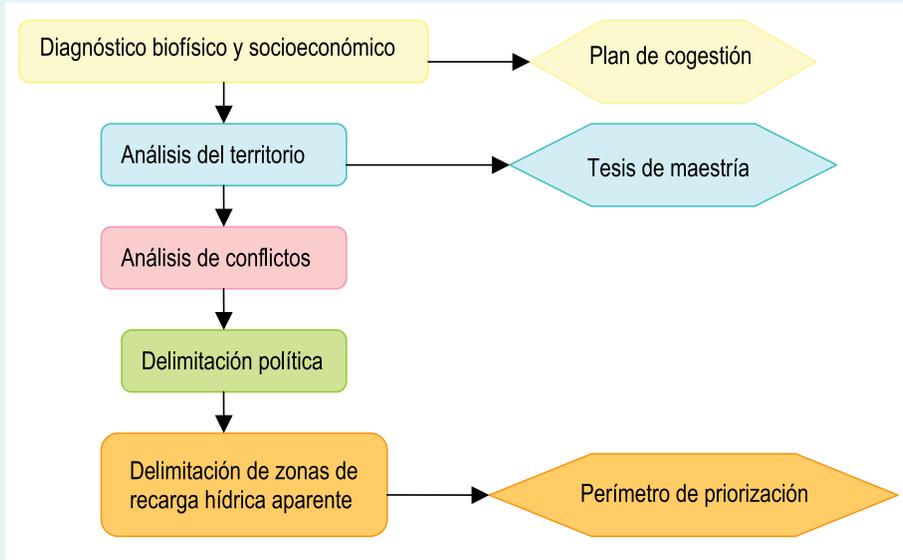


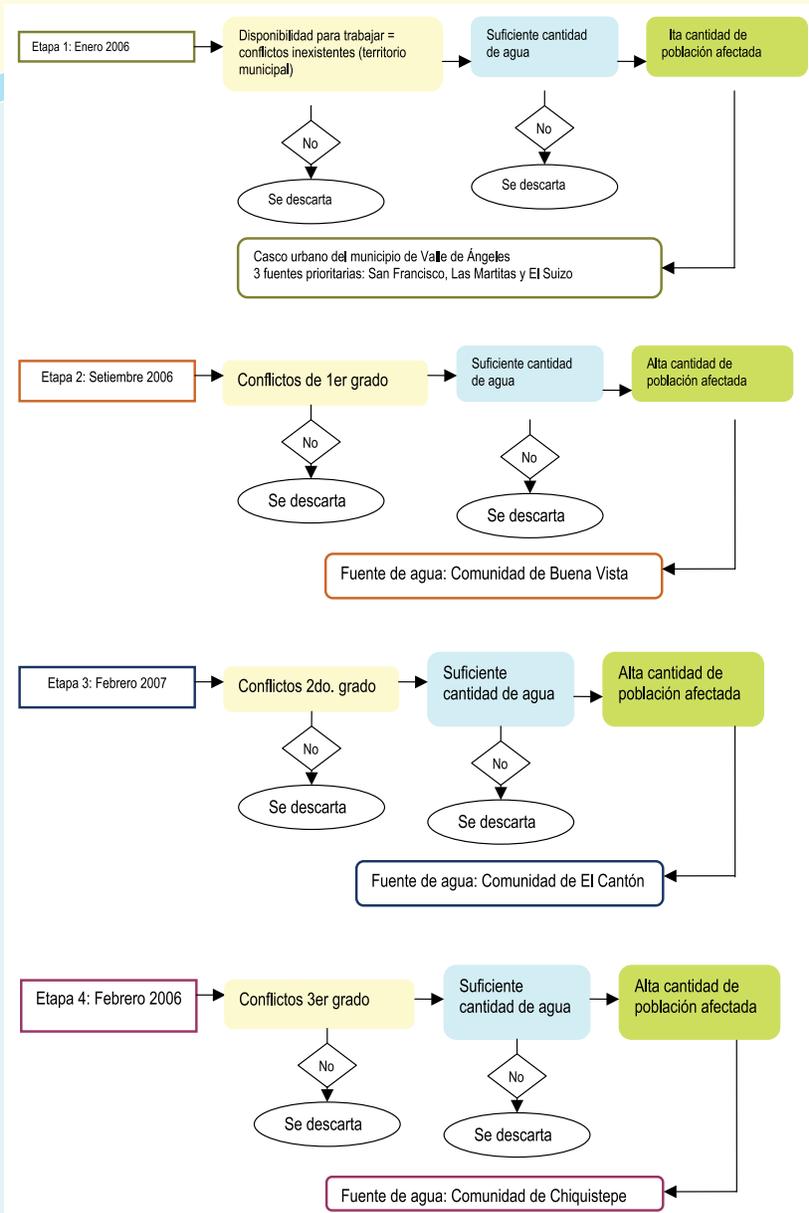
Figura 9. Proceso seguido para la priorización de fuentes de agua en la microcuenca La Soledad, Honduras

se ha realizado por etapas; cada una con un mayor o menor peso en los criterios siguientes: (i) cantidad de población abastecida/afectada, (ii) cantidad de agua y (iii) conflictos en torno al área prioritaria.

En el esquema siguiente se resumen las etapas de intervención en las áreas priorizadas que se ubican dentro del área de recarga hídrica aparente delimitada dentro del perímetro de protección (Figura 10).

Figura 10. Etapas de intervención en el “perímetro de protección” en la microcuenca La Soledad, Honduras ▶

Criterios para priorizar áreas de intervención en cuencas hidrográficas
La experiencia del Programa Focucenas II



El nivel de conflictos finalmente fue el que se llevó el mayor peso entre los criterios de priorización. En una primera etapa se decidió iniciar el trabajo en el casco urbano de Valle de Ángeles para lograr un territorio armonizador e impulsor de la intervención en el campo. En esta área no existían conflictos de ninguna clase dado que los territorios de las fuentes de agua pertenecen al gobierno municipal. En la segunda etapa se empezó a trabajar con las áreas conflictivas, iniciando con las menos conflictivas. En la tercera etapa se abordaron los conflictos de segundo grado y los de tercer grado en la última etapa.

Se entienden por conflictos de primer grado, los celos surgidos entre los pobladores por anteriores intervenciones de otros proyectos. Este es el caso de la fuente de agua que abastece a las aldeas de Carmelo y La Leona (Valle de Ángeles) y al municipio de San Antonio de Oriente. Los conflictos de segundo grado se han dado en áreas cercanas a zonas con problemas de quemas o urbanismo; allí se trató de establecer mediaciones que sirvan de ejemplo para el manejo de este tipo de situaciones. Los conflictos de tercer grado son los más serios, e incluyen una combinación de problemas relacionados con el uso intensivo e inadecuado del suelo (ganadería, deforestación y quema indiscriminada), el uso y derecho por el agua (un propietario invasor se apropió de la fuente y no la comparte) y los derechos de propiedad del terreno donde se ubica la fuente de agua (una persona se adueñó del territorio apelando a “favores y contactos políticos” e irrespetando la propiedad municipal del territorio). Este último caso es el de Chiquistepe, que abastece de agua a las comunidades de Chiquistepe, El Naranjal y a la industria “Azucarera Tres Valles”.

Aparte de estas cuatro etapas de intervención en áreas concretas de la microcuenca, se están considerando otras áreas complementarias en zonas menos conflictivas, según un proceso gradual de cobertura de toda la microcuenca. Estas fuentes de agua corresponden a las comunidades de Guayabo, Bordo Las Martitas, Montana Grande, Cerro Grande y San Juancito. Además, se ha establecido una Caja Rural Central como entidad encargada de monitorear y dar seguimiento a todos los aspectos de intervención en las áreas de trabajo, tanto dentro como fuera del perímetro de priorización. Junto con el Consejo de Cuenca y la Unidad Ambiental Municipal, se determinó que era necesario proteger no solo el perfil de la cuenca (límite), sino que también se debía incluir a los actores que

se encuentran en el parteaguas de ambos lados de la cuenca. Hay una estrecha relación entre la gente que está en la parte baja y alta de la cuenca dentro y fuera del municipio; ejemplo de ello es la empresa azucarera ubicada en el municipio de Canta Ranas, el cual limita con la microcuenca.

El establecimiento de un perímetro de protección de la microcuenca (Figura 11) tiene el objetivo de mostrar a los decisores la localización de las áreas prioritarias (como un todo), con miras a lograr una declaratoria de protección. De esta manera, se busca ampliar el número de áreas bajo régimen especial (áreas protegidas, fuentes de agua y áreas de uso restringido). Según se establece en la nueva Ley Forestal de Honduras, para la declaratoria de "áreas bajo régimen especial" no es necesario reubicar a los pobladores, sino fomentar las condiciones habilitadoras para trabajar mejor con estos actores. Dentro del perímetro de protección definido existen once fuentes donde el trabajo se ha concentrado con mayor fuerza, basándose en la relación costo/beneficio; es decir que la inversión debe beneficiar a la mayor cantidad de personas. Puesto que en esta área se concentra la mayor cantidad de población de la microcuenca, este criterio sirve de gancho para la gente interesada en un sistema de compensaciones, tanto en la microcuenca del río La Soledad como en los territorios vecinos.

Con este abordaje se pretende lograr mayor amplitud y sostenibilidad para el ordenamiento territorial desde el punto de vista legal, de negociación y de participación de los actores interesados/afectados (agricultores a los que se les ofrecen alternativas de uso del suelo). La consideración del agua como eje prioritario de trabajo en la microcuenca se refuerza en el plan de cogestión. Actualmente se cuenta con una línea base de las fuentes de agua en las microcuencas abastecedoras, producto de un inventario resultante de Reyes (2006) y de un segundo monitoreo comparativo realizado por Sosa (2007).

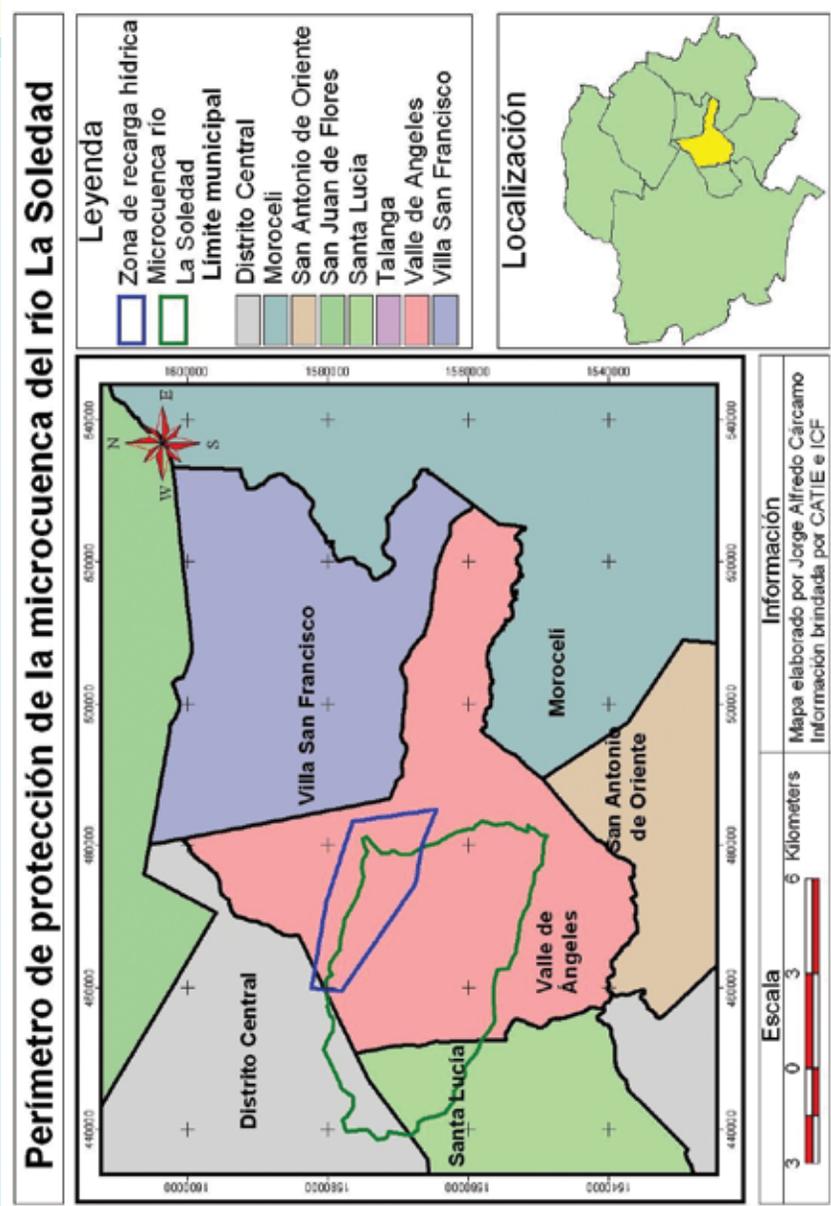


Figura 11. Ubicacin de la microcuenca del ro La Soledad y sus fuentes de agua prioritarias

Subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua

En esta subcuenca, al igual que en las demás, no se realizó una priorización de áreas de intervención *ex ante*, sino que se trató de atacar la problemática ambiental existente y, más específicamente, la relacionada con la calidad y cantidad de agua. A partir del recurso agua, se evaluaron los otros recursos como suelo y bosque, cultivos y mercadeo, agua y organización (considerados como sub-ejes de trabajo). Esto permitió intervenir sobre los problemas principales relacionados con el uso del suelo (áreas vulnerables a la erosión, deforestación y sequía). La producción agropecuaria es un segundo elemento prioritario de gestión, no solo en la subcuenca sino a nivel nacional, con la cual se busca garantizar la seguridad alimentaria de la población. Las condiciones de degradación general de los recursos naturales en Aguas Calientes evidencian el fuerte uso agropecuario que se ha dado a la subcuenca.

En el Plan de Cogestión de la subcuenca del río Aguas Calientes (Gómez 2006) se define el eje principal de la cogestión como *“Producción y conservación de recursos naturales con base en el manejo integrado de los recursos hídricos”*. A partir de ese eje se definieron diferentes temas para ser abordados e implementados como acciones importantes en la subcuenca. Así, más que áreas de intervención a priorizar, se definieron proyectos prioritarios por temas y comunidades. A pesar de haberse establecido una matriz de prioridades, la ejecución de estos proyectos no ha sido totalmente satisfactoria, ni se ha implementado de manera adecuada el plan de cogestión.

Un hecho que afectó la implementación del plan de cogestión y forzó a que se redefinieran las prioridades fue el paso del Huracán Mitch. Esta coyuntura debió atenderse durante la fase puente de Focuenas I a Focuenas II. En esa fase se priorizaron los ejes y problemas a enfrentar y se identificaron soluciones. Junto con los actores que trabajan la temática del agua y los pobladores de la subcuenca, se estableció que el agua para consumo humano y para la producción era el eje central; como sub-ejes se escogieron el bosque y el suelo. A partir de los ejes prioritarios se trató de determinar los problemas más importantes, sus causas y consecuencias.

Posteriormente, con base en las soluciones propuestas se identificaron líneas de proyectos. En la determinación de soluciones se tomaron en cuenta estudios de tesis, como el de Gómez (2003), quien afirma que las diez comunidades ubicadas en la subcuenca presentan alta vulnerabilidad a sequía. Los indicadores biofísicos (intensidad de uso de la tierra, comportamiento de la precipitación y presencia de agua) y algunos de naturaleza socioeconómica (densidad poblacional, ingresos económicos, capacitación a la población e implementación de tecnologías de conservación) son los que más influyen en el nivel de vulnerabilidad. En cuanto al nivel de criticidad, seis comunidades presentaron un nivel muy alto, tres un nivel alto y solamente una comunidad presentó un nivel de criticidad medio.

Castellón (2004), por su parte, informa de 193 pozos excavados o perforados para consumo humano y uso agrícola en la subcuenca Aguas Calientes. La mayoría de ellos se localizan a lo largo del cauce principal. Solamente el 5% de los pozos se encuentran en dos comunidades del municipio de San Lucas, en la parte alta de la subcuenca; el restante 95% se ubican en ocho comunidades pertenecientes al municipio de Somoto. Otros resultados encontrados por el autor son: el volumen de agua para irrigación no corresponde con la demanda real de la planta (maíz y frijol) según el estado fenológico en que esta se encuentre; el balance hídrico y la precipitación excesiva muestran un déficit hídrico (solo mayo y setiembre tienen lluvia por encima de la evapotranspiración); las instituciones que impulsan programas de riego no contemplan capacitación en el manejo del agua; los pozos presentan hasta un 70% de disminución en los niveles estáticos en la época seca; casi dos tercios de los análisis biológicos practicados en las fuentes de agua mostraron recuentos superiores a los umbrales permisibles en agua para consumo humano (71% en pozos excavados, 22% en viviendas y 7% en pozos perforados); el 53% de los sistemas analizados con nitratos están fuera del umbral permisible. El número de pozos encontrados no tiene relación directa con el número de pobladores en las comunidades, sino que está condicionado por la cantidad de agua disponible en el suelo para fines agrícolas y de consumo humano.

Respecto a la cantidad de pozos excavados en la subcuenca, Obando (2005) encontró que realmente existen 264 pozos en la subcuenca: 32 perforados y 232

excavados. Llama la atención el fuerte incremento en la construcción de pozos, lo que probablemente puede ser una respuesta a la disminución del nivel freático. Este autor evaluó mediante el modelo DRASTIC, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA-US 2005), la vulnerabilidad ambiental del recurso hídrico subterráneo de la subcuenca. Como resultado, encontró que los niveles de vulnerabilidad a pesticidas son bajos en el 8,6% del territorio, moderados en el 27,8% y altos en el 10,9%. Esta última zona corresponde a las comunidades de Agua Caliente y la parte baja de Santa Rosa.

Todos los estudios mencionados sirvieron para guiar las acciones y lineamientos del plan de cogestión. En el 2004, durante la fase puente se había identificado la necesidad de promover la reforestación y regeneración natural en la parte alta de la subcuenca, lo cual implicó el redireccionamiento de algunos proyectos específicos para cubrir esa necesidad. A través de uno de los proyectos de investigación-acción se caracterizaron las fuentes de agua según el nivel de importancia de pozos considerando tres criterios básicos: (i) cantidad de usuarios y disponibilidad de agua todo el año, (ii) infraestructura y (iii) vulnerabilidad a la contaminación. Además, se consideró el nivel de organización, el cual inclinó la balanza a la hora de ejecutar el componente de protección de fuentes de agua. El factor participación y capacidades locales implica que quienes tienden a organizarse actúan movidos por sus necesidades. Así, por ejemplo, en la parte alta de la subcuenca es más fácil para las instituciones ejecutar proyectos porque los niveles de organización son mayores y sus condiciones de vida más precarias.

En cuanto a las fuentes de agua, se priorizaron las que tenían más problemas; para ello se realizó el diagnóstico de la subcuenca como parte del plan de cogestión. En este ejercicio se recogió información de las instituciones claves y sus mandatos; se identificaron las acciones que corresponderían a cada institución como parte del plan cogestión y se identificó el problema prioritario en cada comunidad. Por ejemplo, en la parte alta se consideró que existía un mal manejo del recurso bosque; en consecuencia, se buscó atacar la deforestación para proteger las fuentes de agua. En la parte baja se priorizó la protección del recurso hídrico con un enfoque productivo y se establecieron viveros que abastecieran el recurso vegetal necesario para la reforestación en la parte alta.

De manera general, el problema priorizado en todas las comunidades fue el manejo adecuado de los recursos agua, suelo y bosques, lo cual refleja el problema agropecuario sentido. En consecuencia, el INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria) se une al plan de cogestión para conducir acciones agropecuarias con enfoque de cuencas –p.e. producción de frijoles con prácticas conservacionistas. En el año 2006, como parte de la definición del recurso hídrico como eje central de trabajo en la subcuenca se realizó una caracterización y priorización de fuentes de agua para consumo humano con el objetivo de monitorear la calidad de la misma. Estas fuentes fueron seleccionadas a través de criterios tales como la importancia de la fuente para la comunidad, número de familias que se abastecen, tipo, manejo y equipamiento de las fuentes. El primer monitoreo fue realizado en los meses de mayo y junio 2006 en 57 pozos de las diez comunidades (Cuadro 7).

Cuadro 7. Pozos seleccionados para el monitoreo de la calidad del agua en la subcuenca Aguas Calientes

Parte de la cuenca	Comunidad	Número de pozos
Alta	El Volcán	5
	El Porcal	5
	Rodeo No. 2	4
Media	Unile	10
	Mansico	5
	Quebrada de Agua	6
Baja	Santa Rosa	10
	Agua Caliente	3
	Santa Isabel	10

Fuente: Programa Focuenas II (2006).

En la subcuenca del río Aguas Calientes se manejaron los ejes principales del plan de cogestión para identificar e intervenir áreas específicas donde se atacaron los problemas de manera general, pero con cierto énfasis por estrato según sus particularidades. En la parte alta se enfatizó el tema de cantidad de agua y se favorecieron acciones no solo en el área de la fuente sino en todo el estrato.

Por ejemplo, la producción de frijoles es uno de los causantes de deforestación; entonces, se buscó el cambio hacia otro cultivo que tolere menos cantidades de agua, y se implementaron prácticas de conservación de suelo y agua. Además, se introdujo la reforestación y regeneración paulatina con rubros de interés para los productores (frutales y leña); la producción de plántulas, sin embargo, se estableció en la parte baja dada su mayor disponibilidad de agua.

En la parte baja de la subcuenca el abordaje no ha dado los resultados esperados ya que los sistemas productivos no han sido modificados; todavía se da la producción intensiva de hortalizas con agroquímicos en la zona de acuíferos principales. La falta de organización comunitaria hace que no se enfrente el problema de manera apropiada. En la parte media la prioridad es la calidad del agua porque se encontró un alto grado de contaminación por mal manejo. Aquí se insiste en la sensibilización, educación para el uso, manejo y protección de las fuentes en todos los niveles (pobladores e instituciones) para cambiar la actitud de actores locales e institucionales. Asimismo, se debe frenar la proliferación de pozos y fomentar la ejecución de estudios orientadores sobre el recurso hídrico subterráneo.

En la subcuenca del río Aguas Calientes se buscó incidir, por medio del plan de cogestión, en las instituciones que atienden a los productores y mejorar el enfoque de su mandato con la integración del enfoque de cuencas. Se establecieron dos premisas principales: (i) el enfoque de cuencas y la cogestión en las instituciones de mayor incidencia lograría llegar a toda la subcuenca en general y (ii) el pequeño tamaño relativo de la subcuenca permite incidir en toda el área de manera simultánea. Como consecuencia de estas dos premisas no fue necesario seleccionar áreas de intervención. En el 2007 se evidenció la necesidad de proteger las áreas de recarga hídrica aparente en la subcuenca, así como definir territorios críticos (fuentes de agua, ribera de los ríos). Se ha puesto el énfasis en la protección de la parte alta (Área Protegida de la Montaña Tepesomoto – Paraste), la cual posiblemente sea la mayor área de recarga hídrica en la subcuenca. El trabajo aun está en proceso, aunque ya se tienen resultados preliminares con las investigaciones de Domínguez (2008) y Aroca et ál. (2008).

De acuerdo con Domínguez (2008), la mayor parte de la recarga hídrica “teórica” se da en la parte alta de la subcuenca con una lámina de agua calculada de 300

a 892 mm/año, básicamente dentro de la zona protegida. Esos niveles de recarga indican que la zona se ubica en una categoría de capacidad de infiltración media. En este sentido, la cobertura o uso adecuado de los suelos donde se da la mayor parte de la recarga (zona protegida de vocación forestal) es importante para la conservación del ciclo de la recarga hídrica. Un análisis del uso actual de los suelos en la zona protegida indica que el 66% posee cobertura boscosa y el 34%, actividades agropecuarias.

En el estudio de Aroca et ál. (2008) se informa de la ubicación y georreferenciación de los principales pozos de la subcuenca, así como del nivel piezométrico de los mismos según la dirección del flujo subterráneo. Dichas determinaciones se basaron en la lógica utilizada para la perforación de pozos, la observación y el conocimiento de los habitantes de las comunidades (Anexo 4). Se identificaron así nueve zonas potenciales de recarga hídrica. Las zonas de recarga hídrica potencial identificadas se detallan en el Cuadro 8; en la Figura 12 se muestra la ubicación de las mismas.

Cuadro 8. Zonas de recarga hídrica potencial identificadas en la subcuenca del río Aguas Calientes

Zona de recarga	Comunidad	Área
Peña Arriba	Agua Caliente	12 mz (8,4 ha)
Unile	Unile	12 mz (8,4 ha)
Santa Isabel	Santa Isabel	4,75 mz (3,3 ha)
Rodeo	Rodeo	5 mz (3,5 ha)
Quebrada de Agua	Quebrada de Agua	4 mz (2,8 ha)
Mancico	Los Terreros	2 mz (1,4 ha)
Porcal	Zona 1-2	10-12 mz (7-8,4 ha)
Volcán	Volcán	10 mz (7 ha)
Santa Rosa	Santa Rosa	8 mz (5,6 ha)

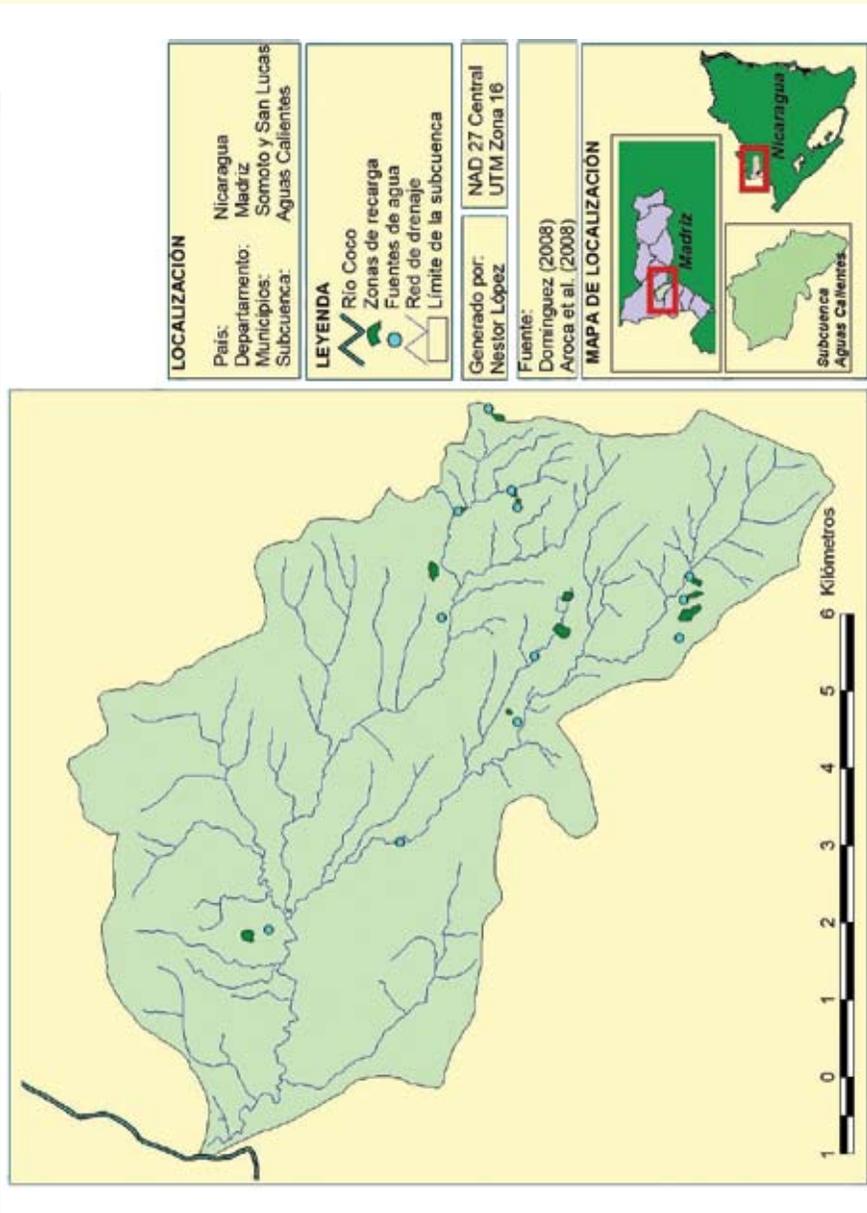


Figura 12. Ubicación de la subcuenca del río Aguas Calientes y zonas prioritarias

Conclusiones

1. El enfoque de la cogestión de cuencas hidrográficas impulsado por el Programa Focucenas II buscó obviar la priorización *ex ante* de áreas de intervención en cuencas hidrográficas. Sin embargo, la dispersión de actividades y las particularidades de cada subcuenca laboratorio determinaron la necesidad de enfocarse en el agua como recurso integrador y como eje común de trabajo dentro de cada subcuenca.
2. Se pudo corroborar el valor de la cogestión como enfoque que permita la intervención simultánea en diferentes áreas y temas. Esto fue más evidente en dos de las cuatro subcuencas laboratorio del Programa: la microcuenca del río La Soledad, Honduras y la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua.
3. El tamaño relativamente manejable de la subcuenca, el estatus generalizado de tenencia de dominio pleno de la mayoría de las tierras (La Soledad) y el esfuerzo de seguimiento del plan de cogestión como herramienta de intervención por áreas y temas (Aguas Calientes) incidieron en el buen resultado anterior.
4. Las condiciones particulares de las subcuencas Copán y Jucuapa hicieron necesaria la priorización de áreas como parte del proceso de cogestión adaptativa.
5. En Copán, esta situación se debió al tamaño grande de la subcuenca y a la existencia de la MANCORSARIC, y específicamente de la MESAP (Mesa Sectorial de Ambiente y Producción), como plataforma de concertación entre cuatro municipios.
6. En Jucuapa, la situación de priorización respondió al grave problema de disponibilidad de agua para consumo humano y contaminación del recurso. Al ser esta una situación generalizada en la subcuenca, se decidió atender las fuentes con mayor incidencia en la distribución para uso humano.
7. A pesar de sus particularidades, todas las cuencas laboratorio consideraron el agua para uso humano como eje de trabajo; a partir de allí, cada una puso un énfasis particular, según la vocación de uso y posibilidades de cada subcuenca (agua + producción agrícola en Aguas Calientes y Jucuapa, agua para uso humano en La Soledad, agua+uso agrícola+uso pecuario, y últimamente, +desarrollo económico local en Copán).
8. Este denominador común implicó, en todos los casos, un ejercicio de caracterización de fuentes de agua y el desarrollo de ciertos criterios de selección (en algunos casos desarrollados con más detalle que en otros), pero sin que

esto necesariamente signifique el descarte completo de las fuentes no seleccionadas en una primera instancia, ya que con el enfoque de cogestión se pretende incidir en las subcuencas como un todo de la manera más simultánea posible.

Literatura citada

- Aroca, D; Izaguirre, J; Zelaya, F. 2008. Identificación, demarcación y manejo de zonas de recarga hídrica en la subcuenca Aguas Calientes. Somoto, NI. Comité de Cuenca Bimunicipal Aguas Calientes Somoto-San Lucas. Documento borrador. 23 p.
- Baltodano, M. 2005. Valoración económica de la oferta del servicio ambiental hídrico en las subcuencas de los ríos Jucuapa y Cálico, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 116 p.
- Cardona, A. 2003. Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 195 p.
- Castellón, N. 2004. Análisis socioambiental del uso y manejo del agua en la subcuenca Aguas Calientes, Somoto, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 174 p.
- Córdoba, A. 2002. Calidad del agua y su relación con los usos actuales en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 158 p.
- Domínguez, S. 2008. Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 174 p.
- EPA-US. 2005. Handbook for developing watershed plans to restore and protect our waters. United States Environmental Agency-EPA, Washington. DC, USA.. 340 p.
- Espinal, B. 2004. Institucionalidad y legislación en el manejo de los recursos naturales con énfasis en el recurso hídrico de la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 149 p.
- Faustino, J. 1986. Metodología para priorización de cuencas, subcuencas y microcuencas en conservación de suelos y aguas. In Seminario taller "Metodologías de priorización de cuencas" [Ciudad de Panamá. PN. 13 - 16 May 1986] Proyecto Regional de Manejo de Cuencas / CATIE. p 35-44.
- Gómez, S. 2003. Análisis de vulnerabilidad con énfasis en sequía en la subcuenca del río Aguas Calientes, Somoto, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 78 p.
- _____. 2006. Plan de Cogestión subcuenca Aguas Calientes Somoto-San Lucas. Versión Ejecutiva. Somoto, NI. CATIE-Focuencas II. 24 p.
- Hincapié, J; Lema, A. s.f. Determinación espacial de áreas de importancia estratégica de microcuencas abastecedoras de acueductos veredales del municipio de Medellín. Medellín, CO, Escuela de Postgrado en Gestión Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. 29 p.
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). 2002. Criterios y parámetros para la clasificación y priorización con fines de ordenación de cuencas hidrográficas en Colombia. Bogotá, CO, IDEAM. 8 p.

- IDEM (Indiana Department of Environmental Management). 2003. Indiana watershed planning guide. Indiana, US, USDA Natural Resource Conservation Service. 110 p.
- Latham, K. 2008. Evaluación y priorización de las microcuencas abastecedoras de agua para consumo humano en el municipio de Copán Ruinas, Honduras: Una propuesta metodológica. Copán, HN. Colorado State University-CATIE-Peace Corps. 55 p.
- Martínez, A; Toruño, I. 2006. Plan de protección para fuentes de agua de consumo humano, subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Ing. Agr. Matagalpa, NI, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 207 p.
- Matus, O. 2007. Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 247 p.
- Morales, C; Apacilla, R; Alfaro, J. 1996. Priorización de subcuencas y microcuencas. In Metodología para la elaboración de planes maestros de cuencas. Lima, PE, IPROGA (Instituto de Promoción para la Gestión del Agua). p 71-75.
- Obando, F. 2005. Situación del recurso hídrico subterráneo de la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 132 p.
- Posner, J; Bussink, C; Hijmans, R; Delgado, R; Willer, H; Zorogastúa, P; De la Cruz, J. 2002. Priorizando áreas para la conservación de suelos en la microcuenca La Encañada. Lima, PE, Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN). Documento de trabajo. 37 p.
- Programa Focucuenas II. 2006. Monitoreo de calidad de agua, Subcuenca Aguas Calientes. Somoto-San Lucas. Documento borrador. Somoto, NI. 14 p. 2006
- Reyes, K. 2006. Análisis del estado de las fuentes de agua para consumo humano y funcionamiento de los acueductos rurales en la cuenca del río La Soledad, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 242 p.
- Richters, E. 1986. Clasificación y priorización de cuencas hidrográficas: un concepto general. In Seminario taller "Metodologías de priorización de cuencas" [Ciudad de Panamá. PN. 13 - 16 May 1986] Proyecto Regional de Manejo de Cuencas / CATIE. p 108-124.
- Rivera, L. 2002. Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 176 p.
- Ruiz, I. 1986. Metodología para la determinación de prioridades en cuencas hidrográficas en Venezuela. In Seminario taller "Metodologías de priorización de cuencas" [Ciudad de Panamá. PN. 13 - 16 May 1986] Proyecto Regional de Manejo de Cuencas / CATIE. p 125-131.

- Sosa, G. 2007. Componente de la gestión del agua para consumo humano en el Municipio de Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 174 p.
- Tabora, F. 2002. Desarrollo de un modelo de fondo ambiental para el manejo y conservación de los recursos naturales de una microcuenca de Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 142 p.

Anexo 1. Ficha de identificación de microcuencas abastecedoras de agua en la subcuenca del río Copan, Honduras

Parte 1: Sistema de agua

ASPECTOS GENERALES				
Nombre de la microcuenca/fuente				
Municipio (s) con jurisdicción		De fuente:		De comunidad:
Comunidad abastecida	No. viviendas	No. con agua	No. con letrina	Apoyo institucional
Nombre de informante				
SISTEMA DE AGUA				
¿Quién construyó el sistema?		Año		
Presidente de la junta de agua		Contacto (teléfono):		
Tarifa actual		¿Cantidad en el banco?		
Calidad de agua en la casa				
Tratamiento (¿cloro, desarenador, otro?)		¿Tanque propio? ¿Para cuántas comunidades?		
Problemas en el verano				
Frecuencia de servicio	Siempre	Cada 2/3 días	Cada semana	Menos
FUENTE				
Nombre sitio de la obra toma		Longitud (X)		Latitud (Y)
Tipo de fuente (naciente/ quebrada/ río/pozo)				
Propietario de la fuente				
Cercado de la obra toma				
Calidad de agua de la fuente				
Caudal (tiempo para llenar 5 galones)		1) ___ seg 2) ___ seg 3) ___ seg		En verano: ___gal/min
OBSERVACIONES GENERALES (incluye conflictos y aspectos sociales)				

Parte 2: Cobertura vegetal y percepción local

MICROCUCIENCA			
Comunidades abastecidas			
Altitud mínima obra toma (msnm):		Altitud máxima (msnm):	
Dueños de microcuenca			
Uso del terreno			
Uso del terreno	Porcentaje	Describir el uso de prácticas de conservación y otras observaciones relevantes	
Maíz			
Frijoles			
Café (con o sin árboles)			
Pastoreo			
Pino			
Latifoliadas			
Mixto (pino y latifoliadas)			
Otro			
Percepción del estado de la microcuenca			
Observación	Sí	No	Detalles adicionales (indique si la observación es personal o de miembros de la comunidad)
Conocimiento de los límites			
Deforestación			
Erosión/derrumbes			
Incendios			
Plagas			
Ganado arriba de obra toma			
Contaminación (bacteriológica, agroquímicos, etc.)			
Viviendas			
Letrinas			
Acciones de protección	Sí	No	Detalles y observaciones
Comité de protección microcuenca			
Plan de acción/protección/manejo			
Demarcación física			
Normativa legal/acuerdos municipales u otros			
Observaciones adicionales acerca de la microcuenca			

Anexo 2. Ponderaciones para los factores de caracterización y análisis de las microcuencas abastecedoras de agua en el municipio de Copán Ruinas, Honduras

Ponderación de pendiente

Pendiente (%)	Ponderación
10	1,3
20	3,2
30	5,1
40	6,8
50	8,3
60	9,7
70	11,6
80	13,3

Fuente: Renard 2007, citado por Latham (2008)

Nota: Las ponderaciones de pendiente de 70 y 80 están extrapoladas de los datos de EUPS

Ponderación de cobertura de la tierra

Cobertura de la tierra	Ponderación
Bosque	0,001
Regeneración	0,005
Café (con sombra)	0,01
Pastoreo	0,05
Frijol/maíz	0,1

Ponderación del factor de deforestación

Deforestación activa	Ponderación
No hay	0
Tala de bosque	2
Incendios	5

Ponderación del factor de ganado

Criterio	Valor
No hay	0
Mayor que 250 m de la obra; toma sin acceso a curso de agua	1
Mayor que 50 m de la obra; toma sin acceso a curso de agua	2
Menor que 50 m de la obra o con acceso a curso de agua	5
Igual o mayor que 50% de la cobertura es pastoreo	+3

Ponderación del factor de agroquímicos

Criterio	Valor
No hay	0
Mayor que 250 m de la obra toma	1
Mayor que 50 m de la obra toma	2
Menor que 50 m de la obra toma o por el curso de agua sin amortiguamiento	5
Igual o mayor que 50% de la cobertura es cultivos (maíz, frijol, o café)	+3

Ponderación del factor de vivienda

Criterio	Valor
No hay	0
Mayor que 250 m de la obra toma	1
Menor que 250 m de la obra toma	2
Menor que 50 m de la obra toma o varias casas de una comunidad dentro de la microcuenca	5

Ponderación del factor de caminos o calles

Criterio	Valor
No hay	0
Hay pero no cruzan la corriente de agua	1
Camino que cruza la corriente de agua dentro de 250 m de la obra toma	2
Calle que cruza el curso de agua	5

Anexo 3. Ejemplo de ficha utilizada en el levantamiento de las zonas de recargas hídricas en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua

Nombre de la zona: QUEBRADA DE AGUA

Fecha: 04 -09-2007

Participantes: equipo técnico comité de cuenca de Mancico, propietarios

Área de la zona de recarga: 4 mz; Comunidad: Quebrada de agua

Tipo de suelo: arenoso: x arcilloso: x, franco: x

Tipo de vegetación: latifoliada: x

Secundarios: x

Vegetación predominante: Rala: x, aproximadamente un 15%

Especies de árboles predominantes: Quebracho, biliguiste, amaguito, madreál, coyote

Altitud -----

Uso actual en el área de recarga: cultivos GB: x Forestales: x en menor escala

Prácticas de cultivos: monocultivo--x--, se realiza limpieza del área o desmalezado

Actividades silviculturales: poda -----, raleo -----, rondas ----- otros--x----

Tipo de pastura: Ninguna: ---x---

Tipo de prácticas de siembra: espeque

Tenencia de la tierra en el área: privada---x---; los dueños son tres, sin embargo no poseen escrituras

Topografía: irregular---x--- con intervalos de 5: aproximadamente de 30-35 %

Prácticas de conservación de suelos: BV-----x-----

Distancia en m de la población circundante: de 200-300

Continúa

Incidencia en % de instituciones en el área: ----20%---- tipos de acciones: infraestructura del pozo por parte del MCN, reforestación con la alcaldía

Vía de acceso al área: permanente: ----x----

Posibles riesgos y vulnerabilidad:

Derrumbe

Erosión

Deslave

Contaminación

Sedimentación

Recomendaciones al dueño sobre el área y compromiso

- 1) Reforestación en la parte alta con implementación de bosquetes energéticos o forestales
- 2) Parte media implementación de granos básicos con sistemas agroforestales combinados con obras de conservación
- 3) Parte baja alrededor de la fuente café agroecológico (3/4 mz)

Nota: alrededor de la fuente está reforestado en un 80% (en su mayoría la especie predominante es granadillo)

Participantes:

Jairo Izaguirre

David Aroca

Melvin López

Santos Primitivo Pérez

