



Solutions for environment and development  
Soluciones para el ambiente y desarrollo

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL  
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
ESCUELA DE POSGRADO

Gestión del agua para consumo humano en la microcuenca del río Purires,  
Costa Rica

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado  
como requisito para optar por el grado de

*Magister Scientiae* en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

por

Néstor Mauricio Veas Ayala

Turrialba, Costa Rica, 2011

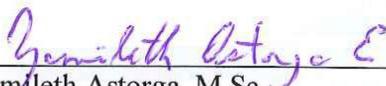
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

***MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL  
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS***

**FIRMANTES:**



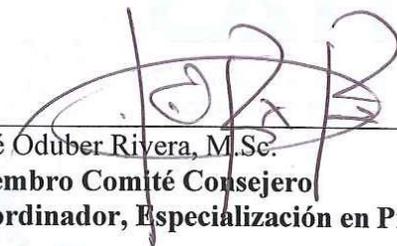
Jorge Faustino, Ph.D.  
**Co-Director de tesis**



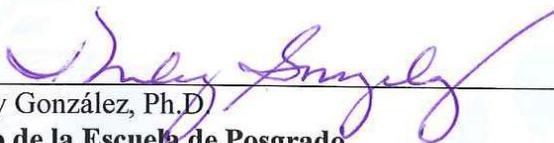
Yamileth Astorga, M.Sc.  
**Co-Directora de tesis**



Francisco Jiménez, Dr.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



José Oduber Rivera, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**  
**Coordinador, Especialización en Práctica para el Desarrollo**



I. Miley González, Ph.D.  
**Decano de la Escuela de Posgrado**



Néstor Mauricio Veas Ayala  
**Candidato**

## **DEDICATORIA**

A Normiña

A toda mi familia

## **AGRADECIMIENTOS**

A Yamileth Astorga,

por proponerme este proyecto, guiarme en su consecución y enseñarme todos los días algo nuevo.

A mi Comité Asesor,

por todas sus correcciones, observaciones, apuntes y recomendaciones que ayudaron a mejorar este trabajo.

A las Juntas Directivas, administradores y fontaneros de las ASADAS de Tobosi, Higuito y Quebradilla,

por siempre estar dispuestos a colaborar en este trabajo, poner a disposición a sus funcionarios y ante todo por ser, más allá de una institución local, una serie de personas increíbles, atentas y amables.

A todas y todos mis compañeros del CATIE,

por hacerme pasar dos de los mejores años de mi vida; todo lo que viví y aprendí con ustedes será simplemente inolvidable. Gracias por permitirme conocerlos y ser parte de sus vidas, sepan que siempre tienen en mí a un amigo para lo que sea que necesiten. ¡Son increíbles!

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	3
1.2. Justificación e importancia del trabajo.....	4
1.3. Objetivos de la investigación .....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos y preguntas de investigación.....	6
<b>2: REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>7</b>
2.1. Disponibilidad del recurso hídrico.....	7
2.2. Conceptos básicos.....	8
2.2.1. Cuenca hidrográfica.....	8
2.2.2. Gestión integrada de cuencas hidrográficas.....	9
2.2.3. Gestión integrada de recursos hídricos (GIRH).....	9
2.2.4. La zona de recarga hídrica.....	10
2.2.5. La zona inmediata de recarga hídrica.....	13
2.3. Aspectos legales.....	13
2.4. Distribución del recurso hídrico para consumo humano en Costa Rica .....	15
2.4.1. Desarrollo de organizaciones locales para administrar el agua para consumo humano.....	16
2.4.2. Calidad del agua.....	17
2.4.3. ¿ASADAS implican una buena gestión del agua para consumo humano?.....	19
2.4.4. Desarrollo de estrategias locales y asociativas.....	20
2.5. Acueductos seleccionados: Tobosi, Quebradilla e Higuito.....	21
2.5.1. Tobosi .....	21
2.5.2. Quebradilla.....	22
2.5.3. Higuito .....	22
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>23</b>
3.1. Ubicación y descripción del área de estudio.....	23
3.2. Diseño del Trabajo.....	25

3.2.1. Determinación del área potencial de recarga hídrica de la microcuenca .....	27
3.2.2. Determinación del área de recarga hídrica inmediata de los diferentes manantiales .....	30
3.2.3. Caracterización biofísica de la microcuenca, la zona de recarga hídrica y su área de influencia .....	31
3.2.4. Determinación de la gestión del agua en las ASADAS seleccionadas .....	34
3.2.5. Elaboración de una estrategia de gestión de recurso hídrico para el área de estudio .....	37
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>39</b>
4.1. Identificación, delimitación y caracterización biofísica de las áreas de recarga hídrica y su área de influencia en la zona de estudio .....	39
4.1.1. Caracterización biofísica de la microcuenca del río Purires .....	39
4.1.2 Manantiales de cada una de las ASADAS estudiadas.....	52
4.1.3. Captaciones directas de aguas superficiales: ríos y quebradas .....	63
4.1.4. Amenazas y vulnerabilidad de los acueductos.....	65
4.1.5. Calidad de agua en nacientes .....	66
4.2. Caracterización socioeconómica de las ASADAS y sus usuarios .....	69
4.2.1. Datos Generales .....	69
4.2.1. ASADAS y su percepción.....	71
4.2.3. Usuarios y su percepción sobre su ASADA .....	78
4.2.4. Consumo de agua en cada ASADA .....	89
4.2.5. Análisis financiero .....	95
4.3. Estrategias para fortalecer la gestión del recurso hídrico para consumo humano.....	105
4.3.1. Marco de estrategias para un fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico en las ASADAS de la microcuenca del río Purires .....	105
4.3.2. Zonas prioritarias de protección de manantiales .....	111
4.3.3. Aplicación de la estrategia planteada en las ASADAS seleccionadas .....	112
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>114</b>
5.1. Conclusiones .....	114
5.2. Recomendaciones .....	118
<b>6. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>129</b>

## RESUMEN

La crisis del agua potable para consumo humano suma una falta de accesibilidad, distribución y manejo de la misma, es decir, métodos inadecuados de gestión de los recursos hídricos.

Este trabajo recomienda estrategias para mejorar la gestión del recurso hídrico para consumo humano dentro de la microcuenca del río Purires, un sector de 76,23 hectáreas ubicadas en la provincia de Cartago, Costa Rica. La dinámica poblacional, económica, agropecuaria e industrial de esta zona, así como el manejo de los sectores altos y sus recursos naturales la hacen un sitio ideal para estudiarlo de manera integral.

Como objeto de estudio se utilizó a las ASADAS, entes locales de distribución de agua para consumo humano. Lo anterior por ser el actor más importante, entre muchos otros, dentro de cada comunidad en lo que respecta a la gestión del recurso hídrico. Al estar constituidas y administradas por representantes locales, esto permite también que la gestión se realice desde el sitio, respetando intereses comunes y buscando soluciones para problemas que se presenten, como elemento para lograr desarrollo.

Se determinaron aspectos biofísicos de importancia como zonas de recarga hídrica, usos del suelo, densidad aparente, fuentes de agua, vulnerabilidad y calidad de agua en las tomas de cada una de las tres ASADAS estudiadas. Con lo cual se pudo hacer un diagnóstico del estado de cada uno de ellos en los sectores de donde obtienen su insumo más importante.

Se analizó la gestión a nivel socioeconómico, tomando aspectos demográficos y de saneamiento de manera general. Realizando reuniones con las juntas directivas de cada ASADA, así como entrevistas a la población, para retratar su percepción en diferentes temáticas respecto al agua y su servicio. Finalmente, obteniendo datos de consumo real, contando con información cualitativa y cuantitativa de calidad para toda el área de estudio.

Los resultados permitieron esgrimir un marco de estrategias para una mejora en la gestión del recurso hídrico. Esta fue hecha para las diversas ASADAS dentro de la microcuenca, y toca diferentes aspectos donde cada una deberá priorizar sus actividades dependiendo del estado de avance en el cual estén al momento de aplicarla.

**Palabras clave:** gestión, recurso hídrico, cuenca hidrográfica, acueducto, ASADA

## SUMMARY

The crisis of drinking water for human consumption is a sum of deficiencies in accessibility, distribution and management, meaning that there are not adequate methods of water resource management.

This study recommends strategies to improve the water resource management for domestic use in the Purires watershed, a 76, 23 hectare zone located inside the Cartago province, Costa Rica. The population, economic, agriculture and industrial dynamics, also the highlands and its natural resources makes it an ideal site to study it integrally.

The subjects of study were the ASADAS, local institutions in charge of the domestic water distribution. They are the most important actors inside of each community regarding the water resource management. As they are constituted and administrated by local representatives, this allows that the resource management is made *in situ*, respecting common interests and looking for solutions for problems that may come, as an element to reach development.

Important biophysical factors were determined such as hydraulic recharge zones, land uses, apparent density, water sources, vulnerability and water quality in the water catchment places of each of the ASADAS studied. With this information it was possible to make an integral diagnose of the areas where they obtain their most important resource.

A socioeconomic manage of the resource was analyzed, including demographic and sanitation aspects in general. Meetings with the board of directors of each ASADA and interviews to the local population were made to determine their perception in different topics about the water and its service. Finally, data about real consumption was obtained, this meaning the use of qualitative and quantitative information for the whole area of study.

The results made possible the elaboration of strategies for the improvement of the water resource management. They were made to be used by the different ASADAS within the watershed, and reaches different aspects were each one has to prioritize its activities, depending on the that they have in the moment of applying them

**Keywords:** management, water resource, watershed, aqueduct, ASADA

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Áreas de protección según tipo de recurso hídrico establecidas en la Ley Forestal de Costa Rica .....	14
Cuadro 2. Distribución de acueductos en Costa Rica según su tipo de ente administrador .....	15
Cuadro 3. Tarifas máximas aprobadas por la ARESEP para acueductos de más de 551 abonados en el año 2007 y 2009 (vigente). .....	17
Cuadro 4: Datos morfológicos importantes de la microcuenca del río Purires .....	23
Cuadro 5. Organización de la metodología de trabajo.....	26
Cuadro 6. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según tipo de pendiente en la microcuenca del río Purires.....	27
Cuadro 7. Ponderación de la capacidad de recarga hídrica del suelo según su textura, en la microcuenca del río Purires.....	28
Cuadro 8. Posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca, en la microcuenca del río Purires .....	28
Cuadro 9. Posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal, en la microcuenca del río Purires.....	29
Cuadro 10. Posibilidad de recarga hídrica según el uso del suelo, en la microcuenca del río Purires .....	29
Cuadro 11. Potencial de recarga hídrica según la ecuación propuesta, en la microcuenca del río Purires .....	30
Cuadro 12: Caracterización general de la vulnerabilidad de acueductos .....	34
Cuadro 13. Uso del suelo total (ha) y relativo (%) en la microcuenca del río Purires en los años 1995 y 2010.....	48
Cuadro 14. Determinación de cobertura vegetal respecto al uso de suelo para ponderación en la microcuenca del río Purires, de acuerdo a la metodología de Matus.....	49
Cuadro 15. Densidad aparente promedio del suelo en superficie y a una profundidad de 30 cm, en las zonas de recarga inmediata de las nacientes de cada ASADA, microcuenca del río Purires .....	62
Cuadro 16: Textura promedio en las muestras de suelo obtenidas en la microcuenca del río Purires .....	63

Cuadro 17. Vulnerabilidad de cada acueducto analizado, en la microcuenca del río Purires, según la metodología de Mendoza (2008).....	66
Cuadro 18. Resultados de los análisis de agua realizados en las fuentes de agua de la ASADA de Tobosi, microcuenca del río Purires (1999-2011).....	67
Cuadro 19. Resultados de los análisis de agua realizados en las fuentes de agua de la ASADA de Quebradilla, microcuenca del río Purires (1998-2011).....	67
Cuadro 20. Población total para los distritos de Quebradilla, Tobosi y San Isidro (años), microcuenca del río Purires.....	69
Cuadro 21. Hogares con tanque séptico bueno y disposición de residuos sólidos en los sectores de Quebradilla, Tobosi y San Isidro, en el año 2010 en la microcuenca del río Purires.....	71
Cuadro 22. Principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para la gestión del agua para consumo humano en la ASADA de Tobosi, microcuenca del río Purires.....	72
Cuadro 23. Principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para la gestión del agua para consumo humano en la ASADA de Quebradilla, microcuenca del río Purires.....	74
Cuadro 24. Principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para la gestión del agua para consumo humano en la ASADA de Higuito, microcuenca del río Purires.....	75
Cuadro 25. Calificación general dada por los usuarios a su ASADA, en la microcuenca del río Purires .....	86
Cuadro 26. Consumos promedio mensuales y relación mínimo-máximo en las ASADAS de Tobosi, Quebradilla e Higuito, microcuenca del río Purires.....	94
Cuadro 27. Consumo promedio por persona en las ASADAS estudiadas, microcuenca del río Purires .....	94
Cuadro 28. Cobros máximos permitidos por ley y los utilizados actualmente en cada ASADA estudiada en la microcuenca del río Purires .....	95
Cuadro 29. Diferencia entre ingresos recaudados en un año por ASADAS de la microcuenca del río Purires y el ingreso que tendrían si cobraran las tarifas máximas fijadas por ley .....	100
Cuadro 30: Estrategias para la gestión del agua para consumo humano en la microcuenca del río Purires. ....	106
Cuadro 31. Diferencia de superficies de protección según la ley y la propuesta de zonas prioritarias para las tres ASADAS seleccionadas .....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de agua en el mundo. ....	7
Figura 2. Mapa mostrando la ubicación de la microcuenca del río Purires .....	24
Figura 3. Bolsa con muestra para análisis y cilindros para determinar densidad aparente del suelo en las áreas de recarga hídrica de las nacientes.....	32
Figura 4. Ubicación de los cilindros en superficie y a 30 cm para determinar la densidad aparente del suelo .....	32
Figura 5. Junta Directiva de la ASADA de Tobosi mientras se hacía un FODA interactivo con ellos. ....	36
Figura 6. Carteles con las diferentes opiniones, luego de ordenarlas, con los representantes de la ASADA de Tobosi. ....	36
Figura 7. Precipitación mensual y días de lluvia al mes en la estación Lindavista, microcuenca del río Purires. ....	39
Figura 8: Relación de porcentaje entre áreas y pendientes en la microcuenca del río Purires. ....	40
Figura 9. Mapa de pendientes de la microcuenca del río Purires. ....	41
Figura 10. Mapa geológico de la microcuenca del río Purires. ....	42
Figura 11. Mapa de suelos y puntos de muestreo de suelos en la microcuenca del río Purires....	44
Figura 12. Mapa de uso del suelo en la microcuenca Purires .....	46
Figura 13. Diferentes cultivos en pendiente como café con plátano, maíz e invernaderos para chile y tomate .....	47
Figura 14. Cultivos en pendiente .....	47
Figura 15. Mapa de posibles zonas de recarga hídrica de la microcuenca del río Purires. Los valores van desde muy baja (1) hasta muy alta (5). ....	50
Figura 16. Nacientes y puntos de toma de agua de río utilizadas por las tres ASADAS estudiadas para consumo humano en la microcuenca del río Purires.....	53
Figura 17. Nacientes, áreas de protección según la Ley Forestal y relación con los sitios potenciales de recarga hídrica para las nacientes del acueducto de Tobosi, microcuenca del río Purires. ....	54
Figura 18. Naciente “Cangrejo 2”, protegida con bolsas y donde el agua sale por un tubo hacia la red principal. ....	55

Figura 19. Zona de recarga de la naciente “El Cementerio”, fuertemente influenciada por cultivos anuales.....	55
Figura 20. Nacientes, áreas de protección según la Ley Forestal y relación con los sitios potenciales de recarga hídrica para las nacientes del acueducto de Quebradilla, microcuenca del río Purires. ....	56
Figura 21. Naciente F10 en Quebradilla, se observa el bosque secundario en la parte superior, vital para mantener cantidad de agua. ....	57
Figura 22. Parte de la zona inmediata de recarga de las nacientes de Quebradilla: pastos y pastos con plantación. ....	57
Figura 23. Nacientes, áreas de protección según la Ley Forestal y relación con los sitios potenciales de recarga hídrica para las nacientes del acueducto de Higuito, microcuenca del río Purires.....	58
Figura 24. Naciente Palo Blanco, la más importante de la ASADA de Higuito, se nota el buen estado de la captación.....	59
Figura 25. Cultivo de café con ciprés y banano en la zona de recarga inmediata de la naciente Los Fuentes, Higuito, ubicada al lado de la carretera. ....	59
Figura 26. Densidad aparente en la superficie ya una profundidad de 30 cm, para los diferentes usos de suelo en áreas alrededor los manantiales que abastecen las ASADAS de Tobosi, Quebradilla e Higuito, microcuenca del río Purires.....	60
Figura 27. Captación de la quebrada Cucaracha (ASADA Higuito).....	64
Figura 28. Captación del río Pileta (ASADA Tobosi).....	64
Figura 29. Percepción de los usuarios del agua respecto a la calidad del agua en su ASADA ....	79
Figura 30. Percepción de los usuarios del agua respecto a si han notado una baja en la disponibilidad de agua potable en sus casas .....	80
Figura 31. Percepción de los usuarios del agua respecto a si ha habido una mejoría en su ASADA en los últimos 5 años.....	82
Figura 32. Percepción de los usuarios del agua respecto a si su ASADA ha fomentado la conciencia ambiental en la comunidad.....	83
Figura 33. Porcentaje de población con conocimiento de los términos “cuenca hidrográfica” y “zona de recarga hídrica” (ZRH) en las tres ASADAS estudiadas en la microcuenca del río Purires .....	84

Figura 34. Relación de los usuarios y sus familias con su ASADA y voluntad de los usuarios a participar en la gestión del acueducto. ....	85
Figura 35. Consumo promedio mensual del agua con relación a la precipitación en Tobosi.....	90
Figura 36. Consumo promedio mensual del agua con relación a la precipitación en Quebradilla.. ..	91
Figura 37. Consumo promedio mensual del agua con relación a la precipitación en Higuito .....	92
Figura 38. Consumo mensual de agua por usuario en los tres acueductos estudiados de la microcuenca del río Purires.....	93
Figura 39. Percepción de los usuarios respecto a si consideran adecuado el pago por servicio de agua en cada una de las tres ASADAS analizadas en la microcuenca del río Purires .....	96
Figura 40. Estructura de ingresos y costos en la ASADA de Tobosi, microcuenca del río Purires, de julio del 2010 a junio del 2011.....	97
Figura 41. Estructura de ingresos y costos en la ASADA de Quebradilla, microcuenca del río Purires, de julio del 2010 a junio del 2011.....	98
Figura 42. Estructura de ingresos y costos en la ASADA de Higuito, microcuenca del río Purires, de julio del 2010 a junio del 2011.....	99
Figura 43. Percepción de los usuarios del agua de la microcuenca del río Purires respecto a si están dispuestos a pagar una tarifa mayor a cambio de una mejora en el servicio en cada una de las tres ASADAS analizadas .....	101

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

<b>ARESEP</b>	Asociación Reguladora de los Servicios Públicos, Costa Rica
<b>ASADA</b>	Asociación Administradora de Acueducto Rural
<b>AyA</b>	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
<b>CAAR</b>	Comité Administrador de Acueducto Rural
<b>CATIE</b>	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
<b>CCSS</b>	Caja Costarricense del Seguro Social
<b>ComPurires</b>	Comisión para la Protección de la Microcuenca del Río Purires
<b>EBAIS</b>	Equipo Básico de Atención Integral en Salud
<b>GIRH</b>	Gestión Integrada de los Recursos Hídricos
<b>ICE</b>	Instituto Costarricense de Electricidad
<b>MAG</b>	Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica
<b>MINAET</b>	Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, Costa Rica
<b>MIRENEM</b>	Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, Costa Rica
<b>ONG</b>	Organización No Gubernamental
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>OPS</b>	Organización Panamericana de la Salud
<b>ProGAI</b>	Programa Institucional de Gestión Ambiental Integral
<b>PRU-GAM</b>	Planificación Regional y Urbana de la Gran Área Metropolitana, Costa Rica
<b>SINAC</b>	Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Costa Rica
<b>UCR</b>	Universidad de Costa Rica
<b>UNAGUAS</b>	Unión de Asociaciones Griegas por el Ambiente y la Salud
<b>UNESCO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
<b>UNICEF</b>	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

## 1. INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico para consumo humano es un bien cada vez más escaso; aún en nuestros días, alrededor de 884 millones personas en el mundo carecen de acceso a agua potable (OMS-UNICEF, 2010). La disponibilidad y accesibilidad de la población al agua requiere cada vez de mayor inversión, tanto en infraestructura como en la gestión y el manejo de los recursos naturales; la educación y capacitación a la población sobre el buen uso del líquido es también un gasto en el que se debe incurrir para mejorar en la calidad y cantidad disponible.

La crisis actual del agua es una suma de falta de accesibilidad, distribución y manejo de la misma, es decir, métodos inadecuados de gestión de los recursos hídricos (UNESCO, 2003); a ello debe sumarse falta de gobernabilidad, sobreexplotación, desperdicio y la poca voluntad de las autoridades por darle el valor que merece un elemento vital para la vida de cualquiera de los seres del planeta.

Lo anterior ha provocado que se desperdicie líquido que puede ser consumido por la población en ciertas zonas o países; paradójicamente, hay otros donde se da una escasez que lleva a la muerte en los casos más extremos. Se estima que 1,8 millones de niños mueren cada año a consecuencia de enfermedades diarreicas y el 88% de este tipo de enfermedades son producto de un abastecimiento de agua insalubre, así como un saneamiento y una higiene deficientes (OMS, 2004). Lo anterior implica que se deben cambiar las estrategias a nivel global, regional, nacional y local para la gestión del recurso.

Un mecanismo de solución emerge a través del concepto de gestión integrada de recursos hídricos, la cual se focaliza en el uso, control y/o preservación de los sistemas hídricos y su sostenibilidad (Rodas, 2008). Para ello se debe evaluar el contexto donde se llevará a cabo este manejo, así como el nivel en el cual suceden los hechos y la toma de decisiones. Especial atención debe ponerse en el agua para consumo humano, que si bien no es la que más se utiliza ni la que más dinero genera, es la que requiere de una mejor calidad y, ante todo, es la que más recursos ahorra, siendo un pilar básico para la salud de la población.

En Costa Rica, una de las opciones locales para el manejo y distribución del agua para consumo humano son las Asociaciones Administradoras de Acueducto Rural (ASADAS), organizaciones encargadas de administrar los sistemas de suministro del recurso a la población rural (Martínez, 2010). Estas entidades son creadas mediante la Ley 218, de asociaciones

(Congreso Constitucional de Costa Rica, 1939), y están constituidas y administradas en su mayoría por representantes locales, permitiendo un sentido de pertenencia.

Las ASADAS tienen un contrato de delegación por parte del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), ente rector del agua para consumo humano y saneamiento del País. Esta institución cubre el 50% de la provisión del líquido a nivel nacional, aunque solamente abarca un 11% de la población rural (Flores, 2009). Las ASADAS cubren más del 70% de esa mitad restante, lo cual las hace instituciones idóneas para la gestión local del recurso hídrico.

Estas entidades son el actor más importante entre muchos otros dentro de cada comunidad, en lo que respecta a la gestión del recurso hídrico. Existen también actores estatales, privados, eclesiásticos, así como organizaciones no gubernamentales (ONG) y la misma población de cada localidad.

Además del funcionamiento como tal, las ASADAS deben ser consideradas como una institución local y de desarrollo por parte de los usuarios a quienes beneficia. Por ello es importante que los pobladores perciban y sientan que la organización es de ellos y para ellos; si bien es una delegación que realiza una institución estatal (AyA), es precisamente aquí donde se da la interfaz nacional - local.

Un acceso equitativo, seguro y eficiente del agua, así como el hecho de asumir la responsabilidad por conservar el recurso y manejarlo de manera sostenible (Madroñero, 2006), tanto ambiental como económicamente, genera seguridad en la población y, por ende, una percepción positiva hacia la entidad local así como hacia el servicio de abastecimiento de agua.

Paralelamente, no se puede observar un acueducto desde el sitio donde se toma el agua. El lugar de donde se captan las fuentes de agua debe ser primordial, tanto en su gestión como en su conservación; estos sitios se denominan zona de recarga hídrica. En muchas ocasiones el desconocimiento de la ubicación de estas zonas hacen que se dé un deterioro de las mismas, lo cual dificulta o inclusive imposibilita el manejo adecuado de estas áreas (Matus, 2007).

Uno de los problemas más comunes con el servicio de agua para consumo humano es que se toman en cuenta los costos de mantenimiento, purificación, distribución y tratamiento post-

uso; pero en muy pocas ocasiones se considera el valor intrínseco que puede tener el agua *per se*, la conservación de las fuentes donde se origina y el servicio ambiental que ofrece el agua. Esto hace que muchas ASADAS deban trabajar con recursos limitados que impiden una mejora en el servicio. Una información respaldada con estudios técnicos colaboraría enormemente al manejo adecuado de estos sitios (Matus, 2007).

La gestión de la zona de recarga, toma de agua, sistema de tratamiento, acueducto y distribución del líquido a la población, así como la administración del servicio por parte de cada ASADA debe no sólo ser eficiente, sino que debe ser entendida de esa manera por la población a quien está sirviendo. Como se mencionó, la calidad y el buen desempeño de una organización local de acueducto depende no sólo de quienes están designados para administrarlo, sino que también por un control y supervisión de los usuarios, quienes son los más interesados en un servicio barato y de calidad.

### **1.1 Antecedentes**

La microcuenca del río Purires se ubica en la provincia de Cartago, Costa Rica. Esta zona ha tenido una dinámica socioeconómica muy fuerte en los últimos años, pasando de ser un área meramente rural, con actividades agropecuarias tradicionales, a una donde se integran nuevos cultivos agrícolas, actividades industriales, residenciales y económicas. Ello ha repercutido negativamente en el componente ambiental, siendo el recurso hídrico uno de los sistemas naturales más amenazados.

La Universidad de Costa Rica (UCR), a través del Programa Institucional de Gestión Ambiental Integral (ProGAI) elaboró un diagnóstico donde se describieron y caracterizaron las actividades mencionadas y su afectación sobre la microcuenca. Parte de este manejo adecuado implicaba la coordinación interinstitucional, así como el involucramiento de las comunidades locales para identificar su situación ambiental, así como el desarrollo e implementación de soluciones (ProGAI, 2007).

El documento inició un proceso que aún se encuentra en desarrollo: la conformación y consolidación de la Comisión para la Protección de la Microcuenca del Río Purires (ComPurires). Esta agrupación se encuentra conformada por diversas instituciones y organizaciones, entre ellas el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET), el Ministerio de Salud,

el AyA, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), las ASADAS, organizaciones locales, empresas privadas, ONG y la UCR.

Entre las actividades que se han desarrollado a través de la ComPurires está la identificación y caracterización de manantiales localizados en la microcuenca del río Purires, por parte del SINAC, a través de su departamento de recursos hídricos en la sede regional de Cartago. Si bien se logró ubicar una buena cantidad de manantiales, esto solamente es el inicio de un sistema que finaliza en la desembocadura del Purires en el río Reventado.

Adicionalmente, se observó que buena parte de los manantiales identificados abastecían de agua a las comunidades de la microcuenca, administradas localmente por ASADAS. Al notar que había amenazas que ponían en riesgo actual y futuro este recurso, se vio la necesidad de hacer un estudio que no solo caracterizara la gestión del agua en cada acueducto, sino que también generara estrategias para un manejo adecuado y sostenible del líquido, en el tiempo.

## **1.2. Justificación e importancia del trabajo**

El suministro de agua para consumo humano es un servicio básico para cualquier población, por lo que su provisión, tanto en calidad como en cantidad debe ser gestionada de la manera más óptima.

En Costa Rica, si bien cada Asociación de Acueducto Comunal está obligado por ley a proveer de líquido a sus abonados, la realidad muestra que los parámetros de cantidad y calidad del mismo es muy diferente en cada organización que presta servicio a la población. Estas diferencias pasan por una serie de variables que deben ser comprendidas y analizadas de manera individual, así como general.

Estas características, al ser estudiadas, indicarán que aspectos deben priorizar las ASADAS de la microcuenca, enfatizando cuáles están siendo satisfechos, según los usuarios y los mismos acueductos, y cuáles deben mejorar. La correcta implementación de estas opiniones hará que se dé una sostenibilidad institucional, económica y ambiental en cada uno de los administradores locales de agua dentro de la microcuenca, lo que redundará en un beneficio para todos los habitantes de cada comunidad.

Para el presente estudio se seleccionaron tres ASADAS dentro de la microcuenca del río Purires, en la provincia de Cartago, las ASADAS de Tobosi, Quebradilla e Higuito. Todas

ellas con características diferentes: sitios y fuentes de toma de agua, origen (superficial o subterráneo) y áreas de recarga, las cuales hubo que delimitar primeramente. En segundo lugar, se caracterizó el sector del área de recarga y su zona de influencia, tanto de manera biofísica como en lo que se refiere a las actividades sociales y económicas que allí se dan. Con esto se pudo generar una serie de hipótesis y explicaciones respecto a lo que en calidad y cantidad hídrica se refiere.

Seguidamente, se analizó la gestión del agua desde la toma de agua hasta la distribución de la misma, pasando por el tratamiento y la administración. Debe ponerse especial atención en la vulnerabilidad y riesgos que se dan en los sitios de captación, ya que son precisamente las entradas que tiene el acueducto, así como la identificación de posibles acciones que se puedan hacer para disminuir o minimizar estos factores. Si bien cada ASADA debe realizar esta labor, también es importante observar la opinión que tiene la población respecto a diferentes variables sociales, económicas y ambientales que involucra la gestión del recurso hídrico. Esta opinión será vital para determinar la estrategia que se debe tomar, así como las prioridades que debe tener cada ASADA.

Con los insumos anteriores, se generó finalmente, a partir de la información recopilada en la comunidad y las ASADAS, una estrategia de gestión del recurso hídrico en el área de estudio. Se debe aclarar que este no es un marco de estrategias para cada ASADA, sino que brinda recomendaciones, actividades y objetivos que se deben cumplir para una mejora y sostenibilidad del recurso agua. Cada ASADA deberá (en caso de así quererlo) tomar las estrategias y adaptarlas a su realidad, contemplándolas para sus diferentes planes de gestión de manera individual.

Finalmente, los resultados y las estrategias que se proponen en esta investigación serán expuestos y compartidos con las ASADAS respectivas, así como la ComPurires; esto colaborará a la socialización del trabajo y resolverá las dudas que funcionarios y usuarios en general puedan tener.

### 1.3. Objetivos de la investigación

**Objetivo general:** fortalecer la gestión del recurso hídrico para consumo humano en ASADAS seleccionadas dentro de la microcuenca del río Purires.

#### **Objetivos específicos y preguntas de investigación:**

1. *Identificar, delimitar y caracterizar biofísicamente el sector perteneciente al área de recarga y su área de influencia de las ASADAS seleccionadas.*
  - ✓ ¿Dónde se encuentran las áreas prioritarias de recarga hídrica para la microcuenca?
  - ✓ ¿Dónde se encuentran y qué características tienen, y en qué estado están las áreas de recarga hídrica inmediata para las diferentes nacientes?
  - ✓ ¿Qué actividades humanas se desarrollan en el área de estudio y cuál es su influencia sobre el proceso de recarga hídrica?
  - ✓ ¿Cuáles estrategias de manejo de los recursos naturales esenciales para la recarga (vegetación, agua, suelo) existen en estos sectores?
  - ✓ ¿Cuál es la vulnerabilidad y riesgos de las fuentes de agua captadas por las ASADAS?
2. *Determinar y analizar, institucional y socioeconómicamente, cómo se gestiona el agua en cada ASADA.*
  - ✓ ¿Cómo es la gestión del recurso hídrico de parte de cada ASADA?
  - ✓ ¿Quiénes intervienen y de qué manera en la gestión del líquido?
  - ✓ ¿Cuál es la percepción de la población respecto al servicio de su respectiva ASADA?
  - ✓ ¿Cómo se da, de manera general e individual, el consumo en cada comunidad?
  - ✓ ¿Cómo influyen las tarifas adoptadas por cada ASADA en el consumo de agua de la población?
3. *Proponer estrategias y acciones de gestión del recurso hídrico en el área de trabajo.*
  - ✓ ¿Cuáles estrategias se pueden proponer para mejorar la gestión del agua para consumo humano en la zona de estudio?
  - ✓ ¿Cuáles serían las recomendaciones para la disminución de la vulnerabilidad y los riesgos de las fuentes de agua captadas por las ASADAS?
  - ✓ ¿Qué actividades se deben priorizar para mejorar la gestión del recurso hídrico en la zona y quiénes deben ejecutarlas?
  - ✓ ¿Existen elementos que puedan ser abordados de manera conjunta por varias ASADAS?

## 2: REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Disponibilidad del recurso hídrico

Si bien un 75% de la superficie terrestre se encuentra cubierta por agua, la realidad para los seres humanos es que solamente un 1% de la totalidad del líquido es aprovechable sin incurrir en altos costos (Anaya y Martínez, 2007). Existen fuentes de agua dulce extraíbles como las aguas subterráneas (Figura 1), pero su uso y distribución implican una erogación de recursos considerablemente mayor que las anteriormente descritas.

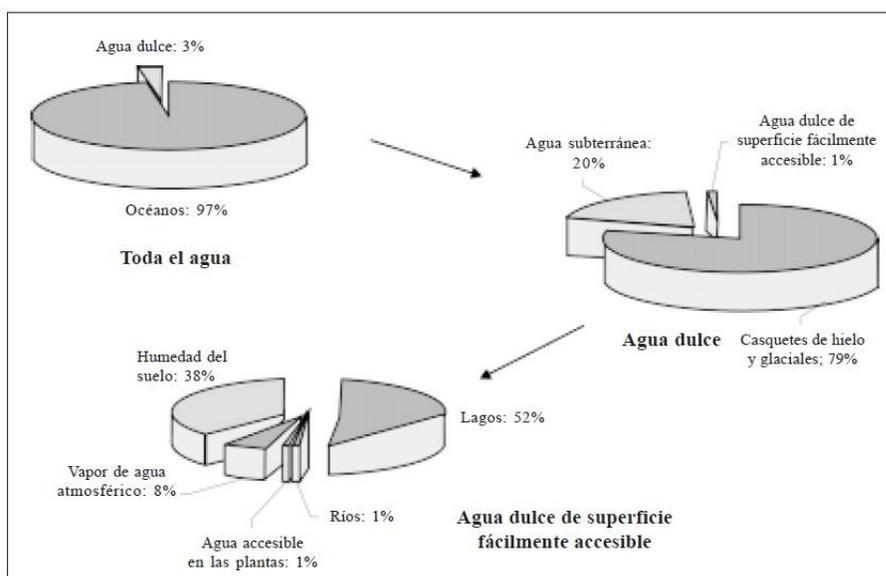


Figura 1. Distribución de agua en el mundo. Fuente: Lean y Hinrichsen, 1994

Lo mencionado anteriormente obliga a priorizar y optimizar el uso de fuentes de agua de fácil acceso en los distintos usos que el ser humano le da al recurso hídrico (Agudelo, 2005). En lo referente al consumo humano, la manera más sencilla y barata es a través de las aguas superficiales, así como captaciones en las fuentes naturales que existen, sean manantiales u ojos de agua, y que por gravedad sea trasladada, almacenada y distribuida a las comunidades.

Por estas razones es importante la definición de un espacio ideal de planificación como la cuenca hidrográfica, desde donde se pueda realizar una gestión de manera integral y garantizar la disponibilidad de la cantidad y calidad del agua; asimismo, debe definirse una política general que certifique que ese recurso no se deteriorará en su camino hacia los diferentes usuarios. Esta debe también orientar el manejo y/o tratamiento del líquido luego de su uso para que los usuarios posteriores puedan disponer de él o, en caso de desecharlo, que no se

contamine el entorno y eventualmente esta agua vuelva a estar disponible luego de cumplir su ciclo natural.

## **2.2. Conceptos básicos**

### **2.2.1. Cuenca hidrográfica**

Es definida por Ramakrishna (1997) como el "área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua. Es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de los cursos de agua definidos por el relieve. Sus límites (también llamados divisorias de aguas) se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río".

Las cuencas hidrográficas como espacio de planificación se han venido discutiendo desde hace bastante tiempo. Dourojeanni *et ál.* (2002) explica como desde 1977, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua se recomendó a los países considerar "como cuestión urgente e importante, el establecimiento y fortalecimiento de direcciones de cuencas fluviales, con miras a lograr una planificación y ordenación de esas cuencas más eficientes e integradas respecto de todos los usos del agua"; lo anterior se reafirmó en 1992 en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, donde se destacó que "la entidad geográfica más apropiada para la planificación y gestión de los recursos hídricos es la cuenca fluvial".

De manera general, se utiliza el término de cuenca, subcuenca y microcuenca para subdividir estas unidades respecto a su tamaño e importancia, aunque no se ha estandarizado un área para cada una de ellas. La metodología más utilizada para una división fundamentada de una cuenca es la propuesta por Horton (1945) y mejorada por Strahler (1952, 1957), la cual consiste en jerarquizar los segmentos del cauce por números desde su inicio (número 1), e ir aumentando de número conforme se encuentren dos segmentos con el mismo valor (dos cauces "2" darán como resultado un cauce "3") hasta llegar a la desembocadura del río.

Con los avances tecnológicos, se han desarrollado nuevas formas cuantitativas para subdividir las cuencas hidrográficas. La metodología elaborada por Pfafstetter (1989) es actualmente la más reconocida a nivel mundial y consiste en asignar códigos a las unidades de drenaje basado en la topología de la superficie del terreno, con lo cual se provee una única identificación a cada cuenca, basado en su ubicación dentro del sistema total de drenaje que ocupa (Becerra y Núñez, 2008).

### **2.2.2. Gestión integrada de cuencas hidrográficas**

El enfoque de cuencas como sistema y unidad de gestión de recursos naturales y el ambiente es casi indispensable cuando se analizan interacciones físico-biológicas y socio-ambientales relacionadas al agua y su interacción con otros recursos naturales en cuencas de montaña (Jiménez, 2009).

Por estas razones, se evolucionó desde el inicial manejo de cuencas o recursos naturales en general hacia una gestión de cuencas hidrográficas. Si bien se incluye lo anterior, se enfatizan procesos y acciones necesarios para lograr los recursos humanos, económicos, logísticos y administrativos requeridos para que este manejo sea sostenible en el tiempo. Se incluyen aquí diferentes pasos como la identificación y análisis de informantes clave, el diagnóstico, el ordenamiento del territorio, el establecimiento de una línea base, la elaboración e implementación de un plan de gestión, los mecanismos de gestión financiera y administrativa, el sistema de monitoreo y evaluación, finalizando con una sistematización y comunicación de experiencias (Jiménez, 2009).

Los activos del capital natural, como la tierra y el agua son el nexo entre el manejo de los recursos naturales de la cuenca y el uso y aprovechamiento de esos recursos para mejorar los medios de vida y la seguridad alimentaria de la población (REDLACH, 2009). Por ello la participación de diferentes actores es importante en este nivel, más, no es un requisito que tengan una injerencia directa en la toma de decisiones, así como derechos y deberes (Jiménez, 2009).

### **2.2.3. Gestión integrada de recursos hídricos (GIRH)**

Como se ha mencionado, las políticas generales que deben definirse, si bien conviene que se adapten a las realidades nacionales, regionales y locales de cada país, deben contemplar la GIRH. Un proceso político, económico, social y ambiental que no visualice el agua como un bien agotable, frágil y, ante todo, imprescindible para la sobrevivencia y desarrollo del planeta como sistema difícilmente tendrá el éxito deseado.

La GIRH es definida como "un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico, equitativamente y sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales" (Solanes y González-Villareal, 1999) y fue promulgado formalmente a nivel mundial en la cumbre de Johannesburgo en el año 2002 (REDLACH, 2009).

La GIRH es un proceso clave dentro de la gestión de cuencas. Ya que se enfoca sobre el elemento primordial de esta unidad territorial: el recurso hídrico. Se puede decir que mientras la gestión de cuencas debe ser más flexible respecto al contexto y realidad de cada una de ellas, la gestión del agua debe tener mecanismos, instituciones y regulaciones más rígidas en las esferas más altas, que guíen las políticas oficiales respecto a este tema; asimismo, en las esferas más locales (p.ej. comités de cuencas) debería haber un departamento u oficina dedicado específicamente al recurso hídrico.

Dourojeanni (2009) introduce el término de gestión de recursos hídricos por cuenca, entendido como "la gestión de las intervenciones, que los seres humanos realizan en una cuenca y sobre el agua captada por la misma, con el fin de conciliar metas económicas, sociales y ambientales que permitan mejorar la calidad de vida de todos los seres humanos que dependen del uso de su territorio y sus recursos así como minimizar los conflictos entre los interventores y el ambiente". Es interesante como el agua es vista como un elemento primordial para el componente humano, pero no se hace tanto énfasis en otros usuarios de la misma, como los animales o los ecosistemas en general; por ello, según el autor, la gestión debe estar orientada casi en su totalidad a actividades antrópicas en un nivel local, entendiéndose que del entorno se encargaría el comité de la cuenca a través de su plan de manejo.

La carencia de este tipo de oficinas que actúen de manera paralela en una cuenca han llevado a que la ocupación del uso del territorio y el uso de los recursos naturales de una cuenca de una manera caótica, generando conflictos a corto y largo plazo entre usuarios y medio ambiente (Dourojeanni, 2009). Se debe comprender entonces la necesidad de una sinergia entre la gestión de cuencas y de los recursos hídricos dentro de la misma para que hayan mayores probabilidades de éxito en donde se desee implementar.

#### **2.2.4. La zona de recarga hídrica**

Uno de los puntos más importantes dentro de una buena GIRH es la protección de los sitios donde se "genera" el recurso hídrico. Este es probablemente el punto donde inicia de manera efectiva el ciclo de gestión; un mal manejo de estos sitios reducirá considerablemente la cantidad y calidad del agua que se utilice posteriormente.

Se le llama recarga al proceso mediante el cual se incorpora a un acuífero el agua procedente de fuera del contorno que lo limita, esta procedencia puede ser desde la infiltración de la lluvia y las aguas superficiales, hasta la transferencia de agua desde otro acuífero (Custodio, 1998).

Si bien la recarga como tal se da en varios puntos, hay sectores que por sus características climáticas y biofísicas tienen un nivel de infiltración mayor; a estos sitios se les denomina zona de recarga hídrica.

Estos sitios se recargan principalmente a través de la precipitación en suelos con alta capacidad de infiltración, así como rocas superficiales permeables. Asimismo, las áreas de recarga de los acuíferos pueden o no estar a grandes distancias de donde son utilizados (Losilla, 1986). Matus (2009) identifica cinco elementos clave en la infiltración: pendiente, suelo, geología, cobertura vegetal y uso de la tierra.

La pendiente juega un papel muy importante en el proceso de infiltración gracias a una relación directa: a mayor pendiente, mayor velocidad del flujo de agua en superficie y, por lo tanto, menor infiltración y mayor escorrentía superficial (FCE, 2006). La infiltración a partir de una lluvia se caracteriza por la formación de capas de agua muy delgadas en la superficie del suelo, penetrando al perfil por gravedad (Linsley *et al.* 1977); el aumento de la pendiente hará que esta capa se desplace superficialmente en vez de infiltrarse. De igual manera, en caso de que el agua llegue a la zona de saturación, tendrá un movimiento hacia las zonas más bajas, donde el movimiento será más lento y facilitará su acumulación pudiendo, según la constitución del terreno, salir en forma de un manantial (Maderey, 2005).

Los suelos son el camino a través del cual se desplaza inicialmente el agua en su camino hacia el interior de la tierra, este proceso es llamado percolación (Linsley *et al.* 1977). La textura del suelo es de los factores determinantes en la capacidad de infiltración de los mismos al determinar en gran parte la retención de agua y las propiedades de transmisión del suelo (Strahler y Strahler, 1989). Asimismo, la compactación causa una entrada del material sólido en los poros del suelo, lo cual reduce el espacio poroso total y aumenta la densidad aparente (González, 2005). Los resultados del laboratorio permiten acotar las razones y ubicaciones de posibles alteraciones en él.

Los suelos arenosos pueden drenar demasiado rápidamente; mientras que en los suelos arcillosos los poros son demasiado pequeños para permitir un drenaje adecuado (Strahler y Strahler, 1989).

Las condiciones geológicas de la zona influirán en el comportamiento de la circulación del agua (FCIHS, 2009). La velocidad de movimiento depende de la estructura y composición

litológica de las formaciones, para que el agua pueda transitar por el subsuelo (Maderey, 2005). Hay formaciones que permiten una mayor permeabilidad del agua, como las lavas cavernosas, las gravas, los conglomerados, las areniscas y las calizas; mientras que hay otras que son más impermeables como las pizarras, el granito, los gneiss y las arcillas (Maderey, 2005).

La cobertura vegetal es un agente vital ya que modifica la intensidad de los agentes del clima y los procesos que este pone en movimiento (Tricart y Cailleux, 1972). La acción protectora de la vegetación se da ante todo por la intercepción de la precipitación (Cavelier y Goldstein, 1989); gracias a esto, un alto porcentaje de la lluvia puede llegar al suelo a través del flujo de follaje, a través del escurrimiento de las hojas (Guariguata y Kattan, 2002), y el flujo caulinar, a través del escurrimiento por los troncos (Bruijnzeel, 1990). Un tercer factor a tomar en cuenta que aporta la vegetación y que favorece la infiltración es la protección del suelo y retención del agua por la cobertura de hojarasca (Wiersum, 1985).

Finalmente, el uso de la tierra puede definirse como cualquier aplicación humana del recurso tierra (Richters, 1985). La necesidad del manejo del mismo se explica básicamente por la apremiante escasez del recurso tierra per cápita y los efectos negativos del uso de la misma más allá de un potencial sostenible fuera de su propio ambiente en tiempo y espacio (Richters, 1985).

Además del área de recarga existe un sitio de descarga, donde se da la salida del líquido infiltrado previamente. Los acuíferos se recargan de manera natural con el agua de lluvia que se infiltra a través del suelo y las rocas, esta agua atraviesa lentamente el manto freático y sale por las zonas de descarga, formando manantiales y fuentes que devuelven el agua a la superficie (Faustino, 2006; citado en Matus, 2007). La descarga se puede dar en muchos sitios, inclusive con grandes distancias entre ellos.

Debe comprenderse entonces que una zona de recarga con suelos impermeabilizados o compactados, así como una poca cobertura vegetal harán que el agua no se infiltre correctamente, perdiéndose a través de escorrentía superficial y/o evaporación, con lo cual se reduce la cantidad de líquido disponible en las tomas de agua del acueducto. De igual manera, actividades humanas mal manejadas como la ganadería o la agricultura intensiva pueden

contaminar el suelo y por ende los acuíferos, reduciendo considerablemente la calidad del agua y obligando a mayores costos por tratamiento de la misma.

Esta serie de afectaciones a la superficie modifican los tiempos de concentración del río. Este término se define como el lapso de tiempo que tomaría a una lluvia constante sobre una superficie impermeable para que la escorrentía de esta superficie eventualmente llegue a tener una tasa igual a la de la precipitación (Linsley y Franzini, 1964); en otras palabras, es el tiempo que toma una gota de agua que cae en la parte más alta de la cuenca en llegar al sitio de aforo. Las reducciones de los tiempos de concentración pueden implicar cabezas de agua o inundaciones en los sectores bajos de la cuenca.

### **2.2.5. La zona inmediata de recarga hídrica**

Si bien es importante la conservación de las zonas antes mencionadas, también debe destacarse que la mayoría de acueductos que toman agua por métodos de gravedad lo hace a través de manantiales, donde el agua brota naturalmente. Estos sitios tienen una dinámica similar a los acuíferos descritos anteriormente, pero con una zona de recarga más reducida en tamaño y más inmediata en lo que se refiere a la entrada y salida del agua a la superficie. Estas áreas se denominan “zona de recarga inmediata” serán las más importantes en lo que a protección se refiere.

En las ASADAS trabajadas, todas tienen tomas de agua de manantiales, siendo ellos la principal fuente de agua, siendo Quebradilla la única que depende 100% de aguas de nacientes. Esto indica que cualquier alteración en la cantidad y calidad del agua en la zona inmediata de recarga va a ser evidenciada en los sitios de descarga, haciendo que los impactos de la contaminación sean más directos y perceptibles para los usuarios del recurso.

### **2.3. Aspectos legales**

En Costa Rica, el Estado tiene soberanía sobre los recursos naturales, según están descritos en la Ley Orgánica del Ambiente (La Gaceta, 1995). Asimismo, en lo que se refiere específicamente a recurso hídrico, ya en la Ley de Aguas (Congreso Constitucional de Costa Rica, 1942) se establece, entre otras, que son de dominio público “las aguas de los ríos y sus afluentes directo o indirectos, arroyos o manantiales desde el punto en que broten las primeras aguas permanentes hasta su desembocadura en el mar o lagos, lagunas o esteros”. La institución gubernamental que rige este y los demás recursos naturales es el MINAET.

Uno de los aspectos más importantes en lo que se refiere al recurso hídrico son las zonas de protección que debe haber, tanto en las nacientes de los diferentes ríos, sus áreas de recarga y en el cauce mismo (Ley Forestal, La Gaceta, 1996). En estas zonas la corta o eliminación de bosque o el cambio de ese uso del suelo está estrictamente prohibida; en el cuadro 1 se detallan las áreas de protección del recurso hídrico definidas por ley.

Cuadro 1. Áreas de protección según tipo de recurso hídrico establecidas en la Ley Forestal de Costa Rica

	Área de protección (metros)		
	Urbano (terreno plano)	Rural (terreno plano)	Terreno quebrado
Ríos	10 a cada lado	15 cada lado	50 a cada lado
Nacientes	100 a la redonda, 200 si está aprovechada		
Lagos	50 metros desde la ribera		
Zonas de recarga y acuíferos de manantiales	Determinada por los órganos competentes		

Fuente: La Gaceta, 1996

Debe aclararse que las áreas descritas solamente restringen el cambio de uso, más, no relegan derechos de propiedad sobre los dueños de los predios. La actual Ley de Aguas también establece zonas de prohibición para la corta de bosques aledaños a manantiales: 60 metros alrededor en pendiente y 50 metros a la redonda en sectores planos. Adicionalmente, esta Ley obliga a los dueños de predios con manantiales o cursos de aguas en sus terrenos a reforestar un área de 5 metros alrededor, cuando esas zonas han sido deforestadas (Congreso Constitucional de Costa Rica, 1942).

Estas regulaciones han sido fuente de conflicto en ocasiones entre los propietarios y los usuarios del recurso, particularmente las ASADAS, ya que el hecho de desarrollar infraestructura, extraer agua y permitir el paso de personas por predios ajenos para mantenimiento no siempre es bien visto por los dueños de las fincas.

Otro punto a destacar es la zona de recarga hídrica; si bien el reglamento de ASADAS faculta a los acueductos a solicitar ante el AyA la delimitación de las zonas de protección, no hay una correspondencia entre éstas y la zona de recarga. Al no estar delimitadas y al no haber estudios sobre cada nacimiento en particular, es difícil tanto para las ASADAS, así como para los propietarios y el Estado mismo controlar, manejar y planificar con base a estas áreas a futuro.

## 2.4. Distribución del recurso hídrico para consumo humano en Costa Rica

Debe destacarse la diferencia que existe entre la disponibilidad de recurso hídrico, revisada en el apartado anterior, y la capacidad de poder captarlo y hacerlo llegar a los diferentes usuarios. Lo anterior es parte de la llamada "ecuación del agua segura" (OPS-OMS, 2003) , donde:

Agua Segura = Cobertura + Cantidad + Calidad + Continuidad + Costo + Cultura hídrica

Asimismo, la gestión de cuencas hidrográficas y la GIRH son maneras en que se puede conservar y mantener el recurso, así como mejorar su calidad y cantidad, pero se requiere de órganos diferentes para que administren y suministren el agua a las comunidades a un precio accesible, dando además la respectiva educación en cada sitio.

En Costa Rica, la institución "encargada de administrar y prestar servicios públicos de agua potable y alcantarillado sanitario en todas las comunidades o ciudades que estén o llegaren a estar bajo su administración, así como establecer los límites necesarios para la prestación de servicios de la manera más simple y confiable posible" es el AyA (2002). La cobertura de este ente alcanza a la mitad de la población del país, concentrándose en las zonas urbanas, donde residen aproximadamente el 90% de sus abonados (Flores, 2009).

Cuadro 2. Distribución de acueductos en Costa Rica según su tipo de ente administrador

Entidad Administradora	No. Acueductos	Población Cubierta		Acueductos	
		Población	%	Potable	No potable
AyA	176	2.557.400	50,0	156	22
Acueductos municipales evaluados	245	757.305	16,7	185	60
Acueductos municipales no evaluados	3	413	0,0	2	1
ESPH	12	164.624	3,6	12	0
CAAR/ASADAS evaluadas	976	926.386	20,5	570	406
CAAR/ASADAS no evaluadas	888	317.325	7,0	453	435
<b>SubTotal</b>	<b>2.302</b>	<b>4.423.453</b>	<b>98,0</b>	<b>1.377</b>	<b>925</b>
Fácil acceso urbanizaciones y privados	N/A	84.306	1,9	N/A	N/A
Sin Información	N/A	1.633	0,0	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>2.302</b>	<b>4.509.392</b>	<b>100</b>	<b>1.377</b>	<b>925</b>

Fuente: AyA, 2010.

Lo anterior indica que la mayoría de los acueductos de zonas rurales no son administrados por el AyA, sino que por entes operadores de acueducto comunal (Cuadro 2). De estos, más de un 97% se distribuyen entre ASADAS y Comités Administradores de Acueductos Rurales

(CAAR), donde las primeras abarcan aproximadamente tres cuartas partes del total (Martínez, 2010). Este delegamiento de la gestión del recurso ha hecho de Costa Rica uno de los países de América Latina con mayor cobertura de abastecimiento de agua para consumo humano en relación con su población (Madrigal *et al.* 2010).

El cuadro también denota un serio desafío para las ASADAS: la calidad del líquido. Alrededor de un 45% de los acueductos administrados por entes locales no tienen agua potable, por lo que este apartado se ha tornado fundamental para el AyA como ente rector y para las entidades comunales de manera particular.

#### **2.4.1. Desarrollo de organizaciones locales para administrar el agua para consumo humano**

Al igual que en otros países centroamericanos, en Costa Rica los primeros mini-acueductos comunales fueron promovidos desde el Ministerio de Salud en los años 70, administrados de manera conjunta entre este ente y un comité de usuarios nombrado para tal efecto. Inicialmente estos comités eran parte de las Asociaciones de Desarrollo Comunal; luego de la creación del AyA, este buscó una relación más directa con los comités, creándose así las ASADAS (FANCA, 2006).

Al ser la mayoría de las brindadoras del servicio en el sector rural, es importante aclarar qué son las ASADAS y cuáles son sus alcances. Estas entidades forman parte de una alianza público-privada donde el Estado costarricense, a través del AyA, aporta materiales y técnicos para la infraestructura del acueducto, mientras que la comunidad aporta la mano de obra y se compromete a administrarlo eficientemente (Martínez, 2010).

El reglamento de las ASADAS indica que estas deberán tener como "únicos y específicos fines la construcción, operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas de acueductos y alcantarillados delegado por el AyA; así como la conservación y aprovechamiento racional de las aguas necesarias para el suministro de las poblaciones; vigilancia y control de su contaminación o alteración, por lo que los recursos financieros generados por la gestión del sistema deberán dedicarse exclusivamente a esos fines" (La Gaceta, 2005a).

Si bien este reglamento hace énfasis en todos los escalones necesarios para que el recurso hídrico se preserve desde su fuente hasta las casas, es poco lo que menciona respecto a la disposición del agua luego de su uso doméstico. Esto ha hecho que la inversión y

preocupación por las aguas post-uso sea muy poca, tanto a nivel de ASADAS como de las comunidades.

Los CAAR, por su parte, son entes informales que carecen de personería jurídica, por lo que el AyA no puede tener un acuerdo legal para delegar el recurso, como se hace con las ASADAS. Desde algún tiempo se han hecho esfuerzos para que los CAAR se transformen en ASADAS, con el objetivo de fortalecer su estado legal y con ello, su desempeño (Madrigal *et al.* 2010). Las ASADAS han permitido a una participación organizada y genuina de las comunidades en torno a un fin y recurso común, como lo es el agua para su propio consumo, logrando así un desarrollo comunal con participación social (Martínez, 2010).

En el orden de lograr una sanidad económica de cada una de estas instituciones, se han establecido tarifas máximas para el cobro del servicio, las cuales son revisadas y, en caso de ameritarlo, modificadas por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP). Al tener dos de los acueductos estudiados más de 551 abonados, los precios se indican en el cuadro 3.

Cuadro 3. Tarifas máximas aprobadas por la ARESEP para acueductos de más de 551 abonados en el año 2007 y 2009 (vigente).

Año de publicación de tarifas	Tarifa Fija		Tarifa Medida		
	Base (¢)	Hidrantes (¢)	Base (¢)	Cobro unitario por consumo (¢/m <sup>3</sup> )	Hidrantes (¢/m <sup>3</sup> )
2009 (vigente)	4.035	325	1.615	90	12
2007	3.095	N/A	1.240	70	N/A

Fuente: ARESEP 2009a; 2009b y 2007.

Las tarifas de hidrantes fueron introducidas en el año 2009 con el fin de que cada uno de los acueductos implemente, opere y de mantenimiento a su red de estos aparatos, luego de que en el año 2008 fuera declarado como un servicio público, después de observar un grave faltante en la cantidad y calidad de los mismos a nivel nacional (La Gaceta, 2008).

#### 2.4.2. Calidad del agua

Si bien la administración del agua para consumo humano está regulada por el AyA, el reglamento para la calidad del agua potable establece claramente que la institución que debe regular la calidad del agua es el Ministerio de Salud; lo anterior se sustenta en que esto hace que se prevengan enfermedades en los seres humanos que puedan ser originados por la contaminación del líquido (La Gaceta, 2005b).

El anterior decreto establece la frecuencia con la que debe ser analizada el agua que proporciona cada uno de los acueductos comunales, así como los parámetros que se requieren para que el agua sea catalogada como potable. Esta se define como el "agua tratada que cumple con las disposiciones de valores recomendables o máximos admisibles estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos, que al ser consumida por la población no causa daño a la salud" (La Gaceta, 2005b).

En la actualidad, cada vez se hace más difícil lograr estos parámetros, inclusive con cierto tipo de tratamiento como generalmente se da en los acueductos rurales. Por ello se especifica también un valor máximo admisible, el cual se entiende como "aquella concentración de sustancia o densidad de bacterias a partir de la cual existe un rechazo del agua por parte de los consumidores o surge un riesgo inaceptable para la salud" (La Gaceta, 2005b).

Teniendo ambos términos en cuenta, las ASADAS deben mantenerse sobre este valor máximo admisible, aunque siempre deberían apuntar a la potabilidad del agua. Para ello es necesario no sólo un buen mantenimiento de la infraestructura del acueducto *per se*, sino también vigilar y conservar el buen estado de las áreas de recarga y de toma de agua, donde está la mayor vulnerabilidad de contaminación del recurso hídrico.

En sectores montañosos como los que se encuentran en el área de estudio, las dos fuentes primarias de agua son las nacientes o manantiales y también las tomas directas de ríos y/o quebradas, como fuentes de aguas superficiales. En el caso de las primeras, son las más recomendadas ya que se puede obtener líquido directamente en su emergencia a la superficie, evitando una contaminación por cualquiera de los agentes que hay al aire libre. Lo anterior siempre y cuando la infraestructura de captación sea la adecuada, es decir, de cemento, que cubra la totalidad del área de salida de agua y que esté protegida del ataque de animales o de la intervención de las personas con algún tipo de protección. Debido a que no siempre poseen un caudal como para mantener a todo el acueducto, generalmente es necesario tener varias de estas captaciones para garantizar al menos el volumen mínimo a requerir.

Especial atención debe tenerse a la zona de recarga inmediata del manantial, ya que el recurso se vuelve altamente vulnerable al uso que se de en ella, y puede ser fácilmente contaminado. Los desechos de ganado, los agroquímicos o plaguicidas de cultivos agrícolas, así como los desechos humanos como residuos sólidos o algún tipo de combustibles, toman un tiempo

considerable para poder recuperarse totalmente. Se recomienda entonces una cobertura boscosa en estos sectores. Como cuantificó Veas (2009), este uso facilita la infiltración, captura una mayor cantidad de agua de lluvia, reduce la escorrentía y mejora considerablemente la calidad del agua que permea a través del suelo.

#### **2.4.3. ¿ASADAS implican una buena gestión del agua para consumo humano?**

Como se ha mencionado, el establecimiento de una entidad local que administre su propia agua (captación, distribución, administración y mantenimiento) es clave para que se dé una buena GIRH. Sin embargo, este es sólo el primer paso. Madrigal *et al.* (2010) establecen que algunas organizaciones comunales dejan a los consumidores expuestos a una pobre calidad del líquido, mientras que en otras comunidades pasa totalmente lo contrario. Esto indica que las ASADAS en si, no son una garantía de calidad o seguridad del agua que se consume.

En el mismo documento, los autores concluyen que el buen desempeño de una organización local administradora del agua, independientemente de su categoría legal, está caracterizada por el tipo y número de reglas que están impuestas y determinadas por las mismas comunidades. El monitoreo realizado por iniciativa local (en vez de actores externos como el gobierno), así como la regulación y los mecanismos de rendición de cuentas son parte de una buena estructura de gobernanza.

Otro elemento de importancia es la relación directa entre un acercamiento orientado por la demanda y un buen desempeño de la ASADA. El deseo de una comunidad de organizarse para solucionar un problema en común y su involucramiento en el diseño de infraestructura y una institucionalidad, así como la disponibilidad de pagar por el mantenimiento y la construcción de infraestructura son claves para crear un sentimiento de pertenencia, que afecta positivamente la calidad del servicio (Madrigal *et al.* 2010).

Finalmente, el papel del gobierno central debe ser cauteloso. El mismo estudio concluyó que leyes que favorezcan el paternalismo y los subsidios de largo plazo pueden generar dependencia y pérdida de interés de parte de las comunidades. Una reducción en la ayuda financiera, complementada con un aumento en información y técnicas para identificar zonas de recarga, así como restauración de ecosistemas degradados puede generar mayores beneficios a largo plazo (Madrigal *et al.* 2010). Una capacitación constante en lo concerniente a aspectos técnicos de la infraestructura hídrica, así como la gestión del recurso hídrico

también son claves para incrementar la capacidad de administrar de buena manera el agua para consumo humano a través del tiempo.

#### **2.4.4. Desarrollo de estrategias locales y asociativas**

Es común observar en el país una gran diferencia entre las ASADAS, tanto en lo que se refiere a administración de recursos económicos y materiales como en calidad y cantidad del agua, infraestructura, etc.; inclusive en sectores muy próximos, lo cual indica que los problemas y virtudes no vienen dados por razones necesariamente espaciales o topográficas, sino de gestión.

Una actividad que se ha desarrollado en los últimos años desde la Organización Mundial de la Salud (OMS) son los planes de seguridad del agua. Este se define como un plan documentado que identifica posibles riesgos desde la captación hasta el consumidor, los precisa, prioriza e implementa medidas de control para mitigarlos (OPS, 2006). Estos planes se pueden aplicar desde una perspectiva local y participativa, donde converjan grupos comunales y las ASADAS en búsqueda de un fin común: la calidad en el agua abastecida para consumo humano.

En el sentido regional, una de las maneras en las que los diferentes acueductos comunales han tratado de mejorar estos detalles es la asociatividad, ya sea en forma de uniones o federaciones de ASADAS. El primero de estos casos en el país lo constituye la Unión de Asociaciones Griegas por el Ambiente y la Salud (UNAGUAS), fundada en 1999 y legalmente establecida en el año 2002, contando en la actualidad con 18 acueductos miembros (Arauz, 2010).

Originalmente, sus fines fundamentales fueron la conservación de los recursos naturales, cuencas hidrográficas y zonas de recarga hídrica del cantón de Grecia y fortalecer el accionar de los acueductos comunales del cantón en procura de una adecuada gestión del recurso hídrico y de un servicio de agua potable en calidad y cantidad. Actualmente, sus estatutos cuentan con más de 15 fines donde también se incluyen las capacitaciones, resolución de conflictos, planificación, aspectos jurídicos y divulgación de experiencias (UNAGUAS, 2003).

La formación de esta asociación inició procesos similares en otras partes del país, con lo cual surge una incipiente conformación regional de acueductos locales, que poco a poco han empezado a alzar su voz ante el Estado, particularmente el AyA, en pos de reformas al reglamento de ASADAS. La reacción del órgano estatal no ha sido la esperada por los

acueductos comunales, ya que AyA sólo promueve asociaciones propiciadas por ellos, dejando de lado las iniciativas que vienen desde las propias ASADAS (Arauz, 2010).

Este proceso de asociación y búsqueda de objetivos comunes ha empezado a dar sus primeros frutos, no sólo a lo interno, sino también en publicaciones patrocinadas por ONG locales e internacionales. Una de las más recientes y completas es “El acueducto comunitario óptimo, condiciones para una gestión efectiva de los servicios del agua: el caso de Costa Rica” (Fundación AVINA, 2011), donde se establecen diferentes factores u oportunidades de mejoramiento, así como la situación actual y distintas propuestas para mejorar o lograr estos objetivos.

Lo anterior evidencia como, lentamente, las ASADAS están empezando a pasar de un nivel meramente operacional y donde su fin primordial es el servicio de abastecimiento de agua a las comunidades, a otro donde buscan la solución de problemas en común, un mayor peso a nivel regional y nacional y al diálogo entre ellos mismos y diferentes organismos, ya sean estatales o privados. Esto lleva a pensar que poco a poco, se empieza a reconocer en Costa Rica que el agua no es un recurso renovable e inagotable, sino más bien uno finito y altamente vulnerable, el cual debe defenderse y conservarse en el orden de garantizar su continuidad de manera justa, segura y perdurable.

## **2.5. Acueductos seleccionados: Tobosi, Quebradilla e Higuito**

Dentro de la microcuenca del río Purires existen nueve ASADAS establecidas: Guatuso, Tablón, Coris, Coris Arriba, Bermejo, San Isidro, Quebradilla, Higuito y Tobosi. Esta gran cantidad de entes abastecedoras hizo que solamente se eligieran tres para esta investigación: Tobosi, Quebradilla e Higuito; básicamente por ser acueductos conocidos por la experiencia que han tenido con la ComPurires, así como su anuencia a ser partícipes en el trabajo.

### **2.5.1. Tobosi**

La ASADA de Tobosi tiene sus orígenes en el año 1927, cuando una serie de vecinos deciden organizarse, recolectar dinero y buscar colaboración del Estado para hacer una cañería que llevara las aguas a sus hogares, la iglesia y la escuela del pueblo. La primera naciente captada se ubicó en el potrero “Enseñanza”, en el sector que hoy se conoce como “El Cementerio”.

Inicialmente, el acueducto fue administrado por la Municipalidad de Cartago, pasando luego a formar parte de la Asociación de Desarrollo de Tobosi como un CAAR hasta el año 2004, año

en que oficialmente se consolida como ASADA. Cuenta con tomas de agua de naciente y de río a cielo abierto, siendo aún la naciente “El Cementerio” la más importante de todas, ya que abastece aproximadamente al 50% de sus usuarios.

Tiene un total de 1165 usuarios, de los cuales 612 tienen medidor y los 553 restantes poseen servicio fijo a junio del año 2011.

### **2.5.2. Quebradilla**

Se ubica en el cantón de Cartago, ya que el río Purires es el límite entre este y El Guarco. Inició labores como dependencia de la Asociación de Desarrollo en el año 1985. Para ello se nombró un comité para asumiera la responsabilidad de organizar y ejecutar las obras de construcción para el abastecimiento de agua potable a los usuarios del acueducto.

Dos años después, se funda la ASADA de Quebradilla, la cual asume y administra formalmente el acueducto a partir de ese instante. Posteriormente se desarrolló una serie de empresas para mejorar sus nacientes. La más importante de ellas es la “F10”, de donde se extrae alrededor del 80% del líquido para abastecer a la comunidad.

El acueducto tiene el 100% de sus 915 usuarios con servicio medido; de igual manera, la totalidad de sus fuentes de agua provienen de nacientes.

### **2.5.3. Higuito**

Es el acueducto más joven y a su vez, el más pequeño en lo que a cantidad de usuarios se refiere de los tres que se estudiaron. Abastece a 553 abonados, teniendo 393 de ellos servicio fijo y 160 con micromedición.

Fue fundado en el año 2005 y posee fuentes provenientes de las nacientes Palo Blanco, Los Monge, Los Piris, Los Fuentes y Santa Cecilia, las cuales abastecen 30% del total. Asimismo cuenta con dos tomas a cielo abierto, las más importantes en lo que a cantidad de líquido se refiere, El Chiflón y la quebrada Cucaracha, esta última compartida con el AyA. Ambas abastecen un 70% del agua para el acueducto.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

La microcuenca del río Purires (Figura 2) se encuentra en la provincia de Cartago; es parte del cantón central de Cartago, así como de El Guarco y abarca una superficie de 7624 hectáreas (Cuadro 4). Es parte de la cuenca alta del río Reventazón, una de las más importantes del país, ya que allí se genera el 25% de la energía hidroeléctrica nacional, se abastece de agua potable al 50% de la población del Área Metropolitana de San José y se produce el 11% del valor total de las exportaciones locales (ICE, 2000).

Cuadro 4: Datos morfológicos importantes de la microcuenca del río Purires

Área	76,23 km <sup>2</sup>
Perímetro	38,79 km.
Índice de compacidad	1,24
Pendiente media	15,43°
Elevación media	1.537 m.s.n.m.
Densidad de drenaje	5,81 km/km <sup>2</sup>
Longitud del cauce	13,2 km.
Pendiente media del cauce	4,29°

Elaboración propia

El sitio, si bien se considera rural, se encuentra muy cerca de los polos poblacionales, comerciales e industriales de Cartago y el Tejar. Este último se alimenta en cierta medida del líquido de la microcuenca.

Socioeconómicamente, se ubican diferentes poblados de pequeño tamaño, cuya población se dedica primordialmente a la agricultura y la ganadería. Los más importantes son Tobosi, Quebradilla, Higuito, Coris y Tablón; los tres primeros es donde este trabajo se centró, a través de sus respectivas ASADAS. En los sectores bajos de la microcuenca se han iniciado desarrollos inmobiliarios, así como una cierta cantidad de industrias de diferente tipo.

Entre los cultivos agrícolas presentes en el sitio se identifican los de café, maíz y plátano; se observan además diferentes cultivos en invernadero, los cuales se dan en las partes bajas y planas, así como en los pies de las diferentes laderas de los cerros. En lo que se refiere a ganadería, la mayoría de ésta es extensiva y se desarrolla en las partes altas y laderas de las montañas circundantes.

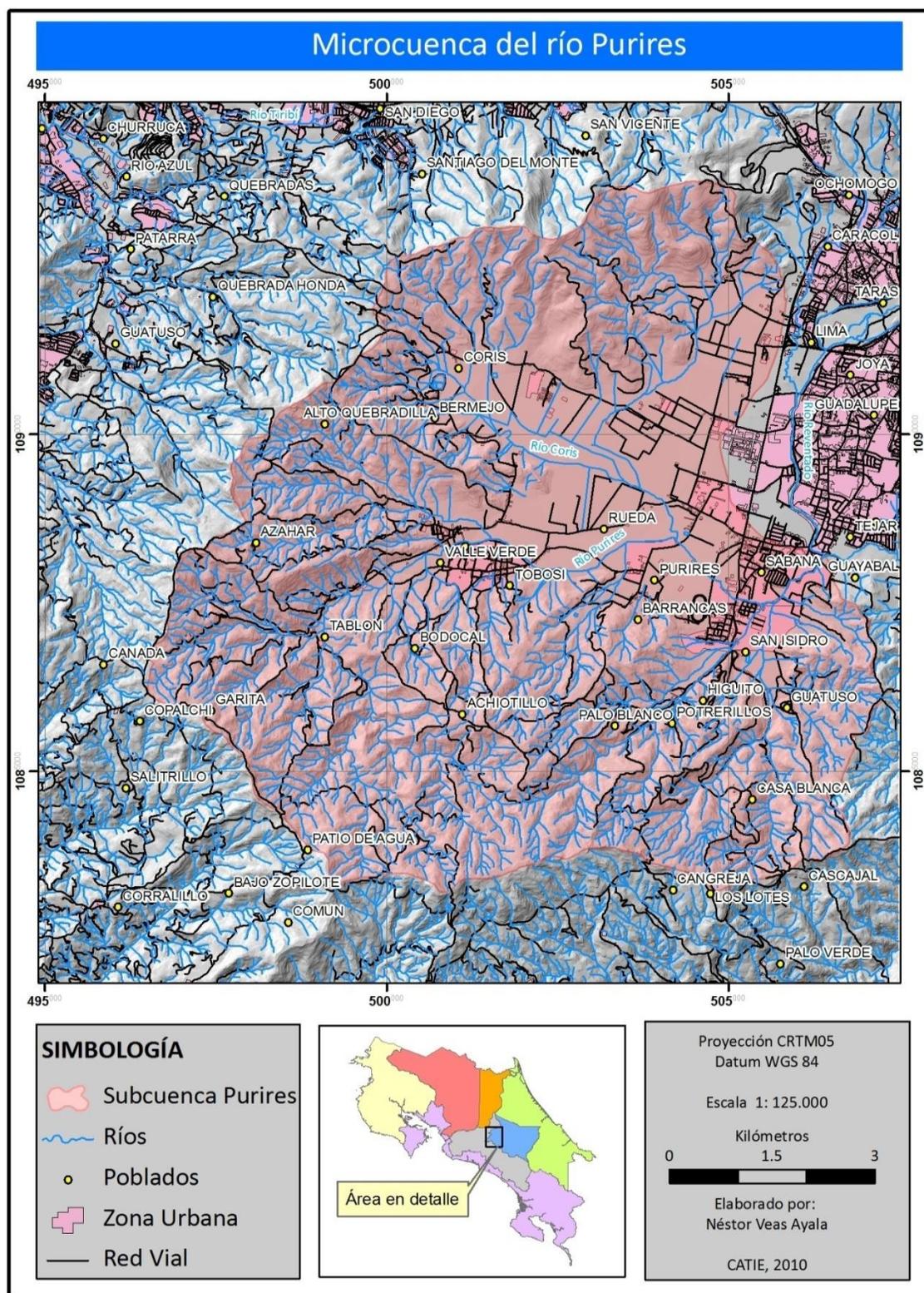


Figura 2. Mapa mostrando la ubicación de la microcuenca del río Purires

La carta geomorfológica del valle central (Bergoeing y Malavassi, 1981) muestra que el área combina rocas sedimentarias y volcánicas. El sector noreste de la cuenca, entre los poblados

de Coris y Ochomogo reflejan áreas volcánicas asociadas al período Terciario, con una concentración de taludes de erosión orientados hacia la subcuenca del río Reventado. Este mismo tipo de áreas se pueden identificar en el sector sur, yendo desde las comunidades de Tobosi y San Isidro hasta el límite de la cuenca. Se encuentran allí una serie de valles en "v", donde se forman una gran cantidad de quebradas que desaguan eventualmente en el cauce del río Purires.

Hacia el oeste de la cuenca se observan formaciones sedimentarias antiguas, también pertenecientes al Terciario. Nuevamente se observa una gran cantidad de valles en "v" como los que se forman en el cauce del río Cabrera. Al pie de esta área se tienen las tierras más recientes de la cuenca, con formaciones sedimentarias del Holoceno generadas a través de conos coluvio-aluviales en el sector de Coris y Bermejo, así como mediante avenidas torrenciales o laháricas en la zona de Tobosi y Quebradilla.

El sector central y más plano de la cuenca data del Pleistoceno, con formaciones sedimentarias, producto de depositaciones fluvio-lacustres, precisamente provenientes de las zonas más antiguas mencionadas anteriormente y también, en menor medida, de la influencia de los conos de piedemonte volcánico provenientes del volcán Irazú y sus distintas fases de actividad.

Respecto a la hidrología del sitio, el cauce principal del río Purires, que desemboca en el río Aguacaliente, es alimentado por una serie de ríos como el Coris y el Cabrera, así como quebradas como la Barahona, Víbora, Fierro, etc., que provienen de las partes más altas de la cuenca.

### **3.2. Diseño del Trabajo**

El estudio se dividió en tres apartados, uno por cada objetivo específico, yendo desde de la parte alta de la microcuenca hasta llegar a las ASADAS como tales, incluyendo a sus usuarios (Cuadro 5). La primera parte fue una caracterización de aspectos biofísicos (suelo, vegetación, clima, geología, etc.) de toda el área de estudio, enfocándose en determinar cuáles son las áreas de recarga, de manera general a nivel de microcuenca y más en detalle con las zonas de recarga inmediata a los manantiales aprovechados. Este paso es vital para el desarrollo posterior de la investigación.

Cuadro 5. Organización de la metodología de trabajo

Objetivo	Metodología	Materiales, instrumentos y equipos	Procedimientos	Resultados esperados
<i>Identificar, delimitar y caracterizar biofísicamente el sector perteneciente al área de recarga y su área de influencia de las ASADAS seleccionadas.</i>	Trabajo individual	SIG, observación participante, SIG, entrevistas, material para toma de muestras de suelo	Obtención y mejora de capas digitales de datos  Obtención de información	Mapa de zonas potenciales de recarga hídrica  Caracterización biofísica del área de trabajo
<i>Determinar y analizar, institucional y socioeconómicamente, cómo se gestiona el agua en cada ASADA.</i>	Participativa	Observación participante, entrevistas, talleres, material para toma de muestras de agua	Identificación de actores, convocatoria, reunión, discusión, acuerdos, FODA	Diagnóstico de la gestión individual del agua en cada ASADA  Caracterización socioeconómica de las comunidades
<i>Proponer estrategias y acciones de gestión del recurso hídrico para el área de trabajo.</i>	Participativa	Talleres y observación participante	Identificación de actores, convocatoria, reunión, discusión, acuerdos	Definición de estrategia para la gestión del recurso hídrico en la zona de estudio

Junto con las zonas de recarga, se determinaron las áreas protegidas por ley y se caracterizaron las tomas de agua, tanto de manantiales como de aguas superficiales. Se contemplaron además las amenazas y vulnerabilidades para el recurso, la infraestructura y los acueductos en general. Para ello se utilizó una metodología de evaluación integral, que contempla desde las áreas de recarga hasta la deposición de las aguas post-uso.

La segunda fase se enfocó en la gestión de las ASADAS como tal, primeramente con un diagnóstico de cada organización realizado por la junta directiva respectiva, y luego con una entrevista para comprender lo que piensan los usuarios. Posteriormente se hizo un estudio del consumo general e individual en cada acueducto, para finalizar con un análisis financiero que mostró ciertas diferencias en la administración. Con estos datos se pudo hacer una priorización de necesidades, lo cual fue esencial para el apartado final.

Este último apartado es precisamente una propuesta de estrategia para una GIRH en el sector; al haber diferentes ASADAS, cada una deberá tomar esta estrategia y adaptarla a sus diferentes realidades y necesidades.

Como se observa, el desarrollo de cada objetivo fue esencial para el siguiente, y los dos primeros dieron los insumos necesarios para entender la realidad del área de trabajo y a partir de ello, desarrollar la estrategia para la misma.

### 3.2.1. Determinación del área potencial de recarga hídrica de la microcuenca

Como se indicó, prácticamente cualquier sitio que no esté cubierto por una capa impermeable es propensa a infiltrar agua y, por ende, ser un sitio de recarga hídrica. A su vez, la metodología a continuación busca ubicar los sitios donde es más propenso encontrar altos valores de infiltración, los cuales serán prioritarios en todo el análisis posterior de este trabajo.

Para el sitio de estudio se realizó un análisis, haciendo uso de la herramienta de sistemas de información geográfica (SIG). Esto con el fin de determinar las áreas de mayor probabilidad con características de alta permeabilidad. Para lo anterior se utilizarán las capas digitales (*shapes*) de los elementos biofísicos claves que requiere una zona de recarga hídrica de importancia: pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal y uso del suelo. A cada elemento se le dio una ponderación que va de uno (muy baja posibilidad de infiltración) a cinco (muy alta posibilidad de infiltración).

#### Pendiente del terreno

En el área de estudio se pueden encontrar diferentes tipos de relieve, por ello se elaboró un mapa de pendientes a partir de las curvas de nivel del mapa escala 1:25.000 (CENIGAMINAE, 2006). Las pendientes se ponderaron a partir de la metodología utilizada por el MAG y el MIRENEM (1995) para evaluar la capacidad de uso de las tierras. La categorización se realizó en cinco clases (Cuadro 6).

Cuadro 6. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según tipo de pendiente en la microcuenca del río Purires

Microrrelieve	Pendiente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
Plano a casi plano, con o sin rugosidad	0 - 3	Muy Alta	5
Moderadamente ondulado o cóncavo	3 - 8	Alta	4
Ondulado/cóncavo	8 - 15	Moderada	3
Escarpado	15 - 30	Baja	2
Fuertemente escarpado	30-55	Muy Baja	1

Tomado de Matus *et al.* 2009.

#### Tipo de suelo

La variable pedológica es de vital importancia dado que es precisamente a través de este perfil que el agua se infiltra. Se extrajo la información a partir del mapa de suelos 1:200.000 (IGN, 1978) y se hizo la respectiva ponderación (Cuadro 7).

Cuadro 7. Ponderación de la capacidad de recarga hídrica del suelo según su textura, en la microcuenca del río Purires

Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Suelos franco arenosos a arenosos, capacidad de infiltración de más de 25 cm/h	Muy Alta	5
Suelos francos, capacidad de infiltración entre 12,7 y 25 cm/h	Alta	4
Suelos franco limosos, capacidad de infiltración entre 2 y 12,7 cm/h	Moderada	3
Suelos franco arcillosos, capacidad de infiltración entre 0,13 a 2 cm/h	Baja	2
Suelos arcillosos, capacidad de infiltración de menos de 0,13 cm/h	Muy Baja	1

Modificado a partir de Matus *et al.* 2009.

### Tipo de roca

La geología del sitio también cumple un papel preponderante en la permeabilidad al estar inmediatamente bajo el perfil de suelo. Se utilizó el mapa geológico de Costa Rica (USGS-DGGMH-UCR, 1987) para realizar la ponderación correspondiente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca, en la microcuenca del río Purires

Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Rocas muy permeables, agregados gruesos, macroporos interconectados	Muy Alta	5
Rocas permeables, agregados medianos, poros interconectados	Alta	4
Rocas moderadamente permeables, regular conexión entre poros	Moderada	3
Rocas poco permeables, partículas finas, presencia de fracturas interconectadas	Baja	2
Rocas impermeables, compactadas, partículas muy finas, sin presencia de fracturas	Muy Baja	1

Tomado de Matus *et al.* 2009.

### Cobertura vegetal

La vegetación afecta directamente los efectos de la precipitación sobre el suelo; el hecho de estar justo sobre el perfil pedológico hace que influya sobre la manera en que la infiltración se dé. Para ello se utilizó el mapa de cobertura de la tierra generado por PRU-GAM (2010) y se clasificó cada uso según la cobertura estimada de cada uno a través de una consulta con expertos y la opinión del autor. Posteriormente, se realizaron las ponderaciones de la siguiente manera (Cuadro 9).

Cuadro 9. Posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal, en la microcuenca del río Purires

Cobertura vegetal permanente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
>80	Muy Alta	5
60 - 80	Alta	4
40 - 60	Moderada	3
20 - 40	Baja	2
<20	Muy Baja	1

Modificado a partir de Matus *et al.* 2009.

### Uso del suelo

El suelo es el elemento con el que debe tenerse mayor cuidado ya que es el que más varía en el tiempo por estar directamente relacionado con las actividades humanas; por esta razón se debe buscar la fuente más actualizada posible. Para esta investigación se utilizaron las capas digitales generadas por el proyecto PRU-GAM (2010), las cuales a su vez fueron ponderadas como se indica a continuación (Cuadro 10).

Cuadro 10. Posibilidad de recarga hídrica según el uso del suelo, en la microcuenca del río Purires

Uso del suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosques secundarios, bosques secundarios fragmentados/degenerados	Muy Alta	5
Cultivos permanentes, finca de café, plantaciones de coníferas, cultivos anuales/permanentes, pastos mezclados con árboles	Alta	4
Cultivos anuales, Pastos, Pastos con árboles dispersos	Moderada	3
Urbanización de baja densidad, Urbanización-áreas verdes, Uso Mixto	Baja	2
Urbanización de media y alta densidad, Industria, Invernaderos	Muy Baja	1

Modificado a partir de Matus *et al.* 2009.

### Determinación espacial del área con mayor probabilidad de recarga hídrica

Luego de ponderar las cinco variables mencionadas, se realizó una consulta a expertos (Anexo 1) respecto a su percepción del peso, que ellos consideraban debería tener cada variable; estas opiniones se unieron a la ecuación empleada por Matus *et al.* (2009) y a la opinión del autor para finalmente obtener los resultados, los cuales se detallan en la ecuación siguiente:

$$ZRHP = [0,17 (Pend) + 0,22 (Ts) + 0,22 (Tr) + 0,05 (Cob) + 0,33 (Uso)]$$

Donde:

- ZRHP: Zona de recarga hídrica potencial
- Pend: Pendiente del terreno
- Ts: Tipo de suelo
- Tr: Tipo de roca
- Cob: Cobertura vegetal permanente
- Uso: Uso del suelo

El resultado de esta ecuación estuvo entre uno y cinco nuevamente, el cual fue un rango que determinará el potencial de recarga hídrica (Cuadro 11).

Seguidamente, se realizó un mapa con los rangos y determinaciones de probabilidades de recarga expresados anteriormente, con lo cual se determinaron los sitios que según SIG son los que tienen más probabilidades de infiltrar agua.

Cuadro 11. Potencial de recarga hídrica según la ecuación propuesta, en la microcuenca del río Purires

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

Tomado de Matus *et al.* 2009.

Debe destacarse que como esta es una aproximación general, no se hizo una corroboración de campo, como si se hizo en los sectores de recarga inmediata, detallada a continuación.

### 3.2.2. Determinación del área de recarga hídrica inmediata de los diferentes manantiales

Para realizar este paso se contactó a los respectivos fontaneros de cada ASADA para que fueran los guías de campo al ser quienes mejor conocen el sitio, además que ellos podían responder a la mayoría de las inquietudes *in situ*. Cada manantial fue georreferenciado mediante GPS, adicionalmente, se hizo una descripción visual y toma de fotografías de la zona inmediata de recarga, de la cual posteriormente se tomaron las diferentes muestras de suelo.

Luego de tener los diferentes manantiales ubicados, se procedió a utilizar la metodología descrita por Junker (s.f.) para generar las zonas inmediatas de recarga, basados en la distancia desde cada manantial, así como la dirección y la pendiente del terreno. Estos sectores fueron

puestos en un mapa y posteriormente analizados con base en los resultados extraídos de la observación del autor y los resultados de las muestras de suelo.

### **3.2.3. Caracterización biofísica de la microcuenca, la zona de recarga hídrica y su área de influencia**

Después de la identificación de las áreas con mayor posibilidad de recarga hídrica, es importante conocer como está compuesto este sector, para ello se debe hacer una diferenciación entre las variables naturales (precipitación, suelo, vegetación) y las antrópicas (actividades económicas, asentamientos humanos, etc.), las cuales influyen de manera directa sobre la zona de mayor permeabilidad, modificando positiva o negativamente estos valores. Adicionalmente, esta caracterización permitirá determinar las amenazas y vulnerabilidades que tiene cada sitio, lo cual será un insumo para la última parte de este trabajo.

#### **Caracterización biofísica**

Esta se dividió en tres partes: suelo, precipitación y vegetación. Cada una de ellas juega un rol básico en la dinámica hídrica natural, por lo que debe tenerse una fotografía clara de cómo son e interactúan estos factores, tanto en la zona de recarga como en su área de influencia.

#### **Suelo**

Las cantidad de muestras de suelo para cada manantial fue determinada a partir de los usos que habían en su zona de recarga inmediata, una toma de muestra por cada uso diferente. En total se obtuvieron 19 muestras.

Cada muestra de suelo consistió en tres sub-muestras por cada sitio, las cuales se tomaron a 30 cm de profundidad (Figura 3), esto por cuanto se requiere que no haya influencias externas al perfil de manera directa (pisadas, erosión, hojarasca, etc.), y a esta profundidad el suelo refleja bien sus características, así como la influencia indirecta de las actividades que se dan en la superficie (compactación, contaminación, etc.).

Espacialmente, las sub-muestras se tomaron en un área triangular, aproximadamente con 1 metro de diferencia entre ellas. Estas sub-muestras fueron numerándose con un consecutivo, además de ser distinguidas como “A”, “B” y “C” para cada uno de los muestreos. Cada sub-muestra fue georreferenciada y anotada en la base de datos con su correspondiente consecutivo.

Las sub-muestras A, B y C se mezclaron para extraer de ellas una sola muestra lo más representativa posible. Esta se envió al laboratorio de suelos del CATIE para que se le realizaran pruebas de textura, pH y análisis químico básico.



*Figura 3 (izquierda). Bolsa con muestra para análisis y cilindros para determinar densidad aparente del suelo en las áreas de recarga hídrica de las nacientes.*

*Figura 4 (derecha). Ubicación de los cilindros en superficie y a 30 cm para determinar la densidad aparente del suelo*

La característica de infiltración, se determinó inferirla por densidad aparente. Para ello se obtuvieron dos muestras por cada sitio, una en la superficie y la otra a los 30 cm de profundidad, ambas se extrajeron dentro de un cilindro de metal, donde se pudo almacenar la muestra y las características físicas del perfil edáfico (Figura 4). Ello representó que por cada muestreo hubo un total de seis datos de densidad aparente.

Cada uno de los cilindros fueron también enviados al laboratorio de suelos del CATIE, donde se determinó su peso y volumen, para obtener la densidad aparente.

### **Precipitación**

Para determinar la precipitación del sitio se obtuvieron datos en el Instituto Meteorológico Nacional, quien posee una estación meteorológica en Tobosi, en el centro del valle de la microcuenca, denominada “Lindavista” (Código 73018). Esta estación posee datos desde 1952 y hasta el año 2010 de manera fiable, por lo que se consideró suficiente información para hacer el análisis respectivo.

Con los datos de 58 años se caracterizó la cantidad de agua caída anual y mensualmente, determinando en qué tiempo se puede aportar más a la infiltración y, por el contrario, cuando hay mayor probabilidad de que haya saturación de suelos y la correspondiente escorrentía superficial. Adicionalmente, el análisis se contrastó con los datos de consumo de agua, para observar si hay algún tipo de relación. No se tomó en cuenta para este trabajo la intensidad de las lluvias, ya que para ello se requerían datos de lluvia en cortos períodos de tiempo, lo cual retrasaría ampliamente la investigación.

### **Vegetación**

Como se mencionó, la vegetación puede ser un elemento determinante en la infiltración. Por ello, además de la cobertura identificada previamente para el objetivo uno, se hizo una caracterización general de la vegetación en el lugar de manera visual, identificando las especies del lugar y su distribución. De manera adicional, se observó si existía cobertura de hojarasca y/o los sistemas radicales, los cuales también benefician la infiltración.

### **Análisis de la infraestructura del acueducto: posibles vulnerabilidades y amenazas**

En zonas rurales, problemas como la deforestación, la contaminación por agroquímicos y la eliminación de las franjas ribereñas, además de la disminución en cantidad y calidad del agua, han generado sedimentación y otros problemas asociados como los son las inundaciones y deslizamientos (Mendoza, 2008). Por esta razón, además del líquido como tal, fue importante caracterizar físicamente el acueducto.

Mendoza (2008) desarrolló una metodología que evalúa 10 componentes, desde la zona de recarga hasta las aguas post-uso, pasando por aspectos sociales y administrativos. Cada uno de estos componentes tiene indicadores que se evalúan desde el “0” (muy bajo) hasta el “4” (muy alto). Los indicadores se promedian para obtener un valor de cada componente, que a su vez se pondera de manera que la suma de sus valores de uno. Al multiplicar el valor de cada componente con su ponderación y sumar esos resultados, se obtiene un índice de vulnerabilidad del acueducto.

Los índices que se mencionan en esta metodología para la vulnerabilidad de acueductos luego de realizar las ponderaciones y procesar los datos (Cuadro 12).

Cuadro 12: Caracterización general de la vulnerabilidad de acueductos

Niveles	Índice
Muy alta	80,1 - 100
Alta	60,1 - 80
Media	40,1 - 60
Baja	20,1 - 40
Muy baja o nula	0 - 20

Fuente: Mendoza, 2008

Luego de las visitas a las tomas de agua, tanques de almacenamiento, tuberías y red de distribución, se realizó una entrevista estructurada inicial con el fontanero de cada una de las tres ASADAS seleccionadas. Esto permitió observar y analizar la infraestructura total, así como los sectores circundantes, identificando las vulnerabilidades y amenazas que el terreno y/o algún tipo de infraestructura externa puedan generar sobre el mismo acueducto.

Las observaciones fueron tomadas en cuenta cuando se realizó la entrevista final a cada fontanero, donde se le dio valores a la metodología de Mendoza (2008) de vulnerabilidad de un sistema hídrico de agua para consumo humano, con lo cual se obtuvo un valor numérico para cada acueducto, lo que facilitó la comparación entre ellos.

#### **Análisis de la calidad del agua**

Como se discutió anteriormente, cada ASADA debe tener análisis de agua con cierta periodicidad dependiendo de la cantidad de usuarios que posea. Se obtuvo datos del Laboratorio Nacional de Aguas del AyA con los estudios que se realizaron en las diferentes fuentes de agua, con lo cual se obtuvo un panorama bastante claro de la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento.

Los datos fueron discriminados a partir de la presencia de cloro en las muestras, la no existencia de materiales fecales y, finalmente, la calificación que le dio el laboratorio: potable o no potable.

#### **3.2.4. Determinación de la gestión del agua en las ASADAS seleccionadas**

Para la realización de este apartado, se consideraron seis aspectos a ser evaluados y analizados, que se detallan seguidamente. Con ello se tendría una perspectiva de la gestión general de cada ASADA en el aspecto físico, institucional y social.

#### **Caracterización socioeconómica**

Mediante las diferentes visitas al sitio se observaron las principales prácticas económicas, así como el tipo de organizaciones sociales existentes. Esto permitió generar información

suficiente para la caracterización socioeconómica inicial. El componente social se enfocó a determinar el nivel de vida de los pobladores de las partes bajas. Los datos más actualizados y detallados fueron obtenidos en el Área de Salud de El Guarco, a la cual pertenecen las tres ASADAS.

En este lugar se obtuvieron los datos generados por los Asistentes Técnicos de Atención Primaria (ATAP) basados en las entrevistas de los equipos básicos de atención en salud (EBAIS) de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS). Con ello se obtuvo un perfil de salud asociado al agua.

En lo que se refiere a actividades económicas; si bien es claro que la agricultura y ganadería son las principales actividades, se consideró importante determinar el motivo que llevó a los habitantes a estas prácticas. De manera paralela, se investigó respecto a si han recibido algún tipo de capacitación relacionado con su consumo doméstico y por parte de que entidad o entidades, así como si han puesto en práctica estos aprendizajes, y si no lo han hecho, las razones por las cuales esto ocurrió.

La integración de toda la información anteriormente mencionada, permite de tener una fotografía del sitio, así como un perfil de amenazas y vulnerabilidades. Esto además es un insumo clave para la elaboración de la propuesta de estrategia de GIRH para el área de estudio.

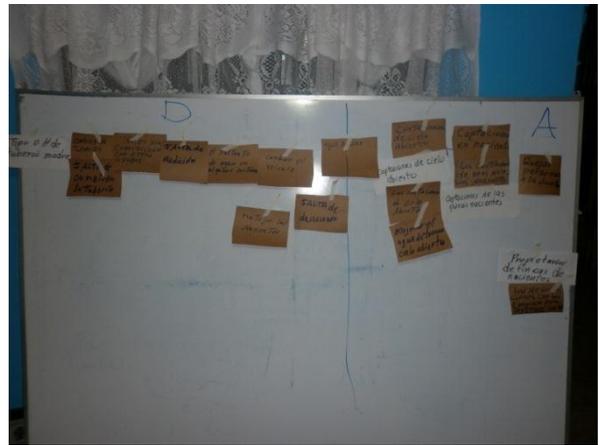
### **Percepción de cada ASADA respecto a su GIRH y caracterización organizativa de las mismas**

Además de observar la infraestructura del acueducto, es de vital importancia comprender qué piensan las ASADAS y cómo funcionan internamente. Para ello se realizó un diagnóstico interactivo en cada una de ellas a través de un análisis FODA. Este análisis se hizo en reuniones ordinarias de la junta directiva, donde se solicitó explícitamente espacio para este fin.

En estas sesiones se aplicó la técnica de lluvia de ideas para identificar los pros y contras de la ASADA y su funcionamiento. Estas ideas se ordenaron en diferentes columnas. Finalmente, se hizo una votación para ver cuáles eran las virtudes y problemas principales de cada una, lo cual orientó la priorización de estrategias, como insumo para el objetivo final de esta tesis (Figuras 5 y 6).

Al final de cada reunión, se abrió un espacio de discusión sobre los temas tratados, las prioridades identificadas, así como un diálogo entre el facilitador y los miembros de la junta directiva para terminar de explicar y comprender ciertos problemas y dudas que permanecían respecto al funcionamiento de cada institución.

En reuniones aparte, se exploraron también datos de consumo con cada uno de los administradores, estos datos permitieron saber el consumo promedio de los usuarios en cada acueducto, así como los meses de mayor y menor consumo y las tendencias que ha tenido el consumo en los últimos tiempos. Con los datos de consumo se logró además hacer una proyección de ingresos, confrontando estos datos con las tarifas establecidas por ley.



*Figura 5 (izquierda). Junta Directiva de la ASADA de Tobosi mientras se hacía un FODA interactivo con ellos.*

*Figura 6 (derecha). Carteles con las diferentes opiniones, luego de ordenarlas, con los representantes de la ASADA de Tobosi.*

Las conversaciones con los administradores arrojaron también la cantidad de usuarios de cada acueducto, observar cuántos de ellos tienen servicio fijo y micromedición, verificar la morosidad, así como otro tipo de consultas de diversa índole.

Se conversó también respecto a factores de importancia como lo son el ordenamiento territorial, el manejo de la microcuenca y la gestión ante desastres que pudieran ocurrir.

### **Percepción de los usuarios respecto a la gestión de sus ASADAS y la GIRH**

Si bien con la metodología descrita anteriormente se tiene un diagnóstico significativo del sitio en los aspectos sociales, económicos y ambientales, es vital identificar la opinión de los usuarios para no hacer suposiciones externas, así como para observar su comportamiento

como demandadores del servicio. Esto implicó por un lado tomar en cuenta sus opiniones, así como los datos de consumo mensual, con lo que se tuvo una fotografía un poco más clara de ellos.

Para el primer punto se realizaron entrevistas semi-estructuradas con pobladores de la comunidad; el cuestionario exploró la percepción respecto a la ASADA con la comunidad, gestión de cobro, importancia a nivel comunal como institución, incidencia en la consciencia ambiental de la población entre otros temas.

En lo referente a la GIRH, dentro de cada entrevista se tocaron los temas de calidad del servicio, problemas de distribución y calidad del líquido; existencia de sitios con más o menos provisión de agua, amenazas y vulnerabilidades de la comunidad, el acueducto y el recurso hídrico en general; finalmente, se consultó sobre estrategias a futuro que ellos como pobladores creen que deben tener en su ASADA (Anexo 2).

### **Consumo general y por usuario**

Para cuantificar el consumo, se obtuvo de los administradores de cada acueducto los datos de medidores desde que implementaron un sistema informático para su control y seguimiento; si bien la cantidad de usuarios con micromedición es diferente en cada ASADA, es la manera más objetiva de caracterizar el aprovechamiento de agua para consumo humano dentro de la comunidad.

Se realizó de manera adicional un estudio financiero con un análisis de sensibilidad para comparar las tarifas que se emplean en cada ASADA con respecto al cobro que la regulación establece. Para ello se utilizaron los datos de consumo, descritos en el párrafo anterior.

Estos componentes finalizaron el diagnóstico de gestión del recurso hídrico en cada ASADA; como se explicó, se tomaron en cuenta los diferentes actores presentes, así como la observación participante del autor y sus opiniones para elaborar este capítulo del trabajo.

### **3.2.5. Elaboración de una estrategia de gestión de recurso hídrico para el área de estudio**

Con toda la información recopilada previamente, se obtuvo una idea clara de las fortalezas y debilidades de cada ASADA en particular, así como del área de trabajo en lo general. A partir de este punto se pudo iniciar una propuesta de estrategia de GIRH para todo el sector; debe destacarse una vez más que la estrategia no fue hecha para cada ASADA, por lo que cada una de ellas deberá adaptarla a su realidad, priorizando lo que cada comunidad crea pertinente.

Finalmente, se realizaron talleres grupales con las tres ASADAS para validar esta estrategia y hacer los comentarios y críticas que tuvieran. Con los resultados de estos talleres, se elaboró un marco de estrategias final, que es el que será entregado a cada organización para su trabajo posterior, en conjunto con una exposición a cada ASADA, así como la ComPurires.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Identificación, delimitación y caracterización biofísica de las áreas de recarga hídrica y su área de influencia en la zona de estudio

#### 4.1.1. Caracterización biofísica de la microcuenca del río Purires

En la cuenca del río Purires, como en muchas otras, interactúan una serie de variables modifican positiva y negativamente la dinámica hídrica, tanto a nivel superficial como en su proceso de infiltración a través del suelo.

Para delimitar las posibles zonas de mayor recarga hídrica, primero se describirá la precipitación y posteriormente las variables del terreno, precisamente para comprender como afectan éstas últimas el proceso de infiltración del agua. Entre las principales variables se consideró la pendiente, la geología del sitio, el tipo de suelo, el uso de la tierra y la vegetación; en la microcuenca del río Purires.

#### Precipitación

La figura 7 muestra el patrón mensual promedio de las lluvias en la microcuenca. Anualmente llueven 1.478 mm por año; se observan dos épocas muy marcadas: seca (de diciembre a abril) y lluviosa (de mayo a noviembre). Adicionalmente, se destaca una reducción en la cantidad de lluvia para los meses de julio y agosto, llamado popularmente *veranillo de San Juan* o *canícula*.

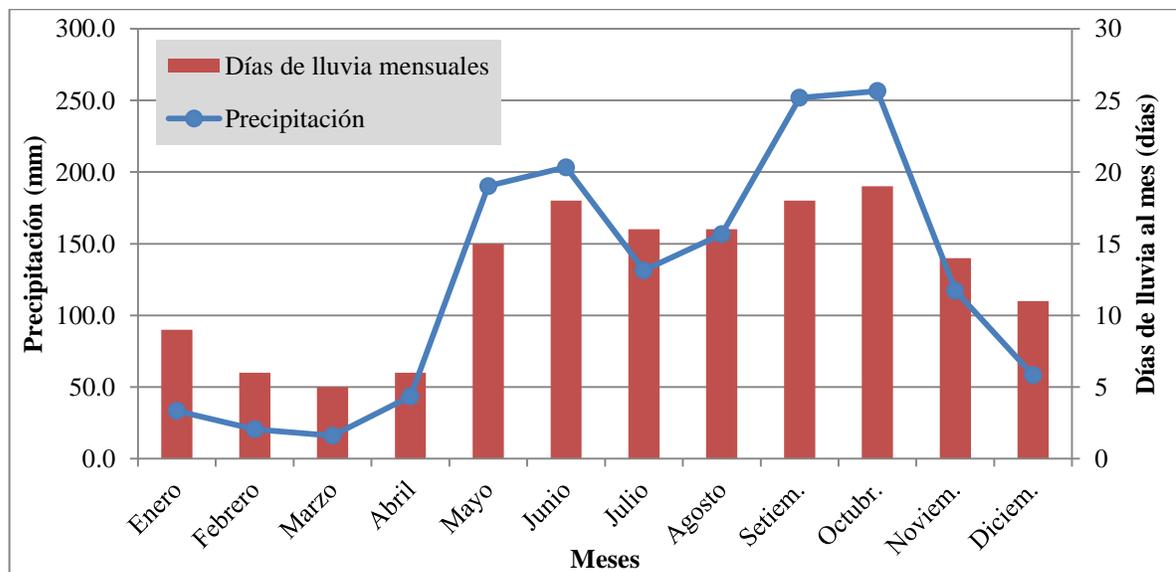


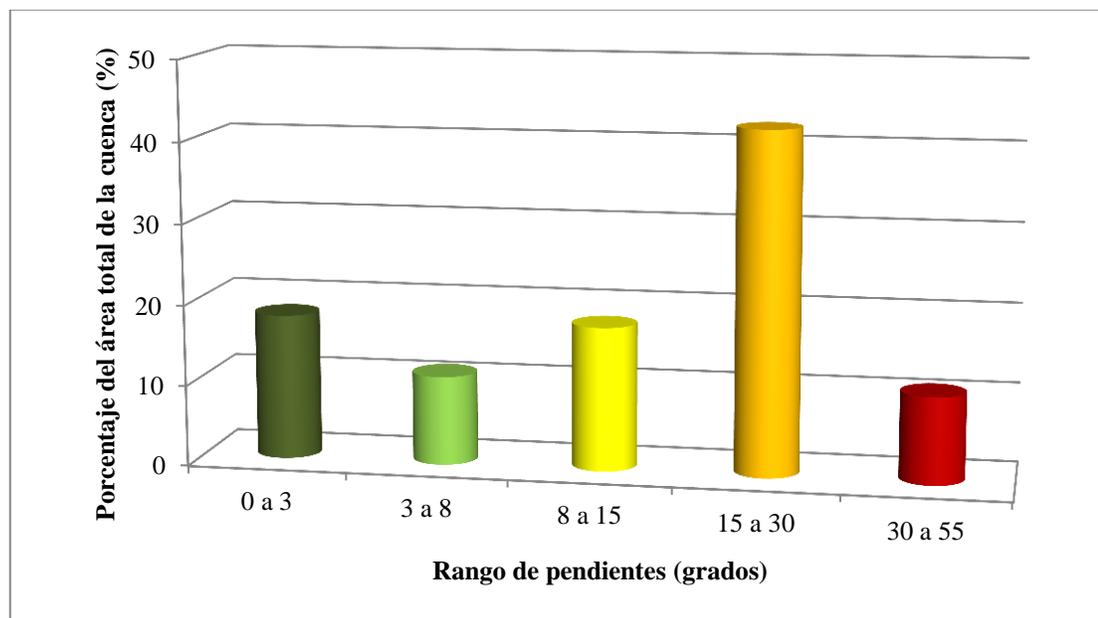
Figura 7. Precipitación mensual y días de lluvia al mes en la estación Lindavista, microcuenca del río Purires.

## Pendientes

El área de estudio presenta dos sitios muy diferenciados, uno plano y otro con fuertes laderas (Figura 9). El primero de ellos se ubica en la cuenca baja donde predominan las planicies, generadas a partir de la deposición de materiales provenientes de las zonas altas.

El segundo es el sitio montañoso, donde poco a poco las pendientes empiezan a incrementarse conforme se asciende, haciéndose más pronunciadas en los cañones de los ríos, que constantemente han ido formando el relieve hasta llegar a sus cauces actuales.

Casi la mitad de la superficie de la microcuenca está dominada por pendientes medias, entre 15 y 30 grados. Posteriormente, se distribuyen de manera bastante similar los demás rangos de pendiente, abarcando cada uno entre el 10% y el 20% del área (Figura 8). Estos valores reflejan que una gran parte del área tiene una pendiente apta para desarrollar actividades económicas como la agricultura y la ganadería, por lo que debe ponerse especial atención al manejo de estos sectores.



*Figura 8: Relación de porcentaje entre áreas y pendientes en la microcuenca del río Purires.*

Lo anterior se observa especialmente en los cauces de los principales afluentes del río Purires, como lo son el sector de la cabecera inicial del río Coris, toda el área donde nace el río Purires y el cauce principal de la quebrada Cucaracha.

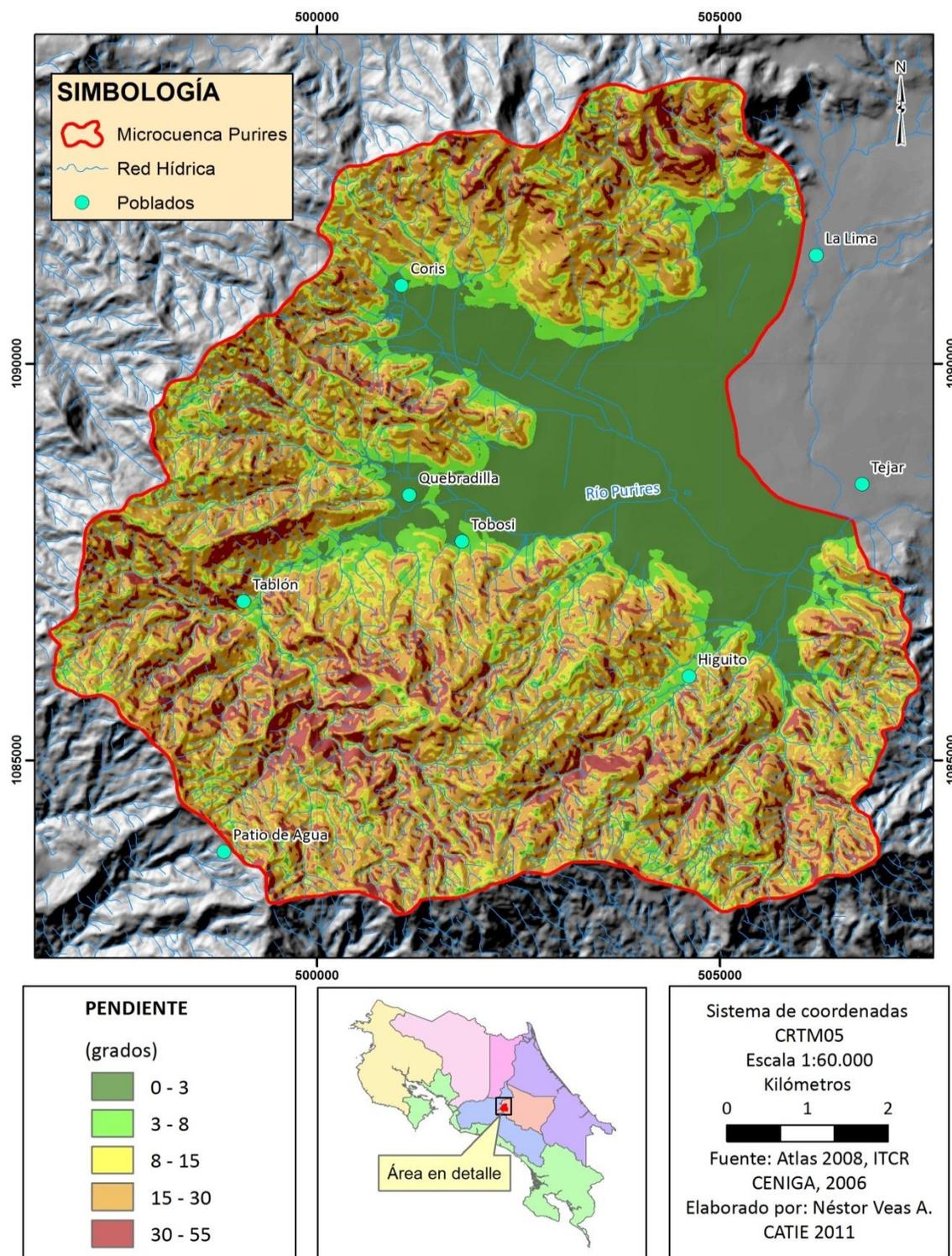


Figura 9. Mapa de pendientes de la microcuenca del río Purires.

### Geología

En la microcuenca del río Purires se encuentran tres tipos generales de rocas, sedimentarias, volcánicas y las formadas por depósitos aluviales (avalanchas) (Figura 10).

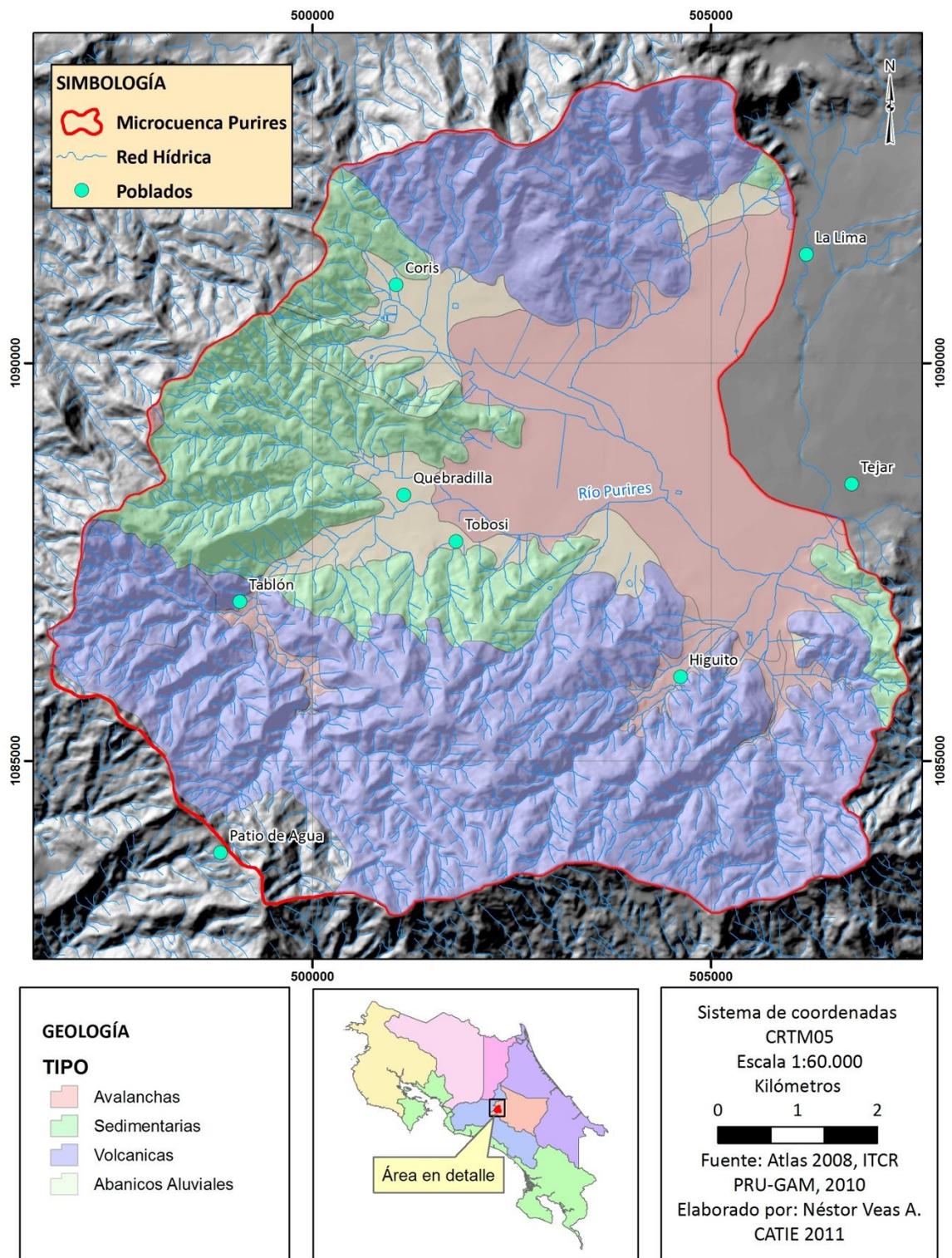


Figura 10. Mapa geológico de la microcuenca del río Purires.

En el sector oeste de esta microcuenca encontramos la formación Coris, de tipo sedimentaria, que se formó en el Mioceno Medio y Superior (Denyer y Kussmaul, 2000). Constituida por ortocuarcitas que afloran en bancos masivos de varios metros de espesor. En el sector de los

manantiales de Quebradilla, es muy típico observar una roca quebradiza conocida localmente como *cascajo*, la cual se encuentra en proceso de meteorización, dejando a su vez filtrar el agua y generando manantiales en sectores cercanos.

Hacia el norte se encuentra la formación Grifo Alto, parte del área volcánica La Carpintera (Bergoeing, 1998), formada en el Plioceno (Denyer y Kussmaul, 2000). Al sur está la formación La Cruz, que inicia el área volcánica de Talamanca (Bergoeing, 1998), generada en el Pleistoceno (Denyer y Kussmaul, 2000). En las nacientes del sector de Higuito y alrededores se observan rocas de mayor consistencia y dureza, diferenciándose de las mencionadas en el párrafo anterior.

Las características de la microcuenca media, coinciden con los sectores bajos y planos, encontrándose formaciones aluviales. Esto significa, que se generaron por la deposición de materiales traídos desde las zonas altas ya sea por los ríos o por avalanchas de tierra y barro que se dieron desde hace cientos de años.

Destacan los diferentes abanicos aluviales que se encuentran cuando los cauces de los ríos empiezan a entrar en los sectores de la microcuenca baja, los más importantes por su tamaño son los abanicos del río Purires, donde se asientan los poblados de Tablón, Quebradilla y Tobosi, y de la quebrada Barahona, donde se encuentra el poblado de Coris.

Lo anterior hace que se ponga especial atención, para el manejo de los desastres en estos poblados, esto por cuanto las deposiciones denotan una fuerte actividad geomorfológica en esos sectores, donde el principal agente modificador es el agua a través de los ríos, los cuales son muy dinámicos y tienen alta capacidad de desborde y arrastre en eventos extremos de lluvia.

### **Suelos**

La superficie de la microcuenca del río Purires está cubierta por suelos inceptisoles y ultisoles (Figura 11). Estos dos órdenes de suelo también son los que cubren la mayor parte del país, a razón de 39% y 21% del territorio nacional, respectivamente (Mata, 1991).

Strahler y Strahler (1989) describen las características básicas de ambos tipos de suelo. Los inceptisoles a menudo se hallan en superficies morfológicas relativamente jóvenes, como esta microcuenca, y debido a su juventud muchas veces carecen de una diversificación de horizontes. Los ultisoles en cambio, suelen formarse bajo vegetación forestal en climas con un

leve a pronunciado déficit hídrico estacional en el suelo, alternando con un período de excedente, permitiendo la lixiviación.

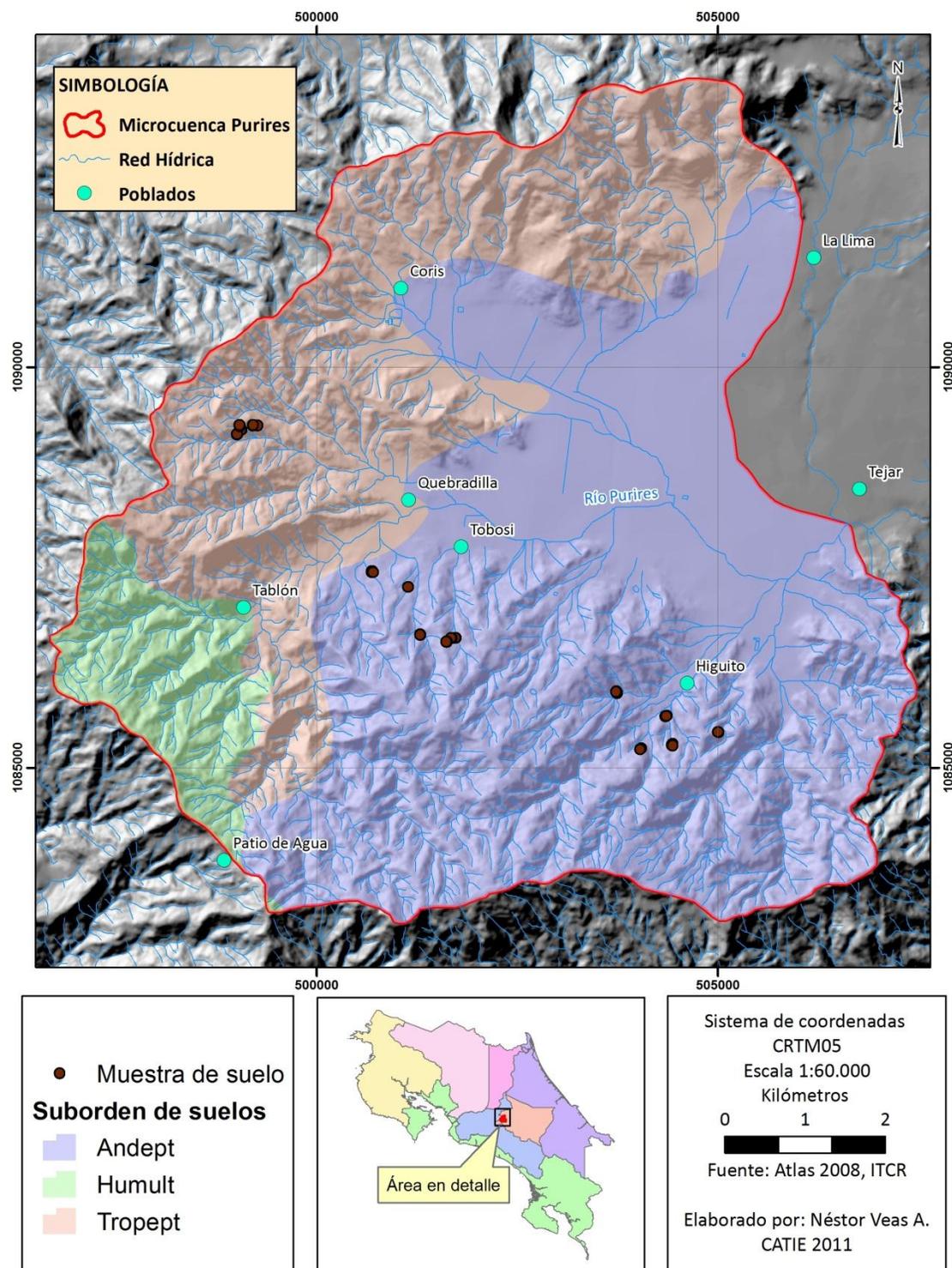


Figura 11. Mapa de suelos y puntos de muestreo de suelos en la microcuenca del río Purires.

Los inceptisoles se ubican en la mayoría de la microcuenca, abarcando más de un 92% de su superficie. En ella, se diferencian por su origen en grandes grupos: *Dystrandept* y *Humitropept*. Los primeros se derivan de cenizas volcánicas, las cuales se depositan y se da la génesis de suelos en un nivel inicial. Los segundos son de origen tropical, distribuidos en zonas medias y altas hacia el oeste del poblado de Tablón, yendo desde los 1500 m.s.n.m. hasta los 1900 m.s.n.m.; estos suelos tienen un alto contenido de materia orgánica (Bertsch *et ál.* 1993) de allí el prefijo *humi*.

Los ultisoles son del gran grupo Tropohumult, indicando que son típicos de sectores tropicales (sujetos a regímenes altos de precipitación) y con una fuerte cantidad de materia orgánica en sus horizontes. De manera general, ocupan (como en este caso) las partes altas de las cuencas y las posiciones más altas de las pendientes, donde se encuentran sujetos a una constante lixiviación (Bertsch *et ál.* 1993).

De las citas anteriores, se puede inferir entonces que al ser suelos poco desarrollados (inceptisoles) o con un horizonte argílico subsuperficial (ultisoles), la infiltración no será muy rápida, razón por la cual se debe planificar adecuadamente el uso del territorio, considerando como de mayor importancia en protección de zonas de recarga de acuíferos y/o manantiales, ya sea restringiendo actividades intensivas, o facilitando prácticas para generar usos que mejoren la permeabilidad de estos sitios.

Las muestras de suelo para análisis más detallado corresponden en su totalidad al sector de inceptisoles; sus características y resultados se detallarán más adelante.

### **Uso de la tierra**

Como se observa en la figura 12, el uso de la tierra en la microcuenca es bastante variado, aunque orientado a actividades agrícolas y con una cobertura vegetal permanente importante, sobre todo en las partes altas del sector noroeste y parte del sector sur.

En otros sectores de la zona sur de la microcuenca, hacia las partes altas y de fuerte pendiente, predominan los pastos, que evidencian las actividades agrícolas y pecuarias que se realizaron en tiempos pasados en la zona, aunque en buena parte ya han sido abandonadas por los productores por el costo de mano de obra, así como el cambio de actividades económicas dada la cercanía gradual que se ha dado con el sector urbano de Cartago.

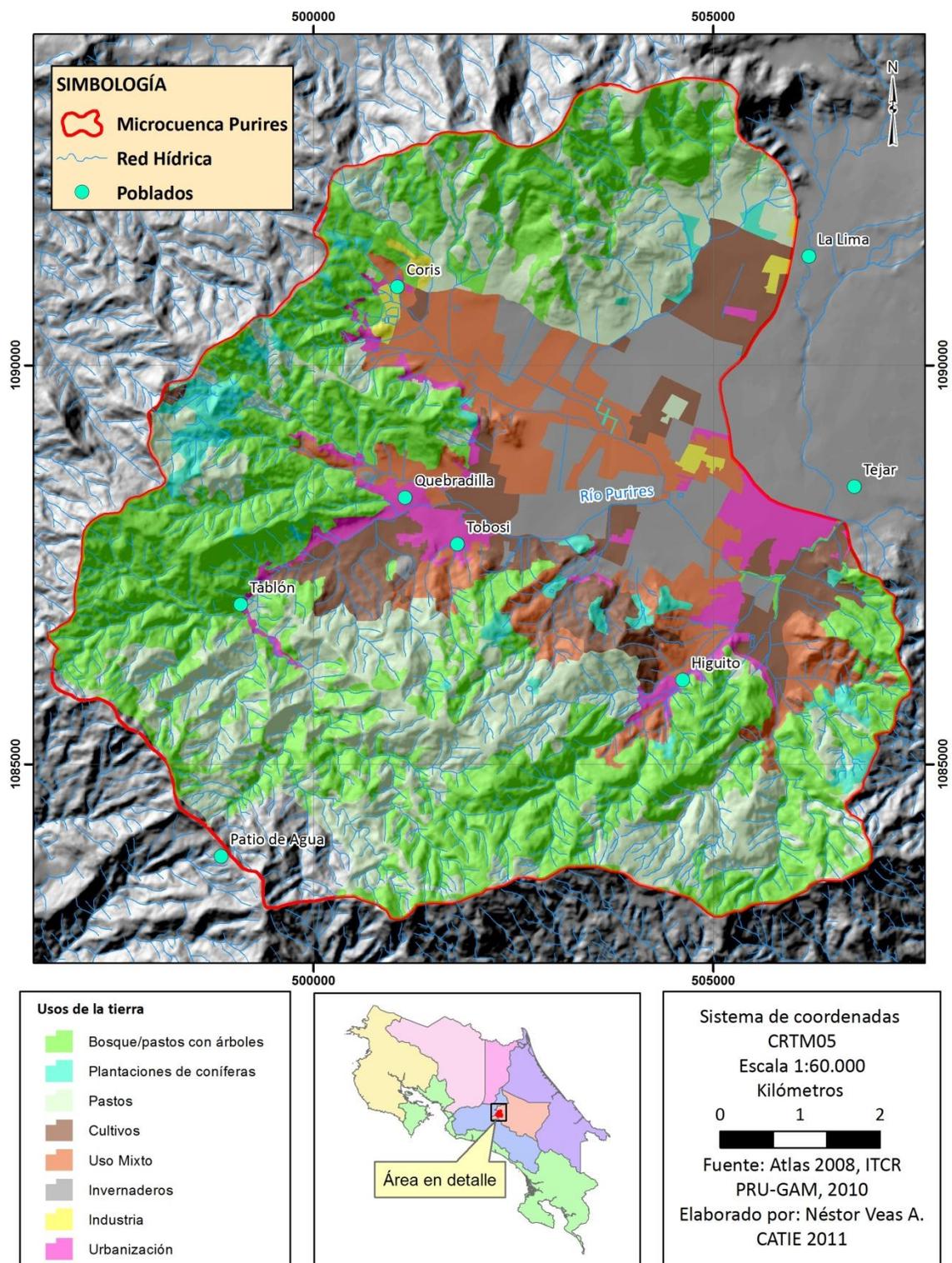


Figura 12. Mapa de uso del suelo en la microcuenca Purires

Hacia el sector norte existe una gran actividad agrícola-industrial en la parte baja. La escasez de poblados de importancia y tamaño han hecho que no se hayan deforestado las laderas y los sectores altos. Caso contrario ocurre en el sector sur, donde al existir poblados de mayor

tamaño y dinámica agropecuaria, los parches de bosque son más pequeños y fragmentados, concentrándose en las zonas de protección de los ríos y sus alrededores.

Las parte media de la cuenca se caracteriza por las diversas actividades agrícolas; los cultivos de café, maíz, tomate y chile se han mantenido históricamente, tendiendo a una tecnificación para aumentar la eficiencia, en especial de los últimos dos mencionados, a través de mejoras en el riego, algunas prácticas de conservación de suelos y el uso de invernaderos, aunque se siguen evidenciando efectos erosivos y de contaminación hacia el agua (Figuras 13 y 14).



*Figura 13 (izquierda). Diferentes cultivos en pendiente como café con plátano, maíz e invernaderos para chile y tomate. Se observa el cauce principal del río Purires a poca distancia (lo que aumenta la influencia de los agroquímicos que se utilizan) y las cimas de la montaña con poca cubierta vegetal. Foto: Marianela Masís*

*Figura 14 (derecha). Cultivos en pendiente; se destacan pastos con árboles dispersos en la parte superior y cicatrices de micro deslizamientos, demostrando la fragilidad de los suelos, propensión a erosión y amenaza para los cultivos y personas que se encuentran en las partes bajas de la microcuenca del río Purires. Foto: Marianela Masís.*

En los sectores más bajos, además de la actividad agrícola se han realizado actividades que poco a poco han tomado importancia en los últimos años, como el cultivo de flores y la actividad industrial. Ambas actividades han modificado considerablemente la capacidad de infiltración de la zona, reduciéndola y más bien dando un mayor aporte de agua al caudal del río, lo cual ha derivado en inundaciones, ya comunes en estos sectores.

En el cuadro 13 se observa una comparación entre el uso de la tierra de la microcuenca determinado por Medina (1995) y la más reciente, elaborada por el proyecto PRU-GAM (2010). Las diferencias más importantes son la eliminación total del bosque primario, la evolución de muchos pastos a charrales y bosque secundario en la parte natural. Asimismo, se

reduce drásticamente la superficie con cultivos perennes y anuales (del 13% a menos del 4%) mientras aumenta el uso urbano, industrial, invernaderos y uso mixto.

El dato más significativo de esta comparación, es que los sectores “naturales” (bosques y pastos) pasan de un 77% a un 66% del área total, y justamente el 11% de diferencia lo representa el bosque primario, que desaparece totalmente para el año 2010.

Lo anterior no quiere decir que los sitios con bosque primario fueron espacialmente los que cambiaron de uso, sino que la expansión urbana, agrícola e industrial de los últimos 15 años logró que se eliminara el bosque primario, convirtiéndolo en pastos o charrales, mientras que sectores que antes tenían este uso, ahora son de tipo intensivo, con actividades económicas de diversa índole. En esencia, la presión sobre los recursos naturales ha aumentado, siendo necesarios instrumentos de manejo que reduzcan el impacto sobre el suelo, el río y las fuentes de agua potable para la población.

Cuadro 13. Uso del suelo total (ha) y relativo (%) en la microcuenca del río Purires en los años 1995 y 2010.

	1995 (ha)	1995 (%)	2010 (ha)	2010 (%)
Bosque	867	11,37	0	0,00
Charral o bosque secundario	2.454	32,19	3.146	41,27
Pastos	2.563	33,62	1.921	25,19
Cultivos perennes	808	10,60	238	3,13
Cultivos anuales	214	2,81	15	0,20
Invernaderos	365	4,79	511	6,70
Urbano	210	2,75	312	4,09
Otros (minas, tajos)	19	0,25	13	0,17
Lagunas (areas inundadas)	11	0,14	0	0,00
Industria	0	0,00	39	0,52
Uso Mixto	0	0,00	1.252	16,43
Sin Información	112	1,47	175	2,30
<b>TOTAL</b>	<b>7.623</b>	<b>100</b>	<b>7623</b>	<b>100</b>

Fuente: Medina (1995) y PRU-GAM (2010)

### Cobertura Vegetal

Como se explicó anteriormente, la cobertura vegetal se infirió a partir de la misma capa de uso del suelo. Según las categorías de uso, los porcentajes que se determinó para la cobertura son los siguientes (Cuadro 14).

Cuadro 14. Determinación de cobertura vegetal respecto al uso de suelo para ponderación en la microcuenca del río Purires, de acuerdo a la metodología de Matus.

Categorías	Cobertura vegetal (%)
Densidad alta, densidad moderada, industria, tajos importantes, invernaderos, pastos	0 a 20
Densidad baja, ZU-Areas verdes, cultivos anuales, pastos con árboles dispersos	20 a 40
Cultivos permanentes, finca de café, cultivos anuales/permanentes, uso mixto: anuales/permanentes/pastos y árboles, pastos mezclados con árboles	40 a 60
Plantaciones de coníferas	60 a 80
Bosque secundario, bosque secundario fragmentado	80 a 100

Elaboración propia a partir de consulta a expertos (Anexo XX)

Con estos porcentajes se utilizó el cuadro 9, detallado en la metodología con anterioridad.

### **Uso de SIG para determinar las posibles ZRH en la microcuenca**

Con las cinco variables anteriormente descritas y analizadas, se procedió a elaborar el mapa de zonas de posible recarga hídrica, realizado a través de SIG. El mapa describe gráficamente 5 zonas que van de muy baja posible infiltración hasta muy alta (Figura 15).

Es importante destacar que el mapa descrito no ha sido supervisado con pruebas de campo, así como no toma en cuenta datos más puntuales y específicos como grietas y fracturas en la roca, o la profundidad del perfil de suelo en cada lugar. Al ser un análisis computacional, brinda zonas “probables”, que deberán ser verificadas para su corroboración total, aunque es una aproximación más que válida para identificar sitios posibles y priorizar a la hora de realizar estudios y pruebas.

Como se observa, hay muy pocas zonas de muy alta y muy baja infiltración. Las zonas de posible baja permeabilidad se orientan a zonas de ladera con pendientes moderadas y en buena cantidad, asociadas con un uso mixto del suelo o zonas urbanas, donde es esperable que los datos de infiltración sean bajos. Los aún más escasos sectores de muy alta permeabilidad se encuentran al sur de la microcuenca, en micro-parches asociados mayormente a cobertura de bosque secundario y suelos inceptisoles con características ándicas es decir, cenizas, que proveen una mayor aireación y mejores condiciones para que los microorganismos y agentes naturales mejoren la porosidad del suelo.

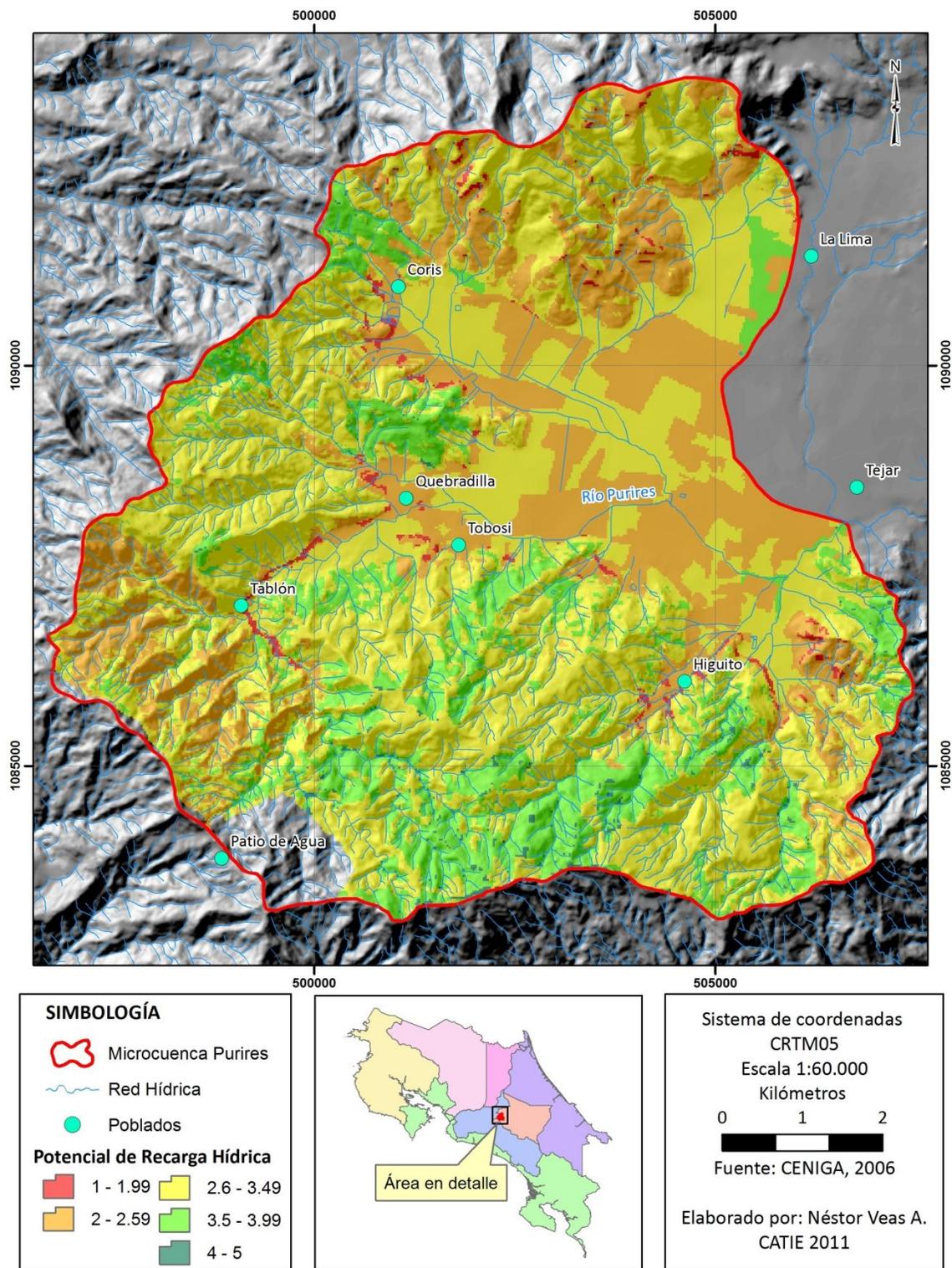


Figura 15. Mapa de posibles zonas de recarga hídrica de la microcuenca del río Purires. Los valores van desde muy baja (1) hasta muy alta (5).

Los sectores con infiltración media-baja (colores amarillo y naranja) se concentran en dos tipos de sectores: planos y pendientes medias; aunque en ambos casos el uso del suelo condiciona esta situación.

En las partes planas se ubican los poblados, así como actividades industriales, agrícolas y una buena cantidad de invernaderos. Todos estos usos restringen o eliminan la capacidad del suelo para infiltrar normalmente, generalmente por el uso de infraestructura que impermeabiliza parcial o totalmente el sitio. En los sectores agrícolas, el uso intensivo de la tierra compacta los suelos y elimina buena parte de la cobertura vegetal, reduciendo considerablemente la porosidad en el perfil.

Los sectores de pendientes medias son ocupados principalmente por usos mixtos y pastos. El uso intensivo que se da a las zonas mixtas, así como la dificultad de los pastos para amortiguar las gotas de lluvia e infiltrar en eventos de gran intensidad, hacen que la permeabilidad de estos sitios no sea tan efectiva, aunque, al contrario de las zonas mencionadas en el párrafo anterior, con una mejora en el manejo y conservación de suelos, así como un uso más planificado y mezclado con especies arbóreas, estos valores podrían mejorarse.

Debe mencionarse además, que uno de los grandes agentes para mejorar la porosidad de los suelos es precisamente la acción de la macro y microfauna. Los animales son prácticamente eliminados de los sitios con alguna actividad comercial, así como los químicos eliminan agentes como las lombrices y hormigas, que junto con otras especies son vitales para mejorar la capacidad de infiltración y aireación del perfil edáfico. En sitios descubiertos y con pastos, podría mejorarse la situación de estos animales como un regenerador natural de la estructura de los suelos.

Las infiltraciones altas se encuentran hacia el sur de la microcuenca, con unos pequeños parches en el sector oeste. Estos sitios son el resultado de coberturas arbóreas de importancia como bosques secundarios, charrales y pastos con árboles, los cuales mejoran considerablemente la estructura de los suelos. Adicionalmente, los suelos con características ándicas que se encuentran al sur del poblado de Tobosi mejoran aún más la permeabilidad, ya que son suelos poco compactados y con un bajo componente de arcillas.

En los sectores altos de Quebradilla, los parches de una probable buena infiltración coinciden con los sitios de bosque y algunas plantaciones de coníferas.

Hay zonas que pueden ser manejadas para lograr una mayor infiltración y así obtener una mayor cantidad de agua en las diferentes nacientes. Estas acciones además colaborarán con un aumento en los tiempos de concentración de los cauces, con la correspondiente reducción a la vulnerabilidad e, inclusive, una mejor recarga a los acuíferos en profundidad.

#### **4.1.2 Manantiales de cada una de las ASADAS estudiadas**

Si bien la zona de recarga antes descrita es importante para mantener un balance hídrico en la microcuenca, en lo que se refiere a consumo humano las áreas de recarga más importantes son precisamente las que abastecen a los diferentes manantiales que son captados y aprovechados por los acueductos para brindar sus servicios a las comunidades.

En el orden de identificar y caracterizar las áreas de recarga en cada una de los manantiales aprovechados por las ASADAS, se realizó una visita a todos los manantiales y tomas de agua utilizados por los diferentes acueductos.

Como se observa en la figura 16, cada uno de los manantiales aprovechados se encuentra a corta distancia de la comunidad abastecida. Asimismo, casi todos se encuentran en sectores de con pendientes medias y altas, con la excepción de la naciente “El Cementerio” de Tobosi, aunque esta data de los años 20’, lo cual justifica su ubicación cercana al poblado actual.

En Higuito los manantiales se encuentran bastante distribuidos espacialmente, mientras que en Tobosi y Quebradilla están más concentrados. Esto explica básicamente por qué en estos dos poblados, hay una naciente que abastece a la mayoría de su población, mientras que en Higuito, cada manantial tiene una importancia similar. Esto debe ser tomado en cuenta en las prioridades y políticas de protección y zonas de recarga en cada acueducto, tema que se abordará posteriormente.

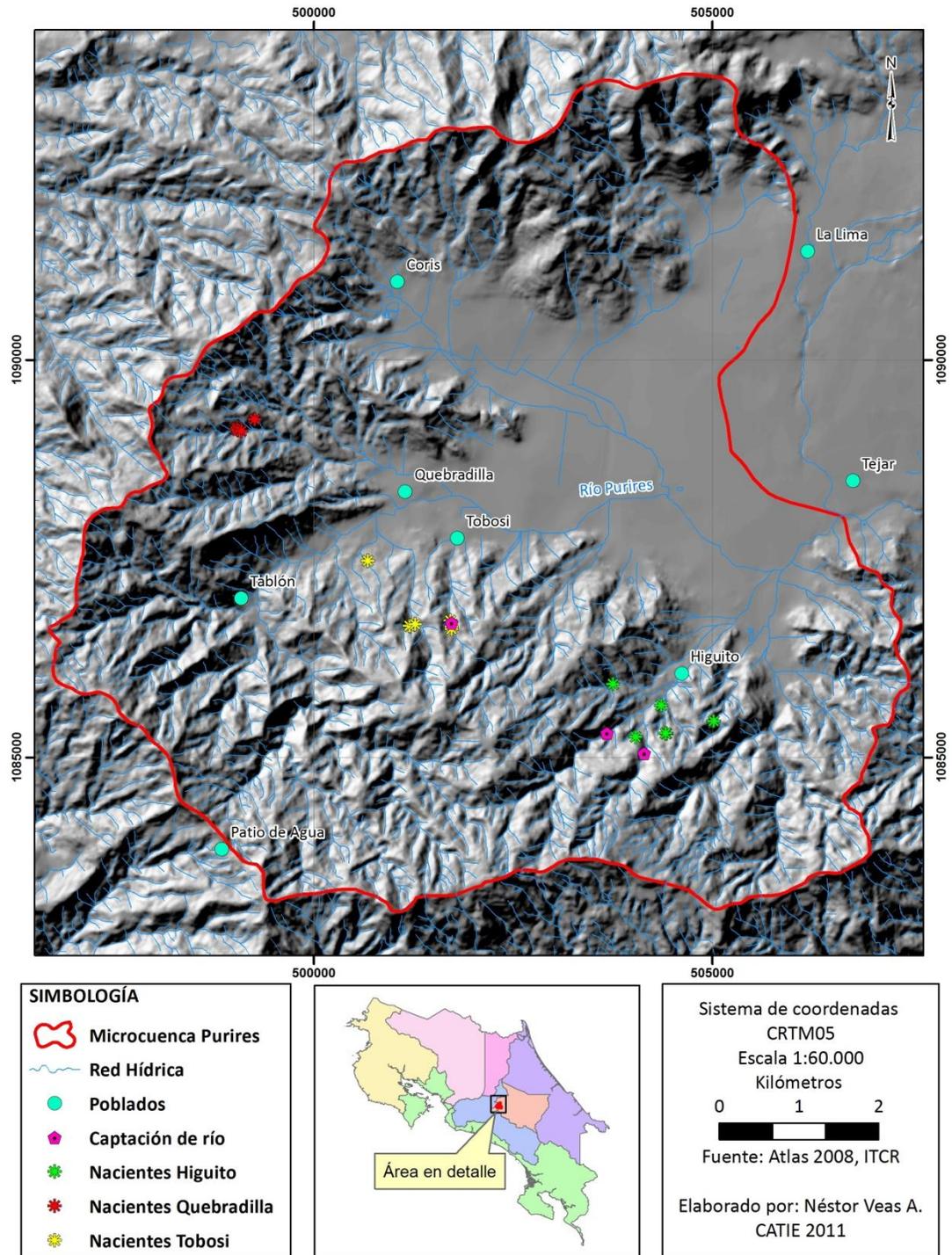


Figura 16. Nacientes y puntos de toma de agua de río utilizadas por las tres ASADAS estudiadas para consumo humano en la microcuenca del río Purires.

### Caracterización de las zonas de protección para los distintos manantiales

El cuadro 1, en el primer capítulo de este trabajo, nos detalla que en manantiales aprovechados debe haber una zona de protección de 200 metros a la redonda. Esta área difiere en los

diferentes acueductos, ya que como se detalló, en unos los manantiales se encuentran muy cerca, mientras que en otros se encuentran de manera dispersa.

El acueducto de Tobosi muestra una combinación de manantiales dispersos pero en grupos, es decir, hay tres sectores de donde obtienen su agua, y en cada uno de ellos poseen una serie de manantiales que aprovechan, además una fuente superficial de un río (Figura 17). Lo anterior hace que el área de protección según la Ley N°7575, sea de 45,05 hectáreas. Aquí se observan usos de la tierra como pastos, bosques secundarios, pastos con plantaciones de frutales, plantaciones de coníferas y suelos descubiertos para cultivos anuales.

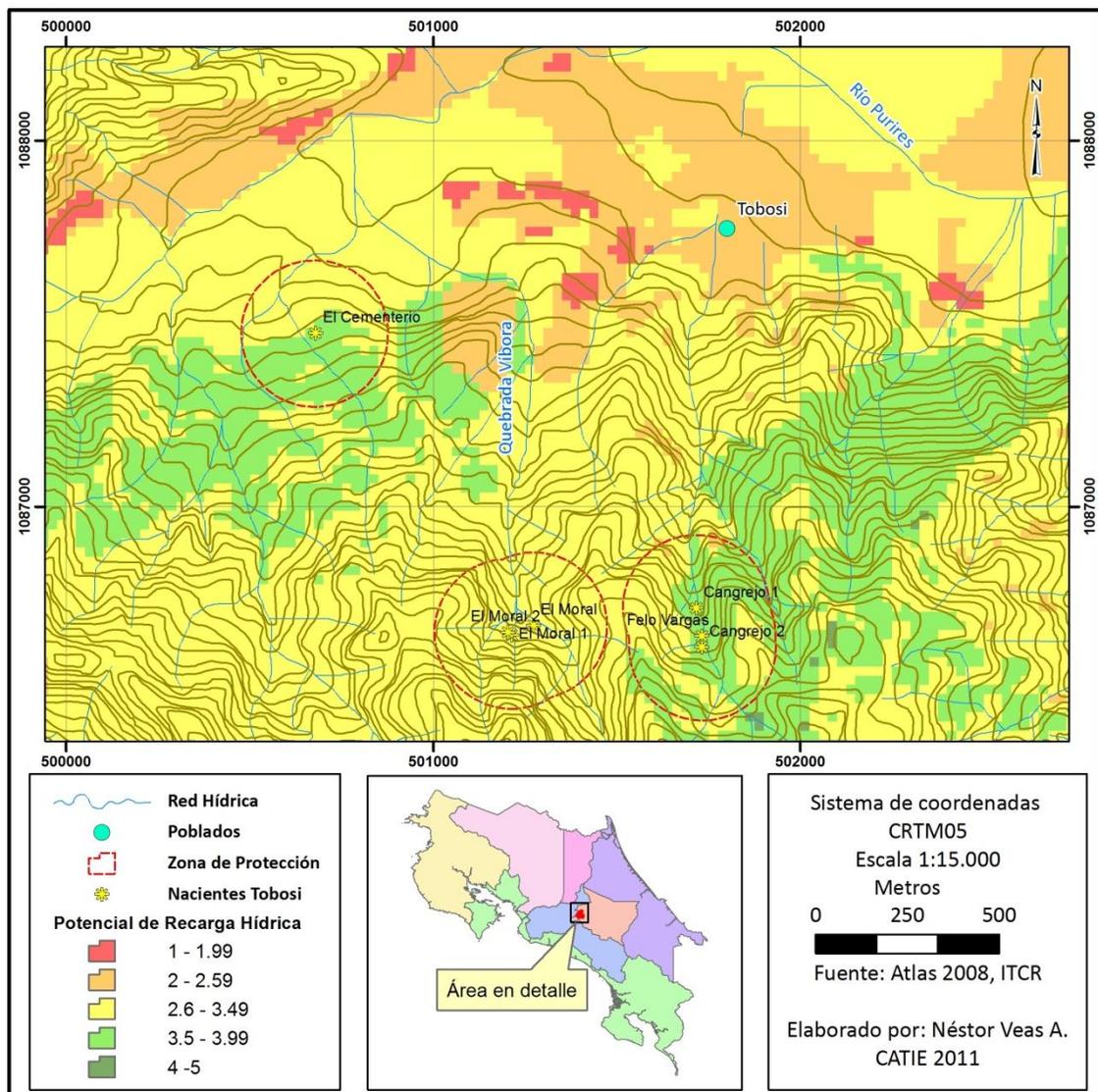


Figura 17. Nacientes, áreas de protección según la Ley Forestal y relación con los sitios potenciales de recarga hídrica para las nacientes del acueducto de Tobosi, microcuenca del río Purires.

Todas las nacientes excepto “El Cementerio” tienen una cobertura bastante buena de sus zonas de recarga inmediata, aunque las tomas de agua en cada uno de estos manantiales es bastante precaria, consistiendo generalmente en bolsas de basura para cubrir la salida de agua y un tubo dentro de la misma para canalizarla a la tubería principal (Figura 18). Lo anterior hace que se pierda buena cantidad de líquido, mientras que hay una alta probabilidad de contaminación en eventos lluviosos o ante derrumbes localizados cerca de esos puntos.



*Figura 18 (izquierda). Naciente “Cangrejo 2”, protegida con bolsas y donde el agua sale por un tubo hacia la red principal.*

*Figura 19 (derecha). Zona de recarga de la naciente “El Cementerio”, fuertemente influenciada por cultivos anuales.*

El sector más amenazado por contaminación antrópica es la primera y más importante naciente que posee la ASADA: El Cementerio. Sobre ella se yerguen una serie de cultivos entre los que se encuentran el café y el culantro, los cuales utilizan agroquímicos para su desarrollo, el cual con el lavado de los suelos y las lluvias se infiltra, pudiendo afectar directamente la calidad de agua de la naciente (Figura 19).

Para todos los manantiales hay un potencial de recarga entre medio y alto, lo cual mantiene cierta seguridad sobre la provisión de agua a futuro.

En la ASADA de Quebradilla los manantiales están muy cerca unos de otros (Figura 20), lo cual redundante en un área de protección de 23,95 hectáreas, menor que Tobosi. Sobre estas nacientes se tomaron diferentes muestras de suelo, donde se representaron los diferentes usos de suelo presentes en la zona de recarga inmediata: bosque secundario, pastos y pastos con frutales (Figura 22).

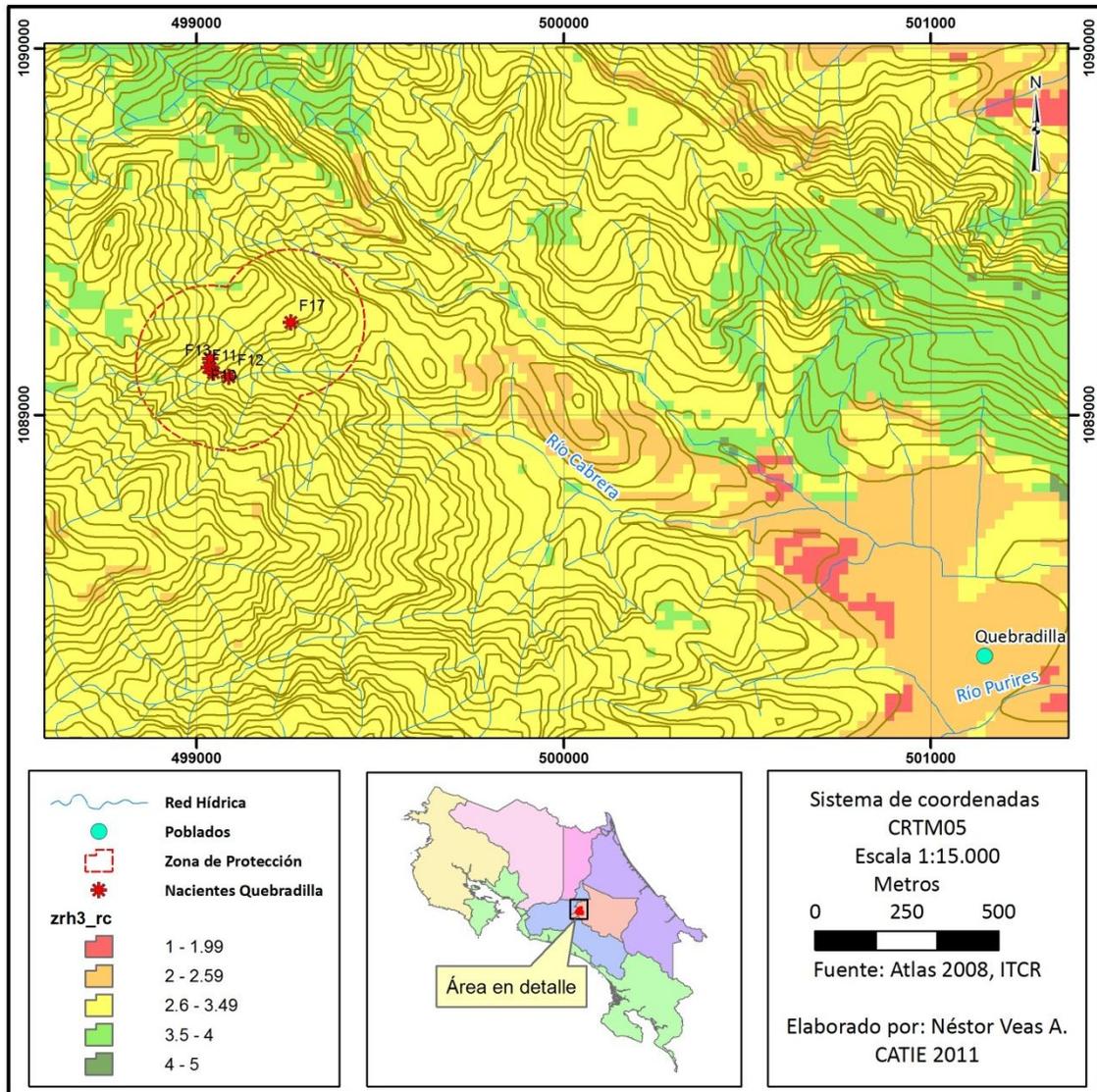


Figura 20. Nacientes, áreas de protección según la Ley Forestal y relación con los sitios potenciales de recarga hídrica para las nacientes del acueducto de Quebradilla, microcuenca del río Purires.

En esta área no se observaron actividades económicas que puedan alterar la calidad del agua, sino que más bien, se ha recuperado buena parte de la zona de recarga inmediata de la naciente “F10” (Figura 21), la más importante de todas; esto ha deparado un aumento en el caudal reportado por las nacientes, creando incluso nuevos cursos de agua en las cercanías<sup>1</sup>. Esto se ve respaldado por un potencial de recarga medio y alto en los sectores arriba de los manantiales.

<sup>1</sup> Brenes, A. 2011. Estado del acueducto de Quebradilla (entrevista). Cartago, Costa Rica, ASADA de Quebradilla.



*Figura 21 (izquierda). Naciente F10 en Quebradilla, se observa el bosque secundario en la parte superior, vital para mantener cantidad de agua.*

*Figura 22 (derecha). Parte de la zona inmediata de recarga de las nacientes de Quebradilla: pastos y pastos con plantación.*

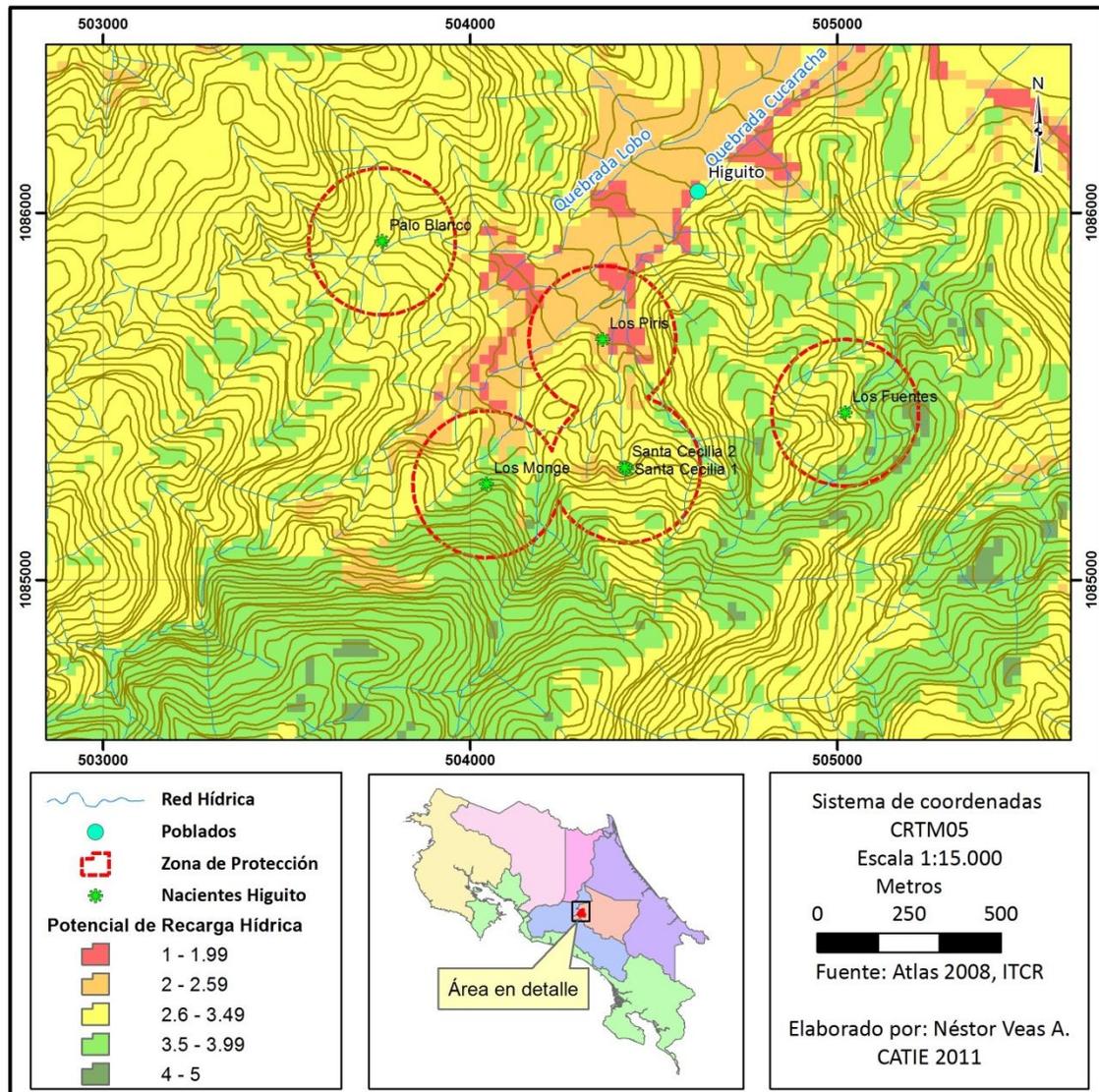
En los manantiales de Higuito encontramos que cada uno de ellas es independiente y se encuentra a una distancia considerable de las demás, esto hace que las áreas de protección totales cubran una superficie mayor, llegando a las 62,45 hectáreas, tres veces más que en Quebradilla (Figura 23). Lo anterior obligó a tomar una mayor cantidad de muestras de suelo, aunque no se encontró una gran cantidad de usos en las zonas de recarga inmediata, casi siempre fue un tipo para cada zona. Los diferentes usos de la tierra observados fueron bosques secundarios, pastos, cultivos de café, cultivos de café con banano y ciprés, así como plantaciones de coníferas.

Al contrario de Tobosi, en Higuito se observan las nacientes muy bien cubiertas de los elementos naturales con cajas de cemento, así como pintura y candados (Figura 24). Contrariamente, los cultivos y plantaciones en las cercanías y los aditivos que se utilizan para cada uno de ellos elevan la probabilidad de que éstos lleguen al cauce subterráneo del agua, por el efecto de infiltración de las aguas, que eventualmente surgirán como un manantial y darán abastecimiento a la población.

Especial importancia merecen los cultivos de café, ya que estos cubren una muy amplia superficie. En los sectores estudiados se encuentra de dos maneras, mezclado con ciprés y banano o como un gran monocultivo. Los sectores con sombra tienen una pendiente mayor, por lo que es probable que se busque sostener el suelo con las mayores raíces de los árboles (Figura 25), mientras que en los sectores donde solamente existe café, las pendientes son

menores, por lo que no se tiene la misma amenaza de erosión, deslizamientos y, en general, pérdida masiva de suelos.

En lo referente a potencial de recarga, la mayoría de los manantiales está en sectores medios y altos. El único sitio con vulnerabilidad es la naciente “Los Piris”, donde existen valores bajos y muy bajos en las cercanías, que eventualmente pueden representar un riesgo para la cantidad de agua que provee.



*Figura 23. Nacientes, áreas de protección según la Ley Forestal y relación con los sitios potenciales de recarga hídrica para las nacientes del acueducto de Higuito, microcuenca del río Purires*

Los diferentes usos del suelo observados y descritos en este apartado son de vital importancia para comprender la dinámica hídrica de cada zona de recarga inmediata. Los resultados de las

muestras de suelo obtenidas en campo ayudarán a explicar cómo se diferencia la infiltración en cada sitio.



*Figura 24 (izquierda). Naciente Palo Blanco, la más importante de la ASADA de Higuito, se nota el buen estado de la captación.*

*Figura 25 (derecha). Cultivo de café con ciprés y banano en la zona de recarga inmediata de la naciente Los Fuentes, Higuito, ubicada al lado de la carretera.*

### **Capacidad de infiltración en las zonas de recarga inmediata de manantiales**

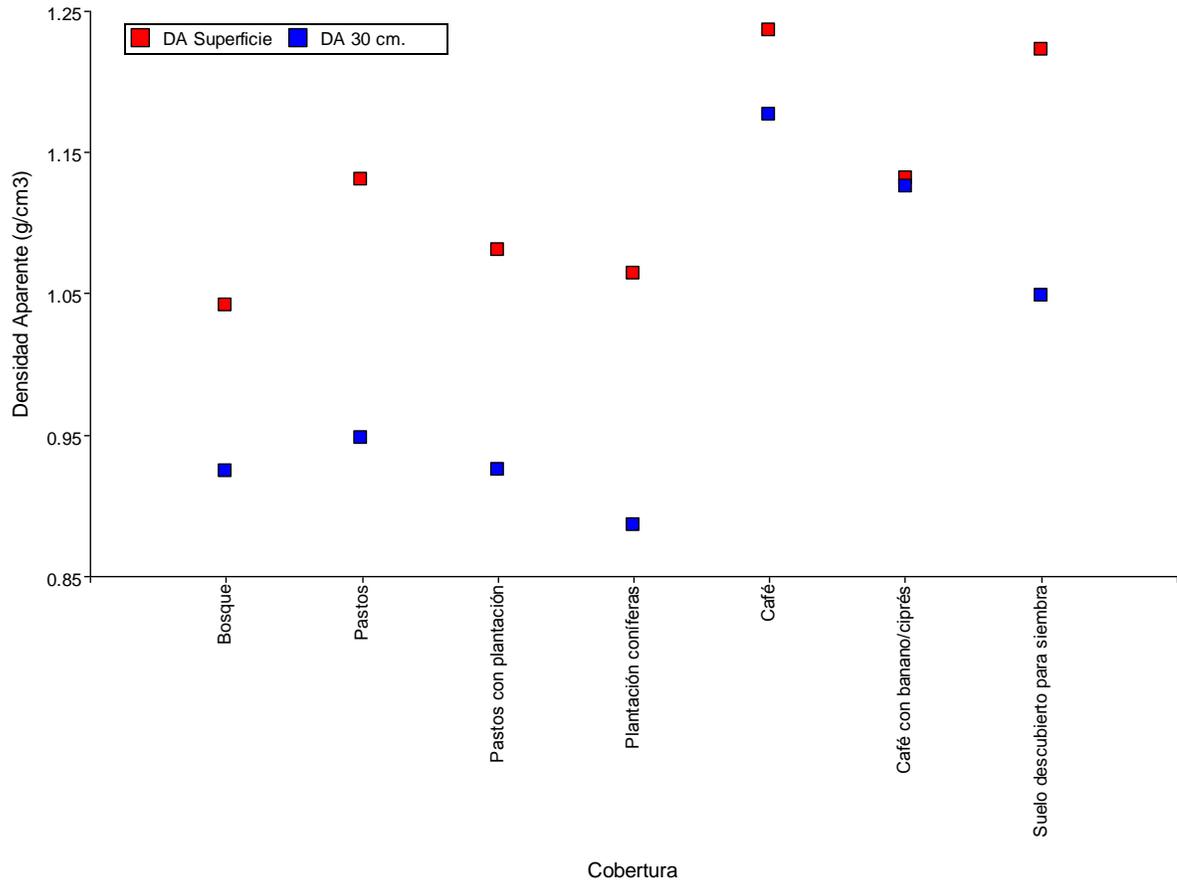
En lo que se refiere a las diferentes coberturas de suelo sobre las nacientes estudiadas, las pruebas de densidad aparente mostraron como la infiltración es diferente en cada una de ellas, así como también es diferente a mayor o menor profundidad y según su ubicación geográfica.

### **Características según uso de la tierra**

En la figura 26 se observa como en los diferentes usos de la tierra que se encontraron en la zona de recarga inmediata, hay diferencias marcadas. Los cuatro usos donde hay menor intervención antrópica (bosque, pastos, pastos con frutales y plantaciones de coníferas) tienen una densidad aparente menor, es decir, que hay una mayor cantidad de poros en el suelo, lo cual implica una mayor tasa de infiltración, mejorando la recarga de los manantiales que se encuentran asociados a ellos.

Contrariamente, en los usos con mayor intervención del hombre (cultivo de café, cultivo de café con banano y los suelos descubiertos para siembra) la densidad aparente es marcadamente mayor, denotando una mayor compactación del suelo, con la consiguiente reducción en la

permeabilidad de este tipo de suelos, lo cual ralentiza la recarga de manantiales, generando mayor escorrentía superficial, erosión y lavado de los suelos.



*Figura 26. Densidad aparente en la superficie ya una profundidad de 30 cm, para los diferentes usos de suelo en áreas alrededor los manantiales que abastecen las ASADAS de Tobosi, Quebradilla e Higuito, microcuenca del río Purires.*

Lo anterior concuerda con Salas (2010), que obtuvo valores de infiltración más altos en bosques ribereños y bajos en sectores degradados y afectados por la acción humana. De igual manera, Blanco (2009) obtuvo siempre valores de infiltración más altos en sectores de bosque por encima de coberturas como cultivo de caña o pastos.

Además de lo citado en estos párrafos, es importante recalcar que ese exceso de agua, cargada con sedimentos y químicos eventualmente llegará al cauce principal, implicando tiempos de concentración más bajos y un aumento en los caudales, pudiendo eventualmente causar cabezas de agua e/o inundaciones en los sectores bajos.

Otra característica que se hace evidente es la diferencia en las densidades aparentes en las muestras de suelo tomadas a profundidad (30 cm) respecto a las tomadas en la superficie; lo anterior concuerda con los datos obtenidos por Blanco (2009). De manera general, se observa que siempre a profundidad existe un valor menor a la de superficie, reflejando una mayor permeabilidad en los estratos inferiores del perfil pedológico de cualquier uso.

De manera puntual, nuevamente en los cuatro usos con menor injerencia antrópica, hay una mayor diferencia entre densidades aparentes, reflejando como los elementos naturales propios del perfil (raíces, lombrices, mamíferos pequeños, invertebrados, etc.) hacen que se mejore considerablemente la porosidad y con ello la capacidad de infiltración, concordando con lo descrito por Rojas (s.f.).

En esencia, el bosque es el uso con mejor balance superficie/profundidad, con una menor densidad aparente en superficie, demostrando porque son esenciales para la recarga hídrica al dejar pasar la mayor cantidad de agua a través del suelo. Las plantaciones de coníferas en cambio, son las que más permeabilidad permiten a profundidad, probablemente dado el gran tamaño de sus raíces, aunque al no infiltrar tanta agua en superficie, en eventos de gran intensidad esta capacidad se subutiliza y pierde efectividad.

Los pastos tienen densidades aparentes mayores, aunque se evidencia como la presencia de frutales, que dan mayor protección al suelo y con raíces que mejoran la porosidad, mejoran la capacidad de infiltración, así como reducen la brecha entre los valores superficiales y a profundidad.

En lo referente a usos con mayor actividad humana, se observa como un cultivo perenne como el café (en pendiente) tiene valores altos de densidad aparente, lo que refleja una mayor compactación y una menor infiltración. Una modificación a este uso, como lo es la sombra a través de cultivos arbóreos, como el banano o el ciprés, además de diversificar la producción, logra aumentar el espacio poroso del suelo, aumentando la permeabilidad y, por ende, la capacidad de recargar agua hacia las nacientes.

Finalmente, el suelo descubierto para siembra tiene una gran diferencia entre ambas densidades aparentes. En este caso, como el suelo superficial está removido y desgranado, irónicamente tiene menos espacio poroso ante el menor impacto de un agente que lo compacte (como pisadas, de manera inmediata, o la acción de la lluvia, de manera más lenta). A

profundidad, donde los arados no impactan, el suelo mantiene parcialmente su estructura original, dejando una mayor porosidad y por ende, mayor capacidad de infiltración.

### **Características según ubicación geográfica**

Como se explicó, el uso del suelo condiciona la permeabilidad, y esto a su vez se refleja en la mayor o menor capacidad de infiltración de las aguas subterráneas que abastecen los manantiales de cada ASADA. Estos valores pueden ser utilizados para determinar el grado de amenaza sobre la capacidad de recarga en cada acueducto, en especial cuando los valores son muy altos o difieren mucho entre uno y otro. Los resultados para los tres sitios se muestran en el cuadro 15.

Los resultados de las muestras superficiales muestran una diferencia entre los tres acueductos. El promedio más bajo es el de Quebradilla, es decir, es donde las zonas de recarga tienen mayor probabilidad de infiltrar agua a sus nacientes. Esto como probable resultado de que los usos que se observan son de tipo natural (bosque, pastos y pastos con frutales).

Tobosi se encuentra en el medio, con valores que reflejan una capacidad de infiltración menor, reflejado en el hecho de tener todos los usos antes descritos. La actividad antrópica hace que se eleven los valores respecto a los de la ASADA mencionada en el párrafo anterior.

Cuadro 15. Densidad aparente promedio del suelo en superficie y a una profundidad de 30 cm, en las zonas de recarga inmediata de las nacientes de cada ASADA, microcuenca del río Purires

ASADA	D.A. Superficie	D.A. Profundidad
Tobosi	1,14	0,94
Quebradilla	0,92	0,94
Higuito	1,21	1,02

El acueducto de Higuito es quien tiene mayor amenaza de baja infiltración en sus zonas de recarga. Al igual que en Tobosi hay una gran cantidad de usos, pero en este caso adolecen de pastos con frutales que, como se explicó, son de los usos que más colaboran con la infiltración.

Un hecho interesante se tiene cuando se observan los datos obtenidos a profundidad ya que los valores son prácticamente iguales, sobre todo en Tobosi y Quebradilla. Esto muestra el hecho de que la capacidad final de infiltrar agua es similar en cualquiera de las ASADAS, y que más

bien las acciones en superficie son las que potencian o reducen esa capacidad de recargar más o menos la diferentes nacientes.

Quebradilla es el sitio donde hay mayor “efectividad” en lo que a permeabilidad se refiere, sólo un 2% de diferencia entre lo que infiltra de agua en superficie y a profundidad; en las ASADAS de Higuito y Tobosi, esta diferencia es de un 17% en promedio. Si este valor se multiplica por el área que representa la zona de recarga inmediata se observará claramente cuánta agua se está dejando de infiltrar, perdiendo líquido para abastecer a la población por un lado y aumentando diferentes procesos que degradan el suelo y amenazas naturales por otro.

### **Textura**

Si bien existen diferencias entre las distintas muestras de suelo, los promedios de materiales muestran valores muy homogéneos (Cuadro 16). Al comparar estos resultados texturales y la ubicación de las muestras según el mapa de suelos de la microcuenca (Figura 11) se observa una correspondencia con los suelos inceptisoles.

Cuadro 16: Textura promedio en las muestras de suelo obtenidas en la microcuenca del río Purires

Arenas	Limos	Arcillas
36,1	31,0	32,9

Henríquez *et ál.* (s.f.) destacan que en este orden “no hay predominancia de ningún material en especial, encontrándose en ellos mezclas de varios tipos de arcillas y materiales primarios”. Esto también concuerda con una textura franco arcillosa y arcillosa, que predomina en las muestras obtenidas.

#### **4.1.3. Captaciones directas de aguas superficiales: ríos y quebradas**

Aparte de las nacientes, se destacan tres cauces que son utilizados por los acueductos de Higuito y Tobosi para extraer agua. En la primera comunidad, las quebradas Cucaracha y Chiflón abastecen a cerca del 70% de la población<sup>2</sup>, mientras que en la segunda, el río Pileta abastece cerca de un tercio de los abonados (Figuras 27 y 28).

En ambas comunidades se observan problemas y amenazas asociadas a este tipo de abastecimiento, ya que si bien aportan una mayor cantidad de agua que las nacientes

---

<sup>2</sup> Hidalgo, K. ASADA de Higuito (entrevista). Cartago, Costa Rica, ASADA de Higuito.

individuales, también debe reconocerse que requieren un mayor mantenimiento y supervisión, así como métodos que potabilicen el agua y lo lleven a rangos de calidad de agua aceptables para ser consumidos por la población.

El caso de Higuito es interesante por la cantidad de personas que abastecen las dos quebradas antes mencionadas. Ambas captaciones son revisadas periódicamente (una vez por semana), allí se limpian las rejillas que se usan para retener hojas y distintos elementos de tamaño mediano. A partir de allí el agua es transportada directamente a los usuarios; esto hace que cualquier anomalía como sedimentos y erosión provocada por lluvias o derrumbes vaya directamente a la red de distribución.

El uso de ríos o quebradas para consumo humano es totalmente válido, pero para garantizar la calidad del agua es necesario el uso de filtros y sistemas de sedimentación que limpien el agua, sobretodo en casos como el mencionado anteriormente, donde el efecto de la precipitación o amenazas localizadas que impliquen contaminación casi inmediata del agua puede ser una amenaza potencial para la salud de la población.



*Figura 27 (izquierda). Captación de la quebrada Cucaracha (ASADA Higuito), que aporta 40% del agua del acueducto.*

*Figura 28 (derecha). Captación del río Pileta (ASADA Tobosi). Se observa el represamiento, el tubo que capta el agua y una pequeña lona para evitar el impacto directo de la lluvia y agentes externos como las hojas de los árboles.*

La mayor amenaza para la cantidad de agua abastecida es la época seca y la correspondiente baja del caudal base; contrariamente, las amenazas a la calidad del agua serán sobretodo en la

época lluviosa, donde el lavado de los suelos, y los deslizamientos son mucho más frecuentes, dado que no hay actividades económicas de influencia directa sobre el río.

#### **4.1.4. Amenazas y vulnerabilidad de los acueductos**

Las variables biofísicas estudiadas son de gran importancia para caracterizar ciertas amenazas que se yerguen sobre los acueductos. Las más importantes de éstas son los deslizamientos y los sismos en lo que se refiere a infraestructura. La erosión y la escorrentía que llega a los cauces de las quebradas en las épocas lluviosas, vendrían a ser las amenazas más importantes sobre las fuentes de agua de cada ASADA, como fue descrito en el apartado anterior.

Para caracterizar la vulnerabilidad de los acueductos de manera integral, se aplicó en cada uno de ellos la metodología empleada por Mendoza (2008), dando los resultados que se detallan en el Cuadro 17.

El acueducto de Tobosí es el más vulnerable de todos, con un valor “medio”. Como se observa, los parámetros que más influyen en estos resultados se dan por las fuentes de abastecimiento de agua. Estos hechos concuerdan perfectamente con lo descrito previamente, dado el precario estado de las tomas de nacimiento y de río, así como zonas de recarga con algunas actividades que podrían ser una amenaza eventualmente.

Quebradilla presenta un valor “bajo”, además de ser el menor de las tres ASADAS estudiadas. Lo anterior como resultado de muy bajos índices de vulnerabilidad en todo el acueducto. El valor más alto se obtiene en la zona de recarga hídrica, donde la falta de tenencia de la tierra, así como la falta de un plan de algún tipo (de acción, de manejo, o de ordenamiento territorial) hace que haya posibilidades de que el área se modifique negativamente en el futuro.

En Higuito, los resultados son intermedios y se ajustan perfectamente a una vulnerabilidad “baja”. Al igual que Quebradilla, los valores más altos se encuentran en la zona de recarga hídrica, aunque debe ponerse atención también sobre las fuentes de abastecimiento de agua, que también refleja índices altos.

Un apartado donde todos los acueductos tienen valores que puede ser potencialmente graves, sobre todo para la salud de los pobladores aguas abajo es el manejo de aguas post-uso. En ninguna ASADA existe alcantarillado sanitario, tratamiento de aguas negras y residuales, sitios adecuados para su descarga o capacitación a la población sobre esta temática.

Cuadro 17. Vulnerabilidad de cada acueducto analizado, en la microcuenca del río Purires, según la metodología de Mendoza (2008)

Componente	Promedio Tobosi	Vulnerabilidad Tobosi	Promedio Quebradilla	Vulnerabilidad Quebradilla	Promedio Higuito	Vulnerabilidad Higuito
Zona de recarga hídrica	2,40	9,00%	2,20	8,25%	2,40	9,00%
Fuente de abastecimiento de agua	2,00	11,25%	0,83	4,69%	1,33	7,50%
Toma de agua y obra de captación	1,20	4,50%	0,40	1,50%	0,40	1,50%
Línea de conducción	1,60	2,00%	1,80	2,25%	1,20	1,50%
Tanque de almacenamiento	1,86	2,32%	1,43	1,79%	2,00	2,50%
Red de distribución	1,29	1,61%	0,71	0,89%	1,14	1,43%
Tratamiento de agua	0,67	1,67%	0,33	0,83%	0,67	1,67%
Uso y manejo del agua en el hogar	1,67	2,08%	1,67	2,08%	2,33	2,92%
Manejo de aguas post-uso	3,60	6,75%	3,60	6,75%	3,60	6,75%
Gestión Administrativa	0,43	1,07%	0,14	0,36%	0,50	1,25%
<b>VULNERABILIDAD TOTAL</b>		<b>42,25%</b>		<b>29,39%</b>		<b>36,01%</b>

Fuente: Fontaneros de las ASADAS de Tobosi, Quebradilla e Higuito y observación del autor.

Este tema puede no ser muy importante para la población abastecida, ya que son aguas que han sido utilizadas, pero el riesgo se da tanto para la población y el ambiente aguas debajo del río, donde el uso de aguas contaminadas si puede afectar cultivos, la salud pública y hasta alguna actividad industrial.

#### 4.1.5. Calidad de agua en nacientes

A partir de los datos de calidad de agua efectuados por el Laboratorio Nacional de Aguas del AyA se han extraído datos de gran relevancia en lo concerniente a la calidad de las aguas de los tres acueductos estudiados en sus fuentes de abastecimiento. Es importante destacar que las ASADAS de Tobosi y Quebradilla tienen, desde el momento de los primeros muestreos registrados, sus aguas provenientes de manantial debidamente cloradas; no así el acueducto de Higuito, el cual incluyó la cloración en sus nacientes a inicios del año 2011.

#### Tobosi

Como se observa en el cuadro 18, este acueducto tiene dos zonas establecidas en su distribución. La más densa es el sector central, que ha mostrado una notable mejoría en la calidad en los últimos 5 años. Por el contrario, en el sector Norte-Sur se observa una baja en la calidad del servicio de agua potable abastecido.

Cuadro 18. Resultados de los análisis de agua realizados en las fuentes de agua de la ASADA de Tobosi, microcuenca del río Purires (1999-2011)

	Muestras positivas por cloro (%)		Muestras negativas por coliformes fecales (%)		Agua calificada como potable/no potable	
	Total	Últimos 5 años	Total	Últimos 5 años	Total	Últimos 5 años
Sector Central	55,5	77,67	83,92	95,83	8/4	5/1
Sector Norte-Sur	79,41	72,22	86,23	77,78	9/8	3/6

Fuente: Laboratorio Nacional de Aguas, AyA

En el sector central, más urbanizado, las muestras que reflejan presencia de cloro han aumentado más de un 20% en los últimos cinco años en comparación al total. Asimismo, la cantidad de muestreos sin presencia de coliformes fecales ha aumentado un 12%, hasta casi llegar a la totalidad de muestras, elevando la cantidad de veces que el agua ha sido considerada como potable por el AyA. Esto refleja un interés de la ASADA en mejorar la calidad del líquido a los sectores más poblados, donde una pérdida de calidad podría ser fuente de epidemias a gran escala.

El sector norte-sur en cambio, más rural y con mayor costo para llevar las conexiones a los domicilios refleja una baja en ambos indicadores, así como en la cantidad de veces que fue catalogada como potable. Esta tendencia es preocupante, ya que una cantidad importante de población deja de ser priorizada o, al menos, tomada en cuenta.

La mala infraestructura en los manantiales, así como la poca protección y nulo tratamiento del agua tomada de fuentes superficiales es probablemente el mayor factor de estas tendencias.

### Quebradilla

Nuevamente la ASADA es analizada en dos sectores Centro y Sur. Los resultados de este acueducto contrastan ampliamente con los observados en Tobosi, con una calidad del agua prácticamente excelente (Cuadro 19).

Cuadro 19. Resultados de los análisis de agua realizados en las fuentes de agua de la ASADA de Quebradilla, microcuenca del río Purires (1998-2011)

	Muestras positivas por cloro (%)		Muestras negativas por coliformes fecales (%)		Agua calificada como potable/no potable	
	Total	Últimos 5 años	Total	Últimos 5 años	Total	Últimos 5 años
Sector Central	91,67	100	91,67	100	11/1	5/0
Sector Norte-Sur	100	100	100	100	10/0	3/0

Fuente: Laboratorio Nacional de Aguas, AyA

Se evidencia como salvo la primera muestra de agua, tomada en 1998, el acueducto ha tenido un desempeño prácticamente impecable. La buena infraestructura de protección de sus fuentes de agua y el hecho de que la totalidad de ellas sean manantiales ha logrado que no hayan problemas de potabilidad en la zona desde hace muchos años. Ambos sectores estudiados poseen una calidad similar.

Se evidencia como una infraestructura adecuada, así como un mantenimiento constante generan altas probabilidades de obtener buena calidad del agua sin incurrir en altos costos. Esta ASADA recibió, en el año 2010 la bandera blanca del AyA con seis estrellas, el máximo posible según este sistema de certificación.

### **Higuito**

Como se especificó previamente, este acueducto no poseía sistema de cloración hasta el año en curso. A la fecha de la elaboración de este trabajo el AyA no había hecho pruebas con el nuevo sistema. Los diferentes análisis previos estudiados reflejan una calidad no potable del agua en todas las fuentes de agua excepto en el manantial “Los Piris”.

Si bien todas las nacientes están protegidas con infraestructura, la falta de cloración en las muestras estudiadas, así como usos de la tierra que en ocasiones implican el uso de agroquímicos como el café hacen que no haya una buena calidad del agua. Las dos tomas de fuente superficial se mantienen como no potables, requiriendo de la implementación a futuro de una planta de tratamiento o filtros adecuados.

## 4.2. Caracterización socioeconómica de las ASADAS y sus usuarios

### 4.2.1. Datos Generales

#### Demografía

Las comunidades de Higuito, Tobosi y Quebradilla tienen pocas similitudes pese a estar dentro de la misma microcuenca y a poca distancia una de otra. Estas diferencias se irán explicando a lo largo de este capítulo, discutiéndose en los apartados 4.2.4, 4.3.8 y 4.4.4.

El aspecto demográfico refleja en el cuadro 20, en el cual se observa la evolución de la población para estos tres sectores en la última década, se enumeran los distritos de Quebradilla, Tobosi y San Isidro (donde se encuentra el poblado de Higuito).

Cuadro 20. Población total para los distritos de Quebradilla, Tobosi y San Isidro (años), microcuenca del río Purires

Distrito	2000	2006	2010	Variación (%)
Tobosi	5.418	5.736	6.071	12,05
Quebradilla	4.697	5.199	5.304	12,92
San Isidro	9.165	6.692	6.295	-31,31

Fuente: INEC, 2000; CCSS, 2006; CCSS, 2010.

Los datos indican que tanto en Quebradilla como en Tobosi, hay un crecimiento poblacional sostenido de alrededor de un 12%, el cual implica también un aumento sobre la demanda de agua potable de ambas ASADAS. Caso contrario se observa en Higuito, donde la población se redujo drásticamente alrededor de un 30% en solamente 10 años, esta tendencia lleva a pensar que la cantidad de usuarios se mantendrá o reducirá en el acueducto, estabilizando la demanda de agua para los próximos años.

Esta variación demográfica puede obedecer a las actividades económicas antiguas y actuales que se desarrollan en las cercanías de cada comunidad. Como se detalló en el apartado de uso de la tierra, las actividades con mayor crecimiento y desarrollo en la microcuenca como las industrias y los cultivos de flores y helechos en invernaderos se encuentran alrededor de Quebradilla y Tobosi, mientras que en Higuito solamente se observan usos agropecuarios tradicionales, que han tendido a la baja en los últimos años, especialmente la actividad ganadera, y además son mal remunerados, utilizando mano de obra poco calificada.

Se ha observado en la zona que las actividades del sector primario, primordiales en épocas pasadas poco a poco han dado paso a una mayor cantidad de personas empleadas en el sector secundario y terciario, que se desarrollan en el anillo urbano de Cartago y San José. El

crecimiento de Quebradilla y Tobosi como “poblados dormitorio”, reflejado en una gran cantidad de nuevas urbanizaciones en sus alrededores, contrastan con Higuito, que se ha estancado y más bien ha dado paso a la migración de población hacia estos sectores o a lugares más urbanizados donde hay mayor acceso a servicios básicos.

Aparte de lo citado anteriormente hay un factor que no ha sido estudiado, pero que podría tener influencia sobre la evolución demográfica de las tres comunidades: el relieve. Tanto Quebradilla como Tobosi se encuentran en sectores planos, con pocas restricciones sobre el uso del suelo y donde aún hay espacio para el crecimiento urbano. Higuito en cambio, ha crecido a ambos lados de un camino principal, pero limitado por la quebrada Cucaracha por un lado, y por laderas de pendientes medias del otro.

Esto no solo causa un desarrollo urbano más lento, sino que el riesgo a desastres y las limitaciones legales para construir en zonas peligrosas generan menos interés por adquirir lotes o propiedades allí, en detrimento de sectores más seguros. Esto pese a que a nivel distrital no existe un plan regulador que regule este tipo de desarrollo.

### **Saneamiento**

Como detalla la OMS (2004), la disposición de excretas y residuos sólidos de manera adecuada es un motor esencial para la salud pública. La presencia de EBAIS en las tres comunidades es además, un excelente complemento para prevenir y tratar enfermedades que surjan en alguno de estos sectores.

En lo referente a la disposición de excretas, el cuadro 21 muestra que casi la totalidad de los hogares en los tres sectores poseen tanque séptico en buen estado, lo cual implica una reducción en la vulnerabilidad para la salud de la población. A falta de un sistema de alcantarillado sanitario que lleve las aguas negras a una planta de tratamiento, esta es la mejor opción para minimizar el impacto sobre la población y sobre el ambiente como lo detalla Rosales (2003).

La disposición de los residuos sólidos también impactan la salud humana, así como la del medio ambiente. Los datos muestran como la mayoría de la basura es recolectada por la municipalidad respectiva. Un bajo porcentaje de hogares entierran sus desperdicios, lo cual puede amenazar la calidad de los suelos y afectar los mantos acuíferos por los lixiviados que se desprenden, en caso de no recogerse y tratarse, tal como lo describe Giraldo (2001).

Cuadro 21. Hogares con tanque séptico bueno y disposición de residuos sólidos en los sectores de Quebradilla, Tobosi y San Isidro, en el año 2010 en la microcuenca del río Purires

Sector	Tanque séptico bueno (%)	Disposición de residuos sólidos (%)		
		Recolección pública	Quemada	Enterrada
Tobosi	98,74	78,91	0,00	21,09
Quebradilla	99,61	87,62	3,75	8,63
San Isidro	98,75	99,61	0,00	0,39

Fuente: CCSS, 2010.

Finalmente, sólo en Quebradilla hay una pequeña cantidad de población que quema sus desechos. Esta práctica, al igual que la de enterrar la basura, tiene serios problemas ambientales y sociales como lo explican Peralta y Zamora (2008) y Solorio (2011). Ellos mencionan que aunado a la contaminación del aire y las consecuentes enfermedades respiratorias a la población que se exponga en repetidas ocasiones, se unen la afectación de los mantos acuíferos por la infiltración de las aguas que se mezclan con las cenizas. Estas cenizas contienen sustancias tóxicas de la basura incinerada, que puede llegar a las fuentes subterráneas de agua y alterar negativamente su calidad.

#### 4.2.1. ASADAS y su percepción

Uno de los principales objetivos de este trabajo es contrastar el pensamiento de las ASADAS, representadas a través de su junta directiva, con la opinión de sus usuarios. Buscando así puntos en común, así como divergencias que puedan posteriormente ser analizadas y tratadas a través de diferentes estrategias. Para ello se empleó el análisis FODA en cada una de las directivas de cada acueducto estudiado, obteniendo realidades muy diferentes, con procesos que para unos es positivo y para otros negativo.

Los resultados expuestos en los siguientes tres cuadros retratan lo mencionado por cada una de las juntas directivas, y no tuvieron ninguna alteración por parte del autor.

#### **Tobosi**

El taller FODA con esta ASADA se realizó el 27 de julio del 2011, con la totalidad de los miembros de la junta directiva, así como la administradora del acueducto, que si bien no es parte de la misma, tiene mucho conocimiento del funcionamiento del acueducto y la comunidad, por lo cual se consideró importante su presencia. Los resultados de este taller se detallan en el cuadro 22.

Cuadro 22. Principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para la gestión del agua para consumo humano en la ASADA de Tobosi, microcuenca del río Purires

<i><b>FORTALEZAS</b></i>	<i><b>OPORTUNIDADES</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de cobro eficiente</li> <li>• Buena administración del acueducto</li> <li>• Buen servicio al cliente</li> <li>• Cooperación entre los miembros de la Junta Directiva</li> <li>• Pensamiento en grande a futuro</li> <li>• Buena calidad y cantidad de agua</li> <li>• Servicio de fontanería bueno y eficiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de prevención de desastres, i.e: Tanques de almacenamiento</li> <li>• Mantenimiento del recurso hídrico mediante campañas de siembra de árboles</li> <li>• No hay morosidad de los usuarios</li> <li>• <b>Potencial no aprovechado, nacientes identificadas para futuras captaciones</b></li> </ul>
<i><b>DEBILIDADES</b></i>	<i><b>AMENAZAS</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja capacitación técnica de los fontaneros</li> <li>• Problemas con las tuberías, como presión de aire y al estar en superficie son más propensas a sufrir daños</li> <li>• Pérdida de cantidad potencial de agua al no haber suficientes tanques de almacenamiento</li> <li>• Tubo madre con grosor muy pequeño no permite transporte de un mayor caudal de agua desde las tomas</li> <li>• Deficiente comunicación con otras ASADAS</li> <li>• Faltante de micromedición para todos los usuarios genera desigualdad de pagos y consumo.</li> <li>• Faltante de servicio de agua en algunos sectores altos</li> <li>• Necesidad de cambio de vehículo por uno más apropiado (2)</li> <li>• Nacientes captadas con infraestructura de protección deficiente</li> <li>• Falta de reserva de nuevas captaciones ante MINAET</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Captaciones a superficiales son altamente vulnerables ante amenazas naturales</b></li> <li>• Deficiente comunicación usuario-ASADA</li> <li>• Problemas de accesibilidad y uso frecuentes con los propietarios de las fincas donde se encuentran las captaciones</li> <li>• Propensión de las fuentes a contaminarse por desechos del ganado</li> <li>• Lentitud de respuesta por parte de AyA ante problemas reportados</li> </ul>

Elaborado a partir del taller FODA realizado con la Junta Directiva de la ASADA de Tobosi.

\*En negrita los apartados que la junta eligió como los más relevantes.

Se puede observar como la mayoría de fortalezas que la junta directiva ve reflejadas son de índole administrativo y de aspectos de manejo financiero, así como aspectos esenciales del servicio de agua potable a la población, como lo son la buena calidad y cantidad de agua y la capacidad de los fontaneros en su labor, sin embargo, las limitaciones económicas no permiten mayor inversión en distintos proyectos de infraestructura requeridos para un mejor desempeño de sus funciones y servicios.

En este sentido, las fuertes erogaciones que el acueducto tiene por el concepto de pago de préstamos y arreglos de pago han sido un gran limitante para inversiones necesarias y expresadas por ellos mismos, algunas de ellas de gran envergadura, como el cambio de la tubería madre, la construcción de tanques de almacenamiento o la infraestructura para la protección de nacientes.

Entre las oportunidades se destacan las nacientes ubicadas pero sin aprovechar que el acueducto posee, esto les asegura una cantidad de agua para el futuro, aunque deben ser

protegidas de amenazas como los desechos del ganado que hay en las partes altas y zonas de protección. Las campañas de siembra de árboles son una buena opción para minimizar y, eventualmente, eliminar casi por completo este problema.

La amenaza más importante para la ASADA es el estado de sus captaciones a cielo abierto, ya que en eventos lluviosos se vuelven altamente vulnerables, así como posibles deslizamientos o caídas de materiales. Asimismo, los conflictos con algunos dueños de fincas donde se encuentran las nacientes se mencionan como amenazas a tomar en cuenta, así como la lenta respuesta del AyA para prestar colaboración en algunos problemas reportados, como capacitaciones solicitadas para sus fontaneros.

### **Quebradilla**

La reunión con la junta directiva del acueducto fue realizada el 19 de julio del año 2011 en la sede de la ASADA, asistió la totalidad de los miembros con excepción del fiscal, quién justificó su ausencia. Nuevamente se convocó a la administradora para que diera sus opiniones junto con sus compañeros durante el taller.

Como se detalla en el cuadro 23, las fortalezas expresadas giran en torno a los aspectos esenciales que el acueducto debe brindar, como lo son calidad y cantidad de agua, una infraestructura adecuada para las captaciones y el almacenamiento del líquido y capacitaciones para los miembros de la ASADA, así como algunos residentes de la comunidad. Lo anterior, unido a un servicio al público adecuado, según su punto de vista, ha redundado en una opinión positiva de parte de sus clientes.

Las oportunidades identificadas se centran nuevamente en aspectos de calidad, cantidad e infraestructura, como la reserva de nacientes para aprovechamientos futuros, la obtención de distinciones como la bandera blanca (certificación para ASADAS con buena calidad de agua) y posibilidades de obtener la bandera azul ecológica, y los financiamientos con entes externos para implementar diferentes proyectos, en especial de infraestructura.

Las debilidades en cambio, se centran en aspectos puntuales que en ocasiones limitan o perjudican la continuidad del servicio, como la necesidad de reemplazar parte de la tubería que ha llegado al fin de su vida útil y en ocasiones genera fugas, así como cortes de agua para reparar este tipo de problemas. La falta de comunicación con otros acueductos, así como la poca asistencia por parte de los abonados a las reuniones comunales se citan también en este

apartado. Finalmente, si bien existen nacientes para el futuro, la ASADA piensa que deben ubicar aún más, esto se asocia a una de las amenazas de mayor importancia: el rápido crecimiento urbano, que ha aumentado la demanda total de agua.

Cuadro 23. Principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para la gestión del agua para consumo humano en la ASADA de Quebradilla, microcuenca del río Purires

<i><b>FORTALEZAS</b></i>	<i><b>OPORTUNIDADES</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente calidad del agua</li> <li>• Buen servicio al cliente</li> <li>• <b>Buena cantidad de agua</b></li> <li>• Compromiso de la Junta Directiva con la comunidad</li> <li>• Infraestructura propia en captaciones, tanques y sede de la ASADA</li> <li>• Diversas actividades de educación ambiental hacia la población</li> <li>• Buena imagen ante los usuarios</li> <li>• Personal del acueducto bien capacitado</li> <li>• Buenas intenciones ante los clientes</li> <li>• Diversidad de temas de capacitación con mayor alcance, dentro y fuera de la ASADA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprobación de ayuda externa a través del PNUD</li> <li>• Buena capacitación externa a través del INA</li> <li>• Obtención de la bandera blanca del AyA con seis estrellas</li> <li>• Nacientes para el futuro ubicadas y reservadas ante MINAET</li> <li>• Condiciones para optar a la bandera azul del AyA</li> <li>• Sistematización de datos y planos del acueducto realizados</li> </ul>
<i><b>DEBILIDADES</b></i>	<i><b>AMENAZAS</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuficiente asistencia a asambleas por parte de los usuarios</li> <li>• Cortes de agua en ocasiones para diferentes actividades</li> <li>• <b>Parte de la tubería se encuentra obsoleta y debe reemplazarse</b></li> <li>• Falta de coordinación con otras ASADAS</li> <li>• Faltan más captaciones para garantizar agua en el futuro</li> <li>• Fallas en la divulgación hacia los abonados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento urbano ha aumentado la demanda de agua potable</li> <li>• Delincuencia sobre la infraestructura como robos de tubería</li> <li>• Derrumbes sobre la infraestructura pueden causar daños</li> <li>• Cambios de Junta Directiva restringe la continuidad y el efecto de capacitaciones</li> <li>• Mal uso del agua por parte de los abonados generan desperdicio</li> </ul>

Elaborado a partir del taller FODA realizado con la Junta Directiva de la ASADA de Quebradilla.

\*En negrita los apartados que la junta eligió como los más relevantes.

Otras amenazas importantes son las naturales, como los deslizamientos, y las antrópicas, como el robo de tuberías. Se destaca también como el cambio frecuente de juntas directivas debilita la gestión del acueducto, ya que se pierde parte del capital humano que se capacitó, dando paso en ocasiones a personas con menor conocimiento de la ASADA, que debe capacitarse desde cero una vez más.

### **Higuito**

La reunión con esta ASADA se realizó el 26 de julio del 2011 con la mayoría de los miembros de la junta directiva; la única excepción justificada fue de la tesorera. La administradora del

acueducto también estuvo presente para dar sus opiniones. Los resultados de este FODA se presentan en el cuadro 24.

Cuadro 24. Principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para la gestión del agua para consumo humano en la ASADA de Higuito, microcuenca del río Purires

<i><b>FORTALEZAS</b></i>	<i><b>OPORTUNIDADES</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueblo bien informado de las acciones de la ASADA</li> <li>• Cantidad de agua brindada a la población</li> <li>• Inicio de instalación de medidores para micromedición</li> <li>• Tanques de almacenamiento en buen estado</li> <li>• Nacientes con buena infraestructura de protección</li> <li>• Futuro prometedor</li> <li>• Buena administración del acueducto</li> <li>• Colocación de hidrantes para la seguridad de la comunidad</li> <li>• Mejora sustancial de la calidad de agua respecto al pasado</li> <li>• <b>Buena organización</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy baja morosidad</li> <li>• Proceso de negociación por una planta de tratamiento de aguas</li> <li>• Participación activa en la ComPurires</li> <li>• Capacitación de personal y miembros de la junta directiva a través del INA</li> </ul>
<i><b>DEBILIDADES</b></i>	<i><b>AMENAZAS</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No contar con filtros para las captaciones a cielo abierto</li> <li>• No contar con planta de tratamiento de aguas</li> <li>• No contar con fondos suficientes para mejoras</li> <li>• <b>No tener captaciones concesionadas ante MINAET</b></li> <li>• Falta de protección en las zonas de recarga</li> <li>• Falta de terrenos propios para proyectos de infraestructura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomas de agua a cielo abierto propensas ser afectadas por amenazas naturales</li> <li>• Indiferencia del pueblo hacia el acueducto y su gestión</li> <li>• Falta de apoyo institucional de parte del AyA</li> </ul>

Elaborado a partir del taller FODA realizado con la Junta Directiva de la ASADA de Quebradilla.

\*En negrita los apartados que la junta eligió como los más relevantes.

El acueducto más pequeño de los tres estudiados encontró dentro de sus fortalezas la cantidad de líquido que se brinda, así como buena infraestructura de captación, protección de nacientes y almacenamiento del mismo, lo cual les ha permitido mejorar sustancialmente la calidad de sus aguas. El inicio del proceso de colocación de medidores e hidrantes son otros aspectos que los hacen ver el futuro de forma prometedora.

Las oportunidades observadas por la junta se centraron en la baja morosidad de sus usuarios, las posibilidades de capacitación que se obtienen a través de organismos estatales como el INA y el estar dentro de un organismo participativo de gestión de cuencas como lo es la ComPurires. El aspecto más importante son los esfuerzos que se están haciendo para obtener filtros para la toma de agua “El Chiflón”, de vital importancia para reducir el aporte de sedimentos y materiales en épocas lluviosas.

Entre las debilidades, unánime fue la opinión de que la más importante es no tener ninguna de las nacientes ni tomas de agua debidamente identificada y concesionada por parte del MINAET. Problemas asociados con infraestructura, como la falta de filtros, planta de tratamiento y terrenos para desarrollar nuevos proyectos también fueron mencionados. Finalmente, se citó la falta de conservación de zonas de protección como otro asunto a tomar en cuenta.

Las amenazas se centraron en tres aspectos, a saber, la poca importancia que el pueblo le da a la ASADA y la manera en que esta debe administrarse, el poco apoyo institucional del ente del cual dependen los acueductos (AyA) y la propensión de las tomas de agua a cielo abierto a ser afectadas por eventos naturales.

### **Discusión de resultados**

Luego de realizados los diferentes talleres con las juntas directivas, de los FODA y las conversaciones que surgieron a partir de la realización de los talleres, se deducen varios aspectos, algunos similares, y otros diferentes.

Destacable es el hecho que todas las ASADAS tienen como una fortaleza la cantidad de recurso, lo cual las diferencia de muchos acueductos de otros sitios, donde el faltante de agua en épocas secas es un problema que aún no se soluciona, como es el caso de Sardinal en Guanacaste mencionado por Arauz (2009). Asimismo, en los tres talleres se expresó una gran conformidad con el servicio administrativo (cobro, servicio al cliente), reflejando la importancia de éste y el esfuerzo de cada ente en que se le brinde una buena imagen de su trabajo.

Se observa una diferencia muy clara en la opinión de los miembros de las juntas directivas: en las de Tobosi e Higuito las prioridades se enfocan en garantizar la calidad del agua durante todo el año a través de proyectos de infraestructura que están en proceso o deben iniciarse en cuanto hayan fondos para ello. En Quebradilla, donde la cantidad y calidad del agua está garantizada, se buscan aspectos complementarios, como lo son el reemplazo de sectores con fallas, o una mayor continuidad en el servicio, así como los problemas que podría acarrear el fuerte crecimiento urbano sobre la demanda del recurso.

Las tomas de agua, tanto de naciente como de aguas superficiales, están bien catalogadas por parte de Quebradilla e Higuito, con cajas de cemento, pintura, cercado y cerámica al interior.

En Tobosi el acueducto tiene una real preocupación por el estado de la infraestructura de captación y protección de sus fuentes de agua, que no son las adecuadas y distan de llegar a serlo; mejorar este aspecto, y con ello reducir también la vulnerabilidad ante desastres naturales es una prioridad.

Tobosi e Higuito destacan también el proceso de implementación de micromedición como una fortaleza, ya que esto les ayudará a reducir el desperdicio y mejorar sus finanzas. Curiosamente en Quebradilla, donde todos los abonados tienen medidor, este aspecto no fue destacado ni mencionado, cuando debería ser uno de los mayores logros.

Entre las oportunidades destacadas se encuentra la disponibilidad de agua para el futuro, con ubicación y concesión tramitada en nuevos manantiales para Tobosi y Quebradilla. Contrario es el caso de Higuito, donde no sólo no existen nuevas nacientes ubicadas, sino que las existentes y aprovechadas ni siquiera están registradas ante la dirección de aguas del MINAET, esta es una de las mayores debilidades de todas, ya que toca directamente el derecho a utilizar el recurso por parte de la ASADA, y debe ser corregido lo antes posible.

Las amenazas son diversas, aunque en todas las ASADAS se mencionó el problema de los fenómenos naturales, como las lluvias torrenciales y los deslizamientos, las cuales afectan tanto la infraestructura como la calidad del agua, especialmente en Tobosi e Higuito, donde las tomas de agua de fuentes superficiales brindan un porcentaje importante del agua para consumo humano.

La tensa relación que cada uno de estos entes tiene con el organismo rector, el AyA, es a veces una amenaza y en otras una oportunidad. Esto se ve reflejado en la publicación de FANCA (2006), donde se explica como el reglamento para los acueductos es excesivamente controlador y roza con la libertad de asociación por un lado, pero a su vez el apoyo institucional que se brinda a las ASADAS es mucho mayor que en otros lugares de Centroamérica. El intento por modificar este reglamento resultó fallido, aunque se continúa intentando su aprobación<sup>3</sup>.

Si bien los temas antes mencionados fueron ampliamente tratados por los miembros de cada acueducto, hay una serie de apartados que se mencionaron muy someramente o no se

---

<sup>3</sup> Marín, R. Los acueductos rurales en Costa Rica (entrevista). San José, Costa Rica. COFORSA (Comisión para el Fortalecimiento del Sector de Acueductos Comunales)

mencionaron del todo. Mecanismos para gestionar las zonas de protección, capacitaciones a la población, actividades comunales que relacionen a la comunidad con el recurso hídrico, grupos comunales de apoyo (como planes de seguridad del agua), métodos para ahorrar agua en los hogares y mecanismos para rendir cuentas a la comunidad son solo algunos de los temas que deben abordarse con las diferentes ASADAS, para que mejoren su rango de acción y logren un mayor vínculo con la comunidad a la cual abastecen.

#### **4.2.3. Usuarios y su percepción sobre su ASADA**

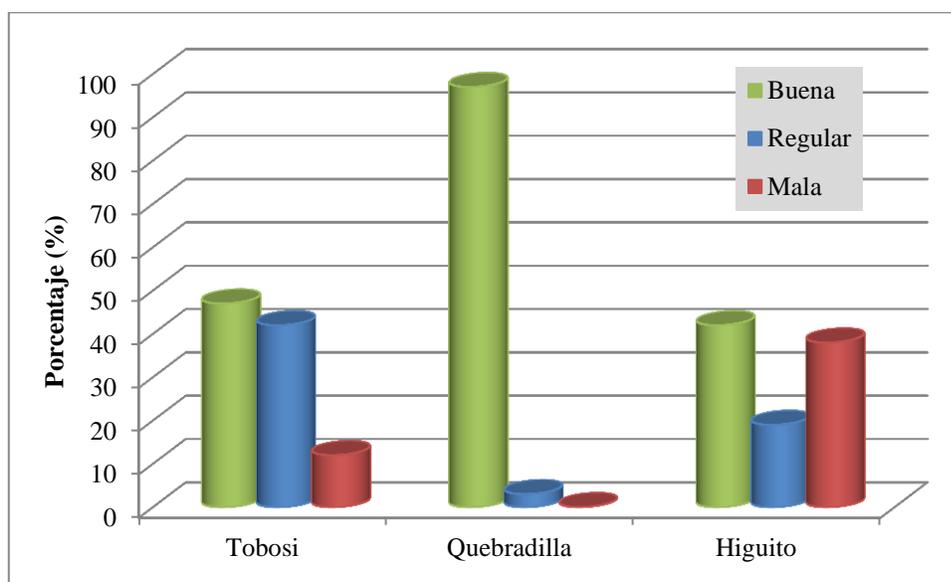
El pensamiento de los usuarios respecto al servicio que se les brinda es básico para que haya una sinergia ASADA-comunidad, la comunicación e interacción entre ambas partes puede mejorar considerablemente el desempeño del acueducto, donde la comunidad comprenderá qué se hace, porqué se hace, las prioridades que existen; asimismo, el ente distribuidor podrá saber que críticas tienen los usuarios, dónde existen fallas y cómo pueden contar con ellos.

A continuación se irán explorando diferentes temáticas, extraídas de las entrevistas realizadas a los usuarios comunales de agua potable; se finaliza con la calificación que ellos le dan a su acueducto, así como una discusión sobre estas opiniones.

#### **Calidad de agua**

El problema de la calidad de agua es tan importante como aquellos relativos a escasez de la misma (Mejía, 2005). En los sitios de estudio, este indicador es claramente el más importante, dado que no hay un faltante marcado del recurso, es el servicio básico de cualquier ASADA y, por ende, lo que los usuarios perciben directamente. A su vez, los efectos indirectos de esta variable, como la reducción de enfermedades e infecciones, redundan en una mejor calidad de vida para la población y un ahorro significativo para el estado y el ente administrador respecto a las consecuencias que tendría un líquido de mala calidad.

La figura 29 detalla lo mencionado en el párrafo anterior; las percepciones de una buena calidad del agua tienen la misma tendencia que las calificaciones generales que los usuarios le otorgaron a su respectivo operador. El hecho de que Quebradilla tenga todas sus fuentes de agua en nacientes captadas adecuadamente hace que la calidad del agua no varíe en época seca y lluviosa, haciendo que un 97% de los encuestados perciban el líquido como de buena calidad.



*Figura 29. Percepción de los usuarios del agua respecto a la calidad del agua en su ASADA*

Tobosi e Higuito tienen captaciones de nacimiento y río, lo cual merma la calidad del agua, sobre todo en las épocas lluviosas. Las diferencias en las percepciones pueden obedecer entonces a factores asociados al estado de las tomas de agua, como fue detallado en el capítulo anterior.

Tobosi posee tomas de río a cielo abierto y nacientes aprovechadas pero con una infraestructura y mantenimiento deficiente, lo cual puede ser una razón de que mucha población perciba la calidad de su agua como regular. La calidad baja cuando inicia la precipitación, aunque la costumbre de cerrar las llaves de paso cuando esto ocurre hace que no llegue (o al menos no se perciba) el recurso como muy contaminado, pese a la lluvia.

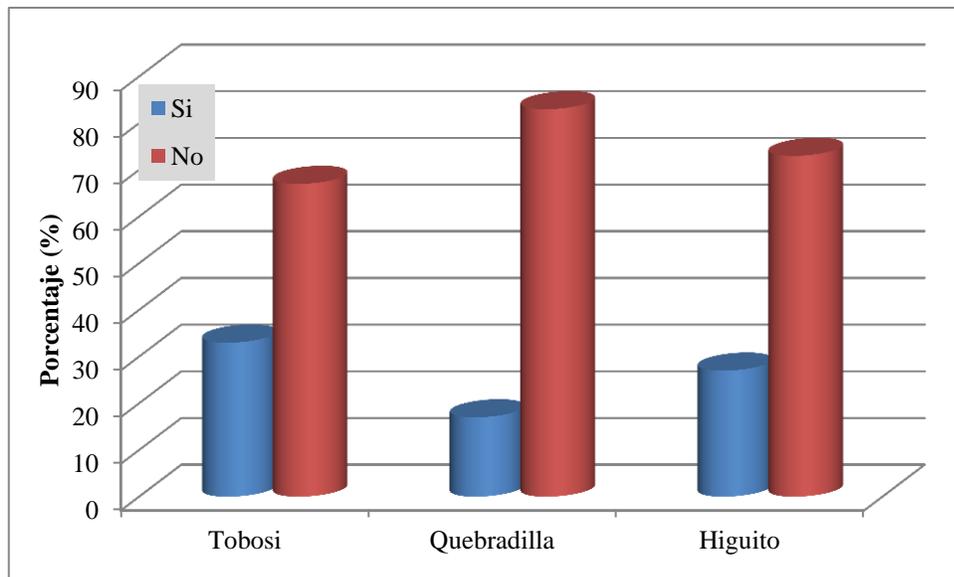
Higuito en cambio tiene nacientes captadas en muy buen estado, así como tomas de río a cielo abierto. Lo anterior genera una gran diferencia entre el agua que llega a las casas, sobretodo en caso de aguaceros, ya que las casas abastecidas por líquido de nacientes seguirán teniendo agua de calidad, mientras que las que se nutren del agua de río sentirán rápidamente una baja en la calidad. Este hecho puede ser la razón de que un porcentaje similar (alrededor del 40% cada uno) de los usuarios se inclinaron por agua de “buena” y “mala” calidad, con valores relativos muy bajos para el apartado de “regular”.

Si bien Cortez (2000) considera que la evaluación personal tiene una validez cualitativa, también aclara que ésta debe ser confirmada o desmentida por análisis químicos y físicos, como los realizados para este trabajo. El agua es “químicamente potable”, más, la percepción

de calidad en este apartado se remite más a la carga de sedimentos en eventos lluviosos o la ausencia de éstos.

### **Cantidad de agua**

Como se mencionó, es el segundo apartado en importancia, casi de la mano con la calidad. En este caso, al haber disponibilidad de agua, se procedió a consultarle a los usuarios si han percibido una reducción en la cantidad de líquido que reciben en el hogar, los resultados se observan en la figura 30.



*Figura 30. Percepción de los usuarios del agua respecto a si han notado una baja en la disponibilidad de agua potable en sus casas*

De manera general, se observa que la mayoría de los usuarios sostienen que la cantidad de agua suministrada por su acueducto no se ha reducido. Sin embargo, el porcentaje de personas que afirman que si han sentido un descenso es relativamente importante, y debe ser tomado con cautela, ya que se nota una presión por el recurso que muy probablemente irá en aumento.

Nuevamente el acueducto de Quebradilla tiene los mejores índices en este apartado, producto de sus fuentes de nacientes, menos propensas a ser afectadas por la estacionalidad, y un mejoramiento en las condiciones ambientales de la zona de recarga inmediata para estos manantiales. El mejoramiento de la cobertura vegetal y la consiguiente mejora en la capacidad de infiltración ha dado como resultado una mayor cantidad de agua en todas las fuentes (Brenes, 2011).

Tobosi es la comunidad donde más se ha percibido una reducción en el abastecimiento de parte de la población; como se mencionó, el corte de agua en eventos lluviosos, así como una tubería de un tamaño pequeño y que en alta demanda no logra atender a toda la población son factores para que la gente sienta una reducción en la cantidad. El hecho de que varias nacientes se encuentren en el mismo río donde se capta parte del agua no colabora para esta percepción, ya que al suspender el servicio en el sector del río, también se suspende el de algunas nacientes, reduciendo aún más la cantidad de agua.

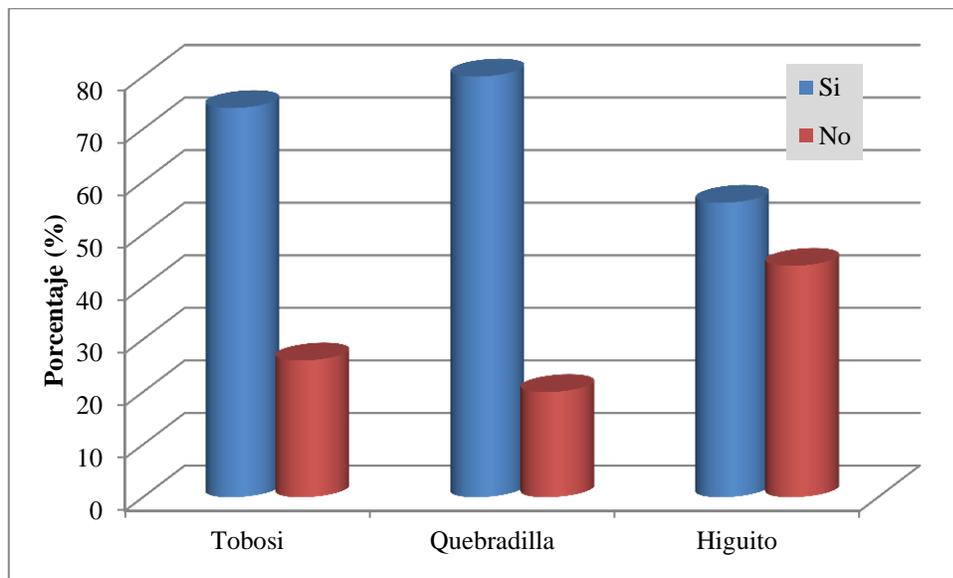
En lo referente a la comunidad de Higuito, los usuarios perciben una reducción, pero en menor medida que en Tobosi. Esto puede deberse a que si bien ellos también tienen captaciones de río, inclusive con más aporte que en Tobosi, las nacientes se encuentran dispersas. Ello hace que cuando se cierran las llaves de paso del río por eventos de lluvia, las nacientes siguen abasteciendo, reduciendo la percepción de menor cantidad de agua.

### **Mejora de desempeño**

Como se detalló con anterioridad, las tres ASADAS como tales son relativamente recientes, por lo que en el último quinquenio han realizado obras para seguir mejorando su desempeño. Asimismo, los usuarios no siempre están al tanto de estas mejoras, lo cual puede incidir en la percepción respecto a las mismas. La figura 31 representa esta opinión.

La figura muestra como en las tres comunidades hay un sentimiento de mejora por parte de su respectivo acueducto, lo cual da buenas perspectivas generales para el futuro de cada uno de ellos. Sin embargo, una vez más se observan algunas diferencias que deben ser analizadas.

El acueducto de Tobosi, según la opinión de sus abonados, ha mejorado enormemente en estos 5 años, sobre todo en lo que a calidad de agua y servicio se refiere. Se mencionó que el agua no llega sucia siempre como antes, que se han construido nuevos tanques de almacenamiento, que los fontaneros llegan rápidamente cuando se les llama, que la administración y cobro es mucho más ordenada y a tiempo. Del lado negativo, casi todos los pobladores mencionaron el problema de la turbidez del agua en eventos lluviosos, lo cual lo hace el reto más importante a superar por parte del acueducto; en mucho menor medida, se mencionó que las juntas directivas eran siempre las mismas.



*Figura 31. Percepción de los usuarios del agua respecto a si ha habido una mejoría en su ASADA en los últimos 5 años.*

En Quebradilla los usuarios destacaron la implementación de medidores, la mejora en la calidad y cantidad de agua, la construcción y mejora de tanques de almacenamiento, así como la rapidez del servicio cuando tienen algún tipo de fuga o problema. Por el contrario, si bien muchos dijeron que no tenían problema alguno con el servicio, otros mencionaron los cortes de agua, la falta de educación ambiental a la población y la poca asistencia a asambleas como problemas que aún no se han corregido.

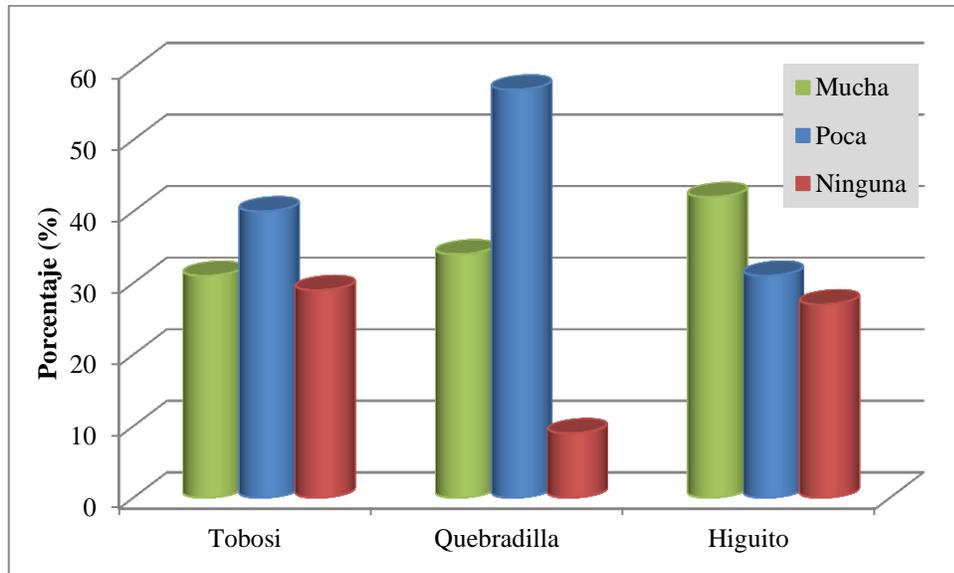
Higuito es la comunidad donde menos opiniones positivas se obtuvieron; los abonados destacan una mejora en la calidad de agua y una administración más ordenada que hace 5 años, así como la implementación de medidores para regular el consumo. En los aspectos negativos, una gran mayoría de ellos menciona la falta de una planta de tratamiento o potabilidad, de la cual se viene hablando hace unos años, asimismo con los filtros para las tomas a cielo abierto. Adicionalmente, se opina mucho sobre la mala calidad de agua cuando llueve y se tienen ciertas reservas con la junta directiva existente.

### **Consciencia ambiental**

El reglamento de ASADAS establece en su artículo 21, inciso 3 que es deber y atribución de cada acueducto “velar y participar activamente con la comunidad en la construcción, administración, operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas, así como la preservación y conservación del recurso hídrico” (La Gaceta, 2005). Por esta razón, uno de los

principales retos de cada una es generar y, posteriormente, mantener y masificar una consciencia ambiental dentro de los usuarios.

La figura 32 muestra como en las tres comunidades las percepciones de “mucha” o “poca” consciencia ambiental fomentada por la ASADA supera al “ninguna”. Esto muestra un claro avance de parte de cada acueducto al hacer cambios y actividades para promover que los usuarios tengan más en cuenta el tema ambiental.



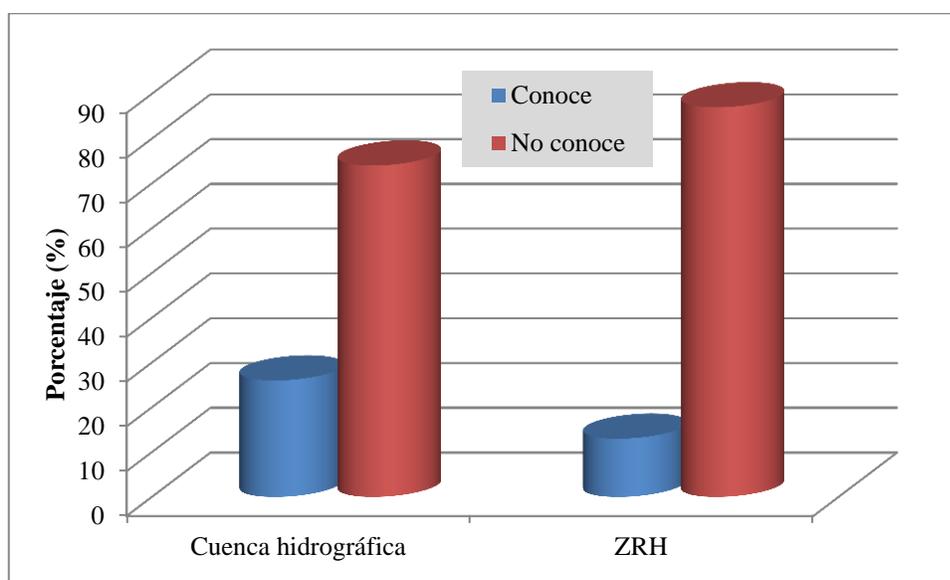
*Figura 32. Percepción de los usuarios del agua respecto a si su ASADA ha fomentado la consciencia ambiental en la comunidad*

Tobosi, si bien tiene porcentajes similares, es la comunidad donde más personas indicaron que el acueducto no ha hecho nada por mejorar la consciencia ambiental de la población. Asimismo, es donde menos encuestados afirmaron que se ha fomentado este pensamiento. Lo anterior reafirma la necesidad de mejorar en este aspecto, ya sea a través de diversas actividades o con mayor promoción de las que se realicen actualmente.

Quebradilla es un caso interesante, ya que pese a no ser donde más personas consideran que se ha fomentado de gran manera la consciencia ambiental, si es donde la menor cantidad de personas consideran que no se ha hecho ningún esfuerzo. Esto implica que si bien se podría hacer más, la comunidad no desconoce el hecho de que se han realizado esfuerzos para cambiar la manera de pensar respecto al ambiente en general y al agua en particular.

El caso de Higuito también reviste interés, ya que es donde más se considera que ha habido un aumento de este tipo de consciencia por parte de la ASADA, aunque también debe notarse que hay cerca de un cuarto de las personas encuestadas que consideran que no se ha fomentado este pensamiento en lo absoluto.

Una manera de evaluar parte de la educación ambiental, es el conocimiento de términos clave, como “cuenca hidrográfica” y “zona de recarga hídrica” son claves para comprender la dinámica hídrica general y el cómo deben protegerse los sectores claves para garantizar una continuidad de la cantidad de agua con una calidad aceptable para que sea consumida por el ser humano.



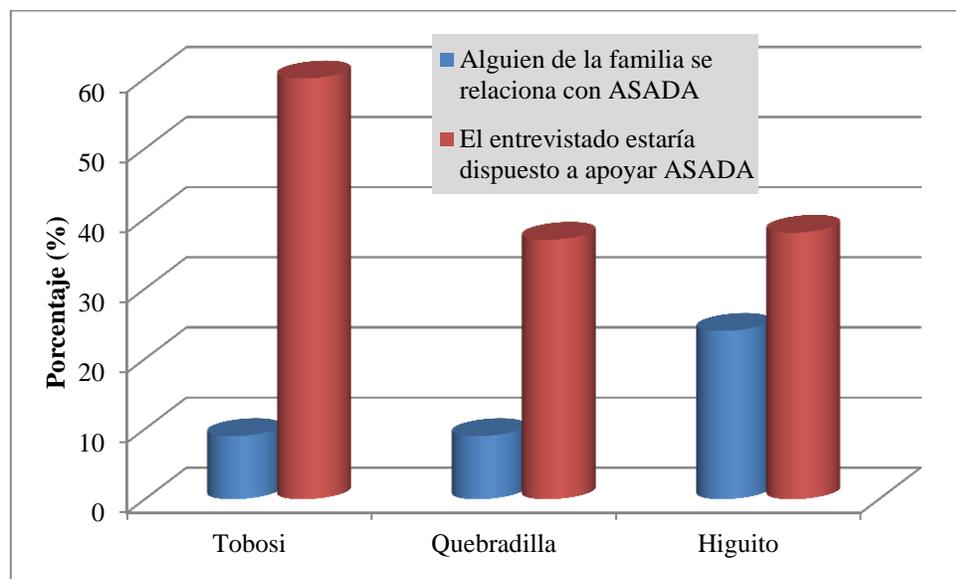
*Figura 33. Porcentaje de población con conocimiento de los términos “cuenca hidrográfica” y “zona de recarga hídrica” (ZRH) en las tres ASADAS estudiadas en la microcuenca del río Purires*

La figura 33 muestra que únicamente un cuarto de la población total entrevistada conoce el término “cuenca hidrográfica”; asimismo, solo un 13% de las personas saben lo que es zona de recarga hídrica. Estos resultados demuestran un déficit en dos de los términos más esenciales que cualquier ente que trabaje con el recurso hídrico debe capacitar a sus usuarios, en el orden de que sepan porque se debe manejar un área en común y porque se invierte en proteger sitios de importancia para la infiltración.

### Participación comunal

Al ser organizaciones de primer nivel, las ASADAS dependen en gran medida de la participación (o no) de sus asociados. Madrigal *et ál.* (2010) indican que “la capacidad de los líderes locales para generar los incentivos apropiados para involucrar a la comunidad en soluciones sostenibles a problemas que requieran acciones colectivas expresan un alto sentimiento de pertenencia y el deseo de asumir los costos necesarios para que el acueducto funcione de la manera correcta”.

La figura 34 muestra resultados que son ciertamente contundentes, y reflejan el trabajo que debe hacerse para aumentar el nivel participativo en las tres comunidades.



*Figura 34. Relación de los usuarios y sus familias con su ASADA y voluntad de los usuarios a participar en la gestión del acueducto.*

Para reducir el porcentaje de personas que afirmaran que les interesaría participar con la ASADA solo por compromiso, cada vez que alguien respondía afirmativamente a esta pregunta, se procedió a tomar el nombre y número de teléfono del mismo. Se observó que varias personas cambiaron su postura al pedirles sus datos para un futuro contacto. Esta base de datos además fue dada a la ComPurires para que sean las primeras personas en contactarse en caso de realizar actividades con las comunidades.

La comunidad de Tobosi tiene un grado muy bajo de participación, menos de un 10% de los entrevistados dijeron tener algún familiar que tuviera relación con la ASADA. Curiosamente, este lugar es también donde existe una mayor voluntad de colaborar o conformar grupos

comunales que trabajen por el manejo y la conservación del agua en conjunto con su respectivo acueducto; más de la mitad de los encuestados dijo estar de acuerdo con esta posibilidad.

En Quebradilla la situación es relativamente diferente. En lo referente a familiares que tengan relación con la ASADA, el porcentaje es de 9% de los entrevistados, resultado similar al de Tobosi. Donde hay una diferencia marcada es en la voluntad para formar parte de algún grupo en beneficio del recurso hídrico, solamente un 37% de las respuestas fueron positivas en este aspecto.

Higuito es la comunidad donde se obtuvo la mayor relación de personas con familiares cercanos a la ASADA, aproximadamente un cuarto de los entrevistados dijo pertenecer a este grupo. Finalmente, el porcentaje de intención para participar en un grupo comunal para conservar y manejar el agua en colaboración con el acueducto es similar al de Quebradilla, un poco menos del 40% dijo sentirse interesados en esta iniciativa.

#### **Calificación general de la ASADA**

Como se detalló inicialmente, la suma de las variables anteriores se resume en la evaluación final que cada entrevistado dio para su respectivo acueducto. Los datos reflejan diferencias marcadas para cada uno de ellos. Si bien no hay ninguno que repruebe con una nota menor a 70, los resultados son claros al reflejar que no hay una aprobación total de parte de los pobladores.

El cuadro 25 muestra la calificación general que los usuarios de la ASADA respectiva le dieron a su acueducto. Como se observa, en Quebradilla hay una aprobación muy alta respecto a la gestión de su acueducto; diferente es el caso de Tobosi e Higuito, los administradores con mayor y menor cantidad de usuarios, respectivamente. Estos dos sitios obtienen valores similares y ante todo, bajos en su desempeño, mostrando un descontento de sus consumidores.

Cuadro 25. Calificación general dada por los usuarios a su ASADA, en la microcuenca del río Purires

Tobosi	Quebradilla	Higuito
74,33	88,94	71,83

## **Discusión de resultados**

Como se observa, hay una gran disparidad entre las tres ASADAS, así como la opinión que las personas tienen sobre cada una de ellas. Un punto a recalcar es que la opinión y el desempeño de cada una no tiene relación alguna con la ubicación geográfica, o el hecho de pertenecer a la misma microcuenca. También hay diferentes variables que influyen en la opinión de los usuarios, aunque hay algunas que tienen mayor peso que otras, lo cual se deduce de la relación que hay entre éstas y la calificación final que se le dio a cada acueducto.

Sin duda el apartado de mayor importancia, y donde hay una relación más similar con la evaluación general es la calidad del agua. Si bien los porcentajes son distintos, en Quebradilla se observa una alta aprobación, lo cual se corresponde con una gran cantidad de usuarios que califican la calidad el agua de esta ASADA como “buena”. De igual manera, en Tobosi e Higuito, hay un porcentaje similar (47% y 42%, respectivamente) de usuarios que dan la mejor opinión sobre la calidad del agua que reciben, esto concuerda con la tendencia dada en las calificaciones, bastante similar aunque con diferentes porcentajes.

La adopción de la cloración del agua para consumo humano ha sido uno de los avances más significativos para la salud pública a escala mundial (UNA, 2004). En correspondencia con lo anterior, las tres ASADAS estudiadas cloran su agua, ya sea en las tomas de agua o en los tanques de almacenamiento, esto hace que todas tengan agua potable. La diferencia en la percepción entonces, viene dada por los sedimentos que acarrear las aguas que provienen de tomas de río, presentes en los acueductos de Tobosi e Higuito, precisamente los que tienen índice más bajo en este departamento entre los encuestados y donde los FODAs reflejaron este detalle como una debilidad.

Tobosi tiene sus tomas de nacientes y de ríos con muy poca protección ante eventos naturales, razón por la cual la población ve en gran mayoría una calidad “regular” del agua. Esta solo se agrava en eventos lluviosos; cuando esto ocurre los fontaneros cierran las llaves de paso, por lo que se reduce el porcentaje de personas que ven su agua como “mala”.

El caso de Higuito es diferente; como sus nacientes se encuentran bien acondicionadas, el agua que proviene de ellas es percibida como de buena calidad, independientemente de que ocurran eventos de lluvia. Paralelamente, el líquido obtenido de los ríos trae sedimentos, los cuales aumentan ante la presencia de precipitaciones. Al haber tanta diferencia en la calidad de

agua, las percepciones se vuelven más extremas, lo cual explica porque más de un 80% de las opiniones se distribuyen entre “buena” y “mala” calidad de agua.

La cantidad de agua abastecida tiene una buena calificación en las tres ASADAS, coincidiendo con lo expresado por las juntas directivas en el apartado anterior. Nuevamente, la situación de Quebradilla es la mejor percibida por sus usuarios, esto gracias a la continuidad del servicio independientemente de la situación climática que se viva. Los cortes de agua se dan únicamente por mantenimiento o alguna fuga que se registre<sup>4</sup>.

Tobosi e Higuito tienen valores bastante similares. Nuevamente, es probable que los cortes que se dan en eventos lluviosos para minimizar el agua con sedimentos sean la razón que lleve a los usuarios a pensar de esta manera. Asimismo, debe recalcar el caso de Tobosi que, como se mencionó, si bien tiene líquido para sus pobladores actuales, está cerca de su capacidad de abastecimiento, lo cual puede afectar negativamente este apartado en el futuro.

Un dato de relevancia es que en los tres acueductos se nota una mejora en el desempeño respecto a 5 años atrás. Esto indica que, si bien los usuarios creen que hay cosas aun por mejorar en cada ASADA, si ha habido un avance en el tiempo, por lo cual están “validando” el trabajo no sólo de las juntas directivas actuales, sino también el de las anteriores y, en esencia, de la comunidad en general. Este hecho recalca la opinión expresada en los FODAs, donde siempre se destaca la gestión del acueducto como una fortaleza.

Parte de esta mejora general es la educación ambiental, la cual se trabaja en conjunto con entes locales y nacionales. Si bien no todas las respuestas fueron enteramente positivas, siempre los apartados “mucho” y “poca” conciencia ambiental superaron a los que perciben que la ASADA no ha generado “ninguna”. Esto refuerza el hecho de los esfuerzos de cada una, aunque altos porcentajes de personas que creen que se puede mejorar aún más (en todos los casos más del 30% de usuarios creen que se ha generado “poca” conciencia ambiental) reflejan que se requiere más trabajo en este aspecto, tal vez más enfocada a diferentes grupos de edades, y no solamente concentrándose en las escuelas como es tradicional.

Finalmente, un hecho que debe ser vital para que las percepciones positivas en los diferentes ámbitos crezcan es la participación de la comunidad en las diversas actividades de la ASADA,

---

<sup>4</sup> Brenes, A. 2011. Estado del acueducto de Quebradilla (entrevista). Cartago, Costa Rica, ASADA de Quebradilla.

este aspecto es común con los resultados expresados por los miembros de las juntas directivas en el apartado anterior. El mejoramiento del vínculo Acueducto-usuarios es vital para que la comunidad se integre al acueducto y desarrolle a partir de allí, un sentimiento de pertenencia hacia la institución así como hacia el recurso hídrico.

Los resultados mostraron que hay muy poco vínculo actual entre los usuarios y su acueducto de manera directa. Adicionalmente, solamente en Tobosi más de la mitad de los encuestados se mostraron anuentes a colaborar con alguna especie de grupo comunal ambiental en caso de que éste se constituyera.

El caso de Quebradilla es interesante ya que pese a tener los más altos índices de aceptación, tiene niveles de participación similares a los de las otras dos ASADAS. Esto puede suponer una especie de aletargamiento de la comunidad, que al ver que su acueducto funciona de manera adecuada, deja que siga administrándose sin entrar a participar activamente en él. Este hecho es interesante ya que sólo se había observado en comunidades con mal servicio de acueducto rural (Madrigal, 2010) y como una razón, más que una consecuencia, como es en este caso.

#### **4.2.4. Consumo de agua en cada ASADA**

Al ser un ente cuyo mayor objetivo es la prestación de un servicio público y básico como lo es el agua, los datos de consumo son de vital importancia para caracterizar los patrones de cualquier comunidad abastecida, en este caso, por parte de las ASADAS. A continuación se presenta el consumo general de los usuarios con medidor en cada una de los acueductos estudiados, finalizando con los patrones de consumo por usuario, así como un pequeño análisis de sensibilidad.

Cabe recalcar que los datos solamente ejemplifican a los consumidores con medidor de cada sitio. De igual manera, Tobosi y Quebradilla cuentan con registros desde diciembre del 2008, mientras que la comunidad de Higuito inició sus datos en junio del año 2010, este hecho va a ser un factor determinante en el comportamiento de las tres comunidades respecto a su consumo, tanto general como por usuario.

Asimismo, aunque el agua suministrada por los acueductos se califica como “de consumo humano”, no existe una distinción entre usuarios (residencial, comercial, agrícola e industrial), lo cual genera una distorsión de los datos, aunque el hecho de que la gran mayoría de usuarios

sean residenciales hace que sean válidos. Los consumos más altos de todas las ASADAS, eso sí, corresponden a la industria y agricultura.

### Consumo mensual promedio

Si bien la demanda de agua es permanente durante todo el año para diferentes actividades humanas, hay épocas donde se utiliza más líquido que en otras; como se reflejará a continuación, este comportamiento obedece de gran manera al régimen de lluvias presente en la zona.

Tobosi tiene promedios mensuales de consumo de agua que van desde 8.022 m<sup>3</sup>, en el mes de diciembre, hasta los 10.303 m<sup>3</sup>, que se registran en el mes de agosto, con un promedio mensual de 9.197 m<sup>3</sup> (Figura 35). Esto implica una diferencia entre máximo y mínimo consumo de un 28,43%, vale decir, este es el rango dentro del cual la ASADA debe tener contemplados sus límites de abastecimiento.

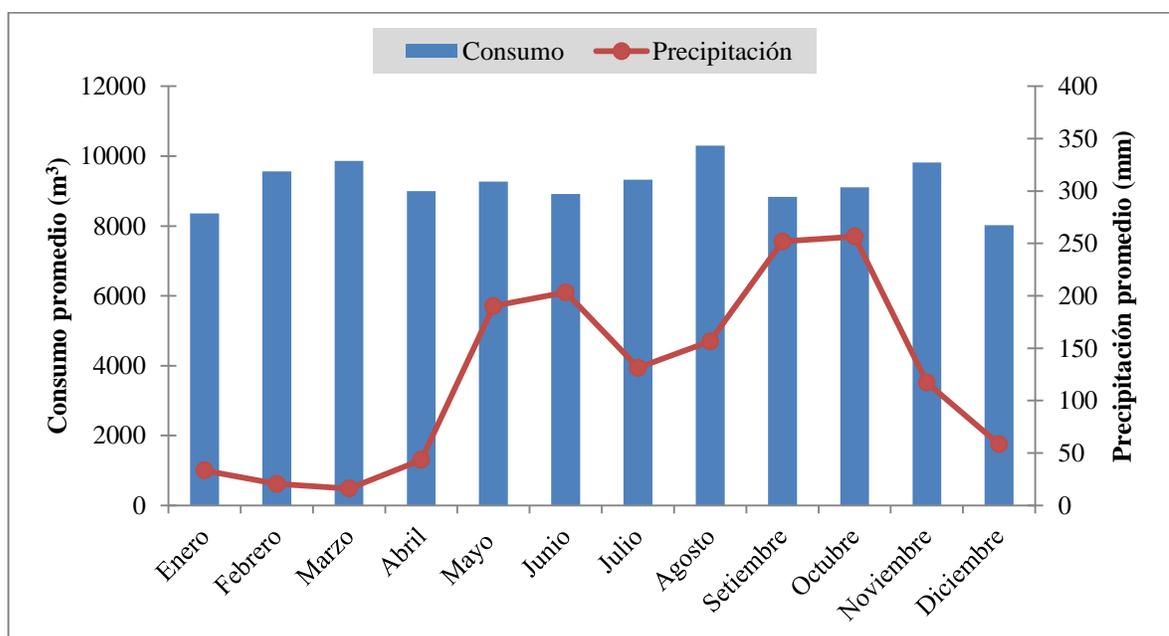


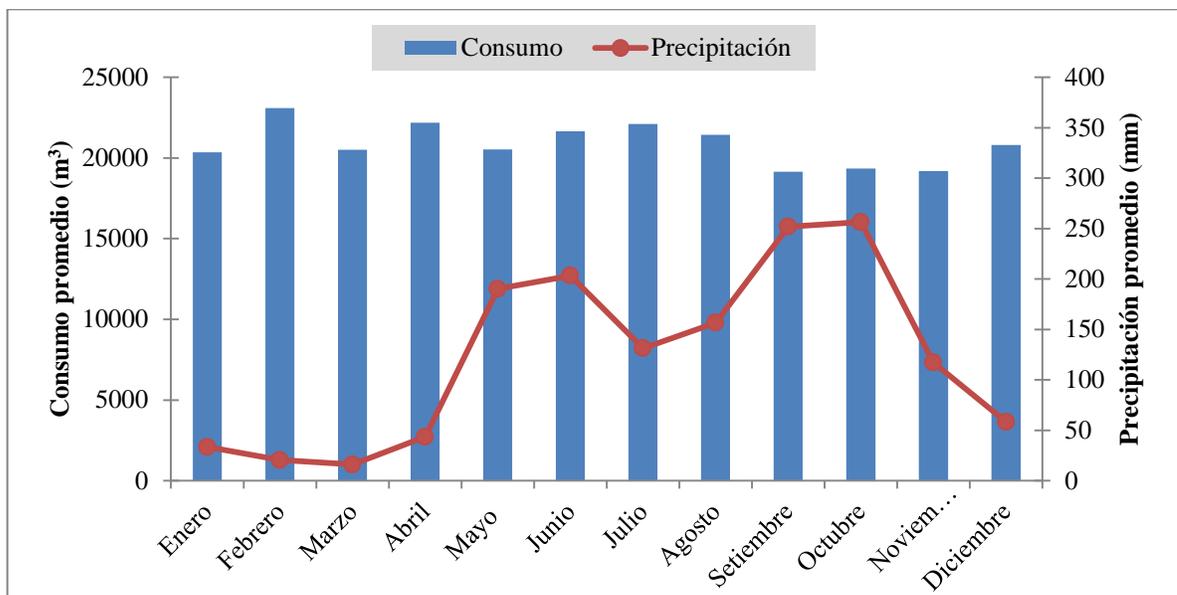
Figura 35. Consumo promedio mensual del agua con relación a la precipitación en Tobosi.  
Fuentes: ASADA Tobosi e IMN, 2011.

También se observa como hay una cierta correspondencia entre el consumo mensual promedio y la precipitación. De manera general, en los meses más lluviosos la cantidad de agua utilizada por los usuarios se reduce; esta tendencia se invierte en los meses menos lluviosos.

De manera puntual, es curioso que el mes con menor consumo promedio sea diciembre, donde la precipitación es baja; una razón de esta reducción puede ser la baja de la actividad industrial

y agrícola (las de mayor consumo) en este mes por las festividades de fin de año. El consumo más alto se da en agosto, mes con precipitación media, aunque se da en el “veranillo”, donde baja la precipitación y se requiere una mayor cantidad de riego en varios cultivos; adicionalmente, los cultivos anuales requieren más riego luego de su cultivo, el cual muchas veces se da en esta época.

En el acueducto de Quebradilla los promedios de consumo mensual tienen un mínimo de 19.158 m<sup>3</sup>, así como un máximo de 23.098 m<sup>3</sup>; el promedio anual es de 20.863 m<sup>3</sup> por mes (Figura 36). Estos datos reflejan una diferencia entre ambos extremos de 20,51%, menor a la que se observa en Tobosi.

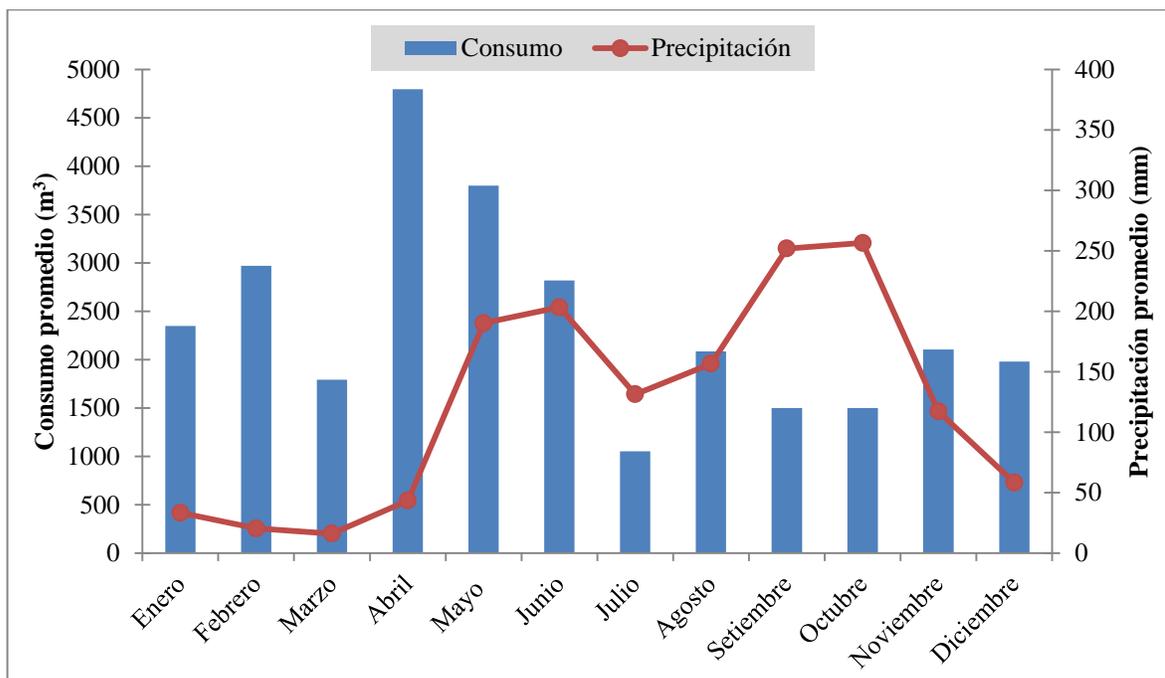


*Figura 36. Consumo promedio mensual del agua con relación a la precipitación en Quebradilla. Fuentes: ASADA Quebradilla e IMN, 2011.*

De manera general, nuevamente se cumple la relación inversa de consumo-precipitación, se observan claramente dos picos de alto consumo de agua, correspondientes a los meses de época seca (diciembre-abril), así como los dos meses de “veranillo” (julio-agosto), donde también hay una baja en la precipitación. De igual manera, los dos meses de menor gasto de agua corresponden perfectamente con setiembre y octubre, cuando la precipitación registrada en la microcuenca es más alta.

El caso de Higuito es probablemente el más representativo. Allí, los extremos de promedio mensual van desde los 1.052 m<sup>3</sup> hasta los 4.797 m<sup>3</sup> (Figura 37), lo cual representa una

diferencia entre ambos valores de 355,99%, extremadamente alto en comparación con Tobosi y Quebradilla. El promedio de consumo mensual de la ASADA es de 2.395 m<sup>3</sup> de líquido.



*Figura 37. Consumo promedio mensual del agua con relación a la precipitación en Higuito. Fuentes: ASADA Higuito e IMN, 2011.*

Al igual que en los casos anteriores, se observa la tendencia de alto consumo-baja precipitación y viceversa; el mes de mayor utilización de agua, abril es también uno de los menos lluviosos. Extraño es el caso del mes con menor consumo, julio, ya que es un mes con precipitación media, aunque si se observa que sigue la tendencia a la baja de los meses anteriores, correspondiendo al ascenso en la precipitación media, con un aumento en la cantidad de agua utilizada para el mes siguiente, acorde con la baja en la precipitación por el “veranillo”.

Como fue indicado, el acueducto de Higuito solamente acumula 13 meses de medición, por lo que los datos mencionados pueden no ser totalmente fiables, a falta de más tiempo para que los promedios tomen más valores y sean más veraces a la realidad que allí ocurre.

### **Consumo por usuario**

Además del uso total que se da en cada acueducto, es importante observar el comportamiento que tienen quienes reciben el servicio. El buen uso del agua implica que los consumidores

racionen su utilización, para que no haya desperdicios y la distribución del recurso pueda ser más amplia, llegando a la mayor cantidad de usuarios.

Como puede observarse en la figura 38, hay dos tendencias bastante bien marcadas; por un lado, Tobosi y Quebradilla, quienes tienen un vaivén relativamente estable a través de todo el año, e Higuito, cuyos valores oscilan ampliamente en los doce meses.

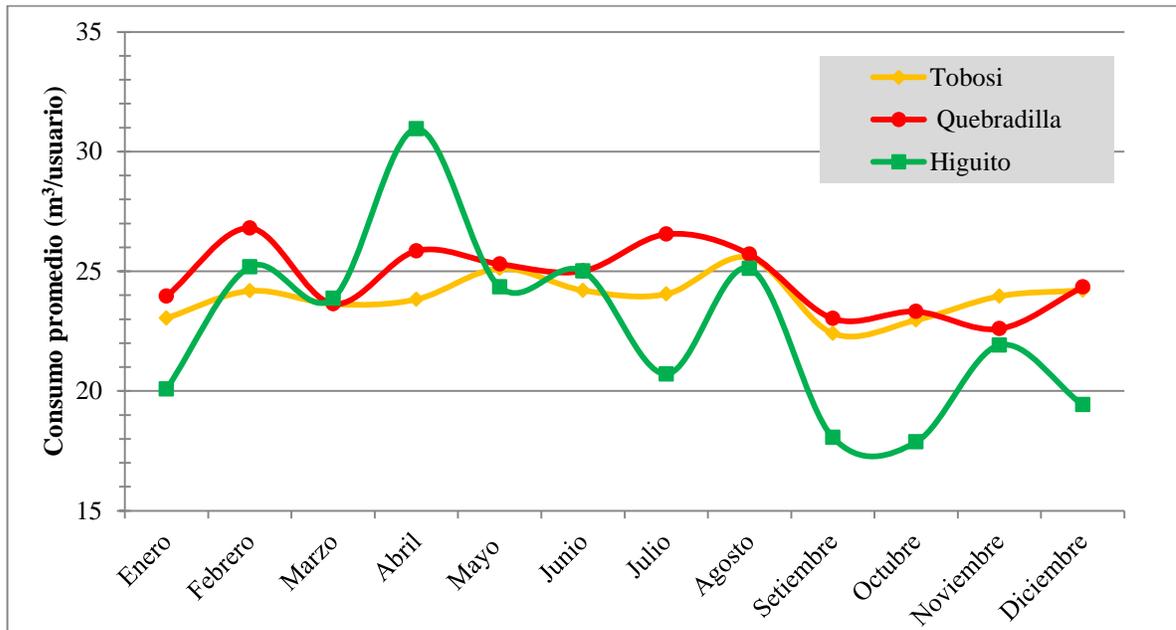


Figura 38. Consumo mensual de agua por usuario en los tres acueductos estudiados de la microcuenca del río Purires. Fuente: ASADAS de Tobosi, Quebradilla e Higuito.

En Higuito se mantiene el patrón relacionado con la precipitación, con un alto consumo por usuario en los meses secos y uno mucho más bajo en los meses húmedos.

El cuadro 26 también ejemplifica esta tendencia, si bien los tres acueductos tienen un promedio anual de consumo por usuario que es bastante similar, los máximos y mínimos muestran disparidades muy claras. Tobosi es la ASADA con el consumo más estable, donde la variación es de solamente un 14%, contrastando con Higuito, donde este apartado llega a superar el 73% de diferencia.

Cuadro 26. Consumos promedio mensuales y relación mínimo-máximo en las ASADAS de Tobosi, Quebradilla e Higuito, microcuenca del río Purires

ASADA	Consumo promedio mensual total (m <sup>3</sup> /usuario)	Promedio mensual máximo (m <sup>3</sup> /usuario)	Promedio mensual mínimo (m <sup>3</sup> /usuario)	Amplitud
Tobosi	23,93	25,57	22,41	14,1 %
Quebradilla	24,68	26,81	22,60	18,6%
Higuito	22,71	30,95	17,87	73,2%

Elaboración propia a partir de los datos suministrados por las ASADAS de Tobosi, Quebradilla e Higuito

La antigüedad en la micromedición es el probable factor que explica esta marcada diferencia de tendencias. Los usuarios de Tobosi y Quebradilla llevan más de tres años con medidores, lo cual ha hecho que sus prácticas diarias se regulen, independientemente de la época del año. En Higuito en cambio, apenas hay un año de medición, con usuarios añadiéndose cada mes, esto hace que ellos mantengan los comportamientos que tenían cuando su servicio era fijo, y que probablemente tenderán en el futuro a comportarse como las dos ASADAS mencionadas previamente.

### Consumo por persona

Los resultados de las encuestas realizadas a la población se utilizaron para obtener el consumo por persona (Cuadro 27), entendiendo que un usuario en el caso de las ASADAS es cada uno de los sitios que tiene medidor, no un individuo como tal. Los datos presentados no ejemplifican los hogares con servicio fijo, al no existir información sobre el consumo de estos.

Cuadro 27. Consumo promedio por persona en las ASADAS estudiadas, microcuenca del río Purires

ASADA	Consumo promedio por usuario (m <sup>3</sup> /mes)	Promedio de personas por usuario	Consumo promedio diario por persona (l/día)
Tobosi	23,93	4,76	<b>165,28</b>
Quebradilla	24,98	4,46	<b>184,14</b>
Higuito	22,71	4,81	<b>155,22</b>
<b>TOTAL</b>	<b>23,77</b>	<b>4,67</b>	<b>167,34</b>

Fuente: Entrevistas a usuarios y ASADAS de Tobosi, Quebradilla e Higuito

Se observa como el mayor consumo de agua se da en Quebradilla, mientras que el menor está en Higuito. Tobosi tiene valores que se acercan a la media obtenida por los tres acueductos, con 167,34 l/persona/día.

Los resultados son considerablemente más bajos que los promedios a nivel nacional, donde el consumo promedio por persona es de 26,9 m<sup>3</sup> por mes con un promedio de personas por vivienda de 4.2; representando más de 210 l/día consumidos por habitante (Saenz, 2002). A nivel latinoamericano, el consumo promedio diario por persona se acerca a los 150 l

(PNUMA, 2010), evidenciando que en las ASADAS estudiadas se utiliza más agua por habitante que en América Latina.

#### 4.2.5. Análisis financiero

El principal ingreso de los acueductos comunales son los pagos mensuales que hace cada usuario por el consumo del agua brindada, de allí la importancia de caracterizar y comprender este consumo, como se realizó en los apartados anteriores.

Si bien la ARESEP hizo un reajuste de tarifas en el año 2009, estas tarifas fijan cobros máximos que puede realizar cada ASADA, los cuales no necesariamente son obligatorios y, de hecho, en ninguno de los tres acueductos de estudio son cobradas en su totalidad, lo anterior se describe en el cuadro 28.

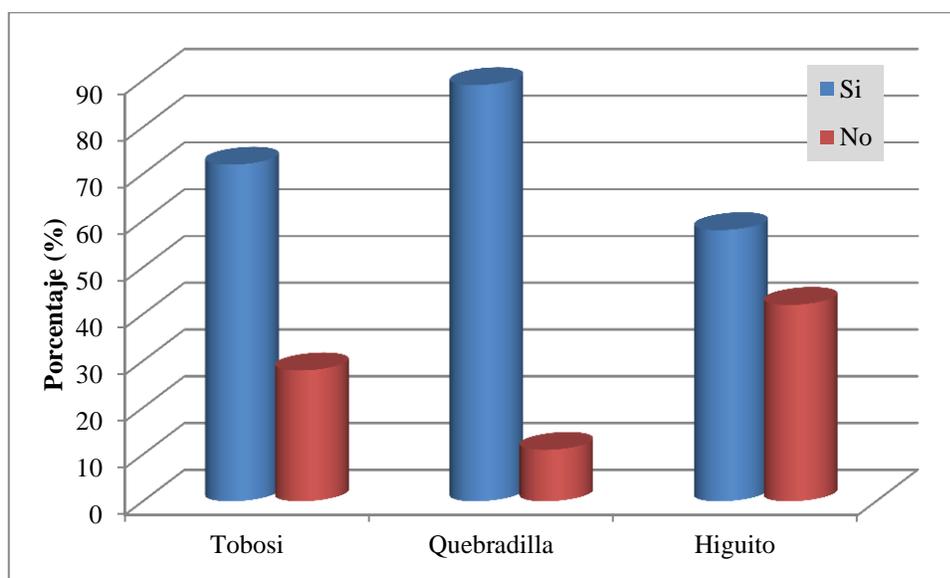
El acueducto de Tobosi decidió cobrar las tarifas máximas a los abonados con servicio medido, mientras que cobra un monto de 3.825 colones a los que tienen el servicio fijo. En Quebradilla en cambio, se decidió cobrar un promedio entre el máximo permitido actual y el anterior, aunque sin cobrar el rubro de hidrantes. Finalmente, en Higuito se cobran los precios máximos fijados por ley, pero sin cobrar el monto destinado a hidrantes, tanto en sus usuarios fijos como los medidos.

Cuadro 28. Cobros máximos permitidos por ley y los utilizados actualmente en cada ASADA estudiada en la microcuenca del río Purires

Cobro	Tarifa Fija		Tarifa Medida			Costo para el promedio general de consumo por usuario -23,77 m <sup>3</sup> /s- (¢)
	Base (¢)	Hidrantes (¢)	Base (¢)	Cobro unitario por consumo (¢/m <sup>3</sup> )	Hidrantes (¢/m <sup>3</sup> )	
Máximo permitido	4.035	325	1.615	90	12	4.039
Tobosi	3.500	325	1.615	90	12	4.039
Quebradilla	N/A	N/A	1.400	78	0	3.254
Higuito	4.035	0	1.615	90	0	3.754

Fuente: ARESEP 2009a y 2009b; ASADAS de Tobosi, Quebradilla e Higuito.

Tobosi es el único de los tres acueductos donde el consumo promedio sería pagado a igual precio que los precios que establece la ARESEP. Quebradilla en cambio, es donde menos se cancelaría por el mismo consumo, al no cobrar la tarifa de hidrantes y costos menores por m<sup>3</sup>. Higuito tendría un costo intermedio, ya que solamente se le debe descontar el pago por hidrantes.



*Figura 39. Percepción de los usuarios respecto a si consideran adecuado el pago por servicio de agua en cada una de las tres ASADAS analizadas en la microcuenca del río Purires*

Entre los usuarios, hay un consenso general de apoyo a los precios que se cobran en la actualidad (Figura 39). Quebradilla es el acueducto donde los abonados están más de acuerdo con el cobro, lo cual se corresponde con ser la tarifa más baja de todas. En Tobosi también encontramos una aprobación de un 75% de la población entrevistada, siendo que el precio promedio medido es el más alto de las tres ASADAS. Higuito en cambio, tiene opiniones mezcladas, donde menos del 60% de los consumidores aprueba el precio que se cobra, pese a ser menor de lo que podría llegar a cobrarse.

### **Ingresos y costos**

A través del análisis de consumo, se obtuvieron estimaciones para los ingresos de cada ASADA, tomando en cuenta las tarifas detalladas previamente. Estas entradas serán casi exclusivamente las únicas que tenga de manera regular cada acueducto, con alguna excepción de rifas o turnos, los cuales se realizan para un objetivo específico donde se requieran recursos específicos. Los costos se obtuvieron a partir de la administración de cada ente, ya que difieren entre cada uno de ellos.

### **Tobosi**

El acueducto de esta comunidad, si bien es el más grande de todos, y por ende el que más ingresos mensuales recibe, es también uno de los más precarios en lo que a infraestructura se refiere, como fue detallado con anterioridad. En muchas ocasiones, incluyendo la actual, la inversión ha estado limitada por la poca liquidez de dinero, ya que lo que entra es

prácticamente lo mismo que se debe pagar, a veces inclusive acabando en número rojos<sup>5</sup>. La figura 40 ejemplifica claramente lo anterior.

Las entradas de capital se diferencian entre las que vienen dadas por usuarios fijos y medidos; los primeros tienen una tendencia a la baja precisamente por la implementación paulatina que hace el acueducto de medidores, lo cual también explica el aumento en ingresos de los abonados con micromedición. Si bien hay una oscilación mensual, el promedio mensual de ingreso es levemente superior a los 4.500.000 colones.

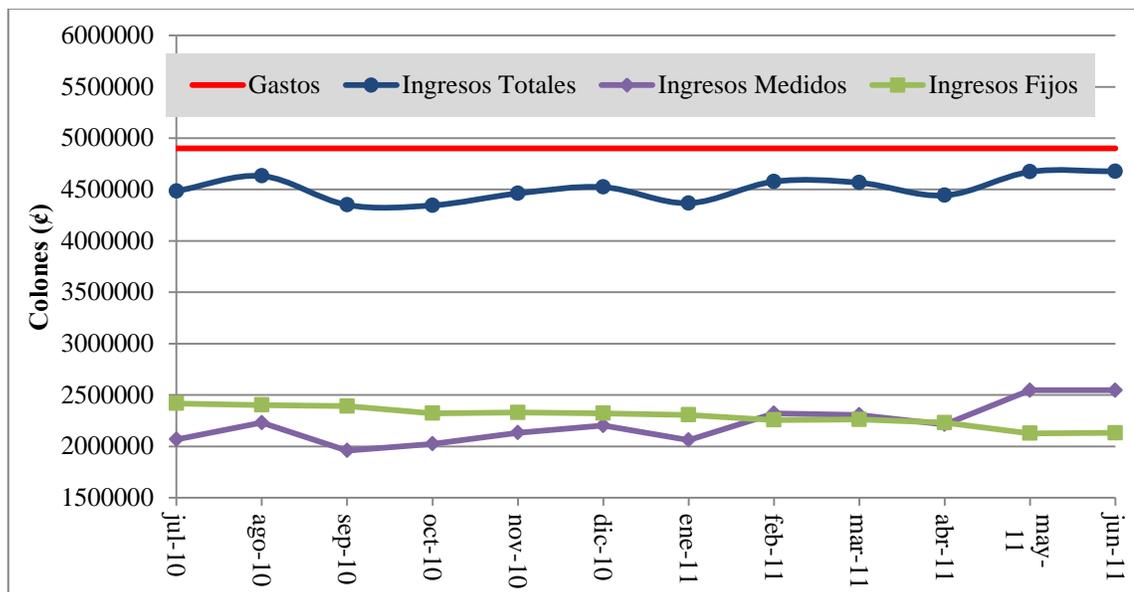


Figura 40. Estructura de ingresos y costos en la ASADA de Tobosi, microcuenca del río Purires, de julio del 2010 a junio del 2011 Fuente: ASADA Tobosi.

Si bien hay un pequeño remanente de ingresos que no se ha tomado en cuenta, es evidente que con el pago mensual de los usuarios no alcanza para cubrir los costos mensuales promedio de la ASADA, que llegan a los 4.900.000 colones, lo que implica una inversión de 4.206 colones por usuario. El 41% de estos gastos son deudas que se tienen por préstamos a bancos o arreglos de pago con empresas proveedoras de productos; este ítem es ciertamente el que más afecta en la capacidad de inversión o endeudamiento a futuro del acueducto.

De manera adicional, uno de los gastos más significativos en que se incurre la ASADA de Tobosi es precisamente la implementación de micromedición. El costo de un medidor ronda los 35.000 colones más la instalación, y a los usuarios fijos no se les hace cobro alguno por

<sup>5</sup> Brenes, V. Estado financiero del acueducto de Tobosi (entrevista). Cartago, Costa Rica, ASADA de Tobosi.

este rubro, mientras que los abonados que ingresen por primera vez a la ASADA, o donde se deba reemplazar el medidor, si tienen que cancelar un costo de 60.000 colones por el servicio.

Lo anterior implica que en el último año, el acueducto no sólo dejó de percibir 4.500.000 colones por concepto de instalación de medidores, sino que también debió incurrir en el gasto de 2.625.000 colones para costear el pago de estos aparatos. Si se toma en cuenta que según la estimación, la ASADA pierde anualmente 4.700.000 colones, se observa como este rubro podría hacer que al menos esta tendencia se revierta.

### Quebradilla

Esta ASADA tiene la particularidad de tener a la totalidad de sus abonados con medidor, lo cual hace que su estructura de ingresos y costos sea muy diferente a las otras dos. El flujo de caja no permite solamente tener tarifas bajas, sino que hacer mayor inversión en infraestructura, capacitación a los miembros de la junta directiva y diversos proyectos ambientales<sup>6</sup>.

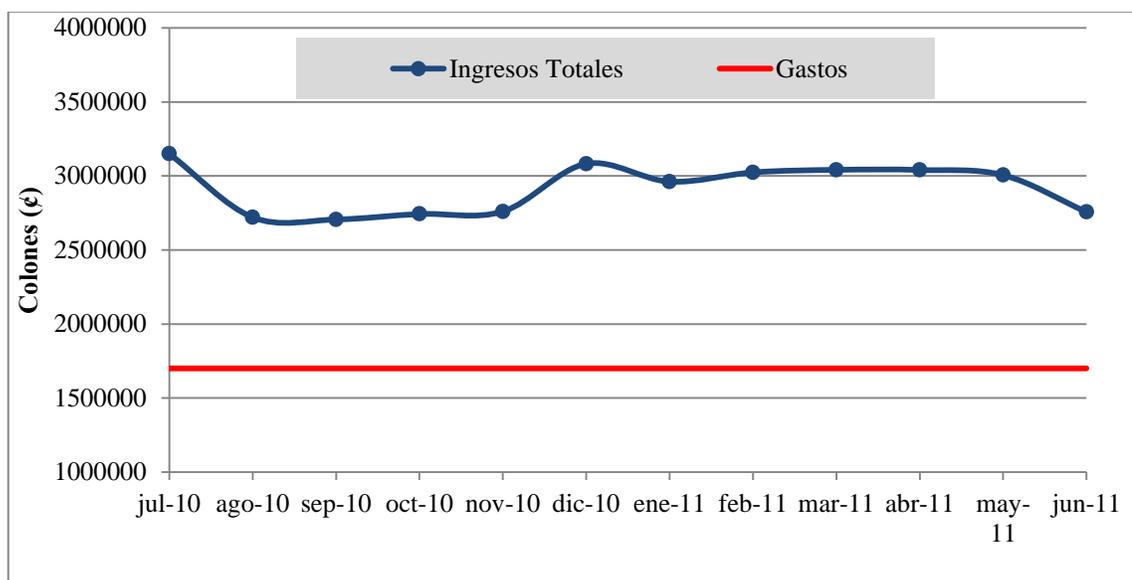


Figura 41. Estructura de ingresos y costos en la ASADA de Quebradilla, microcuenca del río Purires, de julio del 2010 a junio del 2011. Fuente: ASADA Quebradilla.

En este caso se observa una clara diferencia, donde los ingresos mensuales superan ampliamente a los costos (Figura 41). Asimismo, hay una tendencia marcada a que el pago sea menor en los meses más lluviosos, aumentando considerablemente para los meses secos. El ingreso promedio por mes es de aproximadamente 2.915.000 colones.

<sup>6</sup> Martínez, L. Estado financiero del acueducto de Quebradilla (entrevista). Cartago, Costa Rica, ASADA de Quebradilla.

Los costos son considerablemente más bajos, con un promedio mensual que alcanza el 1.700.000 mensuales. Una de las razones para explicar este costo en relación con Tobosi e Higuito es que solo deben invertir en tener una cantidad adecuada de repuestos para los medidores existentes; asimismo hay una reducción considerable en el tiempo y costo de mano de obra que se pierde por la instalación de los mismos. En esta ASADA el costo por usuario es de apenas 1.960 colones, menos de la mitad que en Tobosi.

### Higuito

Si bien esta es la ASADA más pequeña de las tres, en el apartado financiero tiene un gran parecido con Tobosi, ya que están siguiendo un proceso bastante similar para implementar micromedición a la mayor cantidad de usuarios. Existe un pequeño superávit, pero este no es suficiente como para hacer grandes inversiones (Figura 42).

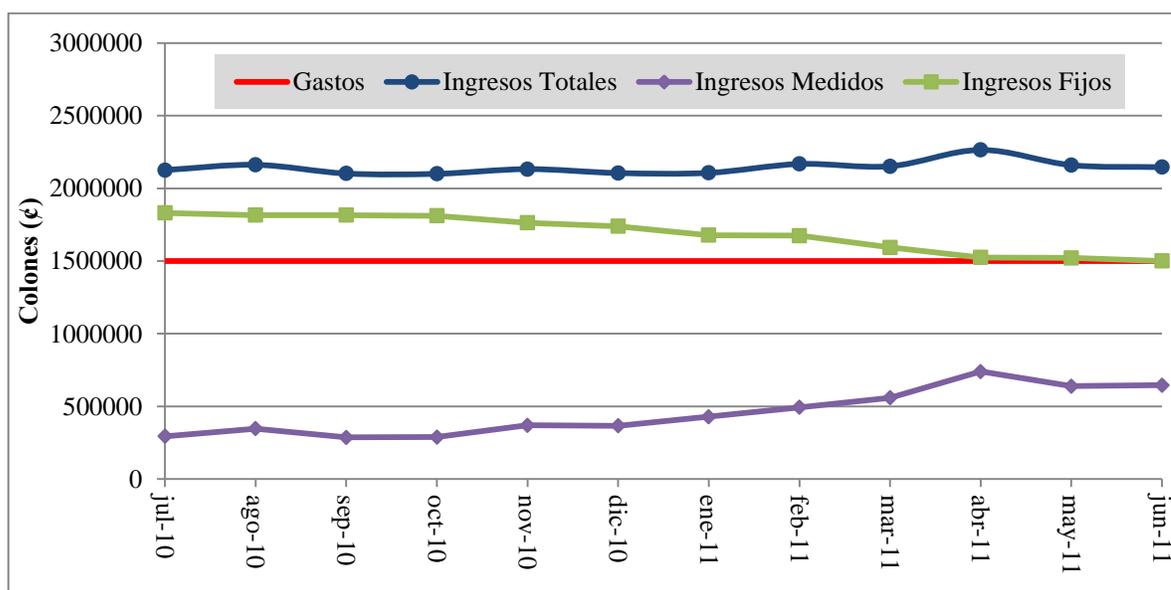


Figura 42. Estructura de ingresos y costos en la ASADA de Higuito, microcuenca del río Purires, de julio del 2010 a junio del 2011. Fuente: ASADA Higuito.

Los ingresos por el pago de los usuarios superan a los costos, dando como resultado un superávit que da la posibilidad de destinar estos dineros a inversiones varias, como lo son la mejora de las tomas de agua y tanques de captación, así como la instalación de medidores continuamente en los hogares con servicio fijo<sup>7</sup>. Lo anterior se refleja en la baja sostenida de los ingresos por usuarios fijos, contraria al ascenso de los pagos que hacen los usuarios con medidor. El ingreso promedio mensual es de casi 2.145.000 colones.

<sup>7</sup> Hidalgo, K. Estado financiero de la ASADA de Higuito (entrevista). Cartago, Costa Rica, ASADA de Higuito.

El rango de costos implica 1.500.000 de promedio mensual, aunque mensualmente se hacen inversiones necesarias de pequeña envergadura que elevan alrededor de 400.000 colones esa cifra. Esto hace que las posibilidades de endeudarse con préstamos para inversiones considerablemente mayores, como lo es el filtrado en las tomas a cielo abierto, aún sean difíciles de lograr. El gasto por usuario es de 2.814 colones, considerablemente menos que en Tobosi, pero sin llegar a los bajos niveles que hay en Quebradilla.

### **Análisis de sensibilidad**

Como se mencionó al principio de este apartado, en ninguno de los tres acueductos se cobran las tarifas máximas que permite la ARESEP; por esta razón se hizo un breve análisis para observar en que cambiaría la estructura de ingresos de los últimos 12 meses si así lo hicieran. Los resultados se detallan en el cuadro 29.

Cuadro 29. Diferencia entre ingresos recaudados en un año por ASADAS de la microcuenca del río Purires y el ingreso que tendrían si cobraran las tarifas máximas fijadas por ley

ASADA	Ingresos anuales reales (¢)	Ingresos anuales con tarifas máximas (¢)	Diferencia absoluta (¢)	Diferencia porcentual
Tobosi	54.103.044	57.948.624	3.845.580	7,11 %
Quebradilla	34.990.862	43.518.028	8.527.166	24,37 %
Higuito	25.730.608	27.363.408	1.632.800	6,35 %

Elaboración propia a partir de los datos mensuales de cada ASADA de julio del 2010 a junio del 2011.

El dato inicial y, a su vez, más interesante, es que entre las tres ASADAS dejan de percibir más de 14 millones de colones anualmente que si cobraran los precios más altos que se permiten. Este dinero permitiría una gran cantidad de obras y proyectos que, como se ha explicado y evidenciado, son muy necesarios.

El caso de Tobosi revierte vital importancia ya que podría cubrirse el déficit que tiene en la actualidad, al punto de llevarlo casi a cero, implicando una sanidad financiera. A su vez, conforme se vayan cancelando las diferentes obligaciones con bancos y empresas, podría empezarse a pensar en cambios, mejoras y nuevas obras que mejoren el desempeño del acueducto, reduciendo a su vez los costos del mismo.

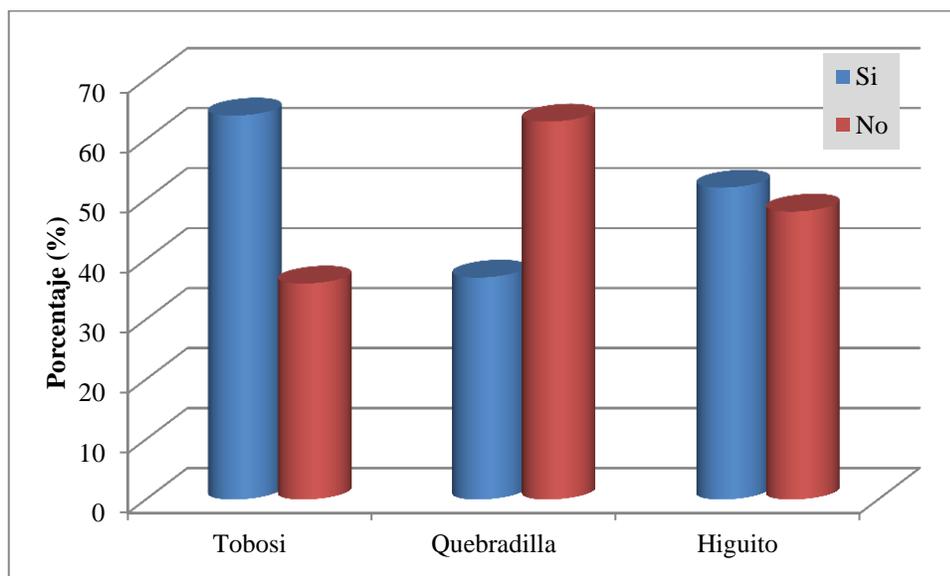
Quebradilla es quizá el caso más interesante, ya que los montos que cobra a sus usuarios hace que deje de percibir más de 8.500.000 colones por año, lo que implicaría tener casi un cuarto más de su presupuesto ordinario para futuras inversiones. Al tener un estado financiero sano, con ingresos actuales que pueden cubrir las demandas actuales del acueducto, así como las

inversiones necesarias, es probable que por esto no haya una presión por aumentar los precios, inclusive si esto implica dejar de percibir una suma tan importante de capital.

Higuito es probablemente la ASADA que tiene más oportunidades a partir de este análisis. Al tener actualmente un pequeño superávit, pero que no deja hacer inversiones a futuro, el hecho de poder aumentar más de un 6% sus ingresos mensuales puede hacer que se puedan pedir préstamos a bancos o entes financieros para solventar proyectos de mayor envergadura, lo cual redundaría en una mejora en la calidad y cantidad de agua para la población.

### Disponibilidad de pagar tarifas más altas

Finalmente, en la entrevista a los usuarios se les consultó sobre la posibilidad de pagar más dinero del actual, a cambio de una mejora en el servicio que reciben. Lo cual haría realidad los datos derivados en este análisis.



*Figura 43. Percepción de los usuarios del agua de la microcuenca del río Purires respecto a si están dispuestos a pagar una tarifa mayor a cambio de una mejora en el servicio en cada una de las tres ASADAS analizadas*

Los resultados fueron bastante categóricos, con una amplia aprobación en el caso de Tobosi, resultados moderados, aunque finalmente positivos en Higuito, y un rechazo general en la comunidad de Quebradilla (Figura 43). Lo anterior puede relacionarse con la percepción de la calidad del agua por parte de los entrevistados; Tobosi tiene un alto porcentaje de personas que consideran su agua “regular”, por lo que ellos perciben que un aumento podría llevarlos a una “buena” calidad de agua.

Quebradilla en cambio, tiene un índice de “buena” calidad de agua, por lo que sus abonados no van a estar dispuestos a pagar más por un servicio que ellos consideran que es el adecuado. La experiencia de las entrevistas y la opinión general de los usuarios permitió conocer que las personas que respondieron afirmativamente, sustentaban su respuesta en el hecho de pensar que pagaban muy poco por el agua que consumían, por lo que no tendrían problema en pagar más si así se requiriera.

En Higuito, los resultados fueron muy parejos, lo cual concuerda con el hecho de que allí, las respuestas de calidad del agua fueron o “buena”, o “mala”, los dos extremos. Es probable que quienes reciban un agua de calidad no estén dispuestos a pagar más por ella, mientras que los que no la tienen si están de acuerdo en pagar un monto mayor por un mejor servicio.

### **Discusión de resultados**

Como se ha mostrado, pese a que hay similitudes entre los tres acueductos, como por ejemplo los patrones de consumo general en épocas secas y lluviosas, esto no se refleja en una semejanza en el desempeño financiero ni en la manera en que los usuarios con medidor consumen a través del año de manera individual.

Respecto al consumo de agua total, hay una tendencia muy marcada, la cual fue detallada con anterioridad: se consume una mayor cantidad de agua en las épocas de menor precipitación, mientras que cuando llueve en mayor cantidad, las personas consumen menos líquido. Esto concuerda con los patrones de consumo en hogares descrito por Jaramillo (2003), y se respalda en usos “secundarios” del agua en el hogar, como lo es la necesidad de regar jardines, alimentar animales y, en menor medida para las ASADAS, el aumento del consumo de agua para riego en agricultura.

Muy diferente es el panorama cuando se observa el consumo mensual por usuario medido en los tres acueductos, donde se rompe esa relación inversa consumo-precipitación. En Tobosi y Quebradilla, ASADAS con más de tres años con medidores se observó una regularización del consumo, teniendo como resultado que la diferencia entre máximos y mínimos anuales se diferencian por menos de un 20%, Higuito en cambio, un acueducto con menos cultura de micromedición, reflejó picos que se diferenciaban en más de un 70% a través del año.

Lo anterior hace ver que ambos apartados (consumo total y consumo por usuario medido) deben considerarse de distinta manera, dependiendo de las estrategias que se estén pensando,

tanto desde la ASADA o desde algún plan gubernamental, si son para el acueducto en general o si afectarán el consumo particular.

El cálculo del promedio diario de consumo por habitante permitió comparar estos tres acueductos con el país y con la región. Los 167,34 l/persona/día son considerablemente menores que el promedio de consumo nacional, aunque superan el promedio por habitante de América Latina. Lo anterior denota que al ser un país con alta dotación hídrica para consumo humano, en Costa Rica se utiliza más de lo que otros países, con menor acceso y cantidad de agua doméstica, consumen.

Si bien es imposible cuantificar el consumo por usuario de los abonados con servicio fijo, el caso de Higuito puede ser utilizado para estimar este apartado; al ser una comunidad donde recién se está iniciando el proceso de micromedición, se observa una tendencia “inmediata” muy diferente a los casos mencionados de Tobosi y Quebradilla. La probabilidad de que los abonados mantengan sus prácticas en los primeros meses con medidor es alta, tendiendo a nivelarse conforme avanza el tiempo, dado el alto costo que conllevaría mantener esas costumbres, sobre todo en los meses más secos del año.

Es probable que estos cambios en las tendencias del consumo estén directamente relacionadas con el pago que se realiza, el cambio de una tarifa general a una individual puede implicar que el cliente debe hacerse más responsable en el uso racional que le dé al agua que utiliza.

La diferencia en los costos del servicio medido es una posible razón de que en Quebradilla el consumo promedio por usuario sea más alto que en Tobosi. Si bien es el único acueducto que tiene a todos sus abonados con micromedición, es también donde el costo promedio del agua para cada usuario es menor. Una actualización de tarifas hacia las actuales no sólo mejoraría la capacidad de inversión de la ASADA de Quebradilla, sino que también es probable que reduzca el gasto por usuario.

Se demostró también, como los tres acueductos no están cobrando las tarifas máximas permitidas, así como el dinero que dejan de percibir por este concepto. Si bien la estabilidad financiera es el primer objetivo que deben cumplir, la capacidad de inversión también debe ser seriamente tomada en cuenta. Los márgenes de capital que no se obtienen son altos, representando más de 14 millones de colones anualmente, con lo cual se da un retraso en

diferentes obras de infraestructura, capacitación y mantenimiento que podrían estarse realizando de los pagos máximos.

Este caso toma aún más relevancia en Tobosi e Higuito, donde existen mayores necesidades inmediatas y debe hacerse mayor inversión en proyectos con costos elevados. Paralelamente, las encuestas demostraron que los abonados están dispuestos a pagar una tarifa más alta (en este caso la máxima permitida) a cambio de proyectos y obras que mejoren el servicio y la calidad del agua.

Quebradilla en cambio, tiene pocos clientes dispuestos a elevar su pago, sobre todo por el hecho que tienen la mayoría de sus necesidades inmediatas cubiertas en lo que se refiere a agua potable. Esto ha hecho que las tarifas sean las más baratas por servicio medido de las tres ASADAS, sin embargo, se observa una tendencia de consumo mayor a Tobosi, donde el costo es mayor, por lo que se podrían buscar estrategias que eleven poco a poco el precio del servicio, reduciendo así el consumo general y de paso, elevando la capacidad de inversión dentro de la organización.

### **4.3. Estrategias para fortalecer la gestión del recurso hídrico para consumo humano**

Las caracterizaciones, tanto biofísicas como socioeconómicas descritas en los dos capítulos anteriores dan como resultado una serie de consecuencias y eventos que no siempre son los ideales o que pueden ser optimizados para que los diferentes servicios y actividades que brindan las ASADAS sean más eficientes y tengan una mayor inserción dentro de la comunidad, permitiendo un mayor reconocimiento e identificación por parte de la población, esperando llegar eventualmente a un empoderamiento que logre que la misma población defienda y proteja su recurso hídrico al considerarlo parte de ellos.

Si bien el informe Bruntland (ONU, 1987) y los conceptos generales de desarrollo sostenible enmarcan tres aspectos esenciales: ambiental, social y económico, se decidió separar los aspectos de infraestructura e institucional. Si bien estos dos ejes se encuentran insertos dentro de los tres esenciales, en las ASADAS deben ser trabajados de manera diferenciada, por su impacto y labor a escala comunal, según los elementos resultantes del estudio.

Como se detalló en el primer capítulo, sólo se realizaron estudios en tres de las ocho ASADAS que se encuentran dentro de la microcuenca, el objetivo es plantear una serie de estrategias que puedan ser aplicada a todas ellas, e inclusive a otras fuera de ese espacio.

#### **4.3.1. Marco de estrategias para un fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico en las ASADAS de la microcuenca del río Purires**

La estrategia a considerar para el presente trabajo está planteada para que sea ejecutada por las ASADAS de la microcuenca, pudiendo en ocasiones asociarse con entidades públicas, privadas o las mismas comunidades. Engloba aspectos ecológicos - ambientales, comunales, económicos, de infraestructura e institucionales, los cuales son complementarios entre si y se contemplan de manera integral en todos los espacios del territorio, vinculando el manejo y conservación de las fuentes de agua con el desarrollo económico y social de la población local y sus respectivas instituciones abastecedoras de agua potable (Cuadro 30).

Cuadro 30: Estrategias para la gestión del agua para consumo humano en la microcuenca del río Purires.

Estrategia	Objetivo	Líneas de Acción	Resultados esperados
Ecológico-ambiental	Desarrollar estrategias para mantener y ampliar oferta de agua limpia en nacientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitar las áreas de recarga inmediata de las nacientes aprovechadas</li> <li>• Certificar la existencia de cobertura vegetal en las zonas cercanas</li> <li>• Ubicar las posibles fuentes de contaminación de las áreas de recarga inmediata</li> <li>• Identificar las especies ideales para reforestar, ya sea para cultivo o para regeneración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener o mejorar la calidad y cantidad de agua en un plazo de 5 años en las nacientes</li> <li>• Aumentar la cobertura forestal en las áreas prioritarias de recarga en un plazo máximo de 10 años</li> </ul>
	Mejorar la calidad de agua de las tomas a cielo abierto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los sectores inmediatos de influencia sobre las tomas a cielo abierto</li> <li>• Restringir actividades agrícolas intensivas, así como ganaderas en los sectores de influencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la calidad del agua en un plazo de 5 años en los sitios de toma de agua de río</li> </ul>
	Reducir el impacto de amenazas naturales sobre la infraestructura del acueducto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Georreferenciar los sitios de amenaza y los sectores que pueden resultar afectados</li> <li>• Realizar estudios técnicos que determinen las obras de mitigación adecuadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapeo de los sectores más vulnerables del acueducto</li> <li>• Desarrollo de planes de emergencia que tomen en cuenta estas amenazas</li> </ul>
	Reducir el impacto de las aguas post-uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los principales focos de contaminación sobre el río</li> <li>• Desarrollar acciones locales para penalizar daños ambientales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la contaminación producida por las aguas post-uso sobre el río</li> </ul>
Infraestructura	Captar agua para distribución libre de afectación externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y mantenimiento de protección de los sitios de afloramiento de agua</li> <li>• Construcción y mantenimiento de protección en las tomas de agua a cielo abierto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manantiales captados dentro de cajas de cemento, rotuladas y cerradas</li> <li>• Tomas a cielo abierto protegidas y con rejas o filtros contra la entrada de materiales gruesos</li> </ul>
	Almacenar agua en sitios adecuados y sin afectación externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y mantenimiento de tanques de almacenamiento que puedan suplir la demanda de la población</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanques suficientes para abastecer a la población durante al menos 6 horas sin vaciarse</li> </ul>
	Transportar el agua a las casas sin afectación externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y mantenimiento de una tubería de transmisión adecuada</li> <li>• Revisión continua en busca de fugas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubería de un tamaño adecuado para no tener falta de presión en las casas</li> <li>• Fugas reducidas al mínimo y reparadas en poco tiempo para evitar el desperdicio</li> </ul>
	Reducir la posibilidad de afectación externa al acueducto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de barreras físicas que limiten la entrada de personas y animales a las cercanías de las tomas a cielo abierto y las nacientes de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólo el dueño de la finca y los fontaneros de la ASADA tienen acceso a las tomas de agua</li> </ul>

	Eliminar impurezas o contaminación del agua captada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de filtros, sedimentadores o purificadores para mejorar la calidad de las aguas de río</li> <li>• Cloración en los tanques de almacenamiento que garanticen agua potable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas a cielo abierto abastecen agua limpia inclusive en épocas lluviosas</li> <li>• Toda el agua que llega a la población es potable</li> </ul>
	Aumentar cobertura de micromedición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la cantidad de casas con medidor de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento anual de usuarios medidos, esperando cubrir al menos 90% de ellos</li> </ul>
	Proteger infraestructura comunal ante incendios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de hidrantes en sitios de alta densidad poblacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centros urbanos y sectores de importancia cuentan con hidrante en las cercanías</li> </ul>
	Mejorar y/o ampliar el saneamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento parcial o total de aguas servidas mediante tecnología barata y eficiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la cantidad de aguas servidas que se depositan directamente a los ríos o quebradas</li> </ul>
Social-Comunal	Realizar actividades de capacitación a la comunidad en diferentes temáticas ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación a la población sobre ahorro de agua, manejo del agua, la ASADA y sus funciones</li> <li>• Capacitar a la población sobre la microcuenca del río Purires</li> <li>• Formar y capacitar grupos comunales de apoyo a la ASADA</li> <li>• Desarrollo de capacidades comunales en el manejo de residuos sólidos y líquidos y su disposición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunidad más consciente del uso racional del agua</li> <li>• Reducción del consumo promedio de agua en las casas</li> <li>• Mejora en la percepción respecto al trabajo y desempeño de la ASADA</li> <li>• Al menos un grupo de apoyo formado por comunidad</li> <li>• Aumento de casas que separa y reutiliza residuos líquidos y sólidos.</li> </ul>
	Mejorar la comunicación comunidad - ASADA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de estrategias de comunicación masivas para la población</li> <li>• Integrar a actores locales clave (iglesia, escuela, EBAIS) dentro de las actividades informativas de la ASADA</li> <li>• Realizar ferias y actividades que reúnan a la comunidad alrededor del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación de al menos un sitio de información general por comunidad</li> <li>• Mejor asistencia a las asambleas anuales de la comunidad</li> <li>• Conocimiento de los actores locales respecto al desempeño de su ASADA</li> </ul>
	Desarrollar y consolidar grupos comunales alrededor del recurso hídrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participar activamente dentro de los Planes de Seguridad del Agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al menos un plan de seguridad del agua por comunidad</li> </ul>

Económica-Financiera	Mantener un balance económico positivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de un plan presupuestario anual</li> <li>• Garantizar un balance anual que refleje más ingresos que egresos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación y publicación a la comunidad del plan presupuestario</li> <li>• Balance anual positivo</li> </ul>
	Mantener zonas de prioridad hídrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar fondos de reserva para adquisición de terrenos y/o pagos para conservación de zonas prioritarias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahorro anual que permita inversión inicial en terrenos o pago de un préstamo usado para tal fin</li> </ul>
	Identificar alternativas de financiamiento e inversión que permitan una sostenibilidad financiera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Búsqueda de alianzas económicas con entidades financieras</li> <li>• Desarrollar patrocinios con empresas privadas</li> <li>• Buscar alianzas e inversiones conjuntas con otras ASADAS de la microcuenca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprobación de algún ente interno o externo de fondos para diferentes iniciativas</li> <li>• Reducción de gastos por compras al por mayor</li> </ul>
Institucional	Certificar la calidad del agua para consumo humano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iniciar acciones para obtener el sello de calidad sanitaria (bandera blanca) del AyA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de bandera blanca de al menos una estrella en cada ASADA</li> </ul>
	Mejorar el diálogo y actividades con los dueños de terrenos en zonas prioritarias de recarga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talleres y diálogo con dueños de terrenos prioritarios en conflicto</li> <li>• Facilitar proceso para la implementación de Pago por Servicios Ambientales</li> <li>• Comprar terrenos en sectores prioritarios de recarga</li> <li>• Identificar mecanismos de compensación por conservación en sitios prioritarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la relación con los dueños de fincas de sectores prioritarios</li> <li>• Negociación para recibir donaciones de terrenos de importancia</li> <li>• Desarrollo de estrategias conjuntas para conservar sectores de recarga</li> </ul>
	Fortalecer capacidades dentro de la comunidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Búsqueda y capacitación de líderes comunales</li> <li>• Identificación de posibilidades de desarrollo empresarial local dentro de la microcuenca</li> <li>• Facilitar talleres para educación de la población sobre el recurso hídrico (educación ambiental)</li> <li>• Iniciar y desarrollar planes de seguridad del agua</li> <li>• Facilitar el acceso a la población para canalizar sus aguas post-uso</li> <li>• Realizar campañas de reciclaje y recolección de residuos en las comunidades y cursos de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líderes locales capacitados para trabajar por el recurso hídrico de su comunidad</li> <li>• Generación de planes estratégicos de desarrollo con base en negocios locales</li> <li>• Aprovechamiento de residuos útiles dentro de la comunidad</li> <li>• Reducción de residuos y aguas grises en los ríos y quebradas</li> </ul>
	Fortalecer capacidades entre ASADAS de la microcuenca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iniciar y ampliar los espacios de diálogo y cooperación con ASADAS de la microcuenca</li> <li>• Aprovechar la ComPurires como plataforma para desarrollar proyectos, capacitación, acercamiento a la comunidad, estudios técnicos, fortalecimiento de capacidades, liderazgo, entre otros</li> <li>• Realizar proyectos conjuntos para concursar por fondos externos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicio de un proceso para formar una federación de ASADAS</li> <li>• ComPurires liderada y gestionada a partir de las ASADAS</li> <li>• Proponer al menos un proyecto a nivel de microcuenca desde las ASADAS</li> </ul>

- Los aspectos ecológico-ambientales se centran en mejorar la cobertura en las partes altas de la microcuenca, donde las diferentes ASADAS toman su agua, ya sea a través de manantiales o de las aguas de los ríos. Se busca que los sitios inmediatos a la recarga de agua tengan una cobertura vegetal adecuada, así como que estén libres de fuentes de contaminación como excretas de animales o seres humanos, agroquímicos y, en la medida de lo posible, que reduzcan su vulnerabilidad a erosión en episodios de precipitación.
- Deben identificarse las áreas prioritarias, delimitarlas y finalmente restringirlas, para minimizar cualquier impacto sobre ellas. En caso de requerir mayor cobertura, es imprescindible elegir especies que favorezcan la infiltración y que en la medida de lo posible den beneficios económicos asociados, como algún fruto o producto secundario, mejoramiento de la biodiversidad, aparte del forestal.
- La infraestructura es la columna vertebral de cada ASADA, y se centra en las distintas tomas de agua, los tanques de almacenamiento y la red de distribución; el mantenimiento de estos debe ser frecuente para tener un servicio adecuado. Un aspecto esencial en los acueductos son los métodos alternativos para mejorar la calidad del agua, como lo son filtros, sedimentadores y purificadores, por su alto costo; estos se vuelven esenciales donde existen tomas de agua de los ríos y en especial en la época lluviosa. Importante es también la implementación de hidrantes, especialmente en zonas pobladas y donde haya riesgo de incendio para infraestructura de importancia.
- El reto de todos los acueductos es el tratamiento de las aguas post-uso. No hay ningún método en las ASADAS que trate las aguas grises de las casas antes de enviarlas a los desagües y, posteriormente al río. Si bien este tema no es exclusivo de las entidades que brindan agua potable, si es competencia de ellos la promoción e información sobre medidas de mitigación a nivel doméstico. Es prácticamente imposible pensar en plantas de tratamiento por su elevado costo, salvo que se busquen inversiones de entes como el AyA.
- El aspecto social-comunal es vital, la población debe estar identificada con su respectiva ASADA, a partir de allí, las diferentes actividades conjuntas tendrán mayor repercusión. Se destacan entonces actividades que unan los actores esenciales de la comunidad como la iglesia, la escuela o los centros de salud con el acueducto. Asimismo, las diferentes capacitaciones a la población de distintas edades respecto al recurso hídrico, su importancia y protección deben estar presentes. Finalmente, se debe fomentar la

formación de grupos externos a la ASADA que participen en proyectos relacionados con el agua y la comunidad, esto con el fin de que la población vea la importancia de este recurso y la necesidad de protegerlo como suyo.

- El apartado económico-financiero es clave para la supervivencia de cada acueducto, así como para mejorar la calidad del abastecimiento y los aspectos asociados a este (fontanería, medición, materiales, etc.). De manera inicial, los entes de cada comunidad deben hacer un plan financiero anual, el cual ojalá se comparta y discuta en la asamblea comunal junto con la rendición de cuentas que se hace cada año. Este plan debe reflejar ingresos que al cierre sean mayores que los gastos en los que se incurre.
- Otro elemento a tomar en cuenta es la ayuda y cooperación que la empresa privada pueda dar a cada ASADA. Alianzas que faciliten la donación de materiales o dinero en efectivo para diferentes propósitos a cambio de algún tipo de promoción son ejemplos posibles. La ayuda de entidades financieras con tarifas preferenciales por ser entes que benefician a la comunidad, así como la presentación de proyectos a instituciones como la COMCURE o inclusive programas como el PNUD pueden lograr recursos importantes para invertir en obras de mayor envergadura que sean necesarias.
- La posibilidad de hacer inversiones entre varias ASADAS es una alternativa para reducir costos al poder buscar tarifas al por mayor. Esto también puede ser utilizado para comprar terrenos o realizar algún tipo de compensación económica a dueños de sectores prioritarios para recarga hídrica. Es recomendable que cada acueducto reserve un pequeño fondo para poder realizar estas actividades.
- El aspecto institucional, vale decir, que le concierne directamente al acueducto comunal es desde donde se originarán y se dirigirán las diferentes actividades mencionadas en esta estrategia. Su principal labor, será la de hacer que la comunidad comprenda que el agua no solamente es el líquido, sino también su calidad y los esfuerzos que se hacen para captarla y distribuirla de manera óptima, así como mantener este servicio a través de los años y pese a las inclemencias naturales. Es importante que cada ASADA muestre a sus abonados los esfuerzos y logros que se hacen, que muchas veces son invisibles a la población.
- Para ello se deben hacer campañas de comunicación hacia la comunidad, capacitaciones a vecinos y dueños de sectores prioritarios, búsqueda de personas con capacidad de liderazgo que estén comprometidos con la sociedad y el recurso hídrico, fomentar el

diálogo entre las diferentes ASADAS de la microcuenca, generar la acción de grupos comunales mediante actividades como los planes de seguridad del agua, la búsqueda de certificaciones como el sello de calidad sanitaria (bandera blanca) y el desarrollo de programas e inversiones que busquen la compra o compensación a los dueños de sectores prioritarios para que mantengan o adopten medidas para conservar una cobertura vegetal permanente en las zonas de recarga hídrica.

- Finalmente, las ASADAS deben aprovechar las plataformas interinstitucionales como la ComPurires para fomentar el diálogo, las alianzas, la mejora y desarrollo de diferentes capacidades comunales e institucionales, la capacitación en diferentes énfasis, así como la posibilidad de desarrollar diferentes estudios y trabajos que de otra manera sería difícil conseguir y a un costo elevado. La permanencia en este tipo de foros, así como la integración de más actores dentro del mismo puede llevar a un desarrollo más integral de toda la microcuenca, especialmente si es llevado a cabo desde sus propios habitantes.

#### **4.3.2. Zonas prioritarias de protección de manantiales**

Como se mencionó en el apartado anterior, hay áreas clave a las que se le debe dar mayor importancia que otras en lo que se refiere a recarga hídrica. El capítulo 2 de este trabajo mostró los sitios protegidos por la ley; aparte del hecho que estas zonas no siempre son respetadas, hay sectores que son más prioritarios que otros. Es importante darles a las diferentes ASADAS insumos para que determinen cuáles son, realmente, los sitios prioritarios dentro de los 200 metros de las áreas de protección establecidos.

Al no ser el objetivo central de este estudio, y considerando la falta de tiempo y recursos, se procedió a generar sectores prioritarios con base en la topografía. Se determinaron las *cuencas inmediatas de recarga*, limitadas por el cauce de los ríos, ya que las nacientes se encuentran en una de las dos vertientes, y se priorizaron los sectores inmediatamente cercanos (Anexos 3, 4 y 5).

Como se observa en el cuadro 31, en todos los acueductos el área priorizada es menor que la que establece la legislación. Esto hace que las ASADAS no deban concentrar sus esfuerzos iniciales en conservar o comprar, de ser el caso, las 45 hectáreas resultantes de un círculo de 200 metros de radio, sino más bien una superficie menor, que a su vez es mucho más productiva en lo que a calidad y cantidad de agua se refiere, para el abastecimiento y la población que se beneficia de este servicio.

Cuadro 31. Diferencia de superficies de protección según la ley y la propuesta de zonas prioritarias para las tres ASADAS seleccionadas

ASADA	Área de protección según Ley Forestal (Has)	Área de protección prioritaria (Has)	Porcentaje del área de protección que debe priorizarse
Tobosi	45,05	12,17	27,01 %
Quebradilla	23,95	8,16	34,07 %
Higuito	62,45	15,89	25,44 %

Fuente: La Gaceta, 1996 y elaboración propia

Estos sectores deberán ser los primeros a la hora de trabajar, capacitar y dialogar con los dueños, hacer estudios que respalden la cantidad de agua que infiltran y proveen a las nacientes captadas, reforestar o regenerar en caso de no tener la cobertura vegetal adecuada y gestionar de la mejor manera el territorio, para evitar daños que puedan alterar la provisión del servicio hídrico.

#### **4.3.3. Aplicación de la estrategia planteada en las ASADAS seleccionadas**

La estrategia planteada es general, y no necesariamente implica que los tres acueductos involucrados en este trabajo deban realizarlas todas. Hay varias líneas de acción que ya están siendo abordadas, incluso cumpliendo con más de los resultados esperados.

Nuevamente se observa como hay ciertos apartados que deben ser trabajados por todos los acueductos, mientras que otros solo deben ser tomados en cuenta por uno o dos de ellos. Se debe entender que estas líneas deben ser el camino para un objetivo a largo plazo que implica una gestión de cada uno de los acueductos de la microcuenca de manera apropiada, con recursos que permitan la inversión, con dotación de agua de alta calidad y cantidad, respetando todos los sectores de recarga hídrica y con un empoderamiento comunal que permita una rendición de cuentas adecuada.

Asimismo, este objetivo general apunta a una unión de las ASADAS de la microcuenca para el desarrollo de diferentes proyectos, inversiones, capacitaciones y actividades que promuevan el crecimiento de la totalidad de sus miembros. Este proceso, si bien largo y difícil, busca una cogestión de la microcuenca, tomando junto con otras organizaciones locales la administración de la ComPurires. Ello no sólo sería pionero a nivel nacional, sino que culminaría un proceso con el cual muchas ASADAS e instituciones comunales pueden sentirse identificadas, siempre en busca de un interés común.

El fortalecimiento de los acueductos en toda la zona dará como resultado una mayor consciencia de sus pobladores, utilizando el recurso hídrico de la manera más racional posible

y garantizando su abastecimiento durante muchos años más de manera equitativa, segura y perdurable.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- El primer y más importante aspecto a ser destacado en este trabajo es que ninguna ASADA es igual a otra, independientemente de su ubicación. Cada una es gestionada de manera particular, lo cual debe ser tomado en cuenta a la hora de formular políticas, leyes y reglamentos para ellas. Esto implica que dentro de límites que se establezcan, debe haber cierta libertad de acción para que cada una pueda hacer las actividades que requiera para mejorar su desempeño.
- La microcuenca del río Purires tiene pocos sitios de muy alta recarga hídrica aparente, aunque posee una gran superficie de infiltración media y alta, que pueden no sólo mantenerse, sino manejarse para elevar la porosidad y así aumentar la permeabilidad y la recarga de estas zonas.
- La ASADA de Higuito tiene la mayor área de protección de nacientes gracias a la distribución de las mismas; Tobosi y Quebradilla le siguen en superficie. Ninguna de estas fincas es propiedad de su respectivo acueducto comunal, debiendo siempre contactar a sus dueños para realizar cualquier modificación en esas zonas. Estas áreas poseen usos de suelo que permiten ser manejados de manera más adecuada, orientándose a la mejora en calidad y cantidad de agua. No hay elementos que impermeabilicen el suelo y en la mayoría de los casos hay algún tipo de cobertura natural.
- Las actividades humanas en las áreas de recarga se enfocan en pastos, frutales de altura, plantaciones de coníferas, cultivos de café y agricultura, en menor medida. Aparte de los bosques naturales, los frutales y las coníferas tienen mayor infiltración, tanto en superficie como a 30 cm de profundidad, les siguen los pastos. El cultivo de café con y sin sombra, y especialmente la agricultura son los usos que más restringen la permeabilidad de los suelos, generando además erosión y escorrentía superficial.
- No existen estrategias de manejo de recursos naturales explícitamente presentes en la zona. La poca presencia de actividades humanas intensivas, gracias a la pendiente, ha logrado una recuperación de los bosques; adicionalmente, las plantaciones de coníferas y una pequeña

cantidad de pastos con árboles han mejorado la provisión de agua en manantiales y el perfil de los suelos.

- La mayor vulnerabilidad en las ASADAS estudiadas se encuentra en las zonas de recarga hídrica y las fuentes de abastecimiento de agua, enfocándose en la falta de terrenos propios y la falta de un plan de manejo en estas dos partes mencionadas. Tobosi presenta un índice medio, siendo la más vulnerable de las tres y con problemas concentrados en las fuentes de agua captadas, tanto de manantiales como de agua superficial. Quebradilla obtuvo un índice bajo, al igual que Higuito; esta última debe resolver problemas concernientes a los efectos de la precipitación en sus fuentes de agua superficial, ya que el líquido llega con sedimentos a los usuarios cuando estos eventos ocurren. Se destacan también, en las tres ASADAS, los problemas en el manejo de aguas post-uso, donde al igual que todo el país hay serios déficits en casi todos los aspectos.
- La gestión del recurso hídrico en las tres ASADAS se ha limitado a los principios esenciales de abastecer del líquido a la población. No se observan problemas de distribución de agua, aunque en épocas lluviosas esta llega a las casas con sedimentos, por lo que no puede ser consumida por la población. Hay déficit en educación ambiental a la población, divulgación de información dentro de las comunidades, manejo y protección de las áreas de recarga hídrica en los tres acueductos y de administración de los recursos económicos en Tobosi e Higuito.
- De manera local y activa, solamente las ASADAS intervienen en la gestión del agua al ser los distribuidores para consumo humano. La UCR, el AyA, el MINAET son parte de la ComPurires, ente que intenta colaborar con la gestión del recurso a nivel de microcuenca. Las comunidades y sus pobladores tienen una participación prácticamente nula en la gestión.
- La población de Tobosi e Higuito no tiene una percepción adecuada de sus acueductos comunales, Quebradilla en cambio, tiene un grado de aprobación que excede el 90%. Pese a ello, en las tres ASADAS estudiadas se percibe una mejora en el desempeño por parte de los usuarios.

- El consumo promedio es de 167,34 l/persona/día. Las tendencias en los datos de consumo por usuario aparentan ser más estables en los acueductos donde la micromedición tiene más tiempo de haberse instalado, aunque esta aseveración debe ser corroborada por estudios más detallados y con este objetivo como eje del mismo.
- Los datos recopilados tienden a establecer que donde se cobran precios más altos por unidad de agua, el consumo promedio por usuario es menor. Esta hipótesis debe ser cumplida o desechada con estudios específicos y que tomen en cuenta una mayor cantidad de variables.
- Las estrategias propuestas se centran en cinco ejes: ecológico-ambiental, infraestructura, social-comunal, económico-financiero e institucional. La GIRH comprende un cumplimiento de cada uno de estos ejes, tanto de parte de la ASADA como de las comunidades, ya que el dejar alguno(s) de lado retrasará, inevitablemente, el proceso de crecimiento integral del acueducto así como la mejora en la provisión y calidad del recurso hídrico.
- El sitio más vulnerable para las ASADAS estudiadas son las fuentes de agua; las estrategias propuestas se centran en una infraestructura que cubra los diferentes manantiales por completo, neutralizando los efectos externos, especialmente precipitaciones y deslizamientos. Las aguas superficiales deben tener una captación que aisle los elementos de gran tamaño, como rocas, troncos, u hojas de árboles; adicionalmente, el uso de sedimentadores y filtros purificadores es necesario para abastecer de manera continua, y durante cualquier época del año, de agua potable a la población. El mantenimiento de esta infraestructura es clave para un servicio de agua potable continuo y de calidad.
- Las acciones prioritarias a realizar son las que involucren a las ASADAS y su comunidad de manera activa. Educación ambiental, rendición de cuentas, divulgación de noticias y grupos de apoyo a la gestión hídrica deben ser esenciales para crear una consciencia de pertenencia y protección del agua dentro de la población. La planificación operativa, financiera y de manejo de recursos naturales, así como la mejora del diálogo con finqueros

de las partes altas a nivel comunal y otras ASADAS a nivel regional son aspectos que deben abordarse en el corto plazo.

## 5.2. Recomendaciones

- Se insta a las ASADAS de la microcuenca del río Purires a poner en práctica las estrategias sugeridas en este estudio para diagnosticar y, posteriormente, ejecutar las actividades que crean convenientes en el orden de mejorar y ampliar su capacidad como proveedores del servicio de agua para consumo humano, así como líderes comunales en lo que a gestión del recurso hídrico se refiere.
- Las zonas de recarga hídrica de la microcuenca, así como las áreas de protección de manantiales, deben ser no sólo consideradas, sino también priorizadas para dialogar con los dueños de manera que se mantenga la mayor cobertura vegetal sobre ellas mediante reforestaciones totales o parciales y, de ser posible, adquirirlas o pagar por un mantenimiento de esa cobertura.
- Para determinar con exactitud las zonas de recarga hídrica, tanto de nacientes como de acuíferos, se recomienda realizar un estudio hidrogeológico a nivel de toda la microcuenca. Para financiar este estudio pueden realizarse aportes de todas las ASADAS involucradas, así como solicitar apoyo a entes relacionados con el recurso hídrico de la zona como la COMCURE o las Municipalidades de Cartago y El Guarco.
- La gestión del recurso debe salir del servicio meramente de abastecimiento por parte de las ASADAS. Se recomienda que Tobosi e Higuito se esfuercen en mejorar el estado de sus fuentes de agua antes, mientras que Quebradilla debe iniciar procesos que intenten acercar a la comunidad a su acueducto y la gestión del líquido como grupos de apoyo, educación ambiental y búsqueda de actores comunales de importancia, para divulgar esta información. Lo anterior puede y debe también ser adoptado por las otras dos ASADAS, aunque con un mayor margen de tiempo.
- Con actividades de acercamiento, información y capacitación entre las ASADAS y las comunidades como las descritas anteriormente, así como maneras más efectivas de rendir cuentas y resolver conflictos, se espera que la buena percepción de los usuarios aumente. Una mejora en la opinión podría dar como resultado una mayor anuencia de la población a

colaborar en diferentes actividades ambientales y de representatividad de su respectiva ASADA y viceversa.

- Deben realizarse estudios más detallados y específicos respecto a patrones de consumo y estados financieros de cada ASADA para confirmar o desmentir tendencias que se observan en este trabajo. Debe notarse que hay elementos a tomar en cuenta como las leyes, el clima, las actividades económicas o la escolaridad que también pueden afectar negativa o positivamente el consumo, no solamente se deben observar los libros contables.
- El intento por unir entidades comunales de la microcuenca no debe cesar, pero esto debe hacerse con recursos, tiempo y sobretodo tolerancia de todas las partes ante algún problema particular, ya que esto puede afectar las metas comunes.
- Los cinco ejes centrales de la estrategia de gestión del recurso hídrico para consumo humano y sus líneas de acción deben ser constantemente revisadas y replanificadas. La elaboración y análisis de un FODA, la generación de un plan estratégico y un plan presupuestario anual son actividades que se recomiendan a cada ASADA. Las reuniones anuales con la asamblea general pueden ser espacios para revisar cada una de estas estrategias, así como para aportar nuevas o modificar alguna existente.
- Es vital que los acueductos que aún no cuenten con una protección física de sus nacientes lo hagan a la brevedad. Este aspecto es esencial para garantizar el volumen y la calidad del líquido, así como para aislar el efecto de las precipitaciones y demás elementos externos que puedan afectar la provisión de agua potable. La protección de las fuentes asegura la sostenibilidad del recurso.
- Es recomendable, cuando hayan cambios de junta directiva, que hayan reuniones entre la saliente y la entrante para actualizar y especificar a los nuevos dirigentes sobre los asuntos de importancia que hayan sucedido en cada administración. Si es posible realizar al menos una de estas reuniones con usuarios presentes habría un valor agregado, no solo por tener al tanto a la comunidad, sino también para demostrar que el objetivo primordial es trabajar por el recurso hídrico para consumo humano.

- Las ASADAS deben, además de sus obligaciones con el servicio, el cobro y la inversión en infraestructura, fomentar el diálogo con su comunidad. La capacitación de la población, la coordinación de grupos comunales que trabajen por el agua, la generación de un mecanismo adecuado de rendición de cuentas y una facilitación del diálogo con la comunidad son tareas pendientes en los sitios estudiados. Las comunidades deben intentar formar grupos y realizar actividades y capacitaciones que giren en torno al agua, sus beneficios y amenazas sobre ella. Asimismo deben realizarse los esfuerzos de la ASADA por conservarla y tener un servicio de calidad. Deben incluirse actores clave de cada comunidad y desarrollar mecanismos de comunicación en ambos sentidos.
- Es vital mejorar y ampliar la comunicación e integración con las ASADAS cercanas. La búsqueda de alianzas, el intercambio de experiencias, el uso de plataformas asociativas y la generación de una federación de acueductos comunales son metas a mediano y largo plazo que mejorarán enormemente el accionar de los mismos. El proceso de un comité participativo de cogestión de la microcuenca es esencial que los actores dentro de la zona se apropien de este espacio y le den un perfil local. Se debe identificar líderes y actores que lo administren y coordinen por el bien de toda la microcuenca, sus pobladores y los recursos que en ella se encuentren.
- La cogestión de la microcuenca es una meta a largo plazo que se puede lograr con voluntad de las diferentes ASADAS y sus comunidades. Inicios de cooperación en lo referente a transferencia de capacidades, compras conjuntas, elaboración de proyectos regionales para financiamiento, búsqueda de liderazgos y sitios comunes de diálogo como la ComPurires son estrategias que se recomienda abordar entre diferentes actores, apuntando a ese fin.

## 6. LITERATURA CITADA

- Agudelo, R. 2005. **El agua, recurso estratégico del siglo XXI**. Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública. Volumen 23, número 1: 91-102. Medellín, Colombia. 13 p.
- Anaya, M. y Martínez, J. 2007. **Manual: Sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano en América Latina y el Caribe**. Centro Internacional de demostración y capacitación en aprovechamiento del agua de lluvia, CP-PNUMA. Texcoco, México. 150 p.
- Arauz, K. 2010. **El proceso hacia una nueva institucionalidad en la gestión y el derecho al agua para consumo humano en Costa Rica: Análisis de tres experiencias**. Tesis de Maestría, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 163 p.
- ARESEP (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos). 2009a. **Incremento de oficio para las tarifas del servicio de acueducto prestado por los acueductos comunales dados en administración (ASADAS), así como la definición de un pliego tarifario para los servicios especiales**. San José, Costa Rica. 28 p.
- ARESEP. 2009b. **Fijación de oficio de los servicios de hidrantes**. San José, Costa Rica. 19 p.
- ARESEP. 2007. **Tarifas para los acueductos comunales vigentes a partir del 6-6-2007**. San José, Costa Rica. 41 p.
- AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados). 2002. **Reglamento de Prestación de Servicios (y sus reformas)**. San José, Costa Rica. 17 p.
- AyA. 2010. **Acceso a agua para consumo humano y saneamiento: evolución en el período 1990-2010 en Costa Rica**. Laboratorio Nacional de Aguas. San José, Costa Rica. 25 p.
- Becerra, M.; Núñez, M. 2008. **Delimitación y codificación de unidades hidrográficas de Sudamérica 1:1000000**. UICN-CAN, Presentación en el Congreso Mundial de Conservación-UICN. Barcelona, España. 37 p.
- Bergoeing, J. y Malavassi, E. 1981. **Carta Geomorfológica del Valle Central de Costa Rica**. Convenio UCR-IGN. San José, Costa Rica.
- Bertsch, F; Mata, R. y Henríquez, C. 1993. **Características de los principales órdenes de suelos de Costa Rica**. IX Congreso Nacional Agropecuario y de Recursos Naturales, Colegio de Ingenieros Agrónomos. San José, Costa Rica. 19 p.
- Blanco, H. 2009. **Identificación y manejo de las áreas de recarga hídrica en la parte media-alta de las microcuencas Palo, Marín y San Rafaelito, San Carlos, Costa Rica**. Tesis de Maestría, UNED (Universidad Estatal a Distancia). San José, Costa Rica. 154 p.

- Bruijnzeel, L. 1990. **Hydrology of tropical montane cloud forests and effects of conversion: a state of knowledge review**. IHP-UNESCO Humid Tropical Programme. París, Francia. 224 p.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 1987. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Anexo del discurso de la octava reunión de la Comisión Mundial del Ambiente y Desarrollo. Tokio, Japón. 11 p.
- Cavelier, J. y Goldstein, G. 1989. **Mist and fog interception in Elfin cloud forest in Colombia and Venezuela**. Revista Journal of Tropical Ecology. Número 5: 309-322. Cambridge, Inglaterra. 14 p.
- CCSS (Caja Costarricense de Seguro Social). 2006. **Datos básicos y balances de Atención Primaria: Área de Salud El Guarco**. Informe ATAP. Cartago, Costa Rica.
- CCSS. 2010. **Datos básicos y balances de Atención Primaria: Área de Salud El Guarco**. Informe ATAP. Cartago, Costa Rica.
- CENIGA (Centro Nacional de Información Geoambiental) - MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía). 2006. **Proyecto sobre bases de datos territoriales 1:25.000**. San José, Costa Rica.
- Congreso Constitucional de Costa Rica. 1939. **Ley de Asociaciones**. San José, Costa Rica. 10 p.
- Congreso Constitucional de Costa Rica. 1942. **Ley de Aguas**. San José, Costa Rica. 46 p.
- Cortez, A. 2000. **Calidad de agua y sociedad rural, riesgos potenciales de la salud en la cuenca baja del río Colorado: el caso del Valle de Mexicali, México**. En Taller electrónico de Relaciones tierra – agua en cuencas hidrográficas rurales, FAO. Estudio de caso 27. Roma, Italia. 5 p.
- Custodio, G. 1998. **Recarga a los acuíferos: aspectos generales sobre el proceso, la evolución y la incertidumbre**. Boletín Geológico y Minero, Número 109-4: 13-29. Madrid, España. 17p.
- Denyer, P. y Kussmaul, S. 2000. **Geología de Costa Rica**. Editorial Tecnológica. Cartago, Costa Rica. 520 p.
- Dourojeanni, A.; Jouravlev, A.; Chávez, G. 2002. **Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica**. Serie recursos naturales e infraestructura, CEPAL-ONU. Santiago, Chile. 83 p.
- Dourojeanni, A. 2009. **Los desafíos de la gestión integrada de cuencas y recursos hídricos en América Latina y el Caribe**. Revista Desarrollo Local Sostenible. Volumen 3, Número 8. Santiago, Chile. 13 p.

- FANCA (Red Centroamericana de Acción del Agua). 2006. **Las Juntas de Agua en Centroamérica: Valoración de la Gestión Local del Recurso Hídrico**. San José, Costa Rica. 79 p.
- Faustino, J. 2006. **Identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica**. Notas de clase, CATIE. San Salvador, El Salvador. 113 p.
- FCE (Fondo de Cultura Económica). 2006. **Morfometría y clima de la cuenca de la quebrada La Perdíz en el Municipio de Florencia**. Bogotá, Colombia.
- FCIHS (Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea). 2009. **Hidrogeología: Conceptos básicos de hidrología subterránea**. FCIHS. Barcelona, España. 755 p.
- Flores, C. 2009. **Análisis de los determinantes del desempeño de operadores de acueductos rurales en Costa Rica**. Tesis de Maestría, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 106 p.
- FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal). 2006. **Mapa de cobertura de la tierra de Costa Rica**. San José, Costa Rica.
- Fundación AVINA. 2011. **El acueducto comunitario óptimo, condiciones para una gestión efectiva de los servicios del agua: el caso de Costa Rica**. Ciudad de Panamá, Panamá. 22 p.
- Giraldo, E. 2001. **Manejo integrado de residuos sólidos urbanos**. En Revista de Ingeniería. Número 14: 44-55. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 12 p.
- González, M. 2005. **Manual de laboratorio de edafología**. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 15 p.
- Guariguata, M. y Kattan, G. 2002. **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. LUR. Cartago, Costa Rica. 692 p.
- Henríquez, C.; Cabalceta, G.; Bertsch, F. y Alvarado, A. s.f. **Principales suelos de Costa Rica**. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Documento en línea consultado en noviembre del 2011. Link: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/suelos-cr.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html)
- Horton, R. 1945. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydro-physical approach to quantitative morphology**. Boletín de la Geological Society of America. Número 56 (3): 275-370. Nueva York, Estados Unidos. 96 p.
- ICE (Instituto Costarricense de Electricidad). 2000. **Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Reventazón: Resumen Ejecutivo**. Elaborado por Sogreah Ingenierie, Gómez-Cajiao y Asociados y Sinergia 69. San José, Costa Rica. 30 p.

- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2001. **IX Censo Nacional de Población y Vivienda**. San José, Costa Rica. 80 p.
- IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1978. **Mapa de Asociaciones de Subgrupos de Suelos de Costa Rica**. San José, Costa Rica.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2011. **Datos climáticos de la estación Lindavista. Código 73018**. San José, Costa Rica. 1p.
- Jaramillo, L. 2003. **Modelando la demanda de agua de uso residencial en México**. Serie Documentos de Trabajo (INE-DGIPEA/01/03). México D.F., México. 17 p.
- Jiménez, F. 2009. **Introducción al manejo y gestión de cuencas hidrográficas**. Documento del curso Manejo y gestión integral de cuencas hidrográficas I, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 35 p.
- Junker, M. s.f. **Método para Zonificaciones de protección de fuentes de agua**. FORGAES-UE. San Salvador, El Salvador. 103 p.
- La Gaceta. 1995. **Ley Orgánica del Ambiente**. Decreto de la Asamblea Legislativa de Costa Rica. San José, Costa Rica. 36 p.
- La Gaceta. 1996. **Ley Forestal**. Decreto presidencial y MINAE. San José, Costa Rica. 36 p.
- La Gaceta. 2005a. **Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales**. Decreto presidencial MINAE-MINSALUD. San José, Costa Rica. 24p.
- La Gaceta. 2005b. **Reglamento para la calidad del Agua Potable**. Decreto presidencial MINSALUD. San José, Costa Rica. 16 p.
- La Gaceta. 2008. **Declaratoria del servicio de hidrantes como servicio público y reforma de leyes conexas**. Decreto de la Asamblea Legislativa de Costa Rica. San José, Costa Rica. 4 p.
- Lean G. y Henrichsen, D. 1994. **Atlas of the Environment**. Editorial Harper Perennial. Nueva York, Estados Unidos. 184 p.
- Linsley, R. y Franzini, J. 1964. **Water resources Engineering**. McGraw-Hill. Nueva York, Estados Unidos. 690 p.
- Linsley, R.; Kohler, M.; Paulhus, J. 1977. **Hidrología para ingenieros**. McGraw-Hill. México D.F., México. 386 p.
- Losilla, M. 1986. **Protección de las zonas de recarga de los acuíferos**. Apuntes del curso Bases hidrológicas para el manejo de cuencas, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 8p.

- Maderey, L. 2005. **Principios de Hidrología. Estudios del ciclo hidrológico.** Serie Textos Universitarios. UNAM. México D.F., México. 103 p.
- Madrigal, R.; Alpízar, F.; Schluter, A. 2010. **Determinants of Performance of Drinking-Water Community Organizations: A Comparative Analysis of Case Studies in Rural Costa Rica.** Serie Environment for Development Discussion Paper. Número 10-03. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 32 p.
- Madroñero, S. 2006. **Manejo del recurso hídrico y estrategias para su gestión integral en la Microcuenca Mijitayo, Pasto, Colombia.** Tesis de Maestría, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 180p.
- Martínez, Y. 2010. **ASADAS: Modelo de Gestión de acueductos, alianzas para la conservación y gestión de agua.** Presentación para el II Congreso ALIARSE. San José, Costa Rica.
- Mata, R. 1991. **Los órdenes de suelos de Costa Rica.** Memoria del taller de erosión, UNAMA-MADE. Heredia, Costa Rica.
- 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 de Maestría, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 247 p.
- Matus, O.; Faustino, J.; Jiménez, F. 2009. **Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica: aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa.** CATIE-Asdi. Turrialba, Costa Rica. 40 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) – MIRENEM (Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas). 1995. **Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras en Costa Rica.** Departamento de suelos y evaluación de tierras. San José, Costa Rica. 62 p.
- Mejía, M. 2005. **Análisis de la calidad de agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras.** Tesis de Maestría, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 123 p.
- Mendoza, M. 2008. **Metodología para el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico para consumo humano; aplicación de determinación de medidas de adaptación en la subcuenca del río Copán, Honduras.** Tesis de Maestría, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 112 p.
- Morillo, J. y Usero, J. 2008. **Medición y control de la contaminación ambiental.** Boletín de prácticas para el curso Medición y control de la contaminación ambiental. Sevilla, España. 31p.

- OMS (Organización Mundial de la Salud) - UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia), 2010. **Progress on Sanitation and Drinking Water: 2010 Update**. Publicaciones de la Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza. 60 p.
- OMS. 2004. **Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud: Hechos y cifras**. Publicaciones de la Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza. 2 p.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud), 2006. **Planes de Seguridad del Agua**. Hojas de divulgación técnica. Washington D.C., Estados Unidos. 4 p.
- OPS - OMS. 2003. **Agua, no la tenemos tan segura**. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú. 24 p.
- Peralta, M. y Zamora, P. 2008. **Contaminación atmosférica producida por la quema de basura en las pampas de Reque**. En Revista Tzoehcoen. Número 1: 145-158. Universidad Señor de Sipán. Chiclayo, Perú. 14 p.
- Pfafstetter, O. 1989. **Classification of hydrographic basins: coding methodology**. Manuscrito no publicado. Departamento Nacional de Obras de Saneamiento. San Pablo, Brasil.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2010. **Perspectivas del medio ambiente: América Latina y el Caribe**. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Ciudad de Panamá, Panamá. 380 p.
- Pro-GAI (Programa Institucional de Gestión Ambiental Integral). 2007. **Diagnóstico de la situación de la micro-cuenca del río Purires**. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 37 p.
- PRU-GAM (Planificación Regional Urbana de la Gran Área Metropolitana del Valle Central de Costa Rica). 2010. **Mapa de uso de la tierra para la Gran Área Metropolitana**. San José, Costa Rica.
- Ramakrishna, B. 1997. **Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: Conceptos y experiencias**. Serie Investigación y Educación en desarrollo sostenible. GTZ-IICA. San José, Costa Rica. 338 p.
- REDLACH (Red Latinoamericana de Cuencas Hidrográficas), 2009. **Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas como aporte a la Mitigación de los Cambios Climáticos**. Publicaciones FAO. Santiago, Chile. 18 p.
- Richters, E. 1985. **Descripción del uso de la tierra en áreas rurales: perfil general**. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 8 p.
- Rodas, G. 2008. **Manejo y gestión de zonas de recarga hídrica de microcuencas y fuentes de agua para consumo humano en Honduras**. Tesis de Maestría, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 106 p.

- Rojas, R. s.f. **Las relaciones agua-suelo-planta-atmósfera en planificación, diseño y manejo de proyectos de aguas y tierras.** Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 41 p.
- Rosales, E. 2003. **Tanques sépticos. Conceptos teórico base y aplicaciones.** CIVCO-ITCR. Cartago, Costa Rica. 8 p.
- Saenz, I. 2002. **Estimación de la cantidad de viviendas y consumo de agua.** Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 61 p.
- Salas, C. 2010. **Comportamiento hidrológico y erosivo en usos de suelo prioritarios de la campiña lechera en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica.** Tesis de Maestría, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 115 p.
- Solanes, M. y González-Villareal, F. 1999. **The Dublin Principles for Water as Reflected in a Comparative Assessment of Institutional and Legal Arrangements for Integrated Water Resources Management.** Serie de documentos del CTA de la Global Water Partnership. Número 3. Estocolmo, Suecia. 48 p.
- Solorio, C. 2011. **Quema de basura, un problema de salud.** Diario Tabasco Hoy. Tabasco, México. Consulta internet en el sitio [http://www.tabascohoy.com/noticia.php?id\\_nota=212890](http://www.tabascohoy.com/noticia.php?id_nota=212890).
- Strahler, A. 1952. **Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology.** Boletín de la Geological Society of America. Número 63 (11): 1117-1142. Nueva York, Estados Unidos. 26 p.
- Strahler, A. 1957. **Quantitative analysis of watershed geomorphology.** Transacciones de la American Geophysical Union. Número 8 (6): 913-920. Washington D.C., Estados Unidos. 8 p.
- Strahler, A. H. y Strahler, A. N. 1989. **Geografía Física.** Ediciones Omega. Barcelona, España.
- Tricart, J. y Cailleux, A. 1972. **Introduction to Climatic Geomorphology.** St. Martins Press. Nueva York, Estados Unidos. 295 p.
- UNA (Universidad Nacional de Costa Rica). 2004. **Situación del agua en Costa Rica.** Resumen Ejecutivo. Heredia, Costa Rica. 20 p.
- UNAGUAS (Unión de Asociaciones Griegas por el Ambiente y la Salud). 2003. **Estatutos Sociales.** Grecia, Alajuela, Costa Rica. 14 p.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2003. **Water for people, water for life.** Resumen ejecutivo del Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. París, Francia. 36 p.

- USGS (United States Geological Survey), DGGMH (Dirección General de Geología y Minas e Hidrocarburos), UCR. 1987. **Mapa geológico de Costa Rica**. San José, Costa Rica.
- Veas, N. 2009. **Caracterización y estimación de la erosión laminar en un bosque premontano a partir de un modelado hidrológico. Microcuenca del río San Lorencito, cordillera volcánica de Tilarán, Costa Rica**. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 152 p.
- Wiersum, K. 1985. **Effect of various vegetation layers in Acacia auriculiformis forest plantation on surface erosion in Java, Indonesia**. Revista Soil Erosion and Conservation. Número 1985: 79-89. Iowa, Estados Unidos. 11 p.

## ANEXOS

### **Anexo 1. Expertos consultados para la ponderación de las zonas de probable recarga hídrica según álgebra de mapas**

- Ph.D. Jorge Faustino, Ingeniero, Director Maestría de Gestion Integral de Cuencas Hidrográficas, CATIE
- Dr. Sc. Francisco Jiménez, Agrónomo, Profesor Maestría en Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas, CATIE
- Lic. Heiner Acevedo, Ingeniero Forestal, Líder Unidad de SIG y Teledetección, INBio
- Lic. Oscar Chacón, Geógrafo, Líder a.i. Unidad de SIG y Teledetección, INBio
- Ph.D. Christian Birkel, Hidrólogo, Universidad de Aberdeen
- M.Sc. Yamileth Astorga, Bióloga, Coordinadora PRO-GAI

## Anexo 2. Formato de la entrevista semi estructurada elaborada para determinar la percepción de los usuarios de las ASADAS seleccionadas



### PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS RESPECTO A SU ASADA

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

1. ASADA: \_\_\_\_\_
2. Sexo: \_\_\_\_, 3. Usuario/a desde: \_\_\_\_\_, 4. Personas que viven en el hogar: \_\_\_\_\_
5. ¿Cuenta usted con medidor? Sí ( ) No ( ) Sí, ¿cuánto paga por mes?: \_\_\_\_\_
6. ¿Si usted tuviera que elegir, que tipo de servicio preferiría? Medidor ( ) Libre ( )  
¿Por qué? \_\_\_\_\_

#### II. INFORMACIÓN AMBIENTAL

7. ¿Considera usted que es necesario ahorrar agua? Sí ( ) No ( ).  
¿Por qué?: \_\_\_\_\_
8. ¿Considera que usted y su familia ahorran agua en su hogar? Sí ( ) No ( )  
Sí, ¿cómo? \_\_\_\_\_
9. ¿Cómo califica usted la calidad del agua en su hogar? Buena ( ) Regular ( ) Mala ( )
10. ¿Utiliza usted métodos alternativos de potabilidad? Si ( ) No ( ) ¿Cuál? \_\_\_\_\_
11. ¿Ha percibido alguna reducción de cantidad de lluvia que cae en la zona? Sí ( ) No ( )  
¿A qué cree que se deba? \_\_\_\_\_
12. ¿Ha percibido alguna reducción en la disponibilidad del agua potable en su hogar? Sí ( ) No ( )  
¿A qué cree que se deba? \_\_\_\_\_
13. ¿Sabe usted de donde proviene el agua que consume? Sí ( ) No ( )  
\_\_\_\_\_
14. ¿Sabe usted de qué depende que siga “naciendo” el agua ahí? Sí ( ) No ( )  
\_\_\_\_\_
15. ¿En su opinión, cuales son las dos mayores amenazas naturales para su ASADA?  
1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_
16. ¿Podría decirme usted qué es una cuenca hidrográfica? Sí ( ) No ( )  
\_\_\_\_\_
17. ¿Podría decirme usted qué es la zona de recarga hídrica? Sí ( ) No ( )  
\_\_\_\_\_
18. ¿Alguna vez ha escuchado acerca de la Com-Purires? Sí ( ) No ( )  
Sí, ¿dónde? \_\_\_\_\_

¿Considera que su gestión es efectiva? \_\_\_\_\_.

### III. PERCEPCIÓN SOBRE LA ASADA

19. ¿De 1 a 100, cómo calificaría usted el desempeño de su ASADA? \_\_\_\_\_.

20. ¿Ha mejorado la ASADA su desempeño respecto a 5 años atrás? Sí ( ) No ( )

¿cuáles han sido los principales cambios (positivos o negativos) que se han dado en la ASADA respecto a 5 años atrás? \_\_\_\_\_

21. Para usted, cuáles son los 2 aspectos más positivos de su ASADA:

1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_

22. Para usted, cuáles son los 2 aspectos de mayor importancia en los que debe mejorar su ASADA:

1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_

23. ¿Estaría dispuesto a pagar una mayor tarifa por una mejora del servicio? Si ( ) No ( )

24. ¿Usted o algún miembro de su núcleo familiar se involucra directamente con asuntos de la ASADA? Sí ( ) No ( )

25. ¿Estaría usted interesado (a) en participar en un grupo comunal que trabaje por el manejo y la conservación del agua y que sirva de apoyo a la ASADA? Sí ( ) No ( )  
Si su respuesta es afirmativa, indíqueme como localizarlo

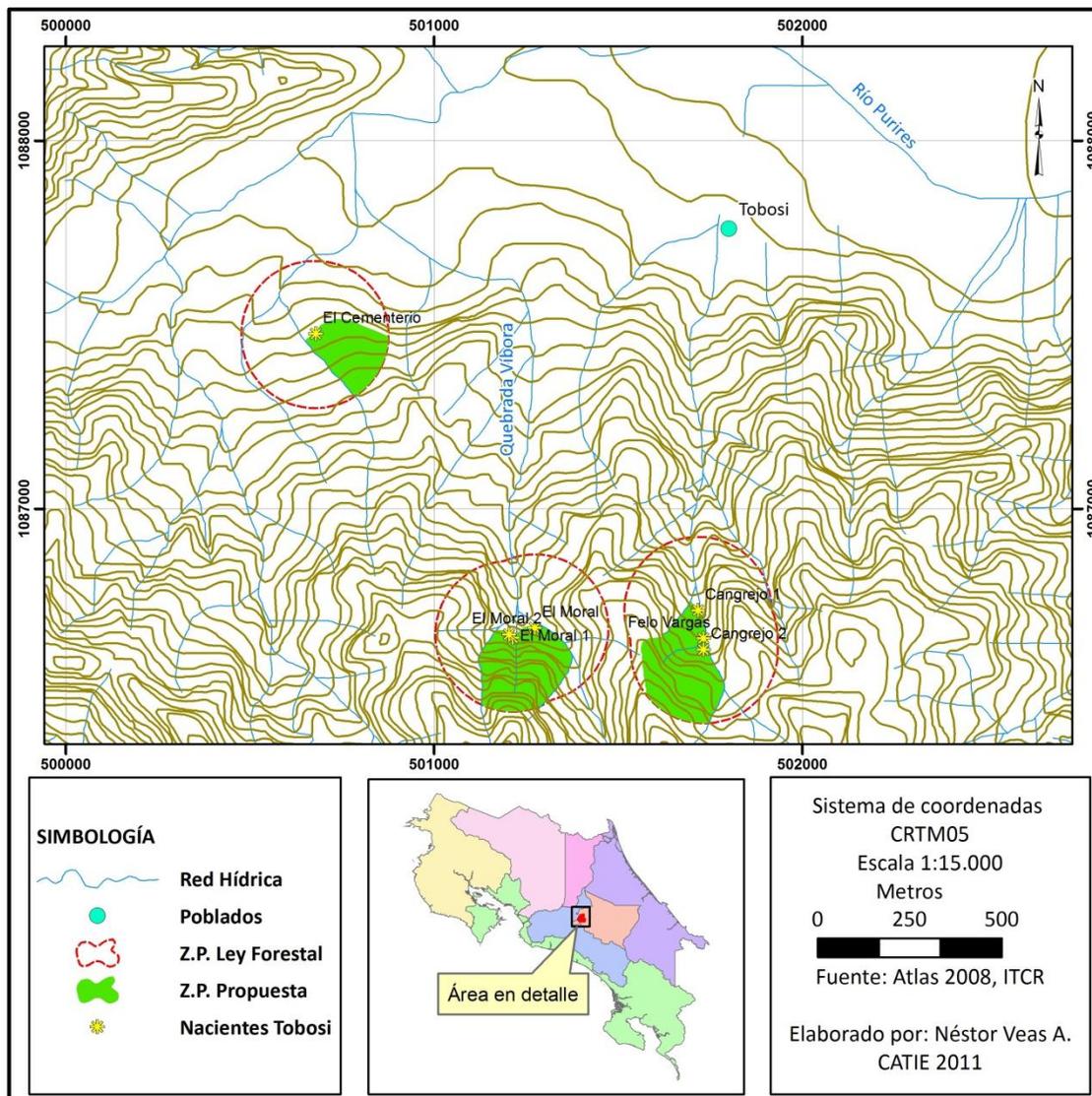
26. ¿Considera usted que la ASADA ha generado una conciencia de conservación ambiental en la población? Mucha ( ) Poca ( ) Ninguna ( )

27. Como usuario directo, ¿ha recibido usted alguna capacitación respecto a educación ambiental? Sí ( ) No ( ). ¿Dónde? \_\_\_\_\_ ¿En qué tema? \_\_\_\_\_  
¿Le sirvió la capacitación? Mucho ( ) Poco ( ) Nada ( )

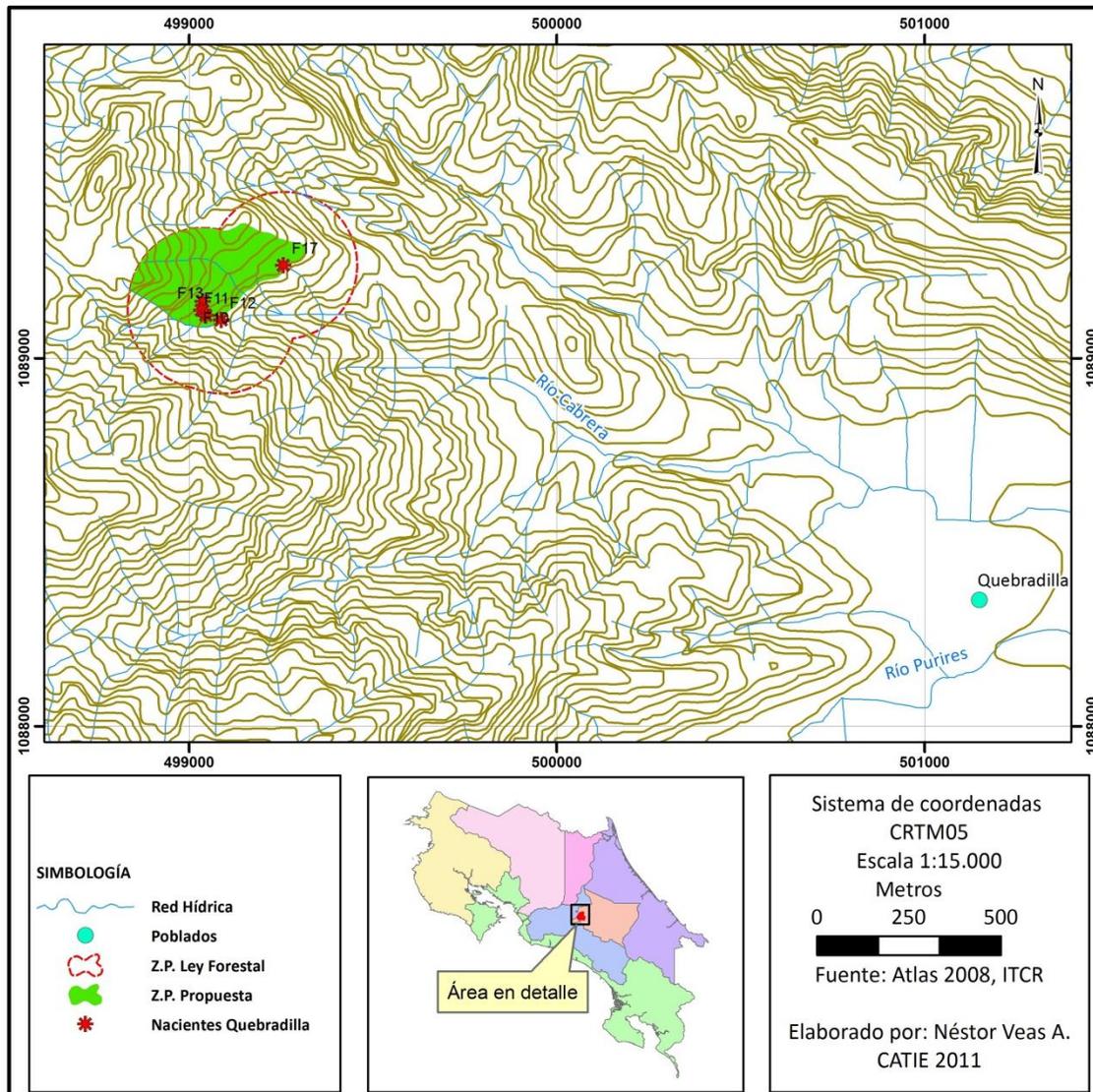
28. ¿Alguien de su núcleo familiar ha recibido alguna capacitación respecto a educación ambiental? Sí ( ) No ( ). ¿Dónde? \_\_\_\_\_ ¿En qué tema? \_\_\_\_\_  
¿Le sirvió la capacitación? Mucho ( ) Poco ( ) Nada ( )

\_\_\_\_\_  
Nombre del Encuestador

### Anexo 3. Áreas de protección prioritaria propuesta para la ASADA de Tobosi



### Anexo 4. Áreas de protección prioritaria propuesta para la ASADA de Quebradilla



## Anexo 5. Áreas de protección prioritaria propuesta para la ASADA de Higuito

