



Proyecto UNA/TROCAIRE

**Fortalecimiento de capacidades de técnicos de entidades socias
TROCAIRE y actores locales de las micro cuencas Orocuina, Las Jaguas, El
Espinal y el municipio La Conquista, en implementación de acciones de
ordenamiento territorial y gestión del riesgo**

Plan de manejo y conservación de zonas con potencial de recarga hídrica, micro cuenca Las Jaguas, Ciudad Antigua.



Elaborado por:

Justo E. Castro Brenes (UNA)

Con la colaboración de:

Bismark López (IPADE-Riesgo)

César Aguirre J. (UNA)

Diciembre, 2011

LA SITUACIÓN

La micro cuenca de la Quebrada Las Jaguas está ubicada en la zona central del municipio Ciudad Antigua - Nueva Segovia, aproximadamente a 2 km de la cabecera municipal. En este territorio se encuentran ubicadas las comunidades Las Jaguas y Ramos, ambas pertenecientes a la Micro Región No. 1 del municipio. Se caracteriza por su relieve accidentado con fuertes pendientes, alta incidencia de pobreza, baja densidad de población, con bosques latifoliados con bajo valor comercial, actividad productiva centrada en cultivos de subsistencia (maíz y frijol) y en menor proporción café y caña de azúcar, con recursos hídricos superficiales contaminados, poca presencia e institucional, pero que cuenta con un buen nivel organizativo de sus habitantes (Canales, et al. 2011).

Este territorio presenta diversos problemas que obstaculizan el desarrollo humano, entre los cuales se destacan la erosión de los suelos, contaminación del agua, pobreza, explotación forestal para leña y carbón, incendios forestales, sequía, entre otros. En este contexto, es imperante la aplicación de instrumentos de planificación y ordenamiento del territorio, que faciliten la implementación de medidas de uso de suelos, buenas prácticas productivas y protección ambiental (Canales, et al. 2011).

El manejo integrado de las cuencas ha sido uno de los enfoques propuestos para atender la situación. Pero, la experiencia demuestra que los impactos logrados son de reducida magnitud, debido a factores tales como la falta de una dinámica local propia de sus actores que incentive el manejo de cuencas, así como la falta de focalización o priorización de áreas para realizar las acciones.

El agua es un eje integrador en una cuenca hidrográfica, entre las personas que habitan y realizan sus actividades productivas en las partes altas de las mismas (donde nacen quebradas y ríos) hasta los usuarios en las partes medias y bajas. El agua se mueve en espacios permeables y semipermeables del suelo que se pueden delimitar por sus funciones hidrológicas, la generación de efluentes y sus cauces. Tomando en cuenta las características económicas y sociales de los territorios, se denominan como “zonas de recarga hídrica”, aquellas áreas donde se alimentan las fuentes de agua; que por lo general son zonas de precipitación e infiltración de agua y zonas ribereñas.

EL PROBLEMA

Para que los sistemas de recarga sigan cumpliendo la función de captación de agua, es necesario preservar las condiciones apropiadas del sistema. Algunos de los requisitos que deben cumplir las zonas de recarga son disponer de agua proveniente de lluvia abundante para infiltrar (cantidad e intensidad), suelos y rocas permeables en la superficie del terreno, fracturas, fallas y grietas para facilitar la infiltración y la percolación profunda, así como la comunicación hidráulica con los canales y mantos acuíferos, cobertura vegetal y uso adecuado del suelo.

En la actualidad, la preservación de las condiciones antes mencionadas no se están dando completamente en la micro cuenca, debido a la deforestación, incendios forestales, quemas post-cosecha, erosión de suelos, entre otros, que afectan la infiltración y percolación profunda del agua en las zonas de recarga. Estos problemas causan una merma en la disponibilidad de agua para todos los usuarios.

LA INTERVENCIÓN

La micro cuenca Las Jaguas es una de las áreas de intervención de IPADE-Riesgos y del proyecto UNA/TROCAIRE. Entre las actividades del proyecto se encuentra el abordaje de la disponibilidad de agua mediante la identificación, delimitación y manejo de las zonas potenciales de recarga hídrica de los sistemas para consumo humano. Aunque existen más de cinco fuentes de agua para consumo humano, se decidió trabajar con dos fuentes de agua en una primera etapa, por ser éstas las más utilizadas por los habitantes de las comunidades Ramos y Las Jaguas. Se adoptó una estrategia de trabajo participativa que busca concientizar y sensibilizar a los comunitarios para mejorar el uso del suelo y de esta manera garantizar la recarga de agua. Asimismo, enfocar el trabajo en la zona que alimenta directamente a las fuentes de agua.

CONCEPTOS Y METODOLOGIAS DE INTERVENCIÓN

¿Qué es una fuente de agua?

La creciente disminución de fuentes de agua de calidad para los diferentes usos (consumo humano, riego, etc.) resalta la importancia de la conservación del agua además de la del suelo. Debido a la estrecha relación entre suelos y cantidad y calidad del agua se justifica que el uso, manejo y conservación de suelos y recursos hídricos se enfoque en forma integrada (Pla Sentís, 2005).

En general, una fuente de agua es todo cuerpo de agua superficial (quebrada, río, laguna, lago) y subterráneo (acuífero, pozo), disponible o potencialmente disponible para poderla utilizar en cantidad suficiente y de calidad aceptable, en un emplazamiento determinado y durante un período de tiempo adecuado para satisfacer una demanda identificable (UNESCO y OMM, 1998).

Una fuente, manantial, ojo de agua o nacimiento, es el afloramiento natural del agua de la capa freática en un punto de la superficie del terreno (Figura 1).

Se pueden distinguir por lo menos dos modalidades de fuentes de agua:

- ◆ Fuentes permanentes, que mantienen un cierto caudal durante todo el año, y
- ◆ Fuentes temporales, que se secan durante el verano o en parte de él.

Las fuentes permanentes están conectadas a venas más profundas de la capa freática o a bolsones subterráneos de agua existentes en muchos substratos y, por lo tanto, sus caudales no se ven muy afectados por el período seco.

Las fuentes temporales son afloramientos de venas más superficiales y se secan cuando la tabla de humedad de saturación empieza a bajar durante el verano. Desde el punto de vista del aprovechamiento, las fuentes permanentes presentan mayor potencial, tanto para el consumo humano como para las actividades de producción (agricultura bajo riego, producción animal, ecoturismo, etc.).

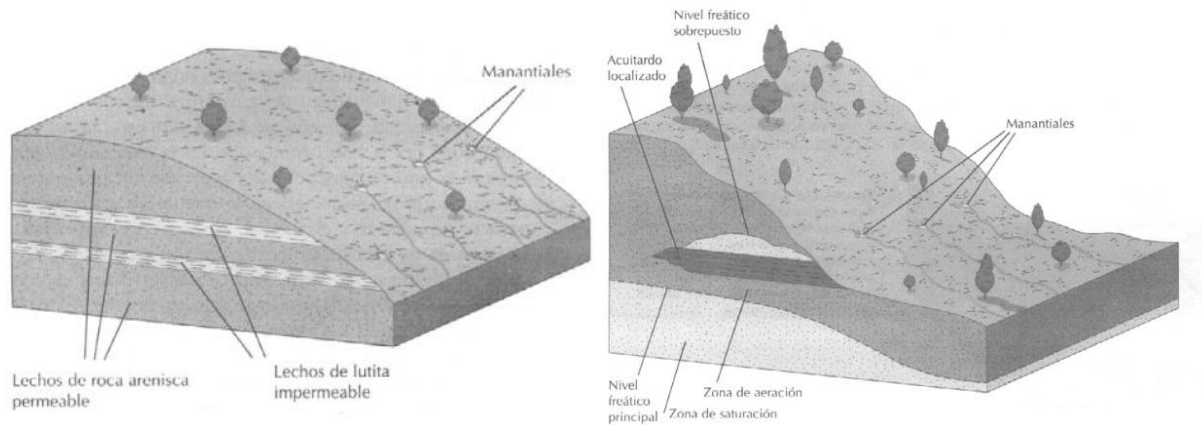
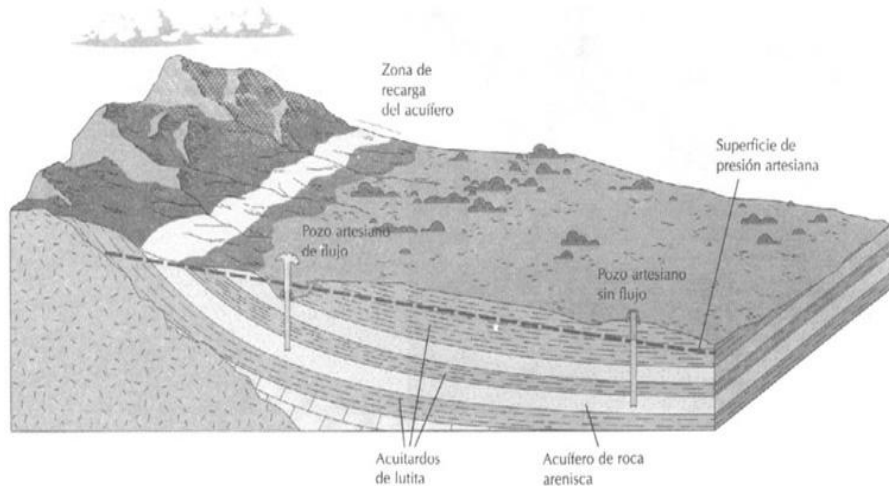


Figura 1. Los manantiales se forman cuando el movimiento lateral del agua subterránea intercepta la superficie terrestre (Fundamentos de Hidrogeología, 2006)

¿Cuál es la zona de recarga hídrica?

La recarga es el proceso por el cual se incorpora a un acuífero agua procedente del exterior del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (la más importante) y de las aguas superficiales (importantes en climas poco lluviosos), hasta la transferencia de agua desde otro acuífero, si los mismos son externos al acuífero o sistema acuífero en consideración (Custodio, 1998). Las áreas de recarga de los acuíferos pueden o no estar a grandes distancias de donde son explotados (Losilla, 1986). Las áreas de recarga de los acuíferos pueden o no estar a grandes distancias de donde son explotados (Losilla 1986).

Figura 2. Un sistema artésiano debe tener un acuífero confinado arriba y abajo por acuitardos; el acuífero debe estar expuesto a la superficie y debe haber suficiente precipitación para que se recargue la zona y se mantenga lleno tal depósito (Fundamentos de Hidrogeología, 2006)



Los fenómenos más importantes concernientes a los acuíferos desde el punto de vista de la hidrología, son la recarga y descarga de ellos. Normalmente, los acuíferos se van recargando de forma natural con la precipitación que se infiltra en el suelo y en las rocas. En el ciclo hidrológico normal el agua suele entrar al acuífero en las llamadas zonas de recarga, atraviesa muy lentamente el manto freático y acaba saliendo por las zonas de descarga, formando manantiales y fuentes que devuelven el agua a la superficie (Faustino, 2006).

Cuadro 1. Efecto de la actividad antrópica sobre los acuíferos.

Actividades	Implicaciones en el acuífero
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor explotación de las aguas subterráneas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Descenso del nivel de agua. • Mejoramiento del drenaje en tierras bajas (control de inundaciones). • Aumento en costos de bombeo. • Intrusión de aguas salinas en zonas costeras (degradación). • Disminución de descargas naturales (manantiales, flujos base).
<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilización de suelos (en zonas de recarga). • Deforestación (compactación de los suelos por lluvia y erosión por mayor escorrentía superficial). • Construcciones (urbanizaciones, carreteras). 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor recarga (menor potencial de los acuíferos, aumento de la escorrentía superficial y erosión en zonas de recarga).
<ul style="list-style-type: none"> • Intensificación de actividades humanas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de agua y suelo.

Fuente: Losilla, 1986

Elaboración de planes de manejo y conservación de áreas de recarga

El diagnóstico que sirvió de base para la elaboración del Plan de Ordenamiento de la micro cuenca Las Jaguas, refleja problemas de déficit de agua para diferentes usos, debido a la disminución de la capacidad de recarga de los acuíferos y por ende el flujo subsuperficial que alimentan las fuentes de agua; por tanto es necesario proponer medidas que aseguren la sostenibilidad de los recursos hídricos.

La actividad de elaboración de planes de manejo de áreas de recarga hídrica, pretende fortalecer las capacidades de los técnicos de entidades socias TROCAIRE, miembros de los Comité de Agua y líderes comunitarios.

Esta actividad se realizó mediante procesos participativos, que incluyó el desarrollo de talleres y el acompañamiento de campo de pobladores y técnicos, aspectos clave ya que fueron espacios de identificación, interpretación y análisis del funcionamiento hídrico de la micro cuenca.

Se trabajó en dos fuentes de agua seleccionadas: el pozo ubicado en la finca de Hilario Quintero y el pozo comunal de Ramos, ya que cumplen con los criterios de abastecer a más del 50 % de la población cercana y ser fuente subsuperficial. Para efectuar esta actividad se realizaron los siguientes talleres:

Taller práctico 1: Taller de capacitación con actores involucrados; identificación de fuentes de agua y primer acercamiento a las ZPRH a partir del conocimiento local.

Taller práctico 2: Análisis y evaluación de las ZPRH en base a los conocimientos adquiridos. Determinación de las ZPRH en fincas donde se ubican estas zonas.

Identificación y caracterización de fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica (ZPRH)

Evaluación de los parámetros en las áreas identificadas por los comunitarios

Pendiente

El cálculo de la pendiente se realizó mediante el método de la cuerda-nivel, obteniendo los resultados que se presentan en el cuadro 2

Cuadro 2. Pendientes de las ZPRH

Sitio	Micro relieve	Pendiente (%)	Ponderación
Hilario Quintero	Ondulado /convexo	15 - 30	3
Ramos	Ondulado / convexo	25 - 32	3

Tipo de Suelo

Para el evaluar el tipo de suelo en función de la capacidad de recarga, se utilizó dos variables: la textura (determinada al tacto) y la capacidad de infiltración de una lamina de agua (equivalente a una pulgada de lluvia), mediante un cilindro de infiltración de 13 cm de diámetro.

Cuadro 3. Tipo de suelo en las ZPRH

Sitio	Textura	Infiltración	Ponderación
Hilario Quintero	Franco arcilloso	Alta	3
Ramos	Arcilloso	Moderada	2

Cobertura Vegetal

El porcentaje de cobertura vegetal se obtuvo mediante estimación visual, teniendo en cuenta la vegetación existente en el periodo lluvioso; los resultados fueron los siguientes.

Cuadro 4. Porcentaje de cobertura vegetal

Sitio	Cobertura vegetal (%)	Ponderación
Hilario Quintero	60 - 85	5
Ramos	60	3

Tipo de Roca

Las rocas existentes en la micro cuenca se clasifican como metamórficas indiferenciadas; en las áreas de de recarga se identificaron esquistos. Es importante mencionar que no existen estudios geológicos a pequeña escala, para conocer con precisión las estructuras presentes en las ZPRH.

Cuadro 5. Tipo de roca

Sitio	Tipo de roca	Ponderación
Hilario Quintero	Moderadamente permeable	3
Ramos	Poco permeable	2

Uso de Suelo

El suelo en las áreas identificadas está siendo utilizado para fines agrícolas (sistemas productivos de subsistencia), utilizando gran cantidad de pesticidas, lo que potencia una contaminación de las fuentes de agua.

Cuadro 6. Uso de suelo

Sitio	Uso del suelo	Ponderación
Hilario Quintero	Sistema agroforestal (café)	4
Ramos	Maíz	2

Calculo de la capacidad de recarga de las zonas identificadas

Para el cálculo de posibilidad de recarga se utilizo una formula lineal, donde cada parámetro evaluado representa un peso relativo

$$ZR = [0,27(PyM) + 0,23(Ts) + 0,12(Tr) + 0,25(Cve) + 0,13(Us)]$$

Cuadro 7. Análisis de los criterios evaluados

Sitio	Criterios evaluados					Sumatoria	Posibilidad de recarga
	Pendiente del terreno	Tipo suelo	Tipo de roca	Cobertura vegetal	Uso de suelo		
Hilario (Maíz)	0,81	0,46	0,36	0,75	0,26	2,64	Moderada
Hilario (Café)	0,81	0,92	0,36	1,25	0,52	3,86	Alta
Ramos (Javier)	0,81	0,69	0,24	0,75	0,26	2,75	Moderada
Ramos (Marcos)	0,81	0,46	0,24	0,75	0,26	2,52	Baja

Elaboración de mapas de las zonas potenciales de recarga hídrica

Se elaboraron mapas temáticos de cada elemento evaluado para luego elaborar el de ZPRH y compararlo con lo identificado. Es importante señalar que el 68.41% del área de la micro cuenca tiene moderada potencial de recarga; asimismo, esta valoración concuerda con lo obtenido utilizando el programa ArcView 3.2, tal como se presenta en el siguiente cuadro. Las áreas de recarga corresponden a 2572,5 m² para Las Jaguas y 1109,5 m² para Ramos.

Cuadro 8. Áreas identificadas con potencial de recarga

Zona	Área (m ²)	Evaluación comunitarios	Evaluación ArcView 3.2
Hilario Quintero	2572,5	Moderada/Alta	Moderada
Ramos	1109,5	Moderada	Moderada/Alta

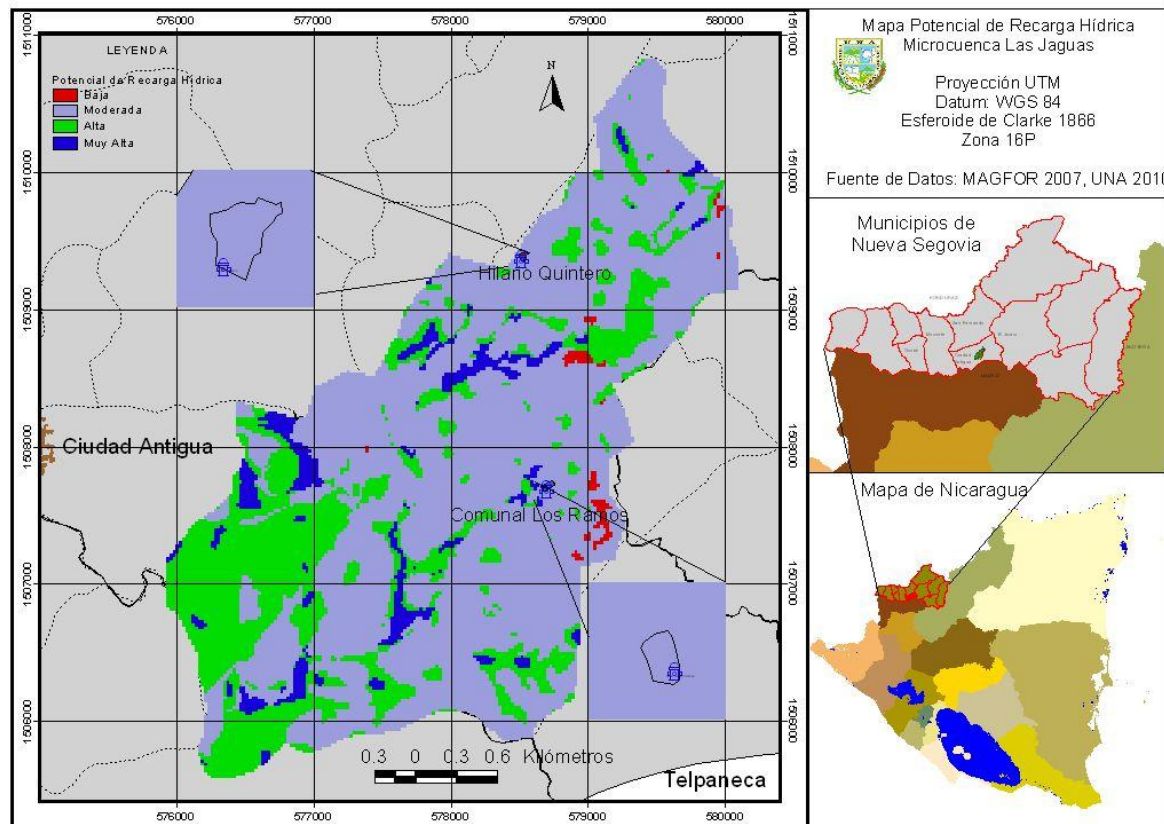


Figura 3. Mapa de zonas potenciales de recarga hídrica

Delimitación de áreas de recarga

Para asegurar la sostenibilidad de los recursos naturales y en especial el agua, es importante delimitar las ZPRH de las fuentes; esta actividad tuvo éxito al involucrando a los propietarios donde se ubican las ZPRH y determinando acciones en conjunto, para el manejo y conservación de éstas.

Delimitación de las ZPRH: ésta se hizo mediante recorridos de campo en conjunto con el propietario / líderes comunitarios, señalando el perímetro del área mediante marcas, tales como pintas en árboles, estacas y cercas.



Elaboración de planes de manejo y conservación de áreas de recarga

La elaboración de un plan de manejo y conservación se fundamenta en la participación real, activa y responsables de todas las personas encargadas de llevarlo a la práctica. Las siguientes actividades son las consensuadas con los comunitarios para manejar y conservar las ZPRH.

El reconocimiento y delimitación de las Zonas de Recarga Hídrica (ZRH), son elementos fundamentales para planificar actividades que contribuyan a mejorar la disponibilidad de agua en cantidad y calidad; esto requiere de un manejo especial tanto en el área de recogimiento, como en el área de afloramiento.

Es importante señalar que nuestro marco jurídico, en este caso la Ley General de Agua (Ley 620), en su Arto 147 establece, toda persona natural o jurídica que posea propiedades registradas a su nombre, en áreas definidas como de recarga acuífera o para producción de agua, deben destinar el 25% de la propiedad para proyectos de reforestación, a efectos de garantizar la conservación del recurso hídrico.

Las siguientes actividades son las consensuadas con los comunitarios para manejar y conservar las ZPRH.

Zona Potencial de Recarga Hídrica en finca de Hilario Quintero

Una parte del área identificada con potencial de recarga, es utilizada para siembra de granos básicos (maíz y frijol); la poca cobertura vegetal y el mal manejo de los suelos ha generado pérdida de suelo, poca infiltración y por ende un aumento de la escorrentía superficial. Ante esta situación se consensó con el propietario y líderes comunitarios, algunas acciones para la protección de la ZPRH (ver cuadro 9).

El primer paso incluye cercar el área delimitada y establecer cercas vivas, construcción de diques de contención en las cárcavas para reducir el flujo de agua, realizar una ronda cortafuego de dos metros alrededor del área, no realizar quemas; acciones que se pretenden iniciar en el primer semestre del 2012.

Un segundo paso comprende el trazado de curvas de nivel para establecer las zanjas de infiltración en la parte alta y media del área, en conjunto con las zanjas se deberán establecer barreras vivas. Asimismo, se debe establecer especies de árboles caducifolios y frutales, intercalados entre cada espacio dejado por las barreras vivas. Estas acciones se esperan iniciar a partir del segundo semestre del 2012. Se podrá sembrar café en combinación con árboles frutales, pero sin la utilización de agroquímicos para evitar la contaminación de la fuente.

Zona potencial de Recarga Hídrica en Ramos

El área alrededor de la fuente de agua es usada para granos básicos (maíz y frijol), pero la poca cobertura y el mal manejo del suelo ha generado erosión y aumento de la escorrentía superficial, repercutiendo en una poca infiltración de agua. Teniendo en cuenta esta situación, se consensuaron acciones con uno de los propietarios y líderes comunitarios, para la protección de la ZPRH.

Un primer paso incluye el cercado del área delimitada y establecer cercas vivas, realizar una ronda cortafuego de dos metros alrededor del perímetro y no realizar quemas dentro del área; esto se espera iniciar en el primer semestre del 2012.

El segundo paso comprende el trazado de curvas de nivel para establecer las zanjas de infiltración en la parte alta y media del área, en conjunto con las zanjas se deberán establecer barreras vivas; además, se debe establecer las especies de árboles frutales y caducifolios intercalados en los espacios dejados por las barreras vivas. No se debe utilizar agroquímicos para evitar la contaminación de la fuente.

Cuadro 9. Acciones a realizar en las ZPRH

Práctica	Acción/Actividad	Hilario Quintero	Emilio Castellón
Protección	Cercado de las ZPRH	X	X
Manejo de Suelos	Curvas de nivel	X	X
	Zanjas de infiltración	X	X
	No realizar quemas	X	X
	Dejar residuos vegetales	X	X
	Realizar rondas corta fuego	X	X
Obras mecánicas	Diques de contención	X	
Manejo de la vegetación	Establecimiento de especies caducifolias (de la zona)	X	X
	Barreras y cercas vivas	X	X
	Sistemas agroforestales	X	X
	No usar agroquímicos	X	X

Se recomienda reforestar con especies forestales caducifolias y propias de la zona, para reducir la extracción de agua por las plantas en época seca, en vista que en la micro cuenca la disponibilidad de agua en las fuentes se debe a flujo subsuperficial.

Cambios en la capacidad de recarga

Realizado cada unas de acciones propuestas, se mejoraría la capacidad de estas zonas, tal como se presenta en el cuadro siguiente:

Cuadro 10. Posibles cambios en los criterios evaluados

Sitio	Criterios evaluados					Sumatoria	Posibilidad de recarga
	Pendiente	Tipo de suelo	Tipo de roca	Cobertura vegetal	Uso de suelos		
Hilario (Maíz)	0,81	0,92	0,36	1,25	0,65	3,99	Alta
Hilario (Café)	0,81	0,92	0,36	1,25	0,52	3,86	Alta
Ramos (Javier)	0,81	0,92	0,24	1,25	0,65	3,87	Alta
Ramos (Marcos)	0,81	0,92	0,24	1,25	0,65	3,87	Alta

Literatura consultada

- Canales, J.; Centeno, R.; Martínez, L.; Martínez M. 2011. Plan de Ordenamiento Territorial de la micro cuenca Las Jaguas, Ciudad Antigua, Nueva Segovia. IPADE, Alcaldía de Ciudad Antigua, MARENA, UNA. Managua, NI. 33 p.
- Custodio, G. 1998. Recarga a los acuíferos: aspectos generales sobre el proceso, la evolución y la incertidumbre. Boletín Geológico y Minero 109 (4): 13-29.
- Faustino, J. 2006. Notas de clase para el curso identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica. San Salvador, ES, CATIE. 113 p.
- Pla Sentís, I. 2005. Física de suelos e hidrología en América Latina. *En*: Evaluación de parámetros y procesos hidrológicos en el suelo. Documento técnico en hidrología del Programa Hidrológico Internacional. París, FR. 71: 1-5.
- Losilla, M. 1986. Protección de las zonas de recarga de los acuíferos. In Curso bases hidrológicas para el manejo de cuencas. Turrialba, CR, CATIE. 8 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. 183 p.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura) y OMM (Organización Meteorológica Mundial). 1998. Evaluación de los recursos hídricos: manual para la estimación de las capacidades nacionales. Paris, FR. 142 p.

ANEXOS

Tablas de parámetros para evaluar las Zonas Potenciales de Recarga Hídrica

Pendiente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
0 – 6	Muy alta	5
6 – 15%	Alta	4
15 – 45%	Moderada	3
45 – 65%	Baja	2
> 65%	Muy Baja	1

Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Suelos que van de franco arenosos a arenosos, con tamaño de agregados o partículas de gruesos a medios, con alta a buena capacidad de infiltración.	Muy alta	5
Suelos francos, con partes iguales de arena, limo y arcilla con buena a moderada capacidad de infiltración.	Alta	4
Suelos franco limoso, con partículas de tamaño medio a finas, con moderada capacidad de infiltración.	Moderada	3
Suelos franco arcillosos, combinación de limo y arcilla, con partículas finas, suelos pesados, con muestras de compactación, con baja capacidad de infiltración.	Baja	2
Suelos arcillosos, muy pesados, con partículas muy finas, compactados, con muy mala capacidad de infiltración.	Muy Baja	1

Uso del suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque que presentan los 3 estratos con árboles, arbustos y hierbas o zacate denso	Muy alta	5
Sistemas agroforestales o silvopastoriles	Alta	4
Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo	Regular	3
Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua.	Baja	2
Terrenos agropecuarios con manejo intensivo.	Muy baja	1

Rocas	Posibilidad de recarga	Ponderación
Rocas muy permeables, muy suaves, constituida por cristales o agregados gruesos, con macro poros interconectados entre sí, como arenas gruesas, piedras pómez, gravas o cascajos.	Muy alta	5
Rocas permeables, suaves, constituidas por cristales o agregados medianos, con poros conectados entre sí, como arenas finas, areniscas, con poca cementación.	Alta	4
Rocas moderadamente permeables, semi suaves, con regular conexión de poros entre sí.	Moderada	3
Rocas poco permeables, un poco duras, moderadamente compactadas, constituidas por partículas finas, una combinación de gravas con arcillas, con presencia de fracturas conectadas entre sí.	Baja	2
Rocas impermeables, duras, cementadas, compactadas, constituidas por partículas muy finas, sin presencia de fracturas.	Muy baja	1

Porcentaje %	Posibilidad de recarga	Ponderación
> 80%	Muy alta	5
70 – 80%	Alta	4
50 – 70%	Moderada	3
30 – 50%	Baja	2
< 30%	Muy baja	1

Posibilidad de recarga	Rango
Muy alta	4,1 - 5
Alta	3,5 – 4,09
Moderada	2,6 – 3,49
Baja	2 – 2,59
Muy baja	1 – 1,99