

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

**Análisis de la calidad del 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 sometida a consideración de la Escuela de Postgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado de:
Magíster Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas

Por

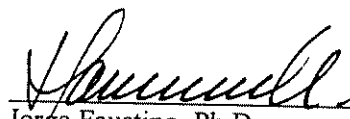
Mario René Mejía Clara

Turrialba, Costa Rica, 2005


Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación 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

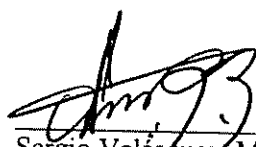
FIRMANTES:



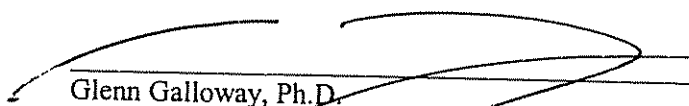
Jorge Faustino, Ph.D.
Consejero Principal




Francisco Jiménez, Dr.Sc.
Miembro Comité Consejero



Sergio Velásquez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
Director Programa de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado



Mario René Mejía Clara
Candidato

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, y acompañarme siempre.

A la fe de mi madre, por su apoyo incondicional en la vida.

A la memoria de mi padre, estará orgulloso en cualquier parte que se encuentre.....

A mi esposa por su amor en los momentos difíciles.

A Mariana, por ser mi fuente de ilusión y lucha en la vida, te espero.....

A mis hermanos, ejemplos a seguir de trabajo y honestidad.

AGRADECIMIENTOS

A las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	IX
SUMMARY.....	X
ÍNDICE DE CUADROS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XIII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación e importancia de la investigación.....	3
1.2 Objetivos del estudio.....	5
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
2 MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.1 Escasez de agua.....	6
2.2 Calidad del agua.....	6
2.3 Los conceptos y tipos de contaminación del agua.....	8
2.4 Importancia de la calidad del agua.....	10
2.5 Calidad y cantidad de agua en una microcuenca hidrográfica.....	11
2.6 Factores que influyen en la cantidad y calidad del agua.....	11
2.6.1 <i>Uso de la tierra y su relación con la calidad del agua</i>	11
2.6.2 <i>La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua</i>	12
2.6.3 <i>La agricultura y su influencia en la calidad del agua</i>	13
2.6.4 <i>Actividades humanas</i>	15
2.6.5 <i>Cobertura vegetal</i>	15
2.6.6 <i>Actividades forestales</i>	16
2.7 Procesos que afectan la calidad de agua en una microcuenca.....	16
2.8 Criterios de calidad de agua.....	18
2.8.1 <i>Principales indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad de agua</i> ...	18

2.8.2	<i>Indicadores microbiológicos del agua</i>	19
2.8.3	<i>Indicadores físicos y químicos del agua</i>	19
2.8.3.1	Oxígeno disuelto	19
2.8.3.2	Demanda Bioquímica de Oxígeno	20
2.8.3.3	pH o concentraciones de iones hidrógeno.....	20
2.8.3.4	Turbidez	20
2.8.3.5	Sólidos totales disueltos	20
2.8.3.6	Conductividad	20
2.9	Agua y salud	21
2.10	Tecnologías apropiadas para desinfección del agua	22
2.10.1	<i>Desinfección física</i>	23
2.10.2	<i>Desinfección química</i>	26
2.11	Participación comunitaria	26
3	MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1	Descripción del área de estudio	29
3.2	Características de la microcuenca.....	30
3.2.1	<i>Características socioeconómicas</i>	30
3.2.2	<i>Población</i>	30
3.2.3	<i>Salud</i>	31
3.2.4	<i>Educación</i>	31
3.2.5	<i>Instituciones presentes</i>	32
3.2.6	<i>Organización comunitaria</i>	32
3.2.7	<i>Medios de comunicación</i>	33
3.3	Características biofísicas de la microcuenca El Limón	33
3.3.1	<i>Fisiografía, relieve y drenaje</i>	33
3.3.2	<i>Zonas de vida</i>	34
3.3.3	<i>Clima</i>	34
3.3.4	<i>Suelos</i>	34
3.3.5	<i>Uso actual de los suelos</i>	35

3.4	Métodos Estadísticos	35
3.4.1	<i>Muestreo</i>	35
3.5	Procesos metodológicos.....	36
3.5.1	<i>Objetivo específico 1. Realizar un balance entre la oferta y la demanda social del agua mediante método participativo y descripción de la organización y administración del agua en la microcuenca El Limón.</i>	36
3.5.2	<i>Objetivo específico 2: Analizar la relación entre calidad del agua existente con el uso y manejo del agua que se está desarrollando en la zona, y determinar cuáles son los contaminantes que afectan la calidad del agua de la microcuenca El Limón.</i> ...	38
3.5.2.1	Toma de muestras de agua	39
3.5.2.2	Toma de muestras de los grifos	40
3.5.2.3	Transporte de las muestras	40
3.5.3	<i>Objetivo específico 3. Identificar tecnologías que puedan ser utilizadas en la zona para la desinfección de agua con fines de consumo humano, y determinar la percepción local de estas tecnologías.</i>	41
3.5.4	<i>Objetivo específico 4. Hacer una inspección sanitaria del acueducto de abastecimiento de agua. Definir medidas de mitigación para disminuir la contaminación, y difundir la información, a través de gobiernos municipales y unidades de medio ambiente.</i>	42
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1	Objetivo específico 1. Realizar un balance entre la oferta y la demanda social del agua mediante método participativo y descripción de la organización y administración del agua en la microcuenca El Limón.....	46
4.1.1	<i>Sistema de organización y administración del agua</i>	46
4.1.2	<i>Estimación anual de la oferta y demanda social del agua en la microcuenca</i>	53
4.1.3	<i>Balance de la oferta y la demanda de agua en la microcuenca</i>	58
4.2	Objetivo específico 2. Analizar la relación entre calidad del agua existente con el uso y manejo del agua que se está desarrollando en la zona, y determinar con los pobladores cuáles son los contaminantes que afectan la calidad del agua de la microcuenca El Limón.	59
4.2.1	<i>Resultados de muestras de agua del laboratorio</i>	60
4.2.1.1	Parámetros físicos	60
4.2.1.2	Parámetros químicos	63
4.2.1.3	Parámetros bacteriológicos	65

4.2.2	<i>Procesos que se desarrollan en la microcuenca que interfieren en la calidad del agua</i>	67
4.3	Objetivo específico 3. Identificar tecnologías que puedan ser utilizadas en la zona para la desinfección de agua con fines de consumo humano y determinar la percepción local de estas tecnologías.	73
4.3.1	<i>Educación y salud de la población en estudio</i>	73
4.3.2	<i>Métodos de desinfección propuestos</i>	76
4.3.3	<i>Manejo del agua en el hogar</i>	83
4.4	Objetivo específico 4. Hacer una inspección sanitaria del acueducto de abastecimiento de agua. Definir medidas de mitigación para disminuir la contaminación, y difundir la información, a través de gobiernos municipales y unidades de medio ambiente. .	84
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	¡Error! Marcador no definido.
5.1	Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
5.2	Recomendaciones	¡Error! Marcador no definido.
6	LITERATURA CITADA	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

Palabras clave: calidad de agua, coliformes fecales, sistemas de agua, tecnologías de desinfección de agua, contaminación, manejo de agua.

El estudio se realizó en la microcuenca El Limón, ubicada en la subcuenca del Río Copán, Honduras, en el período de enero a julio de 2005, con el objetivo de hacer un análisis socio ambiental de la calidad del agua para consumo humano, y determinar la percepción local del uso de tecnologías apropiadas para desinfección de agua. Se hicieron análisis de laboratorio de las principales fuentes de consumo humano mediante parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua. Se obtuvo una recopilación del conocimiento local del uso y manejo del agua mediante una metodología participativa, información que llevó al planteamiento de alternativas y acciones sostenibles para mantener la calidad del agua para consumo dentro de los rangos permitidos por la Norma Técnica Nacional.

La información secundaria fue recopilada a través de los actores clave y de las diferentes instituciones vinculadas a la administración del recurso en la microcuenca. La información de campo se obtuvo mediante recorridos por los cauces de las principales quebradas, aplicación de encuestas a los pobladores y usuarios del agua de la microcuenca, y talleres participativos donde se analizaron los diferentes procesos que se están desarrollando en la microcuenca y que contribuyen a la contaminación del agua. Se georeferenciaron las obras de captación y se practicaron aforos en las mismas. Para el análisis de la información obtenida en la fase de campo se utilizaron los programas Infostat y Arview 3.2.

Los resultados mostraron que la oferta es mayor a la demanda, y la disponibilidad está en su límite máximo ya que el recurso no se está utilizando de manera sostenible. La calidad del agua se ve afectada por la turbidez y sedimentación en la parte física, y por contaminación biológica con coliformes fecales. Los usuarios muestran poca aceptación al uso de tecnologías de desinfección propuestas debido a la desinformación en cuanto a salud y poca preocupación por su nivel de vida. El análisis de riesgo practicado al acueducto principal muestra un riesgo medio en la mayoría de sus componentes, y las principales deficiencias del sistema de abastecimiento.

SUMMARY

Keywords: water quality, fecal coliforms, water systems, water disinfection technologies, contamination, water handling.

The study was carried out in The Limon microwatershed, located in the watershed of the Copan River, Honduras, in the period from January to July 2005, with the objective of making a socio-environmental analysis of the quality of the water for human consumption, and to determine the local perception of the use of appropriate technologies for disinfection of water. Laboratory analysis of the main sources of human consumption was conducted by means of physical, chemical and bacteriological parameters of the water. A summary of the local knowledge of the use and handling of the water was obtained by means of participatory methodology, information that proposed alternative and sustainable actions to maintain the quality of water for consumption inside the ranges allowed by the National Technical Norm.

The secondary information was gathered through the key actors and of the different institutions linked to the administration of the water resource in the microwatershed. The field information was obtained by means of having traveled by the main streams, application of surveys to the residents and users of the water of the microwatershed, and participatory workshops where the different processes were analyzed, that are developing in the microwatershed and that contribute to the contamination of the water. The reservoir works were referenced using global positioning system and water measurements were conducted in the same. The Infostat and Arcview 3.2 were used for the analysis of the information obtained in the field phase.

The results showed that the supply is bigger than the demand, and the availability is to its maximum limit since the resource is not being used in a sustainable way. The quality of the water is affected by the turbidity and sedimentation in the physical part, and by biological contamination with fecal coliforms. The users show little acceptance to the use of disinfection technologies proposed due to the disinformation as for health and little concern for their quality of life. The risk analysis practiced to the main aqueduct shows a medium risk in most of their components, and the main deficiencies of the supply system.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Disponibilidad hídrica anual per cápita en Centroamérica	2
Cuadro 2. Rangos permisibles de contaminantes en fuentes de agua para consumo humano en Honduras.	8
Cuadro 3. Parámetros físicos y químicos de calidad del agua potable.	18
Cuadro 4. Frecuencia con que se deben de realizar de toma de muestras de agua.	39
Cuadro 5. Indicadores claves que se consideraron en la inspección del sistema de abastecimiento de agua en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	43
Cuadro 6. Codificación de los tipos de riesgo.	44
Cuadro 7. Coordenadas de tomas de agua georeferenciadas de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	54
Cuadro 8. Población y número de casas por comunidad en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	56
Cuadro 9. Resultados de análisis físicos del agua de consumo de las diferentes comunidades de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	61
Cuadro 10. Resultados de los análisis químicos del agua por comunidad de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	63
Cuadro 11. Resultados de los análisis de pruebas bacteriológicas de agua de consumo humano de las diferentes comunidades de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	66
Cuadro 12. Área de cobertura vegetal en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	68
Cuadro 13. Población estudiantil durante el año lectivo 2004 en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	73
Cuadro 14. Acceso de la población a servicios básicos por comunidad en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	74
Cuadro 15. Número de personas afectadas por enfermedades gastrointestinales en año 2004 en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	75
Cuadro 16. Resumen de los indicadores del sistema de abastecimiento para la inspección sanitaria.	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Factores que influyen en la calidad del agua en una microcuenca.....	11
Figura 2. Mapa de ubicación microcuenca El Limón Copán, Honduras.....	29
Figura 3. Esquema del proceso metodológico aplicado en el estudio.	45
Figura 4. Caudal de tomas de agua de las comunidades dentro la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	54
Figura 5. Mapa de tomas de captación de agua en la red hídrica de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	55
Figura 6. Toma de agua de comunidad Agua Zarca y El Rosario.....	56
Figura 7. Consumo de agua en metros cúbicos por comunidad en microcuenca El Limón, Copán, Honduras.	57
Figura 8. Causas y efectos de la contaminación del agua en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.....	60
Figura 9. Posibles causas de contaminación del agua manifestada por los pobladores de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.....	69
Figura 10. Mapa de uso de suelo en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.....	71
Figura 11. Disponibilidad de la población de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras a implementar métodos de desinfección.....	77
Figura 12. Filtro Bioarena.....	80
Figura 13. Aceptación de la población de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras, a los diferentes métodos de desinfección de agua propuestos.	83

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

m³: metros cúbicos

l: litros

gpm: galones por minuto

s: segundos

cms: centímetros

°C: grados centígrados

gl: galones

1 INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento esencial para la vida y todos somos conscientes que es necesaria para todos los seres vivos, para la producción de alimentos, electricidad, mantenimiento de la salud. También es requerida en el proceso de elaboración de muchos productos industriales, medios de transporte y es esencial para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra (ONU/WWAP 2003).

El agua forma parte de todos los procesos naturales de la tierra, por lo que tiene un impacto en todos los aspectos de la vida. Debido a que cada organismo depende del agua, ésta se ha convertido en el eje primordial del desarrollo de la sociedad a través de la historia. Pero también el agua es un recurso limitado, muy vulnerable y escaso en los últimos años, y no existe una conciencia globalizada sobre el manejo razonable que se debe ejercer sobre el mismo. Esto origina crisis por el uso del agua, que provoca enfermedades de origen hídrico, desnutrición, crecimiento económico reducido, inestabilidad social, conflictos por su uso y desastres ambientales, por lo que es necesario mantener un monitoreo constante de la calidad del agua y conocer el uso de tecnologías o factores que afectan su calidad.

Sin la seguridad de tener acceso a agua de calidad, los humanos no podríamos sobrevivir por mucho tiempo. Las enfermedades relacionadas con el agua están entre los más comunes malestares y la mayoría de los casos se presentan en los países en desarrollo (ONU/WWAP 2003). Se ha estimado que para el año 2000, más de 2 billones de personas fueron afectadas por la escasez del agua en unos 40 países, de estos 1,1 billón no tuvo suficiente agua para tomar (WHO/UNICEF 2000).

En Centroamérica conforme a la clasificación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), los países de la región cuentan con recursos hídricos suficientes y no debieran afrontar problemas de abastecimiento, pues utilizan menos del 10% de los mismos (PACADIRH 2001) (Ver Cuadro 1). Sin embargo la distribución temporal y espacial de la lluvia, evidencia un déficit hídrico durante 5 a 7 meses en la Vertiente del Pacífico, donde vive cerca del 70 % de la población, pero escurre cerca del 30% del agua de lluvia, limitando la producción, la seguridad alimentaria y conflictos entre usuarios del agua.

Cuadro 1. Disponibilidad hídrica anual per cápita en Centroamérica

País	Gasto (m ³ /persona/año)	Captación en represas (m ³ /persona/año)
Belice	66.47	469
Costa Rica	27.936	1.54
El Salvador	2.82	137
Guatemala	11.81	126
Honduras	14.82	293
Nicaragua	37.48	267
Panamá	51.62	685

Fuente: Informe de Desarrollo Humano (2000).

Por otra parte, toda la región tiene problemas de contaminación de aguas, con afectaciones serias a la salud humana y animal. En Honduras, la mayoría de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas a nivel superficial están alterados desde sus características físicas, químicas y microbiológicas, por efecto de la disposición de residuos líquidos y sólidos, domésticos, agrícolas e industriales. Se estima que sólo cerca de un 5% de las aguas residuales reciben algún tratamiento y que el 50% de los desechos sólidos producidos son dispuestos directamente en fuentes de agua. Se desconocen los índices de contaminación química, pero anualmente se importan gran cantidad de insumos agrícolas. Adicionalmente, los patrones de asentamiento humano reducen las zonas de recarga hídrica y ponen en riesgo la calidad de las aguas subterráneas, al ubicarse en las partes altas de las cuencas, sin sistemas efectivos de desinfección y tratamiento de aguas residuales. La microcuenca El Limón presenta muchos de estos problemas de contaminación a pesar que abastece de agua a seis comunidades que cuentan con 2559 habitantes; existe una debilidad en la administración del recurso por falta de aplicación y control de los sistemas de regulación, esto como efecto de la baja capacidad local para darle un uso correcto al agua y conservar sus propiedades para consumo humano.

El presente estudio plantea un análisis de la calidad del agua en las dos quebradas que drenan a la microcuenca El Limón. Este análisis es importante para a determinar el grado de contaminación existente, identificar su origen, evaluar su procedencia aguas arriba, y así mismo caracterizar qué tipo de contaminantes y tecnologías están causando este fenómeno, jerarquizar las tecnologías que contaminan menos hasta las que contaminan más, para poder

recomendar medidas de mitigación, teniendo como objeto disminuir el grado de contaminación de la microcuenca a través de la implementación de tecnologías de bajo costo y apropiadas a las condiciones de la zona. La realización de este análisis se generó a través de una metodología participativa. Esta permitió identificar nuevas prácticas de manejo de aguas para proteger y recuperar la calidad del recurso hídrico, para satisfacer las necesidades actuales y requerimientos de la población, mejorando sus condiciones de vida y salud, impulsando de esa forma el desarrollo de la región.

1.1 Justificación e importancia de la investigación

Existe una diversidad de razones que justifica el estudio, incluyendo magnitud del problema de contaminación del agua, consideraciones socioeconómicas que intervienen y la influencia del área de estudio en el desarrollo del municipio de San Jerónimo, Copán.

La microcuenca El Limón posee gran importancia para el desarrollo de todas las actividades de las comunidades que utilizan el agua producida en ella; la misma ha sido por muchos años de valor económico para estas poblaciones, como ser consumo humano, actividades pecuarias, turismo, y conservación de ecosistemas, entre otros.

En la actualidad el recurso hídrico está bajo presiones crecientes como consecuencia del crecimiento de la población, el incremento de las actividades pecuarias y el establecimiento de asentamientos humanos en zonas no adecuadas, lo cual ha llevado a una competencia por los recursos limitados de agua dulce. Una combinación de problemas económicos y socioculturales sumados a una carencia de programas de superación de la pobreza, ha contribuido a personas que viven en condiciones precarias a sobreexplotar los recursos naturales, lo cual afecta negativamente la calidad del recurso agua; las carencias de medidas de control de la contaminación dificultan el uso sostenible del vital líquido. Según los actores, la causa de los problemas es la destrucción del bosque por incendios forestales, uso no adecuado del suelo, la falta de conciencia de conservación de los recursos naturales, y baja escolaridad de los pobladores. Sobre las consecuencias del problema, casi todos coinciden en la contaminación e insalubridad existente como efecto inmediato de la degradación de los recursos. El deterioro de la calidad del agua causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas

acuáticos, reduciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por el agua de calidad.

Cada vez, la calidad del agua es más baja, lo que puede contribuir a transmitir gran cantidad de enfermedades diarreicas agudas (EDA) (Otero 2002). Estas constituyen uno de los principales problemas de salud en la población infantil por que representan la primera causa de muerte en niños de 1 a 5 años de edad, en quienes ocasionan 3,2 millones de defunciones anuales en el mundo (Prieto *et al.* 1997). En un estudio realizado por la organización Panamericana de la Salud en 1984, se determinó que aproximadamente 75% de los sistemas de aguas locales y municipales en América Latina estaban mal desinfectados o carecían de sistemas de desinfección. Cabe destacar que el monitoreo de la calidad del agua potable, pone al alcance de las autoridades sanitarias información sistemática y rápida sobre la causa de cualquier brote o epidemia, permitiendo saber qué medidas tomar en cada caso.

1.2 Objetivos del estudio

1.2.1 Objetivo general

Analizar la calidad del agua de la microcuenca El Limón tomando en cuenta aspectos socioeconómicos, culturales y legales. Contribuir a la identificación y caracterización de tecnologías sencillas, eficientes, amigables con el ambiente, de fácil implementación en regiones rurales de escaso desarrollo socioeconómico, que permita mantener y mejorar la calidad del agua para consumo humano.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar un balance entre la oferta y la demanda del agua mediante métodos participativos y descripción de la organización y administración del agua en la microcuenca El Limón.
- Delimitar la microcuenca El Limón y elaborar un mapa georeferenciado de las tomas de agua, las comunidades, quebradas y uso de suelo. Analizar la relación entre calidad del agua existente con el uso y manejo del agua que se está desarrollando en la zona, y determinar cuáles son los contaminantes que afectan la calidad del agua de la microcuenca.
- Identificar tecnologías que puedan ser utilizadas en la zona para la desinfección de agua con fines de consumo humano, y determinar la percepción local de estas tecnologías.
- Hacer una inspección sanitaria del acueducto de abastecimiento de agua, definir medidas de mitigación para disminuir la contaminación, y difundir la información, a través del gobierno municipal, sistema educativo, bibliotecas públicas, ONG's y organizaciones oficiales.

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Escasez de agua

Los recursos hídricos se encuentran en peligro, los más importantes y estratégicos están sometidos a un alto grado de vulnerabilidad, por negligencia, falta de conciencia y desconocimiento de la población acerca de la obligación de protegerlos y la carencia de autoridades, profesionales y técnicos, a los que les corresponde cuidarlos y utilizarlos (Reynolds 2002).

Cerca de una tercera parte de la población del planeta vive en países que sufren una escasez de agua alta o moderada. Unos 80 países, que representan el 40% de la población mundial, sufrían una grave escasez de agua a mediados del decenio de los noventa, y se calcula que en menos de 25 años las dos terceras partes de la población mundial estarán viviendo en países con escasez de agua.

Se prevé que para el año 2020, el aprovechamiento de agua aumentará en un 40%, y que aumentará un 17% adicional para la producción alimentaria, a fin de satisfacer las necesidades de una población en crecimiento (CEPAL 2002).

Honduras tiene abundantes recursos hídricos. Existen dos sistemas fluviales que drenan desde las montañas centrales hasta el Mar Caribe y otras hacia el Océano Pacífico. A pesar de contar con estos recursos persisten los problemas relacionados a la cobertura y eficiencia de la calidad de los abastecimientos de agua y servicios de salud, su desenfrenada contaminación, el agotamiento de las fuentes subterráneas, el deterioro de las aguas dulces se ha convertido en un problema serio, ya que aproximadamente solo el 30% de la población consume agua con los estándares establecidos por la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

2.2 Calidad del agua

El problema de la calidad de agua es tan importante como aquellos relativos a la escasez de la misma, sin embargo, se le ha brindado menos atención. El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria.

La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las

necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Mendoza 1976).

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (FAO 1993).

El análisis de cualquier agua revela la presencia de gases, elementos minerales, elementos orgánicos en solución o suspensión y microorganismos patógenos. Los primeros tienen origen natural, los segundos son procedentes de las actividades de producción y consumo humano que originan una serie de desechos que son vertidos a las aguas para su eliminación (Sáenz 1999).

La contaminación causada por efluentes domésticos e industriales, la deforestación y las malas prácticas de uso de la tierra, están reduciendo notablemente la disponibilidad de agua. En la actualidad, una cuarta parte de la población mundial, que principalmente habita en los países en desarrollo, sufre escasez severa de agua limpia, lo que provoca que haya más de diez millones de muertes al año producto de enfermedades relacionadas a la contaminación hídrica (OPS 1999).

Muchas de las actividades humanas contribuyen a la degradación del agua, afectando su calidad y cantidad. Entre las causas de mayor impacto a la calidad del agua en las cuencas hidrográficas de mayor importancia, está el aumento y concentración de la población, actividades productivas no adecuadas, presión sobre el uso inadecuado, mal uso de la tierra, la contaminación del recurso hídrico con aguas servidas domésticas sin tratar, por la carencia de sistemas adecuados de saneamiento, principalmente en las zonas rurales. De igual manera, la contaminación por excretas humanas representa un serio riesgo a la salud pública (OMS 1999).

Es de vital importancia, tanto para la salud humana como para el bienestar de la sociedad, contar con un abastecimiento seguro y conveniente, de satisfacción para el consumo humano, y la higiene personal debe ceñirse a normas adecuadas en cuanto a disponibilidad, cantidad, calidad y confiabilidad del abastecimiento. Dado que el agua es un líquido vital para los seres vivos, debe poseer un alto grado de potabilidad que puede resumirse en:

Condiciones físicas: que sea clara, transparente, inodora e insípida. Condiciones

químicas: que disuelva bien el jabón sin formar grumos, que cueza bien las legumbres.

Condiciones biológicas: que esté libre de organismos patógenos, con alto contenido de

oxígeno y una temperatura que no debe sobrepasar más de 5°C a la del ambiente, pH no menor de seis ni mayor de ocho.

En Honduras, los parámetros para todo uso doméstico los establece la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable. Algunos de estos parámetros se muestran en el Cuadro 2. Su objetivo es de proteger la salud pública mediante establecimiento de los niveles adecuados o máximos permisibles que puedan representar riesgo para la salud de la comunidad. Esta norma es aplicada por el Ministerio de Salud y creada bajo Decreto Ejecutivo No. 84 del 31 de julio de 1995 y entró en vigencia en octubre del mismo año.

Cuadro 2. Rangos permisibles de contaminantes en fuentes de agua para consumo humano en Honduras.

Criterios	Excelente	Buena	Mala	Disponible
DBO5 promedio (mg/l)	0,75 - 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 4	>4
Cloruros (mg/l)	< 50	50 - 250	250 - 600	>600
Nitratos (mg/l)	< 25	25 - 50	>50	NA
Fluoruros (mg/l)	< 1,5	1,5 - 3	>3	NA
Coliformes (NMP/100 ml)	0 - 50	50 - 5.000	5.000 - 20.000	>600

Fuente: Norma Técnica Nacional. Decreto No.84.

2.3 Los conceptos y tipos de contaminación del agua

Contaminación es la acción y efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica (Gallego 2000). Dado que el agua rara vez se encuentra en estado puro, la noción de contaminante del agua comprende cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración impida los usos benéficos del agua (Sagardoy 1993).

Las categorías de contaminación que impactan a los recursos hídricos se derivan de fuentes puntuales y no puntuales. Éstas afectan y alteran las características naturales de los recursos hídricos, ocasionalmente por actividades naturales, pero en su mayoría el mayor de los impactos es de carácter antropogénico (FAO 1993).

Dependiendo de su origen existen dos tipos de contaminación de las aguas:

Contaminación puntual: es aquella que descarga sus aguas en un cauce natural, proviene de una fuente específica, como suele ser un tubo o dique. En este punto el agua puede ser medida, tratada o controlada. Este tipo de contaminación está generalmente asociada a las industrias y las aguas negras municipales.

Contaminación difusa: es el tipo de contaminación producida en un área abierta, sin ninguna fuente específica; este tipo de contaminación está generalmente asociada con actividades de uso de tierra tales como, la agricultura, urbanizaciones, pastoreo y prácticas forestales.

La contaminación puntual es fácil de eliminar, si se cuenta con los medios para almacenar el agua vertida, contaminada y tratarla. Generalmente se utilizan tanques de sedimentación, donde se depositan los sedimentos en el fondo y luego se trata con químicos el agua para ser vertida a las aguas naturales. El sedimento luego se utiliza como abono orgánico y se estabiliza en un lugar seguro. En el caso de la contaminación difusa, su control es más difícil debido a su naturaleza intermitente y su mayor cobertura.

Entre las fuentes de mayor dificultad de controlar, y que causan mayor impacto, se encuentran las fuentes no puntuales de contaminación, caso de parcelas donde fluye el agua sobre la superficie de la tierra arrastrando nutrientes, fertilizantes, plaguicidas y otros contaminantes aplicados en las actividades agropecuarias y forestales (FAO 1993). Este tipo de contaminación es causado por escorrentías de tierras agropecuarias, silvicultura, y ocupación urbana. No se produce de un lugar específico y único, sino que resulta de la escorrentía, precipitación y percolación, se presenta cuando la tasa a la cuál los materiales contaminantes que entran en el cuerpo de agua, exceden los niveles naturales (Villegas 1995).

Las fuentes puntuales de contaminación se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo arrastrado por el agua de lluvia. Estos contaminantes consiguen abrirse paso hasta las aguas subterráneas, tierras húmedas, ríos, lagos, y finalmente hasta los océanos en forma de sedimentos y cargas químicas. La repercusión de estos contaminantes puede ir desde pequeños trastornos hasta graves catástrofes ecológicas sobre peces, aves, mamíferos y salud humana. La característica principal de estas fuentes es que responden a las condiciones hidrológicas (Ongley 1997). Como ejemplo de este tipo de contaminación se pueden mencionar las actividades industriales y la contaminación de origen doméstico como excretas humanas, grasas, y jabones (Repetto y Moran 2001).

2.4 Importancia de la calidad del agua

Cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano es menor, debido al crecimiento poblacional, incremento en el consumo *per càpita*, contaminación de las fuentes de agua en general y al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas (Randulovich 1997).

“Tomando como ejemplo los países del Continente Africano, si en Honduras no se define una estrategia de preservación del agua, en los próximos 50 años se quedará sin agua, aunque tenga el suficiente recurso hídrico”, advirtió el coordinador de la Plataforma del Agua del PNUD, Julio Cárcamo, quien sugirió que los distintos sectores del país, involucrados en el tema, tomen acciones inmediatas (El Heraldó 2004).

Aunque el recurso hídrico sea constante, la calidad de la misma va disminuyendo rápidamente, como consecuencia de la contaminación de las fuentes de agua, lo cual genera el estrés hídrico. En la región Centroamericana, la magnitud del problema de la contaminación es alarmante ya que a estas alturas es imposible solucionar el problema mediante la dilución por efecto del aumento del caudal (Ongley 1997).

El peligro de que ciertos elementos solubles se incorporen al agua, y aún más peligroso, si estos elementos están en contacto directo con estas fuentes de agua, provocarán enfermedades en la salud pública. Las implicaciones de consumir agua contaminada son muchas: En el contexto de la salud pública se establece que aproximadamente un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en vías de desarrollo tienen principal causa la ingestión del agua contaminada. Se estima que el 70% de la población que vive en áreas rurales de países en desarrollo, está principalmente relacionada con la contaminación de agua por heces fecales (OPS 1999).

Lo anterior tiene una estrecha relación con la escorrentía superficial, una forma de contaminación difusa o no localizada. La contaminación por fuentes no localizadas contribuye significativamente con niveles altos de agentes patógenos en las fuentes de aguas superficiales, especialmente por coliformes fecales de origen humano y animal. En este sentido, un suministro seguro de agua para uso potable en cantidad, calidad y continuidad, contribuye a la reducción de la probabilidad de enfermedades transmitidas por la vía fecal y oral (OPS 1999).

2.5 Calidad y cantidad de agua en una microcuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es la unidad de análisis y planificación para darle el enfoque integrado al estudio del recurso hídrico superficial y subterráneo. Es el territorio o espacio de terreno limitado por cerros, partes elevadas y montañas, de los cuales se configura una red de drenaje superficial, que en presencia de precipitación de lluvias, forma el escurrimiento de un río para conducir sus aguas a un río más grande o a otro río principal, lago o mar (Faustino 2001).

En una cuenca hidrográfica se da el deterioro de los suelos, bosques y agua, daño a las aguas superficiales, los cuales se reflejan como una respuesta inmediata de la cuenca a las alteraciones en la ocurrencia temporal del flujo y el deterioro de la calidad de las aguas de ríos.

Los recursos naturales de una cuenca (agua, suelo, biodiversidad) son renovables si se pueden reemplazarse por la vía natural o mediante la intervención humana. Por el contrario, son no renovables cuando no se les puede reemplazar en un periodo de tiempo significativo en términos de las actividades humanas a que están sometidos (Ramakrishna 1997).

2.6 Factores que influyen en la cantidad y calidad del agua

2.6.1 Uso de la tierra y su relación con la calidad del agua

La investigación explora los factores, actividades, procesos y condiciones sociales que estén incidiendo en la cantidad y calidad del agua de la microcuenca como se muestra en la Figura 1.

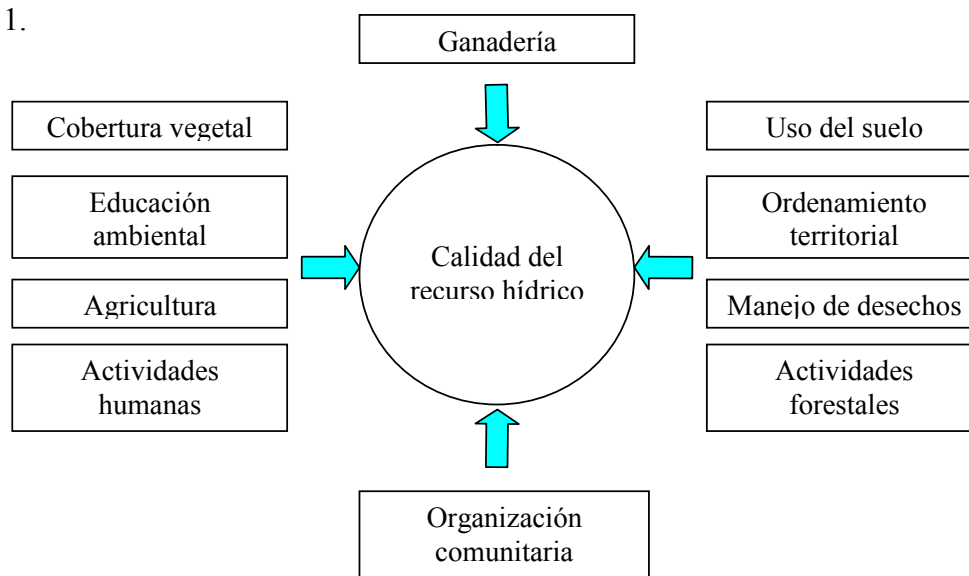


Figura 1. Factores que influyen en la calidad del agua en una microcuenca.

Los cambios en el uso de la tierra sobre la calidad del agua han sido ampliamente comprobados. Éstos provocan alteraciones en los regímenes hídricos, cambios dramáticos de la calidad y cantidad del agua, especialmente al uso potable. Las prácticas de manejo en el uso de la tierra tienen una influencia muy fuerte en la calidad y cantidad del agua (Mitchell *et al.* 1991).

Se dice que el 80% del deterioro de la calidad del agua, se debe a sedimentos suspendidos, en su mayoría provenientes de la erosión de suelos como producto de presencia de urbanizaciones, deforestación, actividades agrícolas y ganaderas, siendo este tipo de actividades las que mayor impacto causa en la calidad del agua (Singh 1989).

El uso de la tierra tiene efectos sobre los procesos hidrológicos y de sedimentación, y está relacionada con la escorrentía, inundaciones, recarga de agua subterránea, erosión y carga de sedimentos. El tamaño de los granos del suelo, su ordenamiento y su contenido de materia orgánica son factores íntimamente ligados a la capacidad de infiltración y de retención de humedad, por lo que el tipo de suelo predominante en la cuenca, así como su uso, influye de manera notable en la magnitud y distribución de los escurrimientos.

Los impactos de las prácticas del uso de la tierra se pueden agrupar en dos categorías: impactos sobre los valores de uso y valores de no uso. Los valores de uso pueden ser consuntivos, por ejemplo, el riego y el uso doméstico, y no consuntivos, como el transporte. Las masas de agua y las zonas de ribera pueden tener también valores de usos no significativos, por ejemplo como almacén de biodiversidad.

La incertidumbre existente en las relaciones entre las actividades del uso de la tierra en la cuenca alta y los impactos sobre los usuarios de los recursos de la cuenca baja, crea a su vez una incertidumbre en los valores económicos.

2.6.2 La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua

La ganadería es una de las prácticas de uso de la tierra más comunes, con impactos sobre la calidad del recurso hídrico. Cuando se da un sobrepastoreo, es un efecto muy negativo desde el punto de vista bacteriológico y químico (Brooks *et al.* 1991).

Generalmente este efecto se observa en lugares de alta precipitación, fuertes pendientes, cercanos a fuentes de agua. Los contaminantes provenientes de estas áreas son arrastradas con facilidad y rapidez hacia los cuerpos de agua. El impacto más significativo se da en el caso de que estas fuentes hídricas estén desprovistas de cobertura vegetal que les de

protección, o la ausencia de una zona de amortiguamiento, ya que estas corrientes arrastran microorganismos patógenos, nutrientes y sólidos suspensos (Brooks *et al.* 1991).

Los incrementos de bacterias en el agua se evidencian cuando el ganado pasta en áreas muy cercanas a las fuentes de agua. En un estudio realizado, la cantidad de bacterias en el suelo fue en función del tipo y del número de ganado, y la forma en que los desechos fueron tratados o almacenados (Brooks *et al.* 1991). Asimismo, la contaminación de las aguas superficiales por nutrientes provenientes de áreas de pastoreo afecta la calidad del agua (Wagner 1996).

Es por ello que un efecto sobre la calidad del agua se da por la intensidad del sobrepastoreo, ya que afecta la densidad del suelo, con el incremento del pisoteo, de tal forma que al ocurrir una lluvia o riego, la capacidad de almacenamiento del suelo es superada fácilmente, e inevitablemente ocurrirá arrastre de nutrientes por efecto de la escorrentía y lixiviación a las fuentes de agua. Se ha estimado que en áreas de ganadería con 1% de pendiente basta con 8 toneladas de peso seco por hectárea de estiércol para que las aguas superficiales sean enriquecidas por nitrógeno y fósforo (Vidal *et al.* 2000).

Los factores que controlan y disminuyen los efectos de la contaminación por el estiércol están íntimamente relacionados a la capacidad de absorción de los cultivos al nitrato y la capacidad de absorción del amonio por parte del suelo. Siendo afectada esta última por la compactación del suelo, lo que provoca una baja liberación de amonio en el suelo y seguido por el transporte a las fuentes de agua mediante la escorrentía (Vidal *et al.* 2000).

2.6.3 La agricultura y su influencia en la calidad del agua

La agricultura constituye una de las actividades más practicadas en el mundo, particularmente en áreas rurales. Su impacto sobre la calidad del agua es de mucha importancia. Aproximadamente el 70% de los recursos hídricos del mundo son usados por la agricultura, lo cual significa el principal factor de la degradación de éstos, como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química (FAO 1993).

Según Ongley (1997), la agricultura es el mayor usuario del agua dulce a escala mundial y el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, debido a la erosión y la escorrentía con productos proveniente de agroquímicos. Esto justifica la preocupación existente por sus repercusiones en la calidad del agua a escala mundial.

La agricultura tiene un fuerte impacto sobre el ambiente, especialmente sobre las condiciones de las aguas superficiales y subterráneas, es considerada como una fuente importante de contaminación en las aguas dulces de América Latina.

Las principales fuentes agrícolas contaminantes la constituyen los fertilizantes, pesticidas y la ausencia del manejo de desechos sólidos. La agricultura no es solamente el mayor consumidor de los recursos hídricos, sino que debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación sus efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, nutrientes, productos agroquímicos que también contribuyen al deterioro de su calidad (FAO 1993).

La expansión agrícola y la deforestación en países tropicales son causas de degradación del agua. Se ha demostrado que plaguicidas asociados con sedimentos son una fuente muy común en países del trópico. En la actualidad, los organismos dedicados a determinar la calidad de agua realizan muestreos más diversos, incluyendo agua, sedimento y biota, con la finalidad de determinar con mayor precisión los plaguicidas que se encuentran en el medio acuático (IICA 1997).

En la mayor parte de los países latinoamericanos, uno de los problemas más fuerte es la contaminación derivada de las fuentes no puntuales, como es el caso de la agricultura, dada por el uso de fertilizantes, plaguicidas, insecticidas y residuos que son arrastrados por las lluvias a las fuentes de agua (Wagner *et al.* 2000).

La contaminación de aguas superficiales esta íntimamente relacionada con el proceso de pérdida de suelos, por el arrastre de sedimentos debido a la agricultura. Ésta posee dos dimensiones principales: la dimensión física, consistente en la pérdida de la capa arable del suelo, y la degradación de la tierra como consecuencia de la erosión laminar y cárcavas que provocan los altos niveles de turbidez.

El nitrato es típicamente lixiviado desde los campos cultivados y se mueve a poca profundidad, subterráneamente, hacia las fuentes superficiales; esta lixiviación se reduce hasta en un 15% cuando se dan prácticas de manejo de conservación de suelos y agua (Wagner 1996, Shilling y Libra 2000).

De igual manera al usar estiércol de ganado como abono en la agricultura, una porción significativa de amonio puede ser transportada a los cuerpos de agua por escorrentías de los campos agrícolas (Chambers *et al.* 2002).

También se han encontrado altos niveles de nitrato en aguas debajo de las tierras de cultivo; el uso excesivo de fertilizantes, así como las corrientes de agua de tormentas conteniendo nitratos de fertilizantes, parece ser la causa (OPS 1999).

2.6.4 Actividades humanas

El uso inapropiado que el hombre ha hecho de la tierra, eliminando las masas boscosas, ha sido causa principal en relación con el caudal de los ríos. Es decir, se refleja en la más rápida evacuación del agua y en la calidad de la misma.

La recepción de aguas contaminadas se da a través de dos fenómenos: las aguas de lluvias que discurren por el suelo y el subsuelo, que luego de su contacto con ella arrastran subproductos de las actividades humanas que cambian su calidad natural, y las aguas que luego de ser usada y transformada su calidad físico-química, son reintegradas a los cuerpos de aguas naturales. El receptor de todas las aguas que discurren por el territorio de la cuenca es el océano.

De igual forma, los acuíferos que son otras fuente de abastecimiento de agua pueden ser contaminadas por las actividades del ser humano (Mendoza 1989). El deterioro de la calidad causado por la contaminación influye sobre el uso de las aguas curso abajo, amenaza la salud humana y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, induciendo así la efectiva disponibilidad e incrementando la competencia por agua de calidad (GWP 1996).

2.6.5 Cobertura vegetal

Goldman, citado por Rosal (1982), pone de manifiesto que la falta de cobertura vegetal aumenta la escorrentía superficial, agrava el efecto de la lluvia sobre el suelo, haciendo que se aumente la escorrentía superficial, que se rompan los agregados del suelo y que con mayor facilidad las aguas las transporten. Esto evidencia que el estado del suelo y de la vegetación eleva la tasa de sedimentos arrastrados.

La alta cantidad de sedimentos que transportan estas corrientes por la erosión de las zonas agua arriba significa una calidad inferior del recurso agua, limitando su uso en procesos industriales, hidroenergéticos, de irrigación en zonas agua abajo y un mayor costo en su purificación para el consumo humano (Contreras 1982).

2.6.6 Actividades forestales

Otros factores que afectan la cantidad y calidad del agua son las prácticas de manejo forestal que se realizan en terrenos. Esto se da cuando el manejo forestal cambia la producción del área afectando los niveles de las corrientes externas e internas provocando sedimentación de los canales de riego, incremento de avenidas, riesgos y daños por inundaciones (Serrano 1990).

Una atención singular merece la cobertura forestal y principalmente la boscosa, la cual es fundamental para garantizar la calidad de agua y niveles aceptables de escorrentía y conservación de suelos.

Cuando el bosque está intacto el agua se mantiene limpia, pero cuando existe la necesidad de talar los árboles con el objetivo de sembrar, la necesidad de leña, la quema en los terrenos, erosión por la necesidad de infraestructura, manejo de la ganadería al aire libre, se tiene un agua con exceso de sedimentos. La cuenca poco a poco se va degradando a tal nivel que hay cauces donde ya no corre el agua.

2.7 Procesos que afectan la calidad de agua en una microcuenca

Existen procesos y actividades que se dan en las microcuencas derivadas de sus usos actuales, que causan efectos en la calidad del agua dentro de los más importantes están:

- Existe una sobreutilización de productos agroquímicos en áreas pequeñas, lo que está contribuyendo al deterioro de los suelos y por consiguiente, a la contaminación de las fuentes superficiales.
- No existe un manejo ni conocimiento en la disposición de los desechos sólidos provenientes, tanto de las actividades agrícolas como de las domésticas, que tienen como destino final el cauce del río.
- La compactación de los suelos comprende procesos que afectan principalmente sus características físicas y constituyen una de las causantes de los procesos de erosión hídrica. También modifican la capacidad de infiltración y alteran el escurrimiento superficial. Cuando el escurrimiento es rápido por no existir cobertura vegetal ni trabajo de conservación de suelos no hay infiltración adecuada y como consecuencia el caudal de los nacimientos baja considerablemente en perjuicio de los habitantes que abastece.

- En las cuencas hidrográficas existen relaciones recíprocas entre el agua, vegetación y el suelo, las cuales al ser alteradas o modificadas por la acción del hombre provocan cambios en su sistema hidrológico que pueden ser apreciados a través de su régimen de caudales y su respuesta hidrológica.

El uso de la tierra es uno de los factores que más influyen en la escorrentía de un área; si una cuenca posee una cobertura vegetal adecuada sobre el suelo, la lluvia no impactará directamente en el mismo, entonces no sólo habrá una alta intercepción sino que la escorrentía llegará a los canales de drenaje en forma lenta y sin mayor arrastre de sedimentos.

La contaminación del agua debido a la actividad del beneficiado de café se caracteriza por un elevado consumo de agua y la consecuente generación de grandes cantidades de agua residual, debido al proceso de beneficiado húmedo del café por el arrastre de las aguas mieles, agua de despulpado, aguas del proceso de lavado (Córdoba 2002).

Las actividades económicas que se realizan generalmente en las cuencas principalmente el cultivo de café y la ganadería, tienen un alto impacto en las partes altas de las cuencas. La consecuencia de estas actividades son principalmente el vertido de las aguas mieles sobre los ríos, panorama muy común en el área rural, donde existe la costumbre y en muchos casos la necesidad, por parte de la población, de utilizar los ríos como fuente de agua para consumo humano.

Las malas prácticas desarrolladas a través del tiempo han provocado un desequilibrio ambiental; los suelos presentan alto nivel de degradación, pobres con fuertes pendientes donde se cultivan granos básicos y hortalizas, provocando el arrastre de agroquímicos residuales por la escorrentía superficial proveniente del cultivo de café que se encuentra en las partes altas de las microcuencas. A esto se le suma una fuerte deforestación en las zonas de laderas para el establecimiento de sistemas de ganadería, café y granos básicos; también en las riveras de los ríos la vegetación es aún más escasa, lo que facilita el arrastre de los residuos utilizados en las prácticas agrícolas.

Entre los problemas más graves que se visualizan están el arrastre por arroyos y quebradas de desechos provenientes de productos químicos que los productores dejan en las parcelas, basura y detergentes, asociados principalmente por el lavado de ropa en los ríos; a esto se le suma la contaminación por plaguicidas producto del lavado de bombas, mochilas y el vertido de aguas mieles y pulpa de café. Sumado a los problemas anteriores, existe un fuerte

limitante para el desarrollo y manejo de las microcuencas, debido a la falta de información real de la calidad del agua.

2.8 Criterios de calidad de agua

2.8.1 Principales indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad de agua

Los indicadores deberían ser explicados bajo el concepto de sostenibilidad dentro de un proceso lógico, fusionando los aspectos ecológicos, económicos y sociales. Estos se definen ante una situación única y dentro de un escenario específico (Villegas 1995).

Los parámetros de calidad de agua se diferencian según sus orígenes biológicos, químicos y físicos; por causas principalmente de carácter antropocéntricos como el caso del uso de la tierra. Entre ellos se mencionan el pH, turbidez, oxígeno disuelto, nitrato, fósforo, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales, coliformes fecales como se muestran en el Cuadro 3, para el caso de Honduras.

Cuadro 3. Parámetros físicos y químicos de calidad del agua potable.

Parámetros	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Color verdadero	mg/l (Pt-Co)	1	15
Turbidez	UNT	1	5
Temperatura	°C	18 -30	30
pH	Valor	6,5 - 8,5	8,5
Conductividad	µs/cm	400	500
Sulfatos	mg/l	25	250
Nitratos (NO ₃)	mg/l	25	50
Cloruros	mg/l	25	250
Sólidos totales disueltos	mg/l	NA	1.000

Fuente: Norma Técnica Nacional. Decreto No.84.

Los indicadores seleccionados para la calidad del agua en cualquier estudio se definirán en dependencia de los usos actuales y potenciales de la cuenca. Entre las categorías de usos recomendadas para los diversos usos del agua están: provisión de agua para consumo domestico e industrial, recreación, protección de organismos acuáticos fauna y flora, usos agrícolas y pecuarios, uso comercial hidroelectricidad, navegación, entre otros.

2.8.2 Indicadores microbiológicos del agua

Este tipo de contaminación se relaciona con la presencia de microorganismos patógenos de heces humanas y animales. Es común encontrarlo en los recursos hídricos superficiales, debido a su exposición. Es importante conocer el tipo, número y desarrollo de las bacterias en el agua para prevenir o impedir enfermedades de origen hídrico. Es difícil detectar en una muestra organismos patógenos como bacterias protozoarios y virus debido a sus bajas concentraciones. Por esta razón, es que se utiliza el grupo de coliformes fecales, como indicador de la presencia de microorganismos (OPS 1999).

Coliformes fecales: la bacteria coliforme fecal presente en las heces humanas y animales de sangre tibia. Puede entrar en los cuerpos de agua por medio de desechos directos de mamíferos y aves, así como corrientes de agua, acarreado desechos y del agua de drenaje. Los organismos patógenos incluyen la bacteria *Coloformo fecal*, así como bacterias, virus y parásitos que causan enfermedades (Mitchell *et al.* 1991).

2.8.3 Indicadores físicos y químicos del agua

Los parámetros químicos son más relacionados con los agroquímicos, metales pesados y desechos tóxicos. Este tipo de contaminación es más usual en las aguas subterráneas en comparación con las aguas superficiales. Relacionado por la dinámica del flujo de agua, los contaminantes son más persistentes y menos móviles en el agua subterránea, como es el caso de la contaminación con nitratos por su movilidad y estabilidad, por la presencia de asentamientos urbanos o actividades agrícolas aledañas (Canter 2000).

2.8.3.1 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más relevantes a la hora de evaluar la calidad del agua. Está asociado a la contaminación orgánica. Su concentración aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad y posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce. Cuando existen condiciones aeróbicas se produce una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitratos y fosfatos. Una vez que se consume todo el oxígeno comienza la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos.

2.8.3.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno

Es un parámetro que representa la materia orgánica biodegradable. Es la más usada para determinar la eficiencia de los tratamientos que se aplican a los líquidos residuales. Se da cuando ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse a un curso de agua, captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. Esta es una medida de la estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral como el hierro, nitritos, amoníaco, sulfuro y cloruros.

2.8.3.3 pH o concentraciones de iones hidrógeno

Es la concentración relativa de los iones hidrógeno en el agua, es la que indica si ésta actuará como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina. Es una medición valiosa para interpretar los rangos de solubilidad de los componentes químicos. Esta mide la acidez o la alcalinidad del agua. La actividad del ión hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua, la medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales.

2.8.3.4 Turbidez

Es un estimador simple de los sólidos en suspensión. Se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión en tal medida que interfiere con el paso de la luz a través del agua. A mayor penetración de la luz solar en la columna de agua, es menor la cantidad de sólidos o partículas en suspensión en la columna de agua y viceversa. Esto relacionado con el uso del suelo, tipo de suelos, cobertura del suelo, y periodos de muestreos, entre otros.

2.8.3.5 Sólidos totales disueltos

Es una medida de las sales disueltas en una muestra de agua después de la remoción de sólidos suspendidos; también se define como la cantidad de residuos remanentes después que la evaporación del agua ocurre. Es común observarlos en terrenos agrícolas que han sufrido procesos fuertes de escorrentía.

2.8.3.6 Conductividad

La conductividad eléctrica en las aguas naturales se puede correlacionar con la cantidad de sólidos disueltos ya que estos son en su mayoría compuestos iónicos de calcio y

magnesio. La presencia de altas concentraciones de estas sales afecta la vida acuática y en el caso del riego afecta a la vida de la planta y a la calidad de los suelos.

2.9 Agua y salud

El hecho de disponer de agua limpia para todos los seres vivos de la tierra haría que muchas de las enfermedades ahora existentes se redujeran considerablemente debido a que la biología gira fundamentalmente en torno al problema del agua, pues no hay vegetal ni animal que pueda prescindir de este elemento.

Está probado, que tales enfermedades adquieren mayor importancia sanitaria en los países que suelen considerarse como subdesarrollados, precisamente por la insuficiencia de los abastos públicos de agua. Se considera que la contaminación de los abastos de agua con residuos humanos es la causa de propagación de enfermedades entéricas. La experiencia vivida en algunos países, permite poner de manifiesto la eficiencia de instalaciones higiénicas de abastos de agua para evitar las enfermedades de origen hídrico.

Tifoidea, paratifoidea, disentería (bacilar y amébrica) y otras enfermedades infecciosas constituyen la causa principal de muchas muertes, particularmente en infantes. En muchos países la diarrea representa la primera o segunda causa de muerte en niños. Lo peor de todo es que sucede con el conocimiento de la ciencia y que podía haberse evitado al contar con agua desinfectada. En el caso de el cólera, enfermedad que apareció en los años sesenta en Indonesia, Pakistán y La India, y que fue causa de grandes epidemias, la clave de su control se basa en el mejoramiento de las condiciones ambientales y suministro de agua pura.

La malaria, cuyo vector es el mosquito, es otra de las más conocidas enfermedades relacionadas al suministro de agua potable. Es tan conocida que la Asamblea Mundial de la Salud en 1995 declaró su erradicación en el mundo. Sin embargo a pesar de grandes esfuerzos, esta enfermedad sigue causando estragos en muchas partes del mundo.

Bilariasis o sistosomiasis es reconocida como amenaza en países subtropicales y tropicales; estimaciones de la Organización Mundial de la Salud sugieren que el número de personas que sufren esta enfermedad podría llegar a 150 millones, una de cada veinte personas en el mundo. Muchas de sus víctimas son imposibilitadas, quedando inválidas y en algunos casos causando la muerte prematura. Otras enfermedades como Trocoma, Typhus, Hepatitis infecciosa y Jaws están también asociadas al uso del agua.

El control de muchas enfermedades originadas de la contaminación de aguas es todavía un dilema. La mineralización del agua y la contaminación afectan su composición química. Existen químicos que pueden estar presentes en el agua y que son definitivamente tóxicos, tales como Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Cianuro, Flúor, Plomo, Selenio, Plata y Nitratos. Otras sustancias presentes en el agua pueden deteriorar grandemente su calidad, como los detergentes, químicos orgánicos, cloruros, Cobre, Hierro, Manganeseo Fenoles, Sulfatos y Zinc. El agua conteniendo excesivas cantidades de estas sustancias puede hacer cambiar sus propiedades como sabor, capacidad para hacer espuma y capacidad para decolorar utensilios.

La importancia de agua pura para la vida y la salud de las personas, así como la economía de los países, no es totalmente reconocida por los gobiernos y personas encargadas de tomar decisiones. Por supuesto agua pura no evitará que la gente se continúe enfermando; esto debe ser acompañado de hábitos de higiene, saneamientos, control de vectores, y dietas balanceadas. Se tiene que reconocer que el desarrollo del agua requiere una amplia variedad de aportes políticos y tecnológicos para cumplir con los requerimientos de calidad establecidos.

2.10 Tecnologías apropiadas para desinfección del agua

Son tecnologías sencillas, de bajo costo y de fácil implementación que permiten alcanzar niveles aceptables de descontaminación en regiones rurales, de escasos recursos hídricos y económicos que resulten aceptables y sean socios económicamente viables.

El más importante requerimiento individual del agua bebida es que debe estar libre de cualquier microorganismo que pueda transmitir enfermedades al consumidor. Procesos tales como almacenamiento, sedimentación coagulación, floculación y filtración rápida, reducen en grado variable el contenido bacteriológico del agua. Sin embargo, estos procesos no pueden asegurar que el agua que producen sea bacteriológicamente segura. Frecuentemente se necesitará una desinfección final, la cual se encarga de la destrucción o al menos la desactivación completa de los microorganismos dañinos. Se realiza usando medios físicos o químicos.

Entre los factores que influyen en el método a elegir para la desinfección del agua se pueden mencionar:

1. La naturaleza y número de organismos a ser destruidos.

2. El tipo y concentración del desinfectante usado.
3. La temperatura del agua a ser desinfectada: a mayor temperatura más rápida la desinfección.
4. El tiempo de contacto del desinfectante: a mayor contacto desinfección es más completa.
5. La naturaleza del agua a ser desinfectada: si el agua contiene partículas coloidales y orgánicas obstaculiza el proceso de desinfección.
6. El pH, acidez o alcalinidad del agua.
7. Mezcla: buena mezcla de los desinfectantes a través de toda el agua.

2.10.1 Desinfección física

Hervido es una práctica segura y tradicional que destruye virus, bacterias, quistes y huevos. Es un método efectivo como tratamiento casero, pero no es factible para abastecimientos públicos; se puede usar el hervido como medida temporal en situaciones de emergencia.

Desinfección por ebullición. Una recomendación típica para desinfectar el agua mediante desinfección es la de hacer que el agua hierba vigorosamente por 10 a 12 minutos. En realidad, un minuto a 100 °C, destruirá la mayoría de los patógenos, incluidos los del cólera y muchos mueren a 70 °C. Las desventajas principales de hervir el agua son las de utilizar combustible y es una labor que consume mucho tiempo.

Radiación solar Es un método efectivo para aguas claras, pero su efectividad es reducida cuando el agua es turbia o contiene constituyentes tales como el nitrato, sulfato, hierro en su forma ferrosa. Este método no produce ningún residuo el agua contra una nueva contaminación ha sido usados en países en desarrollo, pero muy poco aplicado en países en desarrollo (Rojas *et al.* 2002).

La desinfección solar utiliza la radiación solar para inactivar y destruir a los patógenos que se hallan presentes en el agua. El tratamiento consiste en llenar recipientes transparentes de agua y exponerlos a plena luz solar por unas cinco horas (dos días consecutivos bajo un cielo que está 100% soleado). La desinfección ocurre por una combinación de radiación y tratamiento térmico (la temperatura del agua no necesita subir muy por encima de 50 °C). La

desinfección solar requiere agua relativamente clara (turbidez inferior a 30 NTU) (CEPIS 2002).

La aireación puede lograrse agitando vigorosamente un recipiente lleno de agua hasta la mitad o permitiendo al agua gotear a través de una o más bandejas perforadas que contienen pequeñas piedras. La aireación aumenta el contenido de aire del agua, elimina las sustancias volátiles tales como el sulfuro de hidrógeno, que afectan al olor y el sabor, y oxida el hierro y el manganeso a fin de que formen precipitados que puedan eliminarse mediante sedimentación o filtración.

Coagulación y floculación. Si el agua contiene sólidos en suspensión, la coagulación y la floculación pueden utilizarse para eliminar gran parte del material. En la coagulación, se agrega una sustancia al agua para cambiar el comportamiento de las partículas en suspensión. Hace que las partículas, que anteriormente tendían a repelerse unas de otras, sean atraídas las unas a las otras o hacia el material agregado. La coagulación ocurre durante una mezcla rápida o el proceso de agitación que inmediatamente sigue a la adición del coagulante.

El proceso de floculación que sigue a la coagulación, consiste de ordinario en una agitación suave y lenta. Durante la floculación, las partículas entran más en contacto recíproco, se unen unas a otras para formar partículas mayores que pueden separarse por sedimentación o filtración. El alumbre (sulfato de aluminio) es un coagulante que se utiliza tanto al nivel de familia como en las plantas de tratamiento del agua. Los coagulantes naturales incluyen semillas en polvo del árbol *Moringa olifeira* y tipos de arcilla tales como la bentonita.

Desalinización. Las sales químicas excesivas en el agua le dan mal sabor. La desalinización mediante destilación produce agua sin sales químicas y pueden utilizarse varios métodos al nivel de familia; por ejemplo, para tratar el agua de mar. La desalinización también es eficaz para eliminar otros productos químicos tales como el fluoruro, el arsénico y el hierro.

La filtración incluye el tamizado mecánico, la absorción y la adsorción y, en particular, en filtros de arena lentos, los procesos bioquímicos. Según el tamaño, el tipo y la profundidad del filtro, y la tasa de flujo y las características físicas del agua sin tratar, los filtros pueden extraer los sólidos en suspensión, los patógenos y ciertos productos químicos, sabores y olores. El tamizado y la sedimentación son métodos de tratamiento que preceden

Útilmente a la filtración para reducir la cantidad de sólidos en suspensión que entran en la fase de filtración. Esto aumenta el período en el cual el filtro puede operar antes de que necesite limpieza y sustitución. La coagulación y la floculación también son tratamientos útiles antes de la sedimentación y mejoran aún más la eliminación de sólidos antes de la filtración.

Almacenamiento y sedimentación. Al almacenar el agua en condiciones no contaminantes por un día se puede conseguir la eliminación de más del 50% de la mayoría de las bacterias. Los períodos más largos de almacenamiento conducirán a reducciones aún mayores. Durante el almacenamiento, los sólidos en suspensión y algunos de los patógenos se depositarán en el fondo del recipiente. El agua sacada de la parte superior del recipiente será relativamente clara (a menos que los sólidos sean muy pequeños, tales como partículas de arcilla) y tendrá menos patógenos. El sistema de tratamiento de tres ollas en las que se echa agua sin tratar a la primera olla, donde se decanta en la segunda olla después de 24 horas y se echa en la tercera olla después de 24 horas adicionales, aprovecha los beneficios del almacenamiento y la sedimentación.

Tamizado. Echar el agua a través de un paño de algodón limpio eliminará una cierta cantidad de sólidos en suspensión o turbidez. Se han construido telas de filtro de monofilamento especial para uso en las zonas en las que prevalece la enfermedad del nematodo de Guinea. Las telas filtran los copépodos que son los huéspedes intermedios de las larvas del nemátodo de Guinea.

2.10.2 Desinfección química

La cloración es el método más ampliamente utilizado para desinfectar el agua. Se empezó a utilizar a inicios del siglo XX; y fue quizás el evento tecnológico más importante en la historia del tratamiento del agua. La fuente de cloro puede ser el hipoclorito de sodio (tal como blanqueador casero o electrolíticamente generado a partir de una solución de sal y agua), la cal clorinada o el hipoclorito hiperconcentrado (comprimidos de cloro). El yodo es otro desinfectante químico excelente que se utiliza a veces. El yodo no debería utilizarse por períodos prolongados (más de unas cuantas semanas). Tanto el cloro como el yodo deben agregarse en cantidades suficientes para destruir todos los patógenos, pero no tanto que el sabor se vea adversamente afectado. Puede ser difícil decidir cuál es la cantidad apropiada debido a que las sustancias en el agua reaccionarán con el desinfectante y la potencia del desinfectante puede reducirse con el tiempo según la forma en que se almacene.

2.11 Participación comunitaria

Podría definirse el concepto de participación como toda acción colectiva de individuos orientada a la satisfacción de determinados objetivos. La consecución de tales objetivos supone la existencia de una identidad colectiva anclada en la presencia de valores, intereses y motivaciones compartidas que dan sustento a la existencia de un «nosotros». Es un proceso mediante el cual se gana más o menos grados de participación, desde una pasividad casi completa al control de su propio proceso. Esto es válido tanto en las relaciones entre los miembros de la comunidad y la institución de desarrollo, como dentro de las organizaciones comunitarias (Geilfus 1998).

La participación es una forma más integradora de promover el desarrollo. En esta estrategia, la definición de la problemática, las soluciones potenciales, las actividades a ejecutar, la generación de conocimientos y la ejecución de proyectos, deben ser realizadas en conjunto con las personas (hombres y mujeres), que son los sujetos del desarrollo. Para realizar este proceso, existen una serie de métodos participativos como: el Diagnóstico Rural Participativo con Enfoque de Género (DRPEG), Diagnóstico Rural Rápido (DRR), Investigación-Acción Participativa, “Farming Systems Research”. El denominador común de todos estos métodos es la participación completa de las personas en el proceso de aprendizaje

sobre sus necesidades y en la toma de decisiones sobre la acción necesaria para enfrentarlas (Fassaert 2000).

La investigación participativa ofrece una serie de alternativas para la integración de este complejo grupo de factores en el diseño y en la implementación del manejo de los recursos naturales. Debido a que este tipo de investigación se enfoca en los usuarios y grupos sociales, la participación en el desarrollo se vuelve crucial. Los enfoques de investigación participativa que utilizan el análisis de género y de los participantes proporcionan a los profesionales una mejor oportunidad para identificar actores sociales claves y desarrollar con ellos mecanismos para lograr una retroalimentación oportuna sobre innovaciones tecnológicas y/o institucionales (Magrath *et al.* 1997).

Recomendaciones generales en la ejecución de los diagnósticos participativos:

1. Asegurar que los más marginados de la comunidad estén bien representados.
2. Asegurar que las discusiones y conversaciones realizadas entre los participantes queden grabadas o se tomen notas. Muchas veces resultan más importantes que el mapa o esquema que entregan como producto del ejercicio.
3. Ser un verdadero facilitador, no imponer sus opiniones o ideas, sino escuchar, estimular y resumir.
4. Utilizar las herramientas con creatividad, no como recetas de cocina.
5. Mantener la información escrita y los esquemas usados lo más sencillo posible, porque casi siempre hay una parte del grupo que no sabe leer o no puede leer rápido.
6. Es muy importante que la ejecución de un Diagnóstico Participativo sea la base para un proceso de planificación y ejecución participativa. No basta realizar un diagnóstico y que los resultados queden en un cajón del escritorio para después seguir con un proyecto, al igual que muchas prácticas paternalistas de siempre. El diagnóstico no es un fin, sino que debe contribuir a un proyecto, que la comunidad considere como propio. Realizar un diagnóstico participativo provoca muchas expectativas, si éstas no se cumplen, o si no se continúa en el camino de la participación iniciado con el diagnóstico, puede llevar a sentimientos de gran frustración en la población y puede hasta ser

contraproducente para el proyecto. También puede crear resentimientos contra el uso de métodos participativos (Fassaert 2000).

Los métodos participativos deben estar previstos para ser utilizados en forma grupal, para que se adapten mejor a un enfoque interdisciplinario, que integre los diferentes puntos de vista de técnicos, investigadores, extensionistas, planificadores y miembros de la comunidad. Estos se desarrollan directamente en las comunidades con los agricultores aprendiendo con y de la gente enfocando las prácticas y conocimientos locales. La información obtenida representa en forma cualitativa y/o cuantitativa las condiciones existentes en el campo (Geilfus 1998).

Los métodos permiten y necesitan una triangulación de fuentes, es decir una verificación de la información originada de estas. Estos métodos se utilizan con la información científica disponible lo que da una mayor precisión y certeza a los estudios.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la microcuenca El Limón, ubicada en la subcuenca del Río Copán, localizada en el Occidente de Honduras, en el Departamento de Copán, entre los 14° 43' y 14° 58' Latitud Norte, y entre los 88° 53' y 89° 14' Longitud Oeste (Figura 2). La microcuenca El Limón se localiza dentro de los límites del municipio de San Jerónimo, departamento de Copán. En el área de la microcuenca existen tres comunidades: El Rosario, El Tránsito y Valle María. Tiene un área de 6,96 Km² (696 ha) (Figura 2). Tres comunidades se abastecen del agua producida en la misma: San Jerónimo que es el casco urbano y cabecera municipal, Agua Zarca y Tierra Blanca.

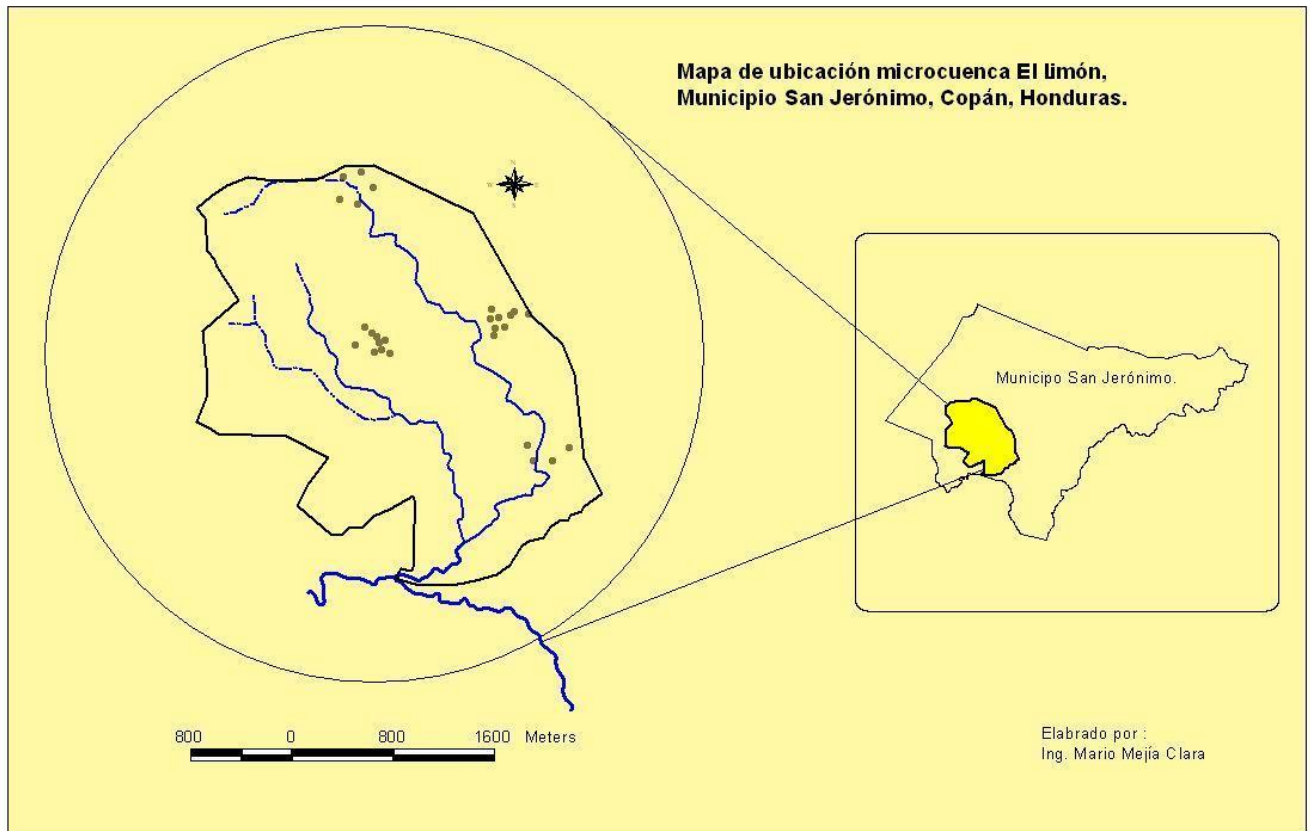


Figura 2. Mapa de ubicación microcuenca El Limón Copán, Honduras.

El 28 de enero de 1919 se emitió el decreto de creación del municipio de San Jerónimo. El origen de su nombre es en honor al Licenciado Jerónimo J. Reina, quien fue gobernador y comandante de armas de Copán. Sus aldeas más importantes son Agua Zarca, El Rosario, El Volcán, La Esperanza, Santa Elena y Tierra Blanca. El municipio de San Jerónimo está delimitado:

Al Norte: con los municipios de El Paraíso, San Nicolás y San Antonio

Al Sur: con los municipios de Dolores y Concepción

Al Este: con el municipio de Trinidad

Al Oeste: con los municipios de El Paraíso y Santa Rita.

3.2 Características de la microcuenca

3.2.1 Características socioeconómicas

La principal actividad económica es el cultivo de café, ya que la zona es apta para el desarrollo de este rubro, pero debido a la baja de precios en el mercado internacional se ha visto reducido en los últimos años. Se dedican también al cultivo de granos básicos (maíz, frijol y sorgo); la mayor parte para autoconsumo o subsistencia, mantienen áreas sembradas con hortalizas bajo riego. Otra fuente de ingresos es la ganadería a menor escala (UTM 2003).

3.2.2 Población

En la microcuenca habitan aproximadamente 838 personas. En las cuatro comunidades que quedan dentro la microcuenca existen 144 familias, concentradas la mayoría en la parte media de la microcuenca, Las viviendas en el municipio son 90% propias y el 10% restante, de origen social (iglesias, escuelas, centros de salud, kinders, y centros comunitarios). Los materiales de construcción utilizados para la edificación de viviendas son 60% adobe, 30% bahareque, 5% bloque y ladrillo, y 5% madera.

El total la población de las 14 comunidades del municipio de San Jerónimo es de 4.528 habitantes agrupados en 1.358 familias, distribuidas de la siguiente manera: en el casco urbano 1.612 habitantes y en el área rural 2.916 habitantes. El área urbana está compuesta por ocho barrios, abarcando 245 viviendas; la zona rural comprende nueve aldeas con 979 viviendas y

veinte caseríos con 134 viviendas. Existe emigración hacia Estados Unidos y a poblados de los alrededores para trabajar en actividades agrícolas (UNT San Jerónimo 2003).

3.2.3 Salud

El municipio de San Jerónimo cuenta con dos centros de salud tipo CESAR uno de estos localizado en el casco urbano, el cual no cuenta con un médico, pero es atendido por una enfermera, promotor y aseadora para atender a la población, y el otro CESAR localizado en La Esperanza, el cual cuenta con una enfermera, y aseadora. El espacio físico del CESAR está integrado por una clínica, sala de espera, bodega y farmacia. El equipo con que cuenta es una cama.

El personal de los CESAR capacita a parteras, guardianes de salud para la atención de las personas en las aldeas o comunidades más retiradas que no pueden acceder con rapidez al centro de salud. El abastecimiento de medicamentos es a través de la Secretaría de Salud Pública; éste es realizado semestralmente y la cantidad de medicamentos es escasa e insuficiente para la demanda población que asiste a dichos centros de salud. Las principales causas de consulta médica son: diarrea, vómitos, dengue, neumonías y enfermedades de la piel.

Algunas comunidades se encuentran organizadas en comités de salud; otras cuentan con botiquines comunitarios. Existen parteras con capacitación por parte del Ministerio de Salud encargadas de dar seguimiento y asistencia a mujeres embarazadas, y un promotor de salud para todo el municipio, que apoya las jornadas de vacunación y lleva registros de enfermedades gastrointestinales, cuya causa pueda ser el agua de consumo humano (Alcaldía de San Jerónimo 2004).

3.2.4 Educación

El municipio de San Jerónimo cuenta con cuatro centros educativos de nivel preescolar, nueve centros de educación primaria, y un centro básico. No cuenta con institutos de enseñanza secundaria, y cuenta con un total de 25 maestros. Los centros educativos carecen de instalaciones adecuadas para brindar las condiciones necesarias y didácticas para una enseñanza de calidad en el municipio. No cuenta con bibliotecas localizadas y se necesitan más instalaciones educativas y de igual forma, más plazas para maestros.

Se cuenta con el programa EDUCATODOS y programa PRALEBAH, ambos, programas de educación a distancia para adultos. Los interesados en continuar con sus estudios universitarios viajan a Santa Rita cada 15 días a la Universidad Pedagógica Nacional.

En las comunidades dentro de la microcuenca El Limón solo cuentan con un maestro para atender todos los niveles. Además existen problemas de deserción escolar y pérdida de ciclos escolares. Se hacen esfuerzos por reducir la tasa de analfabetismo que llega al 40% aproximadamente, mediante la educación de adultos (UTM San Jerónimo 2004).

3.2.5 Instituciones presentes

Existe presencia de instituciones estatales sin embargo actúan sin coordinación por lo que a veces existe una duplicación de esfuerzos y no se optimiza el aprovechamiento de los recursos. Entre las instituciones públicas presentes están FHIS (Fondo Hondureño de Inversión Social), AFE COHODEFOR (Asociación Forestal del Estado), SANAA (Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillado), INA (Instituto Nacional Agrario), ENEE (Empresa Nacional Energía Eléctrica), HONDUTEL (Empresa Hondureña De Comunicaciones), RNP (Registro Nacional De Las Personas), Ministerio de Educación, Ministerio de Salud y Policía Nacional.

Hay organizaciones no gubernamentales trabajando en la zona en diferentes aspectos, desde sociales, organizativos, y mejoramiento del sistema productivo, hasta fortalecimiento de las capacidades locales. La mayoría de estos organismos trabajan como coejecutores de fondos de agencias donantes con el enfoque de reducción de la pobreza y mejoramiento del nivel de vida de los pobladores. Estas instituciones en ocasiones son socios con entes públicos y ayudan a cubrir necesidades comunitarias que el gobierno no puede cubrir.

3.2.6 Organización comunitaria

Las comunidades están organizadas en patronatos comunales, juntas de agua, asociaciones de productores, sociedad de padres de familia, comités de emergencia, comités ambientales y en algunas comunidades existen grupos de mujeres.

Estas organizaciones son bien estructuradas y algunas de ellas poseen su personería jurídica, eligen la junta directiva mediante una asamblea. La municipalidad tiene su

representación en cada comunidad mediante los alcaldes auxiliares que son nombrados por el alcalde y son el enlace entre la población y sus autoridades.

Los mecanismos de participación ciudadana más empleados son: la realización de cabildos abiertos dos durante el año con la participación de la población, donde se tratan temas generales; el porcentaje de participación es de 122 hombres y 87 mujeres; plebiscitos con la comunidades y la corporación municipal se consulta a la población sobre diversos temas y normas que se aplicarán en las comunidades.

3.2.7 Medios de comunicación

Existe un teléfono privado, una línea en HONDUTEL en la aldea de La Esperanza, ocho teléfonos privados y uno en HONDUTEL; en la aldea El Tránsito existe uno comunitario. Se cuenta con señal de celular en la mayor parte del municipio. Se tiene sistema de televisión por cable y un correo nacional en el casco urbano. Se cuenta con la ruta de transporte de San Jerónimo a San Pedro Sula, con un autobús que sale una vez al día y dos autobuses con destino Santa Rosa que salen cada 4 horas; un carro hacia Florida, por la mañana y por la tarde. En todas las comunidades existen caminos permanentes en los que se puede transitar en bestia o a pie. La mayoría de la población escucha radio de estaciones locales.

3.3 Características biofísicas de la microcuenca El Limón

3.3.1 Fisiografía, relieve y drenaje

El relieve que se presenta es accidentado con laderas muy escarpadas en las partes altas, predominando las lomas con pocas planicies, con altitudes que van desde los 940 hasta los 1.300 msnm. El 41% del área de la microcuenca se encuentra en entre los 940 y los 1.012 msnm, la mayor elevación se encuentra en la comunidad de El Limón, alcanzando los 1.300 msnm, la elevación media de la microcuenca es de 1.084 msnm. La red de drenaje está conformada por las quebradas La Cangrejera y El Limón que vierten su agua en el Río Amarillo, que a su vez es afluente del Río Copán, que mas adelante se une con el Río Motagua formando parte de una cuenca transfronteriza (CIAT 2000).

3.3.2 Zonas de vida

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge se identifica una zona de vida en la microcuenca, Bosque Premontano Húmedo, lo cual ocupa toda el área. Este bosque se encuentra muy alterado, debido principalmente a su ubicación sobre una faja altitudinal con condiciones climáticas propicias para la agricultura y asentamientos humanos (CIAT 2000).

3.3.3 Clima

El clima es tropical húmedo, con precipitación media anual de 1.418mm/año, con una distribución irregular. Se diferencian claramente dos estaciones: la lluviosa comprendida en el período de mayo a octubre y la seca de noviembre a abril; en agosto por lo general se presenta un corto período seco o canícula; los meses mas lluviosos son septiembre y junio y el mes más seco es marzo. La temperatura va desde 26,7 °C máxima a una mínima de 15 °C (CIAT 2000).

3.3.4 Suelos

Según la clasificación de Simmons y Castellanos, los suelos que se encuentran son del tipo Naranjito son suelos de color pardo a gris o negro, muy susceptible a la erosión, especialmente en sitios escarpados, pero tiene buena calidad de renovar rápidamente su fertilidad, estos son de uso limitado, principalmente para producción de café pero es necesario tomar medidas de conservación extremas para su protección; mayoritariamente están situados en las proximidades del las quebradas en forma de pequeñas vegas, por lo que son suelos profundos y fértiles, con alto potencial agrícola y los suelos de ladera, en su mayoría poco profundos y más bien superficiales y de alta fragilidad e inestables (CIAT 2000).

Los suelos Naranjito (NA) son suelos profundos drenados, ligeramente ácidos, desarrollados sobre limonitas y calizas, interestratificado con inclusiones de arenisca y conglomerado que ocupan un relieve alomado a escarpado, con pendientes entre 20 y 40 %, en su mayor parte.

Los suelos Naranjito se presentan asociados a los suelos Chimisales, Ojojona, Sulaco y Chimbo, donde el suelo se ha desarrollado sobre material calcáreo; la reacción es menos ácida en todos los horizontes del suelo, son utilizados para cultivo del café, granos básicos y en algunos casos para pastos.

3.3.5 Uso actual de los suelos

El uso actual en gran medida no corresponde a su vocación, en la parte alta existen plantaciones de café con sombra, en la zona media presenta grandes cambios de su uso hacia fines agrícolas y de ganadería con predominancia de cultivo de granos básicos y un poco de hortalizas bajo riego, en la zona baja existen formaciones de lomas con áreas de pastizales, donde se desarrolla ganadería de forma extensiva, con incrustaciones de pequeños parches de bosque seco y parcelas que las cultivan con granos básicos en época lluviosa.

3.4 Métodos Estadísticos

3.4.1 Muestreo

Por razones económicas la muestra fue de 90 encuestas, que abarcaron diferentes aspectos a evaluar para recabar la información y poder realizar los análisis; éstas se aplicaron a representantes de las seis comunidades que se abastecen de agua de la microcuenca, de las cuales, cuatro están dentro la microcuenca y dos fuera de la misma. Luego toda esa información procedente de las encuestas realizadas se procesó en el programa Excel y se procedió a crear una base de datos, dándole indicadores numéricos a cada una de las respuestas de las diferentes interrogantes, indicadores que se tomaron en cuenta con base al número de variables necesarias para llevar acabo el análisis.

Se completó la base de datos con los diferentes resultados, se unificaron preguntas que eran abarcaban los mismos temas y eran repetitivas, luego se procedió a elaborar una tabla de frecuencia que dio la frecuencia con que ocurre cada valor numérico o la representación de cada respuesta; en esta tabla se resumió toda la información, los datos brutos fueron más manejables y proporcionó el porcentaje de respuestas similares en cada una de las variables para poder hacer una representación gráfica. Se trabajo con la frecuencia relativa en cada variable.

3.5 Procesos metodológicos

3.5.1 Objetivo específico 1. Realizar un balance entre la oferta y la demanda social del agua mediante método participativo y descripción de la organización y administración del agua en la microcuenca El Limón.

Se realizó una revisión de documentación de gestión, trifoliales, informes anuales de los proyectos ejecutados por las diferentes instituciones en la microcuenca de El Limón. Todo esto permitió conocer la ubicación de los sistemas de aguas, sus tipos de construcción, su manejo y el grado de organización local existente y toda la información referente a los proyectos de sistemas de agua establecidos. Esto se logró también mediante entrevistas con los pobladores y con los directivos de las juntas de agua y diferentes organizaciones de las comunidades de la microcuenca.

Mediante recorridos de campo por la microcuenca se caracterizó los seis sistemas de agua existentes, se conoció su estado actual y su posición geográfica y las tomas de agua. Mediante talleres, con la participación de líderes comunales y entre los representantes de las instituciones que desarrollan acciones de uso y manejo del agua, se obtuvo información acerca del nivel de institucionalidad existente para el mantenimiento de las fuentes de agua, funcionamiento de estos organismos como su marco legal y operativo. En consulta realizada en estos talleres y mediante encuestas realizadas a población representativa de las comunidades de determino la demanda de agua en las poblaciones que se abastecen de agua de la microcuenca tomando en cuenta los diferentes usos.

Después de identificar las áreas de captación se visitaron las mismas para realizar aforos de los caudales, mediante la utilización del método volumétrico que es un método sencillo y solo se puede utilizar en lugares donde es fácil llenar un balde; consiste en usar un recipiente de volumen conocido para medir el caudal de la fuente de agua; al dividir la capacidad del recipiente (litros) por el tiempo empleado en llenarse (segundos) se obtuvo un caudal en litros por segundos (Villón 2002). La Ecuación 1 muestra la forma de calcular el caudal.

Ecuación 1: $Q = \text{volumen}/\text{tiempo}$

Donde Q = caudal (l/s); V = volumen (l); T = tiempo (s)

El caudal de los acueductos se midió en galones por minutos; se midió el agua que sale por el vertedero de las tomas de captación, estos dio volumen por segundo, se multiplico por 60 para tener volumen por minutos, como lo muestra la Ecuación 2.

Ecuación 2: Caudal (gpm) = (N_o galones de capacidad de la cubeta/ N_o de segundos que tardó en llenar) X 60 s/minutos.

Se midió el tiempo para llenar la cubeta de capacidad de 5 galones hasta el segundo anillo, se repitió tres veces para calcular un tiempo promedio; luego mediante la formula se calcularon los caudales de las obras de captación. La cubeta que se uso fue del tipo que tiene paredes rectas con tres anillos cerca de la tapadera, el segundo anillo marca los 5 galones se realizaron 10 repeticiones de medición de caudal para obtener un promedio más confiable del mismo.

El volumen del balde de 5 gl se midió de la forma como lo muestra la Ecuación 3.

Ecuación 3: $V \text{ balde} = \pi R^2 X h$

Donde: R = radio el balde, h = altura, $\pi = 3,141516$

Para calcular la demanda de agua para consumo doméstico, además de considerar la información recavada en los talleres y las encuestas, se consideró el consumo diario *per cápita* de los habitantes de la microcuenca, según el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA), organismo estatal encargado de administrar los acueductos del país. Este consumo *per cápita* calculado es de 90 litros diarios en acometidas domiciliarias y de 60 litros en puestos públicos o en pozos.

Las mediciones se hicieron en abril del 2005. Esta es la época seca del año, cuando los caudales están más bajos. Las mediciones para los sistemas de irrigación se calcularon mediante un taller participativo con los productores y entrevistas personales con los que no asistieron al taller; en base en el área bajo riego y a la demanda de agua requerida para los cultivos sembrados en la microcuenca, las horas de riego, los intervalos de los riego, caudales de las bombas calculando la necesidad real del agua para los cultivos que siembran, y el tipo de riego, con información dada por los productores en las entrevistas realizadas, al no contar con aplicaciones de riego planificadas y calendarizadas.

En el Anexo 1 se presenta el formato de la encuesta utilizado para obtener la información de parte de la población de las comunidades.

3.5.2 Objetivo específico 2: Analizar la relación entre calidad del agua existente con el uso y manejo del agua que se está desarrollando en la zona, y determinar cuáles son los contaminantes que afectan la calidad del agua de la microcuenca El Limón.

Para llevar a cabo este objetivo se realizaron recorridos por las comunidades que están dentro de la microcuenca, así como por los cauces de las quebradas de La Cangrejera y El Limón para identificar las fuentes potenciales de contaminación y sus orígenes. Conjuntamente se llevó a cabo un taller participativo con 45 participantes, directivos de cinco juntas de agua y otras autoridades como: el promotor de salud, juez de policía, coordinador de la UMA, y coordinador de la unidad técnica municipal (UTM), todos los anteriores claves en la recopilación de la información de las cinco comunidades que se abastecen de agua de la microcuenca. En este taller se identificaron las causas de la contaminación realizando un análisis de causas y efectos de los procesos que se están dando en la microcuenca y que la están afectando. Se logró realizar un mapeo de la zona con participación de lo pobladores, logrando ubicar zonas vulnerables a la contaminación debido a diferentes actividades relacionadas al uso del agua como son agricultura, deslizamientos y actividades humanas.

Se realizaron observaciones de campo para conocer las tomas de agua de los sistemas que abastecen a los poblados con miembros de las juntas de agua, logrando triangular la información descrita en los talleres. Se llevaron a cabo cinco entrevistas personales con representantes de instituciones públicas en la municipalidad de San Jerónimo; dichos representantes fueron el Juez de policía, Promotor de Salud, coordinador de la Unidad Municipal Ambiental (UMA) y empleados del Servicio Autónomo Nacional De Acueductos y Alcantarillados (SANAA), de el municipio de La Entrada a Copán, para obtener sus puntos de vista en relación al tema del agua y también coleccionar información de los diferentes proyectos que realizan en la microcuenca.

Se aplicaron noventa encuestas a pobladores de cinco¹ comunidades para obtener información acerca de los siguientes puntos: fuentes de agua existentes, organización local, fuentes puntuales y dispersas de contaminación, percepción local de la administración del agua, nivel de institucionalidad implementación de procesos de conservación y reducción de

¹En la comunidad de Valle Maria no hubo apertura para levantar datos.

contaminación. Se realizaron análisis del agua para consumo en las seis tomas de agua de los diferentes acueductos de las comunidades y en seis grifos de casas. Las muestras se analizaron en el laboratorio de el SANAA en el municipio de La Entrada a Copán; estos análisis se realizaron en el mes de marzo del 2005, que es la época seca y permitió conocer el nivel de calidad de esta agua de consumo y solo se realizaron una vez (Cuadro 4).

Cuadro 4. Frecuencia con que se deben de realizar de toma de muestras de agua.

Población	Obra de captación*	Red de distribución*	No. de muestras
< 20.000	1 mes	1 mes	1/5.000 habitantes
20 - 50.000	2 semanas	2 semanas	1/5.000 habitantes
50 - 100.000	4 días	4 días	1/5.000 habitantes
> 100.000	1 día	1 día	1/10.000 habitantes

*Intervalo de tiempo en el que se deben tomar las muestras.

Fuente: OMS (2000).

Los parámetros bacteriológicos analizados fueron, coliformes totales y fecales; los parámetros físicos: temperatura, pH, turbidez, conductividad, color, sólidos totales disueltos y alcalinidad. Los análisis químicos realizados fueron nitratos, cloro total, sulfatos, dureza, hierro y fluoruro.

Los materiales utilizados para realizar las muestras de agua fueron frascos de vidrio con tapa de rosca de 250 cc, esterilizada, incolora, de boca ancha, una hielera, con bolsas de hielo, mechero, fósforos, etiquetas, cáñamo, lapicero y reloj.

3.5.2.1 Toma de muestras de agua

Las muestras se obtuvieron de las tomas de agua de los proyecto de las seis comunidades se seleccionaron estos puntos por aspectos de orden del cauce, representatividad accesibilidad, uniformidad, referencia de datos previos, fuentes puntuales y no puntuales de contaminación. Para tomar la muestra en las obras de tomas de agua se introdujo el frasco destapado boca bajo a una profundidad de 20 cm, tomándolo por su base, con los extremos de los dedos. En seguida se dio vuelta hacia arriba y hacia delante cuidando que la mano del recolector quede aguas abajo en relación con la boca del frasco; luego se procedió a tapanlo y guardarlo en la hielera.

3.5.2.2 Toma de muestras de los grifos

Se eligieron grifos que eran de uso continuo y no presentaban anomalías; se procedió a lavar el grifo, se dejó escurrir por dos minutos, el lavado se hizo por la presencia de barro y sales de cobre que desprenden los grifos. Se cerró la llave y se puso a flamear el grifo con el mechero, luego se procedió a abrir la llave y dejarla escurrir por dos minutos, luego se procedió a llenar el frasco, dejando un centímetro entre el nivel del agua y la tapa esto para permitir al laboratorista agitar el líquido antes de proceder al análisis, lo que es un requisito esencial. Todos estos procesos fueron necesarios para que la muestra fuera un fiel reflejo del agua cuya calidad se investigaba. Para esta recolección en los frascos contenían una pequeña cantidad de hiposulfito de sodio 0,010 g de agua clorada, con el objeto de neutralizar el cloro residual, para que la muestra envasada represente su contenido bacteriano en el momento que se tomó la muestra.

3.5.2.3 Transporte de las muestras

Se utilizó el medio más rápido para transporte de las muestras, debidamente rotuladas ya que el método estándar en uso solo permite seis horas de envase. Se mantuvieron en la hielera a una temperatura de 5 °C esto para evitar la multiplicación de bacterias y gérmenes. Todas las muestras se les agregó un formulario con información acerca de la procedencia, dirección exacta donde se tomó la muestra, día mes y hora exacta del envasado en el momento de la toma y hora de llegada al laboratorio. Así mismo el origen si era de grifo, red, o naciente, si fue clorada o no y nombre de la persona recolectora de la muestra.

Para el proceso de delimitación de la microcuenca y ubicación de las tomas de agua y ubicarlos en un mapa, se procedió a ubicar las coordenadas mediante el uso de un GPS en cada una de las tomas de agua que fueron los puntos de muestreos. La realización de los mapas se hizo utilizando el sistema de información geográfica (SIG), por medio del programa Arcview, utilizando como base los mapas ya existentes de la subcuenca del Río Copán. Para el mapa de uso de suelo después de su elaboración se procedió a validar en el campo la información correspondiente para ver si coincidía lo del mapa con lo existente.

3.5.3 Objetivo específico 3. Identificar tecnologías que puedan ser utilizadas en la zona para la desinfección de agua con fines de consumo humano, y determinar la percepción local de estas tecnologías.

Las tecnologías de desinfección que se propusieron fueron de acuerdo, a literatura consultada, entrevistas con expertos en este tema y tomando en cuenta aspectos propios de la zona. se lograron identificar seis tecnologías que pueden ser aplicadas en las comunidades de la microcuenca, estas fueron: el hervido de agua, la radiación solar, la aireación, la coagulación y floculación, la filtración y la cloración.

Luego de ser caracterizadas se presentaron a los pobladores mediante un taller y en conjunto se discutieron dudas sobre cada método de desinfección .Durante dos meses se implementaron los métodos que se pudieron poner en práctica y los probaron. En muchos de estos métodos no se logró la parte de validación, unos por falta de materiales y elementos para llevarlos a cabo y otros por negativa de los pobladores que sintieron innecesaria esta parte del proceso.

Después de dos meses de se realizó otro taller donde dieron su opinión sobre cada método, cuál les había parecido o funcionado mejor, y su percepción y viabilidad de estas tecnologías para adaptarlas a la zona. Cinco participantes de cada taller dieron su punto de vista en cuanto a aspectos económicos, prácticos, utilidad y grado de eficacia, los cuales, se discutieron y se aplico una encuesta a los 75 participantes de este taller donde manifestaron su preferencia por uno o varios métodos específicos.

Estas características de las tecnologías se contrastaron con las características de las comunidades como tipo de fuente, lugar, sistema, población, aspectos culturales y se discutió la mejor manera que se podían complementar. Debe reconocerse que no existe una técnica ideal o perfecta, todas ayudan pero no hay una ideal, todas sufrieron objeciones. Dentro de estas consideraciones se destacó el manejo del agua dentro de la casa (depósitos, baldes, tanques), ya que son estas practicas las que frecuentemente contaminan el agua, por lo que se tomó en cuenta el tratamiento del agua como un todo, se consideró como una sumatoria de etapas en las que cada una fue evaluada de forma individual.

Una buena desinfección no debe remplazar las acciones que tiendan a mejorar la calidad del agua en la microcuenca, al contrario, facilitará la implementación del tratamiento. Por lo anterior se analizó la calidad que presentó el fluido antes de entrar en contacto con el desinfectante.

3.5.4 Objetivo específico 4. Hacer una inspección sanitaria del acueducto de abastecimiento de agua. Definir medidas de mitigación para disminuir la contaminación, y difundir la información, a través de gobiernos municipales y unidades de medio ambiente.

Para el cumplimiento de este objetivo, se realizó un recorrido por el acueducto que abastece de agua al municipio de San Jerónimo. Por ser el de mayor tamaño y de mayor importancia, y el cual posee más usuarios del sistema. Estos recorridos se realizaron junto a miembros de la junta de agua de dicho municipio. Se realizó una evaluación integral *in situ* de todos los componentes del sistema de agua: captación, conducción, almacenamiento-tratamiento y distribución; en estos recorridos se evaluó principalmente la parte física del sistema.

Se procedió a realizar un taller con los miembros de la junta de agua y representante de la UMA, donde se evaluaron las condiciones de funcionamiento del acueducto, en este taller se llevaron a cabo diferentes actividades:

1. Se evaluaron todos los procesos de tratamiento y acondicionamiento, las instalaciones y sus componentes.
2. Se evaluó todo el sistema de distribución.
3. Se revisó documentación, datos anteriores del monitoreo del agua de la fuente y distribución para verificar las características bacteriológicas, físicas y químicas.
4. Se analizaron las prácticas administrativas que afectan la operación y mantenimiento del sistema de agua.
5. Se analizaron las prácticas de gestión del personal del sistema, así como la necesidad de nuevo personal.
6. Se procedió a llenar un reporte de Inspección Sanitaria para Acueductos Rurales de la Organización Mundial de La Salud (OMS).

Estos resultados serán presentados a la institución administradora en este caso la municipalidad, mediante la junta de agua, una vez finalizado el trabajo. La guía de inspección sanitaria aplicada consta de varios aspectos como son información general del sistema, fuente de agua, área de recarga, zona de captación, obra física de captación, línea de conducción, rompecargas, tanque de almacenamiento, métodos de desinfección, red de distribución, muestreos, nivel de organización de la comunidad aspectos sociales y recomendaciones. Cada parte de la guía tiene una serie de preguntas que fueron desarrolladas con los miembros de la junta de agua, las cuales sirvieron como indicadores de la situación actual del acueducto. Se le asignó un código de riesgo dependiendo el número de preguntas positivas que se respondieron (Cuadro 5 y Cuadro 6).

Cuadro 5. Indicadores claves que se consideraron en la inspección del sistema de abastecimiento de agua en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

Aspecto de la guía de inspección sanitaria	Tipo de riesgo			
	N	B	M	A
Fuente				
Area de recarga				
Zona de captación				
Obra física de captación				
Línea de conducción				
Desarenador (si existe)				
Rompecargas (si existe)				
Estación de bombeo (para sistemas mixtos)				
Tanque de almacenamiento				
Hipoclorador				
Red de distribución				
Muestreo				
Tratamiento del tanque				
Casa 1				
Casa 2				
Casa 3				
Administración				
Organización				

Cuadro 6. Codificación de los tipos de riesgo.

Respuestas afirmativas (%)	Tipo de riesgo	Código
90%	No existe	N
75%	Bajo	B
50%	Medio	M
25%	Alto	A

En las encuestas que se aplicaron se abordaron aspectos de la percepción de la población referente al servicio y funcionamiento del acueducto, mantenimiento del mismo, pago de la tarifa, número de usuarios e informaciones que sirvieron para llevar a cabo este análisis.

De esta forma se determinó, de manera participativa, y mediante inspección, el nivel sanitario con que esta operando el acueducto del municipio de San Jerónimo.

En la Figura 3 se puede observar el proceso de la metodología utilizada, el cual duró aproximadamente seis meses (enero a junio). Luego con toda la información recopilada se construyó la base de datos a la que se le aplicó un análisis de frecuencia con el software Infostat, esto permitió tener un porcentaje de las respuestas obtenidas en las encuestas y los talleres.

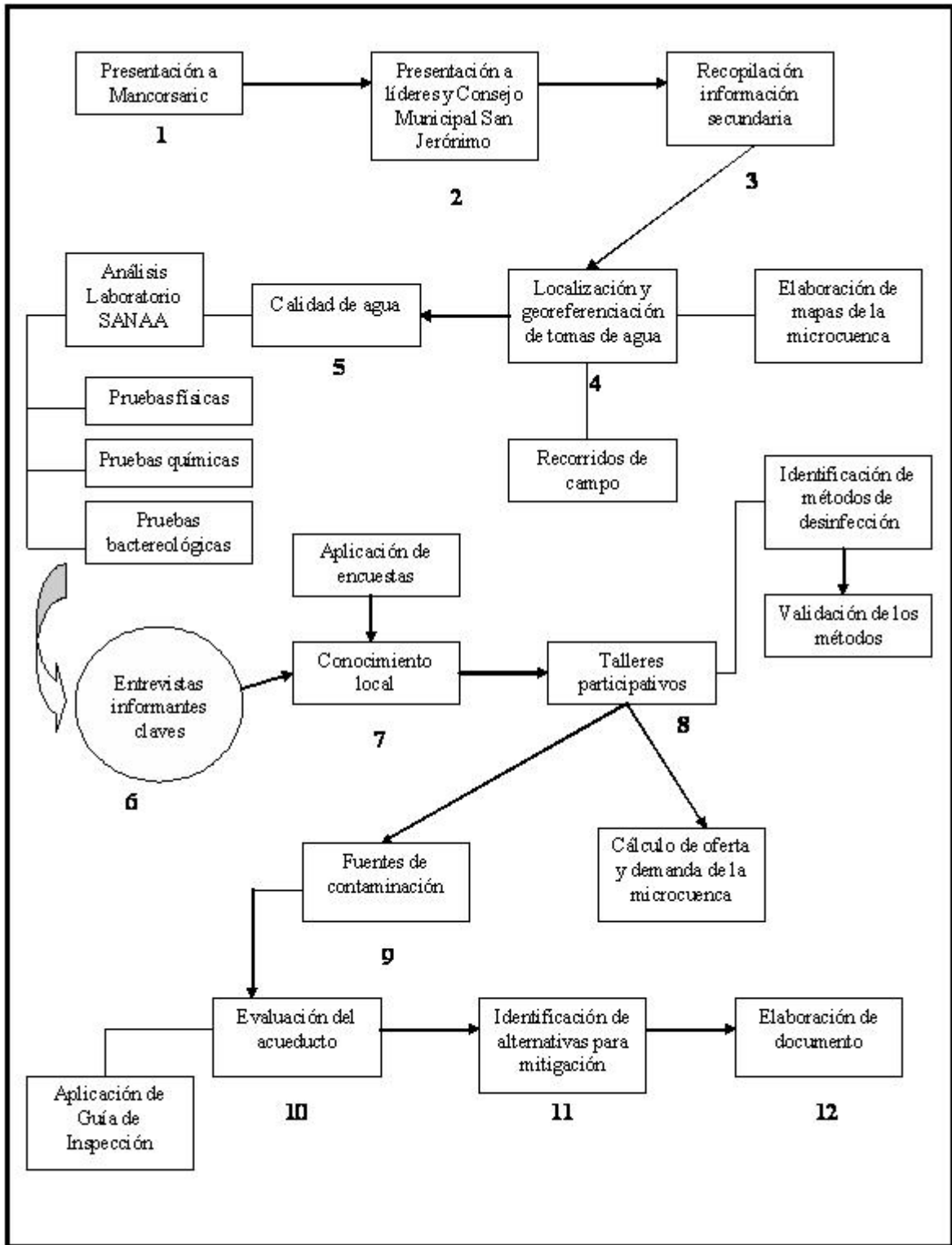


Figura 3. Esquema del proceso metodológico aplicado en el estudio.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Objetivo específico 1. Realizar un balance entre la oferta y la demanda social del agua mediante método participativo y descripción de la organización y administración del agua en la microcuenca El Limón.

4.1.1 Sistema de organización y administración del agua

En la microcuenca El Limón existen diferentes usos del agua, principalmente para riego para agricultura, ganadería y el más importante el de consumo humano y las diferentes actividades que ello implica. La única administración y organización existente con marco legal es para el consumo humano que es un uso prioritario sobre cualquier otro uso. En estas comunidades, al igual que el resto del País los sistemas han estado a cargo del SANAA en su carácter de operador de servicios y administrador creado por decreto legislativo No. 91 y que funciona desde el 26 de abril de 1961. Esta institución tiene escasa cobertura en las zonas rurales y apoya en la construcción y supervisión de los acueductos, dejando después la administración a las municipalidades o a grupos organizados de las comunidades. Con el objeto de mejorar los servicios básicos del País y en especial el sector agua potable y saneamiento, y brindar un servicio bajo los principios de calidad, equidad, solidaridad, continuidad, respeto al ambiente y participación ciudadana, se creó en agosto del 2003 mediante decreto 118-2003, Ley Marco del Sector Agua y Saneamiento, la cual entró en vigencia en octubre del mismo año. Esta ley establece la creación del Consejo Nacional de Agua y Saneamiento (CONASA), como representante oficial del gobierno de Honduras en materia de agua potable y saneamiento, y fija las políticas, estrategias y planes nacionales del sector. Así mismo creó el ente regulador de los servicios de agua potable, como una institución descentralizada, con independencia funcional técnica y administrativa, con funciones de regulación y control de la prestación de los servicios de agua potable en todo el territorio nacional.

En la misma ley se confirma el funcionamiento del SANAA, a quien se le fijan funciones de secretaria ejecutiva y ente técnico de apoyo a CONASA, municipalidades y juntas de agua. En este contexto, en la actualidad se está dando en el país este traspaso a las municipalidades, con el objetivo de incrementar la participación ciudadana a través de la municipalización de la administración de los acueductos y llevar a cabo los procesos de

autonomía municipal que establece la ley de municipalidades. La Asociación de Municipios de Honduras (AMHON), está representada en el CONASA, todo esto como resultado de la modernización del Estado y cumpliendo con la transferencia ordenada de los servicios de agua potable a las municipalidades.

El CONASA está conformado por: El secretario de estado en el Ministerio de Salud, quien lo preside, el secretario de Estado en el Ministerio de Gobernación y Justicia, el secretario en el Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente, el secretario en el Ministerio de Finanzas, el presidente de la AMHON, un representante de las juntas de agua electo en asamblea nacional, un representante de los usuarios convocado por la fiscalía del consumidor y el gerente del SANAA quien actúa como secretario ejecutivo.

Las principales atribuciones del CONASA son formular y aprobar las políticas del sector agua potable y saneamiento, desarrollar estrategias y planes nacionales, definir los objetivos y metas sectoriales relacionados con los servicios de agua, programar las inversiones para el nivel urbano y rural coordinando con los organismos competentes, en especial con las municipalidades, los mecanismos y actividades financieras relacionados con los proyectos de agua potable, servir como órgano de concertación y coordinación de las actividades de las instituciones públicas o privadas relacionadas con tecnología, capacitación, mejoramiento del servicio y la conservación de las fuentes de agua, promover espacios de diálogo con la participación de los sectores de la sociedad, desarrollar la metodología para establecer la valorización económica del agua y otras secundarias (Ley marco sector agua potable y saneamiento).

Bajo estos preceptos las municipalidades poseen la titularidad permanente e intransferible de la prestación de servicios de agua potable y saneamiento, lo que las faculta para disponer la forma y condiciones que se manejarán dichos servicios en sus respectivas jurisdicciones. También se crea la figura de las juntas administradoras de agua que son organizaciones comunitarias, responsables de la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de agua en las zonas rurales. La mayoría de las comunidades se organizan desde antes de la construcción del acueducto y se le responsabiliza de la coordinación de las actividades relacionadas con la gestión, construcción y funcionamiento del sistema de agua. Estas juntas adquieren la personería jurídica por medio del dictamen de la respectiva corporación municipal que constata su legalidad y la otorga el Ministerio de Gobernación y Justicia. Tienen preferencia en el otorgamiento de la autorización municipal para la operación

total o parcial de los servicios de agua potable en sus respectivas comunidades. Las Juntas de Agua y Saneamiento son mecanismos de participación ciudadana y autogestión de los servicios públicos a nivel de caseríos, aldeas y municipios. Corresponde fundamentalmente a las juntas, la ejecución de los programas de abastecimiento de agua potable y saneamiento en las comunidades rurales y en áreas urbanas, en vías de desarrollo, en colaboración con la municipalidad y otras entidades nacionales e internacionales, públicas y privadas, como entidades ejecutoras. Las Juntas de Agua y Saneamiento, tienen el objeto de:

- Operar y mantener el sistema de agua potable, brindando a la población el servicio de abastecimiento de agua domiciliaria.
- Manejar el sistema como empresa sostenible.
- Promover la participación de la comunidad, en la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de agua y saneamiento, así como la vigilancia en la calidad del agua. Realizar la promoción en lo relacionado a la educación para el desarrollo sostenible entre los vecinos de la comunidad de su jurisdicción
- Promover la conservación y protección de las cuencas que alimentan las fuentes de agua, en coordinación con municipalidad mediante su Unidad de Medio Ambiente.
- Vigilar que el manejo de los desechos (líquidos, gaseosos y sólidos) sean el adecuado conforme a las leyes, normas y reglamentos nacionales.

En las comunidades de la microcuenca El Limón están organizadas estas juntas de agua, pero todavía no alcanzan al desempeño óptimo, para el que fueron creadas y están actuando de una manera pasiva y aislada. Las Juntas de Agua y Saneamiento tienen la siguiente organización: a) Asamblea de Abonados, b) Junta Directiva, c) Comité de apoyo.

La Junta de Agua y Saneamiento tienen dos clases de sesiones: a) Ordinaria b) Extraordinaria. Para la ordinaria, la junta se reúne cada mes y es convocada por el secretario (a) y cada tres meses con los abonados, y es convocada por cualquier miembro de la junta. La Asociación se reúne cada tres meses, por convocatoria del presidente o secretario, municipalidad e instituciones y una vez al año con la asamblea de juntas será convocada por el presidente o secretario, alcalde, o instituciones. La extraordinaria es convocada por el presidente a petición de los tres miembros de la junta directiva o a petición del 10% de los abonados registrados, o juntas registradas, a solicitud de la municipalidad e instituciones. Las Juntas de Agua y Saneamiento, están dotadas de estatutos por medio de la municipalidad y otras instituciones que apoyan dicha actividad.

Dichos estatutos establecen:

- Los derechos y deberes de los abonados.
- Las clases de tarifas y sus duplicaciones.
- La modalidad de conexiones para nuevos abonados.
- Las sanciones para abonados morosos.
- Reglamentación de la asociación de juntas de agua.

Estos estatutos fueron ajustados a las condiciones locales de los sistemas de agua de sus respectivas comunidades para su mejor aplicación y funcionamiento.

La asamblea de abonados es la máxima autoridad de la junta de agua y saneamiento y está representada por los que están al día con sus pagos; no tienen voto los morosos y expresa la voluntad en sus miembros electos, tiene atribuciones y funciones como son:

- Elegir los miembros de la junta directiva y comités de apoyo.
- Renovar o suspender a cualquier miembro de la junta directiva y comités de apoyo, por incumplimiento del reglamento o negligencia en el desempeño de sus funciones.
- Aprobar lo decisiones de la junta que vayan en bien del proyecto y regulen la operación y el mantenimiento del sistema de agua.
- Discutir, aprobar o improbar el informe administrativo, financiero y técnico.
- Decidir la adquisición de terrenos dentro del micro cuenca y de su área de protección.
- Decidir sobre las condiciones del uso de conexiones domiciliarias con fines de lucro, previo estudio de la asociación de juntas de agua.
- Discutir la tarifa propuesta por la junta de agua y saneamiento, para tener conocimiento sobre la importancia o beneficio que le dará el proyecto (Reglamento General de Juntas de Agua 2003).

La Junta Directiva está integrada por hombres y mujeres mayores de 18 años, de reconocida solvencia moral, con deseos de cooperar voluntariamente, que dispongan de tiempo para integrarse a los trabajos que los apoye la comunidad y que gocen de sus derechos ciudadanos designados a través del voto mayoritario de asamblea de abonados o vecinos.

La composición de la junta directiva, debe considera el aspecto género (50%) de mujeres en la junta.

La junta directiva está constituida por cuatro miembros propietarios y tres suplentes, siete en total: Presidente, Vice-presidente, secretario, tesorero, fiscal, coordinador de microcuenca y Salud.

El alcalde auxiliar, es miembro de la junta directiva, con derecho a voz, pero sin voto, apoya a la junta en la aplicación del reglamento en coordinación con el juez de policía. El mandato de los miembros de la junta directiva es de dos años y pueden ser reelectos por una sola vez, en periodos sucesivos y estos desempeñan sus cargos *ad-honorem*.

Pueden ocupar un cargo temporal al no funcionar un miembro; esto lo podrán hacer a petición de la junta municipalidad y las instituciones mientras se reestructura la junta.

Para ser miembro de la Junta se requiere: ser hondureño (a) y estar en pleno gozo de sus derechos), ser residente (dos años de vivir en la comunidad), abonado del servicios, no ser moroso, saber leer y escribir (secretario, fiscal, tesorero), ser de reconocida solvencia moral estar físicamente presente en la elección y tener voluntad de servicio.

La junta directiva ejerce la representación legal de la junta de agua y saneamiento ante las autoridades centrales, locales y entidades privadas; tiene las siguientes atribuciones:

- Aprobar las tarifa de acuerdos a los gastos del proyecto y un margen de ahorro para la recuperación del proyecto apoyar a la (AJAM) asociación de juntas.
- Realizar un informe mensual de ingresos y egresos, abrir una cuenta en el banco a nombre de la junta de agua (prioridad presidente, tesorero); firma que se registra es la que la que la mayoría de la junta decidida.
- Velar por el buen funcionamiento del servicio, tanto en cantidad como en calidad.
- Autorizar o suspender los servicios por conexiones domiciliarias, conforme al reglamento.
- Colaborar con la Secretaría de Salud, ONG municipalidad, el SANAA y las demás entidades del sector, en las actividades que estas realizan en el desarrollo de las comunidades.
- Controlar el desperdicio de agua, vigilar y proteger las fuentes de agua.
- Aplicar medidas de control a los abonados, aprobar los préstamos a los abonados para construcción de letrina y pila (la junta compra los materiales, supervisa la obra, negocia las modalidades de pago) nota: las medidas de la pila no debe exceder (1,5 m de largo y 1 m de alto y ancho).

- Cumplir con la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (Decreto No. 84 del 31 de julio de 1995).
- Ejercer demanda judicial con el apoyo de la municipalidad y demás instituciones de agua y saneamiento cuando por negligencia un abonado ponga en peligro la salud de la comunidad mejoramiento del proyecto.
- Ejecutar normas y leyes especiales como el código de salud, ley general del ambiente en lo referente de agua y saneamiento.

Las juntas de agua en las comunidades de la microcuenca El Limón son de suma importancia, ya que son la única figura legal que puede llegar a administrar el sistema de agua con eficiencia y conservar las fuentes existentes, convirtiéndose en una herramienta clave para la gestión equitativa, eficiente y sostenible del recurso hídrico, logrando una agua de buena calidad, en cantidades aceptables y sin interrupciones.

Sin embargo, a pesar que la regulación contempla un marco organizacional destinado al buen funcionamiento de los sistemas de agua, en la microcuenca en estudio no se cumplen los estatutos, no están basados en el conocimiento preciso, los miembros de las juntas de agua no tienen buen dominio de prácticas gerenciales y no poseen el conocimiento apropiado; no existe sentido de propiedad de parte de la población que es el grupo interesado para aceptar y poner en práctica el monitoreo, los procedimientos de cumplimiento y regulación. Se debe de construir primero una concientización en la población para adoptar todo este marco organizacional y ponerlo en práctica, todo esto redundando con que no cuentan con recursos financieros debido a la débil administración y poca capacidad de gestión.

Lo anterior se expresa de acuerdo a lo observado en las juntas de agua de las comunidades donde se desarrolló el trabajo, ya que no se han apropiado de la responsabilidad de los proyectos, no trabajan en el involucramiento de los miembros y organizaciones de la comunidad, no cumplen con las reuniones establecidas, tienen una fuerte dependencia a los organismos externos y escasa coordinación con instituciones como Municipalidad Ministerio de Salud, SANAA; COHODEFOR(Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal). Con estas instituciones se podrían legalizar las propiedades donde se encuentran las fuentes de agua, y la declaratoria de la microcuenca como área protegida. Tampoco se mantienen informadas la las poblaciones sobre las acciones ejecutadas.

La pasividad se debe a que las poblaciones reciben el agua en cantidad aceptable y aunque en época seca tienen escasez y en la lluviosa tienen problemas con la parte física del acueducto, no lo miran como un problema, todavía la presión no se ha agudizado de contar con organismo eficiente que funcione como estructura de gestión de los recursos naturales, los cuales surgen en su mayoría por iniciativas de estructuras comunales. Sin embargo, no hay una decisión política institucional, que ofrezcan un verdadero respaldo para su funcionamiento desde el punto de vista legal y económico. Urge la necesidad de elaborar y aprobar principios y procedimientos que permitan transmitir y orientar en forma masiva y uniforme acciones integradoras, con base en organismos que actúen bajo procedimientos adecuados a la problemática, con atribuciones legales establecidas, objetivos claros, con estructura organizacional que albergue actores locales, financiamiento, buena relación con entes ya existentes y considere la participación de usuarios en la búsqueda de soluciones a conflictos generados por el inadecuado uso de los recursos. En la legislación hondureña, varias disposiciones jurídicas hacen alusión al tema de las cuencas hidrográficas en forma directa o indirecta, no así al tema de la formación de organismos de cuencas (Otero 2003).

En el marco legal actual del sector agua potable y saneamiento define las instituciones que tienen que ver con la gestión del recurso hídrico, pero deja al aire su funcionamiento y procedimientos y muy lejos de tener un enfoque integral de cuencas. El poco interés del gobierno central representado por sus instituciones ha dado como resultado un manejo sectorizado y poco socializado. Queda demostrado que la labor desempeñada por los entes responsables del manejo de los recursos no cubre con las expectativas de un verdadero manejo integral de los recursos. Esta situación nacional se ve reflejada en la microcuenca El Limón donde no se está manejando el recurso con el enfoque adecuado se está dando una degradación de los recursos y los organismos de juntas de agua no responden a la necesidad de conservar y darle sostenibilidad, de ser entes que gozan de credibilidad, respeto y con capacidad para resolver los problemas comunitarios relacionados con el agua y saneamiento en la microcuenca.

4.1.2 Estimación anual de la oferta y demanda social del agua en la microcuenca

La demanda hídrica de una cuenca se calcula de forma integral, incluyendo todos los componentes del sistema, realizando una sumatoria de todas las demandas. Para esto se debe de tomar en cuenta la evapotranspiración que se define como la cantidad de agua que pierde el suelo a través de las plantas mediante procesos como la transpiración y evaporación. Esta es afectada por varios elementos meteorológicos como son la radiación solar, temperatura y humedad relativa (Valverde 1998).

Al no contar con estos datos anteriores en la microcuenca, dado que no existen estaciones meteorológicas de medición, se centro el análisis en el agua de consumo humano y de las diferentes actividades humanas desarrolladas en la zona y que son de mayor importancia.

La producción de agua en la microcuenca se estimó midiendo el caudal en galones por minuto de las cinco obras de captación existentes en las fuentes de agua que abastecen las seis comunidades, estas mediciones se realizaron en abril que es la época seca y de menor producción de agua en la microcuenca (Ver Figura 4).

1. Caudal toma de agua de la aldea El Tránsito.

$$Q = 5 \text{ gl cubeta} / 35 \text{ s} \times 60 \text{ s/minuto} = 8,5 \text{ gpm}$$

2. Caudal toma de agua de aldeas El Rosario y Agua Zarca.

$$Q = 5 \text{ gl cubeta} / 25 \text{ s} \times 60 \text{ s/minuto} = 12 \text{ gpm}$$

3. Caudal toma de agua aldea Tierra Blanca.

$$Q = 5 \text{ gl cubeta} / 25 \text{ s} \times 60 \text{ s/minuto} = 12 \text{ gpm}$$

4. Caudal toma de agua aldea Valle María.

$$Q = 5 \text{ gl cubeta} / 20 \text{ s} \times 60 \text{ s/minuto} = 15 \text{ gpm}$$

5. Caudal toma de agua municipio de San Jerónimo.

$$Q = 5 \text{ gl cubeta} / 5 \text{ s} \times 60 \text{ s/minuto} = 60 \text{ gpm}$$

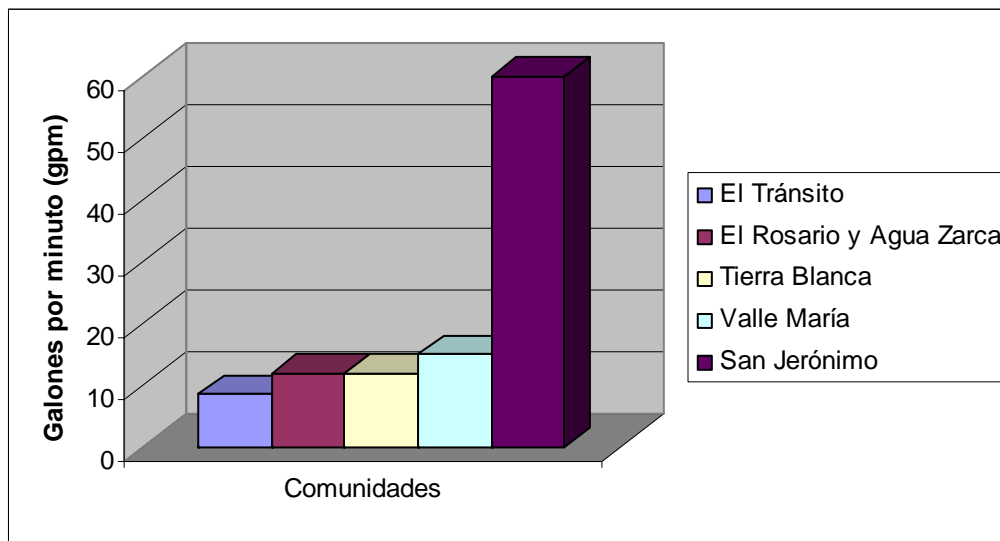


Figura 4. Caudal de tomas de agua de las comunidades dentro la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

Todas estas tomas de agua se encuentran en la parte alta de la microcuenca (Figura 5), y mantienen producción de agua todo el año, cuatro de ellas son nacientes de agua y solo la de la comunidad de San Jerónimo se encuentra en el cauce de la quebrada El Limón. La de la comunidad de El Tránsito fluye hacia esa misma quebrada. Sumando los seis caudales nos dio una producción total de 107,5 galones por minuto en época de estiaje (enero–abril), para un estimado de 212.447 m³ de agua anuales, suponiendo que este caudal es constante, aunque en el periodo lluvioso aumenta de nivel.

En el Cuadro 7 se muestran las coordenadas de las cinco tomas de agua que fueron georeferenciadas y que se encuentran dentro de los límites de la microcuenca, las cuales abastecen a las seis comunidades. Todas se encuentran en la parte alta de la microcuenca.

Cuadro 7. Coordenadas de tomas de agua georeferenciadas de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

Puntos	X	Y	Nombre de la toma de agua
1	293054	1654526	San Jerónimo
2	291760	1654637	El Tránsito
3	291870	1653940	Agua Zarca y El Rosario
4	292213	1654184	Valle María
5	291815	1653719	Tierra Blanca

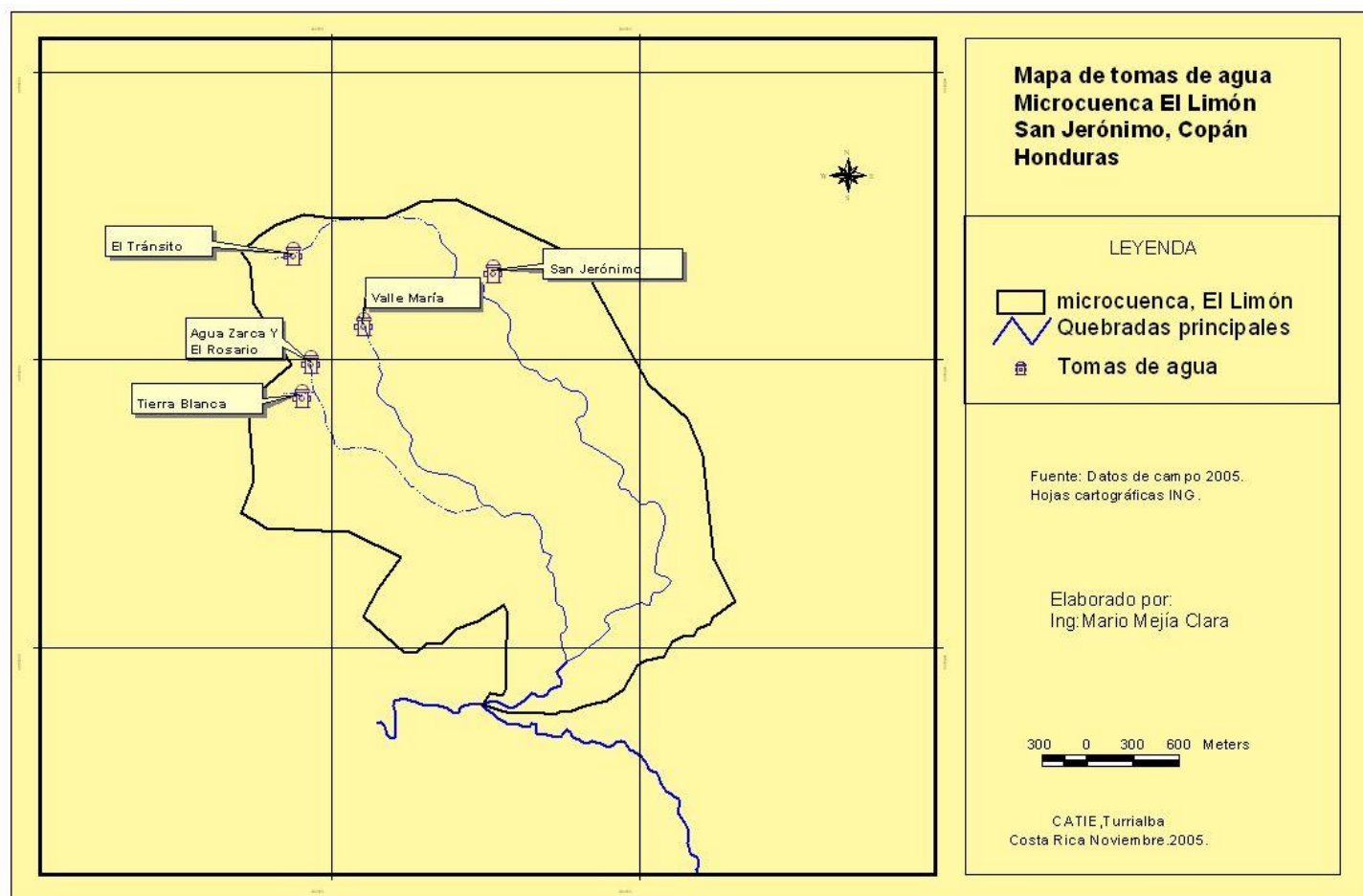


Figura 5. Mapa de tomas de captación de agua en la red hídrica de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

En la Quebrada La Cangrejera fluye el agua de las tomas de Tierra Blanca, Valle María, El Rosario y Agua Zarca. Todas las nacientes se encuentran sin ninguna protección y en condiciones sanitarias críticas, a pesar que la legislación sobre microcuencas define muy claramente el área a proteger que es de 250 metros alrededor de cualquier naciente y una faja de 150 metros del cauce, siempre que esté dentro del área de drenaje (Decreto Ley No 85, artículo 64). Estas no se encuentran ni cercadas y se encuentran localizadas en pasturas para ganado y parcelas de siembra de tenencia privada, como se muestra en la Figura 6. Estas obras de captación se encuentran al nivel del suelo, lo que facilita que se contaminen con cualquier elemento; y en toda la microcuenca no existen acciones de conservación y mejoramiento para mantener el equilibrio hídrico en las zonas de captación y no padecer de la falta del líquido y poder satisfacer la demanda en años venideros.



Figura 6. Toma de agua de comunidad Agua Zarca y El Rosario

Según el SANAA (2003), el consumo de agua es de 90 l/día *per cápita*. Sumando la población de las seis comunidades (Cuadro 8), da un aproximado de 2.567 habitantes (Censo Unidad Técnica Municipal 2004), con un consumo anual de 84.063 m³ anuales.

$$90 \text{ l/día} \times 365 \text{ días} = 32.850 \text{ l/año/persona}$$

$$32.850 \text{ l} / 1,000 \text{ l/m}^3 = 32,85 \text{ m}^3/\text{año/persona}$$

$$32,85 \text{ m}^3/\text{año/persona} / \times 2.567 \text{ habitantes} = 84.063 \text{ m}^3 \text{ anuales.}$$

Cuadro 8. Población y número de casas por comunidad en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

Comunidad	No. de casas	No. de habitantes
El Tránsito	84	600
El Rosario	40	200
Agua zarca	50	208
Tierra Blanca	77	278
Valle María	30	81
San Jerónimo	240	1.200
Total	521	2.567

No se adicionan porcentajes de pérdida en la conducción. La comunidad que tiene el consumo más alto es San Jerónimo; en ella se concentra la mayor parte de la población por ser el centro urbano, mientras que en las aldeas existe menor población y el porcentaje de gasto es mas bajo. Como se muestra en la Figura 7, cada casa cuenta al menos con conexión intra domiciliar y no hay clasificación de usuarios por consumo o tipo de uso; todos tienen una tarifa única.

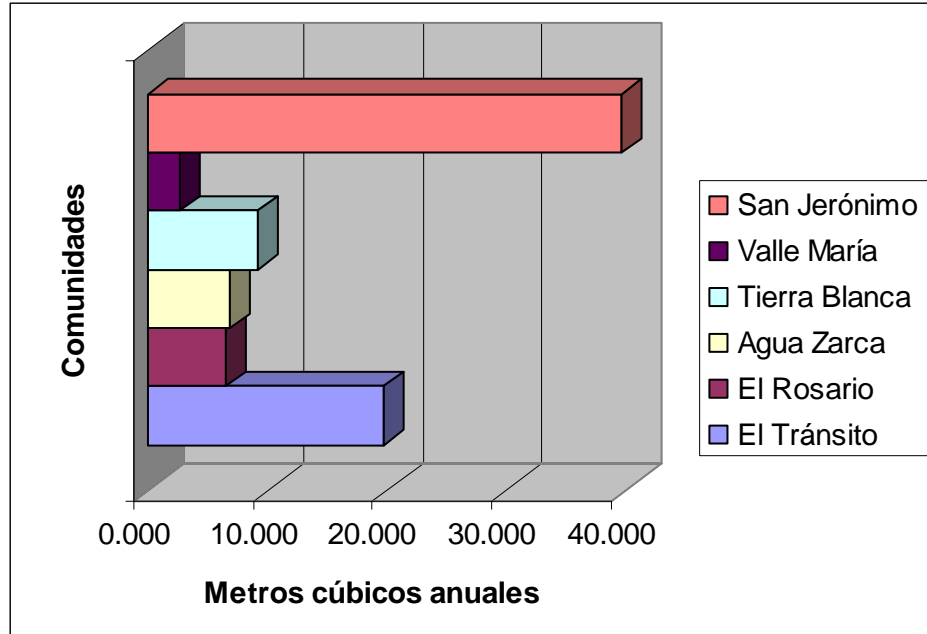


Figura 7. Consumo de agua en metros cúbicos por comunidad en microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

En lo referente a las necesidades agropecuarias de los pobladores de la microcuenca se obtuvieron datos en los talleres comunitarios con los productores de los volúmenes de agua utilizados haciendo una triangulación entre la información obtenida en los talleres con los productores y datos del mapa de uso de suelo de la microcuenca, se estimó que existen 220 manzanas de potreros o pastizales dentro del área de la microcuenca con promedio de tres animales por manzana. Según manual del Fondo Ganadero Honduras (2004), el consumo promedio de agua por animal es de 42 l/animal/día por lo que al multiplicar la población bovina por su consumo y convirtiéndolo a metros cúbicos nos da un consumo de 10.117 m³ anuales. Esta área de pastoreo se extiende por toda la microcuenca desde su parte alta hasta la mas baja y se observó la práctica de una ganadería extensiva y sin ningún manejo o paquete tecnológico. En esta área los animales tienen acceso a las fuentes de agua, incluso a las tomas de agua.

En la agricultura la mayor parte de los agricultores siembra granos básicos en época de lluvia que va de mayo a agosto y en postrera, que va de septiembre a noviembre; y en la parte alta existe un área de café con sombra; estos cultivos son dependientes de las precipitaciones que se presenten durante el año. La comunidad del Rosario se encuentra ubicada en la parte media de la microcuenca en ella existen productores de hortalizas con una área aproximada de

15 manzanas bajo riego de aspersión. Estos sistemas de riego fueron financiados por un convenio con la Unión Europea y un consorcio de ONG Italiana que desarrollo acciones en mejorar y volver más eficiente el uso y manejo del agua y promover la producción de otro tipo de cultivo, con el objetivo de reducción de la pobreza. Estos trabajan con más eficiencia, pero presentan las desventajas de los costos al momento de sustituir una vez que expira su vida útil. Para un cuarto de manzana de área sembrada de hortalizas gastan 700 m³ de agua por ciclo de tres meses, por dos ciclos al año, por las 15 manzanas que cultivan, tienen un gasto anual estimado de 84,000 m³ de agua al año.

4.1.3 Balance de la oferta y la demanda de agua en la microcuenca

Agua disponible o producida en la microcuenca = 212.447 m³ de agua anuales

Consumo doméstico mas consumo agropecuario = 178.180 m³ de agua anuales

Se encontró un excedente en la producción de agua en la microcuenca de 34.267 m³ que pudiera ser un poco mayor, ya que los datos fueron calculados en la época de estiaje, pero aunque la demanda está satisfecha y no ha existido crisis por el agua, el excedente no es mucho, comparado con el crecimiento poblacional. De esta microcuenca se supe la mayor parte de la población del municipio de San Jerónimo. Tomando en cuenta que otras comunidades que no tienen agua y que están fuera del área se están abasteciendo de la microcuenca y los procesos de degradación del recurso agua que se está dando en la zona, los hace vulnerables a que en un periodo a corto tiempo no tengan agua disponible para satisfacer la demanda de la población, por una disminución, tanto de la cantidad como de la calidad del agua, como lo manifestaron algunos pobladores que en años donde el período de lluvias no tiene mucha precipitación pluvial en periodo seco sufren de escasez del líquido.

La mayoría de las actividades económica se basan en la agricultura y estas están condicionadas a las lluvias, carecen de tecnologías que les permitan conservar agua para darle un mejor aprovechamiento y aumentar los niveles de agua disponible; se debe aumentar las medidas de protección para generar estas condiciones.

4.2 Objetivo específico 2. Analizar la relación entre calidad del agua existente con el uso y manejo del agua que se está desarrollando en la zona, y determinar con los pobladores cuáles son los contaminantes que afectan la calidad del agua de la microcuenca El Limón.

Cuando el hombre penetra por primera vez en una cuenca encuentra recursos geológicos, hídricos, físicos, vegetales y animales que debe utilizar y manejar de forma racional para no alterar el balance de la misma (Jiménez 2004).

Busca y ubica las estructuras para la toma de agua potable y si las condiciones lo permiten, de riego y generadora de energía. Establece toda la infraestructura vial necesaria para comunicarse en la cuenca y entre cuencas, algunas poblaciones se empiezan a establecer en la parte alta de la cuenca y en pequeñas mesetas. Al crecer la población o por simplemente la ambición de riqueza del hombre empieza a explotar los recursos vegetales de las laderas y es así como se inicia la industria maderera con poco o ningún manejo forestal, de los drenajes del suelo y del paisaje. No se toman medidas para el uso racional de los recursos de la cuenca, la explotación irracional se desarrolla con fuerza. Se deforestan las laderas de cerros y montañas, se introducen la ganadería y agricultura, con poca o ninguna tecnología, todo sentido de conjunto de valores comunitarios en la cuenca se pierden y solo se piensa y actúa en función de beneficios propios. Ante este caos destructor el hombre empieza a utilizar pesticidas. Los suelos pierden fertilidad, las laderas dejan de ser amortiguadores de lluvias, el sobrepastoreo, la compactación del suelo, y la erosión se convierten en escenarios de cada día, los cauces se reducen por el sedimento depositado en las mismas, provenientes de las laderas de las cuencas (Jiménez 2004).

El estudio en la microcuenca El Limón nos permitió identificar procesos que están aconteciendo y como resultado, degradando el recurso agua, volviéndose un problema complejo debido a que es la sumatoria de varias causas (Figura 8), las que están contribuyendo a la contaminación. En la búsqueda de un crecimiento económico los habitantes se desarrollan diferentes actividades que sobreexplotan el recurso agua, sin ningún tipo de conservación o planeación adecuada, lo que dificulta lograr un real desarrollo económico, social y ambiental, produciéndose un círculo vicioso entre la presión demográfica, pobreza, y deterioro ambiental.

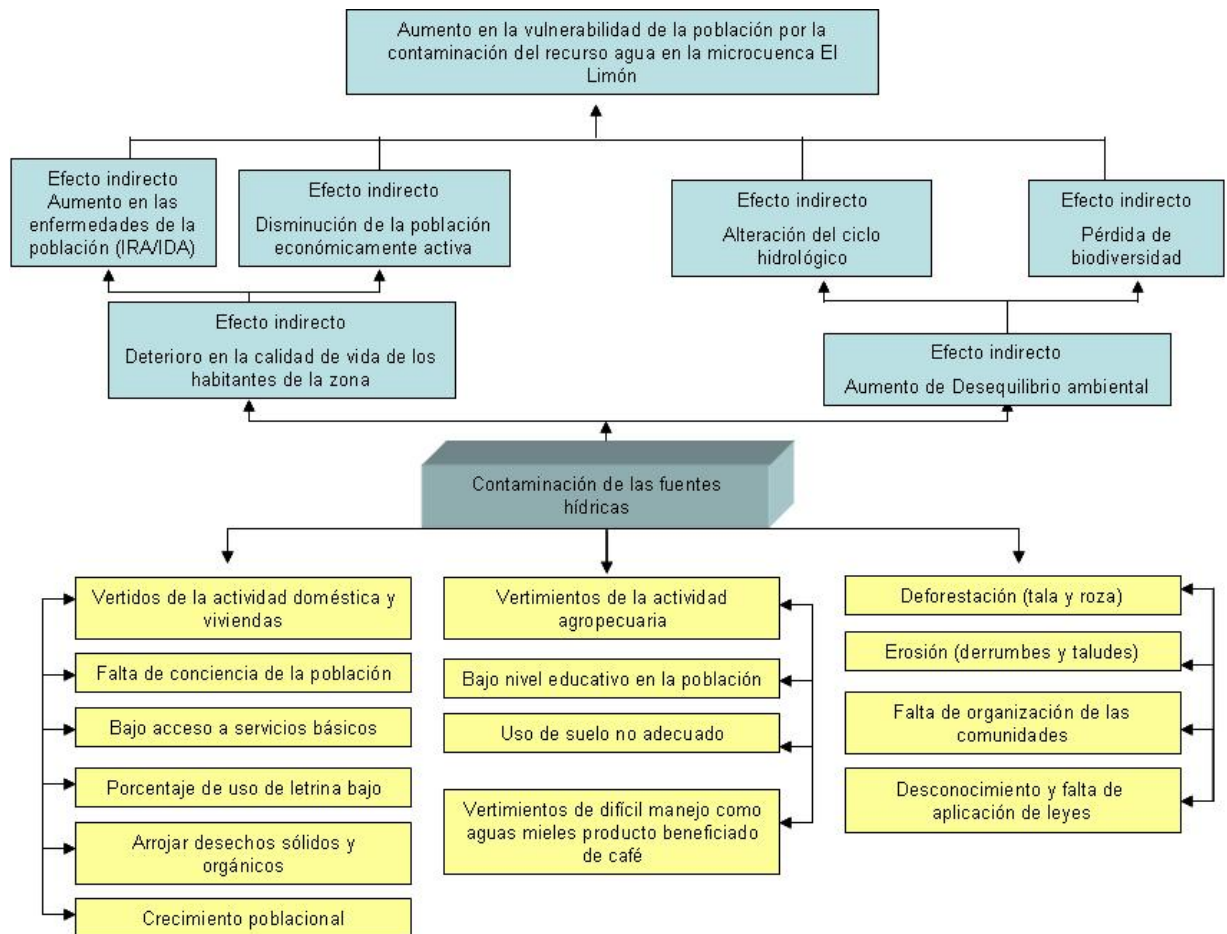


Figura 8. Causas y efectos de la contaminación del agua en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

4.2.1 Resultados de muestras de agua del laboratorio

El resultado de los análisis de laboratorio realizados en el laboratorio regional del SANAA, en el municipio de la Entrada a Copán, las muestras recolectadas en las tomas de agua y en la red de distribución del Municipio de San Jerónimo, revelan que existe contaminación por varios factores, y que es necesario realizar desinfección del agua previo al consumo humano.

4.2.1.1 Parámetros físicos

En el Cuadro 9 se observan los resultados del análisis físico realizado a las seis muestras de agua de la microcuenca por comunidades.

Cuadro 9. Resultados de análisis físicos del agua de consumo de las diferentes comunidades de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

Comunidad	Municipio	Tipo de fuente	Tipo de agua	Parámetros físicos				
				Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Conductividad (s/cm)	Color (uc)	Sólidos totales disueltos (mg/m)
El Tránsito	San Jerónimo	Naciente	Cruda	26	3	102,1	33	50,9
Tierra Blanca	San Jerónimo	Naciente	Cruda	24	5	84,9	22	42,4
El Rosario y Agua Zarca	San Jerónimo	Naciente	Cruda	23	6	91,7	15	45,9
Valle María	San Jerónimo	Naciente	Cruda	24	2	84,2	14	42
San Jerónimo	San Jerónimo	Quebrada	Cruda	24	7	87,7	61	43,8
San Jerónimo	San Jerónimo	Red de distribución	Cruda	23	3	295	40	147

La temperatura está dentro de los rangos permisibles en las seis muestras; la temperatura afecta la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la velocidad de fotosíntesis de algas y plantas acuáticas, la velocidad metabólica de organismos acuáticos y la sensibilidad de los organismos a desechos tóxicos.

La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. La turbidez resultó alta en cuatro tomas de agua de las comunidades de San Jerónimo, Tierra Blanca, El Rosario y Agua Zarca. Esta puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos, macroscópicos. La presencia de estas partículas se puede deber a los procesos erosivos de los suelos de la microcuenca. En época lluviosa la turbidez aumenta considerablemente y cambia por completo el color del agua; después, sobretudo en época de cosecha de café que existen residuos de materia orgánica, debido a la pulpa y aguas mieles que drenan en los cauces. La eliminación de la turbidez se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, asentamiento y filtración. La medición de la turbidez de manera rápida nos sirve para saber cuando, como y hasta que punto debemos tratar el agua para que cumpla con la especificación requerida.

La turbidez es de importante consideración en las aguas para abastecimiento público por tres razones:

1. Estética: cualquier turbidez en el agua para beber, produce en el consumidor un rechazo inmediato y pocos deseos de ingerirla y utilizarla en sus alimentos.
2. Filtrabilidad: la filtración del agua se vuelve más difícil y aumenta su costo al aumentar la turbidez.
3. Desinfección: un valor alto de turbidez es un indicador de presencia probable de materia orgánica y microorganismos que van a aumentar la cantidad de cloro u ozono que se utilizan para la desinfección de las aguas para abastecimiento de agua potable.

Conductividad eléctrica: expresa salinidad, presencia considerable de sales en las aguas y que afecta la vida acuática; muchas de estas sales disueltas son compuestas que producen partículas eléctricamente cargadas (iones). Este indicador resultó aceptable en todas las muestras analizadas, por lo que no existen evidencias de niveles de salinización de las aguas.

Color: el agua de uso doméstico tiene como parámetro de aceptación el que deba ser incolora, parámetro que resultó por encima de los rangos permisibles en cuatro comunidades. Cuando el agua tiene color, tiene el problema de que no puede ser utilizada hasta que no se le trata removiendo dicha coloración.

Las aguas pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales, humus, materia orgánica y contaminantes domésticos. El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina “Color aparente”, una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como “Color verdadero”, siendo este último el que se mide en esta determinación.

Sólidos totales disueltos: son todos aquellos materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración. Este parámetro resultó dentro de los rangos normales en las seis muestras tomadas; puede denotar presencia de minerales.

4.2.1.2 Parámetros químicos

Los resultados obtenidos de las pruebas químicas en las tomas de agua se observan en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Resultados de los análisis químicos del agua por comunidad de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

Comunidad	Tipo de fuente	Tipo de agua	Sitio de muestreo	Parámetros químicos						
				Alcalinidad total (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Cloro total (mg/l)	Sulfato (mg/l)	Dureza (mg/l)	Hierro total (mg/l)	Fluoruro (mg/l)
El Tránsito	Naciente	Cruda	Fuente	67,33	49	0,5	0	61,21	0,02	0,33
Tierra Blanca	Naciente	Cruda	Fuente	115	40	1	1	47,8	0,06	0,30
El Rosario y Agua Zarca	Naciente	Cruda	Fuente	70,85	26	1,5	0	60,63	0,02	0,80
Valle María	Naciente	Cruda	Fuente	67,73	35	1	0	81,62	0,03	0,63
San Jerónimo	Quebrada	Cruda	Fuente	75,54	38	1	0	71,12	0,26	0,49
San Jerónimo	Quebrada	Cruda	Red de distribución	72,94	44	0,5	2	64,13	0,1	0,65

Alcalinidad: es una medida de su capacidad para neutralizar ácidos, capacidad de, evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básicos o ácidos. La alcalinidad estabiliza el agua en los niveles del pH alrededor de 7. Sin embargo, cuando la acidez es alta en el agua la alcalinidad disminuye, y puede causar condiciones dañinas para la vida acuática. En química del agua la alcalinidad se expresa en ppm o en mg/l de carbonato equivalente del calcio. Estos resultados están dentro de los rangos normales según la Norma Técnica Nacional.

Nitratos: aunque estos parámetros resultaron dentro de los rangos normales, se encuentran muy cerca de los máximos permisibles, por lo que se puede considerar que existe cierto grado de contaminación por nitratos. Este elemento es una forma de nitrógeno que las plantas necesitan para crecer; en la agricultura se usan los fertilizantes con nitrógeno para enriquecer el suelo. Desafortunadamente los nitratos pueden contaminar las fuentes de agua potable. Altos contenidos de nitrato en el agua pueden causar la enfermedad llamada síndrome del bebé azul. Los nitratos cambian la hemoglobina que transporta oxígeno a meta hemoglobina, que no lo transporta; el principal aporte de nitratos se debe al uso excesivo de fertilizantes químicos.

Cloro: es el desinfectante de agua más comúnmente usado en aplicaciones que varían desde la higienización del agua potable y residual, piscinas y balnearios, hasta el procesado y esterilización de los alimentos. El cloro presente en el agua se aglutina con las bacterias, dejando solo una parte de la cantidad original (cloro libre) para continuar su acción desinfectante. Si el nivel de cloro libre no es el que corresponde al pH, el agua tendrá un olor y sabor desagradables y el potencial desinfectante del cloro se verá disminuido. El cloro libre reacciona con los iones de amoníaco y compuestos orgánicos, hasta formar compuestos de cloro que dan como resultado una disminución de su capacidad desinfectante, si la comparamos con el cloro libre. Los compuestos de cloro junto con las cloraminas forman el cloro combinado. El conjunto de cloro combinado y cloro libre da como resultado el cloro total. Mientras que el cloro libre tiene un potencial desinfectante superior, el cloro combinado tiene una mayor estabilidad y una menor volatilidad. Este parámetro se encuentra dentro del rango normal según la Norma Técnica Nacional.

Fluoruro: este microelemento, si se encuentra por debajo del rango estipulado, no es lo recomendado y si se pasa del valor causa fluorosis dental, que es una hipo-mineralización del esmalte dental por aumento de la porosidad, el cual se debe a una excesiva ingesta del flúor durante el desarrollo del esmalte antes de la erupción. El análisis químico reveló que el que el fluoruro se encuentra por debajo de la Norma de Calidad de Agua, déficit que deja sin protección a las personas contra las caries dentales. En ningún sistema de agua de los estudiados, se agrega flúor al agua para aumentar su nivel y que pueda contribuir a la salud dental de la población.

Sulfatos: se encuentran en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. Las aguas de minas y los efluentes industriales contienen grandes cantidades de sulfatos provenientes de la oxidación de la pirita y del uso del ácido sulfúrico. Los estándares para agua potable del Servicio de Salud Pública tienen un límite máximo de 250 ppm de sulfatos, ya que en valores superiores tiene una acción “purgante”, en la concentración, arriba se percibe un sabor amargo en el agua.

En los sistemas de agua para uso doméstico, los sulfatos no producen un incremento en la corrosión de los accesorios metálicos, pero cuando las concentraciones son superiores a 200 ppm, se incrementa la cantidad de plomo disuelto proveniente de las tuberías. En los análisis

para este estudio resultó dentro del rango apropiado y no representa problema alguno para la población.

Dureza: es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio. La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles. Además le da un sabor indeseable al agua potable, grandes cantidades de dureza son indeseables por las razones antes expuestas y debe ser removida antes de que el agua tenga uso. El nivel de dureza determinado en este estudio está dentro de los límites permisibles para Honduras.

pH: la determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. No mide el valor de la acidez o alcalinidad. Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico, debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Un pH muy ácido o muy alcalino, puede ser indicio de una contaminación industrial.

El valor del pH en el agua es utilizado también cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante, y en las plantas de tratamiento de agua. El pH del agua puede interferir en los resultados al momento de implementar métodos de desinfección y es un indicativo importante al momento de decidir que método utilizar. Los resultados para este parámetro están dentro de lo normal; solamente en la red de distribución de San Jerónimo salió un poco alto pero siempre dentro de los rangos permisibles para el País.

4.2.1.3 Parámetros bacteriológicos

Los niveles de coliformes fecales en todos los sitios estudiados, incluyendo la red de distribución de San Jerónimo, sobrepasan las normas nacionales establecidas para aguas de consumo humano directo sin tratamiento (Cuadro 11).

Cuadro 11. Resultados de los análisis de pruebas bacteriológicas de agua de consumo humano de las diferentes comunidades de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

Comunidad	Municipio	Tipo de fuente	Tipo de agua	Sitio de muestreo	Parámetros bacteriológicos	
					Coliformes totales en 100 ml	Coliformes fecales en 100 ml
El Tránsito	San Jerónimo	Naciente	Cruda	Fuente	9.768	40
Tierra Blanca	San Jerónimo	Naciente	Cruda	Fuente	1.578	40
El Rosario y Agua Zarca	San Jerónimo	Naciente	Cruda	Fuente	14.658	40
Valle María	San Jerónimo	Naciente	Cruda	Fuente	12.262	960
San Jerónimo	San Jerónimo	Quebrada	Cruda	Fuente	14.540	60
San Jerónimo	San Jerónimo	Quebrada	Cruda	Red de distribución	428	0

El agua constituye un alimento esencial, por ser indispensable para la vida. Interviene en la alimentación y en la preparación de alimentos de los pobladores, pero sin embargo puede ser un agente propagador de microorganismos peligrosos para la salud y trasmisor de enfermedades contagiosas asociadas al consumo de agua, esto debido a que están por encima de las normas establecidas y existe una contaminación por coliformes totales y fecales. Como resultado del estudio de Sanfeliú (2001), la presencia de coliformes fecales resulta asociada a la disposición de los desechos sólidos y hay una correspondencia entre las escasas condiciones de higiene del hogar con una disposición inadecuada de los desechos.

Son bacterias en forma de bacilos (cilindros) que están ampliamente distribuidas en la naturaleza y son huéspedes intestinales en el hombre y en general de los animales de sangre caliente. Muchas enfermedades infecciosas del hombre como la fiebre tifoidea, la disentería y el cólera son causadas por bacterias patógenas que se transmiten por medio de aguas contaminadas, de ahí la importancia de los coliformes totales y fecales como indicadores inmediatos de contaminación fecal en el agua. Una muestra de agua que no contenga coliformes totales y fecales es considerada libre de enfermedades producidas por bacterias e inclusive por otros gérmenes patógenos, como por ejemplo los virus (Hepatitis A, Rotavirus).

Coliformes totales es un término para referirse a la familia de bacterias de los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*; la mayoría de estos organismos se encuentran en vida libre, es decir en el ambiente y materia en descomposición, excepto el género *Escherichia* que vive solo en organismos como el hombre y animales de sangre caliente. Para acueductos rurales, esta bacteria no es un indicador aceptable de la calidad

sanitaria, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de los acueductos sin tratamiento.

Coliformes fecales, es un término que se designa principalmente a los órdenes de bacterias *Escherichia* y *Klebsiella spp*, las cuales son indicadoras por excelencia de contaminación fecal del agua por heces de origen humano. Al analizar las situaciones en las que hay la posibilidad de contacto con agentes peligrosos para la salud de la población, puede deberse a la defecación al aire libre debido al bajo porcentaje de letrización que existe en las poblaciones o por excremento de animales domésticos que llegan hasta las fuentes de agua, debido a que estas se encuentran sin protección de ninguna índole; en los resultados de las fuentes de agua y la red de distribución, se debe tomar en cuenta lo manifestado por los actores en los talleres, que no tienen ningún manejo del agua en el hogar y sus prácticas de higiene son deficitarias, por lo que podría ser otro factor que estaría contaminando el agua por coliformes.

4.2.2 Procesos que se desarrollan en la microcuenca que interfieren en la calidad del agua

La deforestación es el proceso por el cual la tierra pierde su cobertura forestal y es reemplazada por cualquier otra actividad que no sea la forestal. El hombre en su búsqueda por satisfacer sus necesidades personales o comunitarias utiliza la madera para la fabricación de productos. La madera también es usada como combustible o leña para cocinar y calentar. Por otro lado, las actividades económicas en el área rural requieren de áreas para el ganado o para cultivar diferentes productos. Esto ha generado una gran presión sobre los bosques. En la microcuenca El Limón existe escasa cobertura forestal (Figura 10), ha existido una tala por explotación del bosque, para suplir las necesidades locales de madera y de explotaciones para comercio; también por el avance de la frontera agrícola y las áreas para pastizales. Gran parte ha sido convertido a bosque mixto (cafetales con sombra) (Cuadro 12); una gran parte representa labranzas donde siembran granos básicos y en menor escala hortalizas.

Cuadro 12. Área de cobertura vegetal en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

Uso de suelo	Area (ha)	Porcentaje
Bosque	61	8
Bosque ralo	5,24	0,7
Bosque mixto	218	32
Cultivos	253,47	36,30
Pastos	159	23
Total	696,71	100

Entre las causas directas más importantes de la deforestación se encuentra la necesidad de energía, consumo de leña, la pobreza, debido a que necesitan explotar los ecosistemas para obtener recursos; la necesidad de abrir espacios nuevos para la agricultura, para la cría de ganado, la urbanización y la construcción de infraestructura. Honduras se encuentra en la posición mundial No. 113 del Índice de Desarrollo Humano (PNUD 2003).

De esta forma se presenta el problema de la necesidad de la gente de mantener y ampliar as actividades económicas a las que se dedican, por el significado social que ellas tienen en la generación de riquezas, pero al mismo tiempo, no existe conciencia sobre la contaminación ambiental que están causando a las fuentes de agua, y de esta forma se ha alterado el equilibrio ecológico y ambiental en la microcuenca.

La agricultura es una actividad que puede estar contaminando de acuerdo a la percepción de los pobladores que la ubican en un segundo lugar (Figura 9). Es una forma de contaminación difusa, tanto por sedimentación como por el uso de plaguicidas y fertilizantes químicos. Aproximadamente el 33,30 % del área total de la microcuenca son tierras dedicadas a la agricultura (Figura 10), y en un 80% hacen uso de químicos; la mayoría son granos básicos para producción de subsistencia. Estos cultivos están ubicados en zonas de vocación forestal, con pendientes pronunciadas que van en poca distancia, desde los 1.200 a los 750 msnm, lo que denota que gran parte del suelo de la microcuenca está descubierto y expuesto a erosión. Estos cultivos son de temporada por lo que gran parte del tiempo los suelos quedan descubiertos expuestos a la erosión y posterior escorrentía de sedimentos, los cuales drenan hacia las fuentes de agua, aumentado su turbidez, cambio de color y los sólidos disueltos, tal como lo indican los análisis del laboratorio.

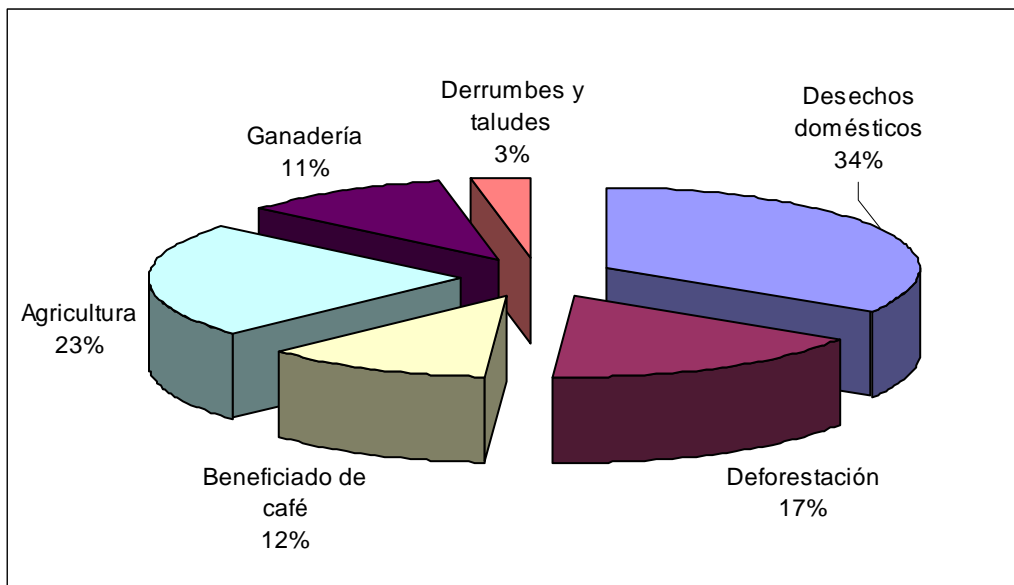


Figura 9. Posibles causas de contaminación del agua manifestada por los pobladores de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

Los agricultores de la microcuenca utilizan las dos terceras partes de sus tierras para la producción de cultivos de granos básicos de subsistencia. Sin embargo, parte de sus tierras son utilizadas en cultivos perennes, principalmente café y los frutales de sus huertos familiares. Así mismo una pequeña extensión de sus fincas es dedicada al descanso (barbecho), especialmente entre el período de primera y postrera. Adicionalmente una buena proporción de sus tierras es dedicada a la generación de pastos para actividades agropecuarias que generalmente son de autoconsumo (Figura 10). También una porción reducida es utilizada como reserva para la extracción de leña, especialmente a lo largo de las cercas y en algunas fuentes de agua. Esto significa por un lado que la distribución de las tierras de su finca se hace de una forma eficiente y que su uso es intensivo, lo que denota un uso ineficiente en términos de generación de ingresos, pero provee una gran seguridad ante el riesgo que rodea dichas usos agrícolas.

La existencia de una alta variabilidad (riesgo) en sus producciones anuales, los hace muy vulnerables a cambios imprevistos. Por otro lado, la alta incidencia de estos cultivos, mayoritariamente granos básicos, incrementa la demanda de mano de obra estacionaria y de insumos importados, especialmente fertilizantes y plaguicidas; dichos residuos terminan en drenajes de la red hídrica.

Las áreas dedicadas al pastoreo de ganado vacuno, equino y mular, los cuales, dado la poca accesibilidad y dependencia, son necesarios para el transporte de sus productos, contribuyen a la contaminación. En otras palabras, este es un área que los agricultores dedican a esta actividad, y que abarca el 23% del área de la microcuenca; sus explotaciones son extensivas y de manera tradicional, por lo que sus pasturas se encuentran degradadas y no tienen mayor cobertura vegetal, se encuentran compactadas, lo que disminuye la infiltración y aumenta la escorrentía. Así mismo la mayoría son para autoconsumo y utilizan productos químicos para controlar las garrapatas en sus hatos y los envases son arrojados sin ningún control, a las fuentes de agua. Los potreros colindan con los cauces de agua, ya que los utilizan como bebederos y el ganado tiene libre circulación por las fuentes de agua, sus residuos tienen un alto concentración de nitrógeno, fósforo y materia orgánica consumidora de oxígeno, y que a menudo, albergan organismos patógenos causante de enfermedades como lo demostraron los resultados de análisis bacteriológicos de las muestras de agua (Cuadro 11);esto puede ser una de las causas de la presencia de coliformes fecales y totales en el agua natural.

El café es cultivado por una minoría de la población, sin embargo para algunas comunidades tiene una gran importancia económica, debido su rentabilidad por la generación de empleo que brinda y las actividades económicas que genera. Sin embargo, sus grandes requerimientos de capital, su alta demanda de mano de obra y sobretodo su alta especificidad ecológica, lo hacen inaccesible para la mayoría de estos pequeños agricultores, aunado a la baja de los precios internacionales en los últimos años. En la microcuenca existe historial de siembra de café y este juega un papel importante en la economía de la zona, un 32% de bosque mixto (cafetales con sombra) (Figura 10), son explotaciones más grandes y también se manifiesta el uso de grandes cantidades de insumos químicos. Otro factor a tomar en cuenta es el manejo poscosecha que se le da al café o el beneficiado, donde el consumo de agua es muy elevado. Se necesita un promedio de 400 litros de agua por quintal (Villa 1990) y se utiliza agua suficientemente limpia para no dar al café ningún olor o sabor.

No se reporta en la zona ningún tratamiento de las aguas residuales, las cuales son vertidas a la red de drenaje; el agua de despulpado contiene alta cantidad de sólidos sedimentables, azúcares, materias solubles y materia orgánica en abundancia (IHCAFE 1997), además el agua de lavado contiene muchas cantidades de geles coloidales de pectinas, que las hace altamente contaminantes. Los desechos líquidos de dicha actividad, o aguas mieles de la industria del café, debido a sus características físicas y químicas, cantidades y forma que en la

actualidad se disponen, podrían ser uno de los mayores contaminantes de agua de la microcuenca.

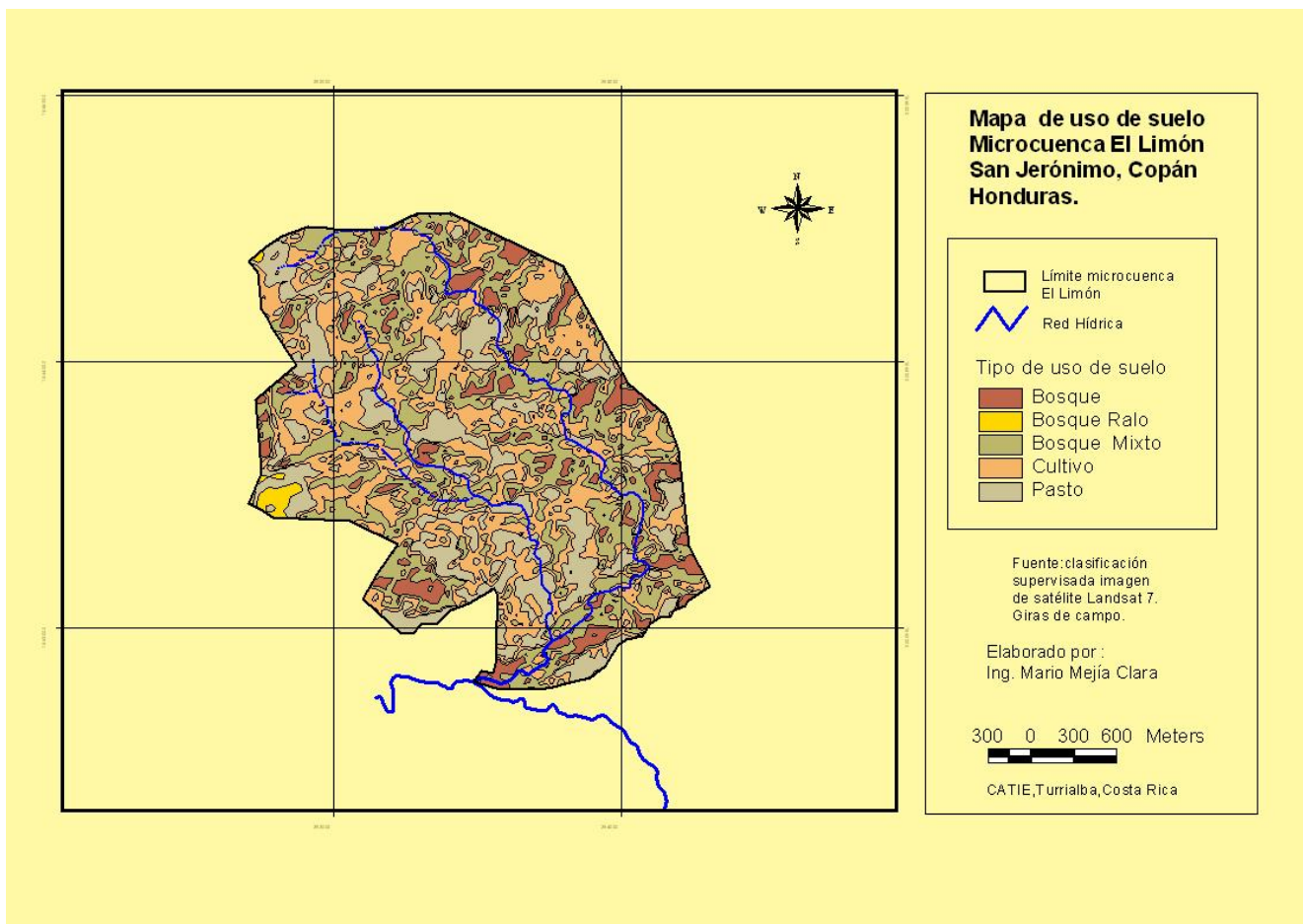


Figura 10. Mapa de uso de suelo en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

En resumen, el tipo de producción agrícola que se está desarrollando en las fincas familiares está en función de la subsistencia de la unidad familiar. Este sistema entonces es eficiente ya que satisface dicho objetivo, pero está en contraposición directa a la generación de ingresos y a la conservación de las fuentes de agua. En estos términos entonces el uso de la tierra no es tan eficiente, tiende a reducirse por efectos de la degradación de la fertilidad natural del suelo, como producto de dedicar la mayor proporción de las tierras a la siembra de los cultivos altamente erosionables y a orillas de los cauces, que favorece el arrastre de sedimentos. En este sentido, el uso actual de la tierra no resulta un sistema de producción sostenible en el tiempo debido a que contribuye a la contaminación de las fuentes de agua.

Otro aspecto importante y de preocupación en la zona, es la contaminación ambiental por residuos sólidos, dado de que no existe un sistema de recolección de basura, ni se dispone

de un crematorio municipal o planes para la creación de un relleno sanitario. El inadecuado tratamiento de los desechos sólidos contribuye a la difusión de enfermedades ya que utilizan las fuentes de agua como vertedero de estos desechos y la población así lo percibe, como se observó en los talleres realizados (Figura 9).

En todo el municipio no existe un sistema de alcantarillado propiamente construido con todas las normativas de salubridad, en su lugar se han improvisado canales; en el caso de la cabecera municipal, se conducen los desechos fecales a una quebrada sin ningún tratamiento para evitar la contaminación ambiental.

El número de viviendas que tienen letrina representan el 56% del total de viviendas y en el área de las aldeas de la microcuenca se da el fecalismo al aire libre; este sería el otro factor que podría estar aportando los coliformes fecales al agua natural. Las bajas coberturas del servicio de agua, especialmente en el área rural, ya que solo el 75% de las viviendas cuentan con servicio de agua, principalmente porque no se cuenta con la infraestructura necesaria para su regulación y distribución, y no por la escasez de agua en la zona.

Aunque en el municipio se cuenta con la estructura de patronatos en cada una de las comunidades, electos democráticamente para la gestión de proyectos de carácter comunitario, a través de la Corporación Municipal representados por los Alcaldes Auxiliares, que se reúnen una vez por mes, juntas de agua y otros organismos, no existe una sociedad civil involucrada y responsable del problema de la calidad del agua. No existe una participación activa con un involucramiento suficiente para tener conciencia de las necesidades, y de la importancia de la conservación de la cantidad y calidad del agua en la microcuenca. Posiblemente todo esto se deba al bajo nivel educativo de la población y la falta de oportunidades para salir de la pobreza. El gobierno municipal debe de crear espacios para que la población decida y se involucre en decisiones que afectan sus propios destinos, siempre brindándoles acompañamiento y apoyo, tanto económico como en capacitación, por la importancia de los recursos existentes y la generación de servicios de la microcuenca. Esto es necesario para mejorar el acceso de la población a uno de los servicios básicos en el desarrollo de la vida de los seres humanos.

4.3 Objetivo específico 3. Identificar tecnologías que puedan ser utilizadas en la zona para la desinfección de agua con fines de consumo humano y determinar la percepción local de estas tecnologías.

4.3.1 Educación y salud de la población en estudio

El agua es un elemento imprescindible en la vida de los seres humanos, sin embargo en las comunidades de la microcuenca no tienen acceso a un abastecimiento seguro de agua potable, lo que los hace vulnerables a numerosas enfermedades gastrointestinales transmitidas por el consumo de agua contaminada. La situación del suministro es precaria no por cantidad de agua, sino por su calidad; de las seis comunidades que obtienen agua de la microcuenca ningún sistema utiliza métodos de desinfección a pesar de que no cumple con las normas básicas de higiene según resultados de muestras de laboratorio del SANAA; el porcentaje de personas que no tienen acceso a estos sistemas y que toman el agua directamente de la fuente tornándose de esta manera en personas sumamente vulnerables a tener un estado de salud deficiente.

Esta problemática está ligada a problemas vinculados con la pobreza, desigualdad de oportunidades y servicios básicos, dependiendo en gran medida al nivel de educación, que es bien bajo en la zona; se cuenta con alto índice de deserción escolar y la cultura de higiene presente en las comunidades, como se evidencia en el

Cuadro 13. La probabilidad de que un hogar aplique tratamiento es en función del grado máximo de escolaridad del hogar, para que aumente la probabilidad del tratamiento el grado de escolaridad debe aumentar; debido al bajo nivel de escolaridad presente en el área rural (Sanfeliú, 2001).

Cuadro 13. Población estudiantil durante el año lectivo 2004 en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

Comunidad	Educación								
	Pre escolar			Primaria			Adultos		
	No. maestros	No. aulas	No. alumnos	No. maestros	No. aulas	No. alumnos	No. maestros	No. aulas	No. alumnos
San Jerónimo	1	2	45	12	9	6	2	2	25
El Tránsito	1	1	32	2	2	78	4	4	27
Tierra Blanca	1	1	12	2	2	81	2	2	13
El Rosario	No existe	No existe	No existe	1	1	32	No existe	No existe	No existe
Agua Zarca	1	1	15	1	1	43	2	2	12
Valle María	Asisten a escuelas de comunidades vecinas								
Total	4	5	104	18	15	240	10	10	77

Fuente: Dirección de Educación Departamental.

Otra manera de identificar la pobreza en la región es a través de la desnutrición, la cual indica las limitantes en que las personas viven a causa de la desigualdad, la exclusión y la falta de empleo, que no les permite tener acceso a una dieta balanceada, especialmente la población infantil. La tasa de desnutrición del municipio es de 60,8%, estableciendo así que esta parte de la población se encuentra en estado de desnutrición la más alta comparada con los demás municipios del departamento de Copán (Informe Índice de Desarrollo Humano 2002). Este índice compuesto por tres indicadores longevidad, en función de la esperanza de vida al nacer; nivel educacional, en función de de la combinación de la tasa de alfabetización de adultos y la tasa e matrícula de primaria, secundaria y universidad; y nivel de vida medido por PIB *per cápita*. El índice de pobreza humana mide las privaciones de la pobreza humana en tres dimensiones, longevidad, conocimientos y nivel de vida decoroso (Cuadro 14).

Cuadro 14. Acceso de la población a servicios básicos por comunidad en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

Comunidad	Viviendas con NBI (%)	Viviendas con 2 NBI (%)	Tasa de analfabetismo (%)	Población sin agua potable (%)	Población sin electricidad (%)
San Jerónimo	40,5	12,5	26,2	5,75	20
Agua Zarca	41,6	35	51,6	30	100
El Rosario	52,5	40,5	56,8	55	100
El Tránsito	69,3	29	47,4	30	70
Tierra Blanca	45,5	35	36,2	16	100

NBI= Necesidades básicas insatisfechas.

Agua, pobreza y salud son factores que se encuentran estrechamente ligados. Al tener un acceso limitado al agua doméstica y al saneamiento, se incrementan los niveles de enfermedades y se contribuye a mantener la pobreza. El acceso a un mayor número de recursos hídricos y la gestión efectiva de esos recursos, es esencial para reducir problemas graves de salud y para promover condiciones de vida sustentables. Se puede lograr reducir los problemas graves de salud relacionados con el agua y el saneamiento a costos relativamente bajos, contribuyendo con ello a reducir la pobreza. Para incrementar el acceso al recurso hídrico, se deben seguir caminos más flexibles e innovadores, para con ello promover la provisión de servicios e incrementar las mejoras (Global Water Partnership 2004).

Por información del Centro de Salud Rural De San Jerónimo (CESAR) existe en la población presencia de enfermedades que podrían prevenirse; se puede argumentar que en parte se debe a la educación de la población y en la aplicación de medidas de prevención, siendo en este sentido los más perjudicados los niños, personas de la tercera edad y mujeres.

Según el Ministerio de Salud Pública, en información ofrecida por el promotor de salud pública, del total de atenciones en enfermedades de infección respiratoria como neumonía, bronconeumonía, faringitis y dengue ha sido de 434 personas en el año 2004, de los cuales 362 (83,4%) son niños menores de 4 años.

En cuanto a enfermedades diarreicas (hepatitis, disentería amibiana y bacilar), el 93,8% ha afectado a la población infantil menor de 4 años. Por otra parte del total de la población atendida en el CESAR del municipio, el 59,4% son niños de 1 a 4 años de edad en diversas patologías, el 19,7% son niños menores de 1 año, mientras que el 14,7% es en personas de 15 y más años de edad y un 6,2% son personas de 5 a 14 años; esto indica que la niñez es el grupo mas vulnerable en cuanto a enfermedades.

En el Cuadro 15 se puede apreciar que el número de pobladores afectados por enfermedades de origen hídrico es significativo y más aun, cuando el sector más afectado es la población infantil, cuando debería ser el sector mas protegido; estas estadísticas son de personas que asisten al centro de salud, existiendo un grupo de persona que no accede a este servicio. Es de hacer notar también como se aumentan el número de casos en la temporada de lluvia, es cuando el agua se contamina por la turbidez debido a sedimentos y patógenos, por arrastre de las escorrentía hacia las fuentes de agua.

Cuadro 15. Número de personas afectadas por enfermedades gastrointestinales en año 2004 en la microcuenca El Limón, Copán, Honduras.

Comunidad	Mes												Total
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
San Jerónimo	0	1	1	6	8	12	10	6	2	3	4	2	55
Agua Zarca	0	0	1	2	3	4	6	3	1	1	0	0	21
Valle María	1	2	0	3	4	4	4	2	1	1	2	1	25
El Tránsito	1	1	1	1	3	5	6	4	3	1	2	3	31
El Rosario	2	1	2	3	4	5	3	2	5	2	1	1	31
Tierra Blanca	2	1	2	2	3	4	3	3	5	2	2	1	30
Total	6	6	7	17	25	34	32	20	17	10	11	8	193

Fuente: CESAR de San Jerónimo (2004).

4.3.2 Métodos de desinfección propuestos

El propósito de estos tratamientos de agua es acondicionar y modificar para eliminar características indeseables, impurezas y agentes patógenos a fin de proporcionar agua segura, agradable y aceptable a los consumidores; el requerimiento más importante es que este libre de patógenos. En los casos en que no se dispone de otros métodos de tratamiento, se puede recurrir a estas tecnologías como único contra la contaminación bacteriana. La desinfección se encarga de la destrucción o al menos la desactivación completa de los microorganismos dañinos presentes en el agua. Debido a la situación del suministro del agua y que la calidad de la misma no es la recomendada, sumado a que en los sistemas de distribución no se le da ningún tratamiento al agua, se plantean estos métodos caseros a nivel doméstico que emplean tecnologías simples, de bajo costo y sobre todo, que pueden ser implementados en los hogares de la microcuenca. Estos métodos deben estar acompañados de elementos técnicos educativos y de gestión comunitaria relacionados entre sí, para tratar de cambiar la conducta sanitaria de la población. Es de hacer notar que algunos de ellos se complementan, y al utilizar ambos, uno aumenta la eficacia del otro. Se describieron seis de estos métodos y después de dos meses se realizó un taller para discutir cual era el que mejor funcionaba o se adaptaba a sus necesidades. Algunos de estos métodos de desinfección no se pudieron validar con las tecnologías de los usuarios, debido a falta de recursos económicos, tiempo, pero sobre todo a la no aceptación por los usuarios ya que se dan cuenta del problema, no hay conciencia por resolverlo; no lo miran como una amenaza a su salud (Figura 11). Debe haber un mejoramiento en sus hábitos y costumbres de higiene; no existe una correcta conducta sanitaria, aspectos propios de cada comunidad que influyen en la sostenibilidad de los sistemas. Estos cambios en la conducta de la gente se pueden lograr a largo plazo, a través de acciones continuas de promoción, educación y desarrollo.

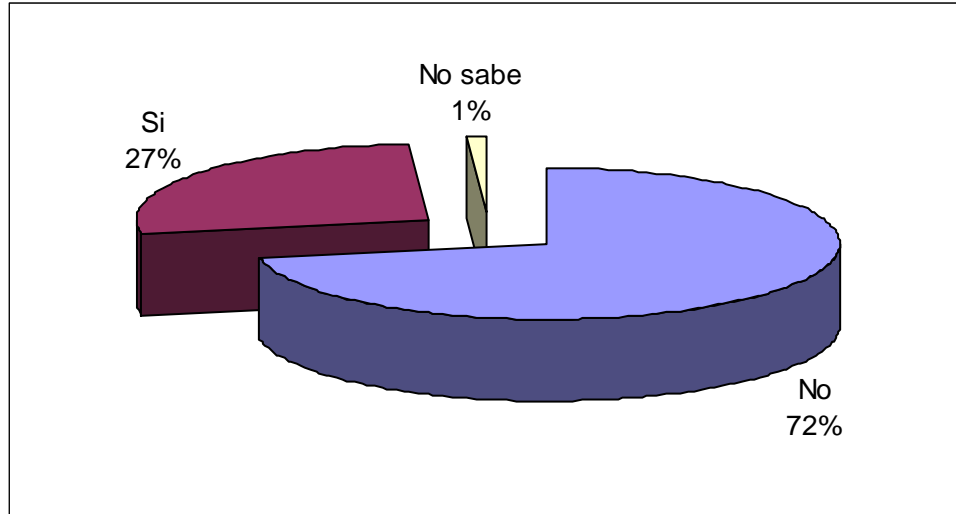


Figura 11. Disponibilidad de la población de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras a implementar métodos de desinfección.

Cloración tiene alta capacidad de destruir patógenos con rapidez y amplia disponibilidad, su costo es moderado. Al mezclar el cloro con agua, el cloro empieza a reaccionar con ésta, y la contaminación que contiene. El cloro es muy efectivo contra bacterias y virus responsables de muchas enfermedades diarreicas; también es muy efectivo contra los parásitos, matando hasta los adultos. Sin embargo, los quistes de algunos parásitos como amebas, giardias y los huevos de lombrices son muy resistentes al cloro y no es 100% efectivo. Por esta razón, es importante siempre hervir el agua antes de consumirla, especialmente por parte de los niños. El proceso de desinfección con cloro requiere 30 minutos aproximadamente. Los productos químicos basados en cloro fueron los desinfectantes preferidos para tratar el agua potable por los pobladores, los que manifestaron que podrían usar cloro porque resultó sumamente bueno, es seguro de usar cuando se maneja adecuadamente, es muy eficaz en función de los costos y por sus cualidades residuales. El cloro produce una acción desinfectante residual sostenida que es “única entre los desinfectantes de agua en gran escala disponibles”. La superioridad del cloro como desinfectante residual sigue siendo válida hasta hoy. Otro elemento importante es que se puede implementar en todo el sistema de agua con un tratamiento accesible mediante el uso de hipocloradores; estos consisten en diluir cloro en polvo en agua; esta mezcla, a su vez, se vierte de manera dosificada en reservorios de agua para consumo humano, tal vez como los tanques de almacenamiento en los sistemas que existen. Puede ser una gran alternativa porque

favorecería a que el agua que llega a los grifos ya llegara clorada y se empezaría a promover la participación de la ciudadanos en acciones conjuntas a favor de mejorar la calidad del agua para consumo y darle sostenibilidad a las acciones. La cloración del agua potable reduce los gustos y olores. El cloro oxida muchas sustancias que se presentan naturalmente, tales como las secreciones de algas malolientes y los olores de la vegetación en descomposición, lo que da como resultado agua potable inodora y con mejor sabor.

Coagulación y floculación: este método cambia el comportamiento de las partículas en suspensión, de manera que se atraigan hasta el material agregado. El proceso de floculación consiste en la agitación lenta y suave, en el cual las partículas entran en contacto recíproco, y se unen unas a otras para formar partículas de mayor tamaño que pueden separarse por sedimentación o filtración.

En procura de utilizar coagulantes naturales se analizó la planta *Moringa oleífera*, nativa del norte de India, pero crece muy bien en la América tropical donde es conocida como terebinto, arango, narango, árbol de perlas, chinto, San Jacinto o rábano picante. Es una planta de rápido crecimiento, alcanzando hasta 4 m de altura. Se reproduce por estacas y semillas, las cuales han dado muy buenos resultados para la clarificación de agua y remoción de bacterias.

En el modo de empleo de las semillas, las bayas o vainas, deben madurarse en el árbol y se recolectan cuando están secas; éstas se abren y se les quita la cáscara, dejando una pequeña almendra blanquecina, la cual debe ser molida hasta dejar una especie de harina. Para tratar un litro de agua con turbidez moderada se requiere de 150 a 300 mg de semilla molida. Con agua limpia y semillas molida se hace una pasta, la cual se diluye en un recipiente que pueda cerrarse, se agita bien por 5 minutos, seguidamente se filtra para eliminar gruesos y el producto obtenido, se coloca en el agua a tratar. Colocada la solución preparada en el agua a tratar, se procede a agitar todo el volumen por dos minutos y se deja en reposo por una hora, el agua clarificada puede hacerse pasar por un filtro de arena para completar el proceso de limpieza. Este método podría remplazar a los productos químicos, importados a un alto precio, que son usados como purificadores de agua actualmente Esta especie es resistente a la sequía y sus semillas necesitan muy pocos cuidados. Crece muy rápidamente, produce sus primeras semillas a los 18 meses y vive en promedio unos 50 años. Cada árbol puede producir aproximadamente 10.000 semillas por año y una hectárea de Moringa, espaciados a dos metros de distancia del árbol más próximo, daría semillas suficientes para limpiar 250 m³ de

agua durante todo el año (Infante 2000). Esta planta por sus requerimientos ecológicos puede ser introducida para su uso en la microcuenca, además que tiene diferente uso como alimentos, forrajes, incluso como fertilizante orgánico.

Filtración lenta: paso del agua a través de un medio poroso como la arena; remueve impurezas y partículas finas, es sencillo, limpio y a la vez eficiente para el tratamiento del agua, su simplicidad y bajo costo de operación y mantenimiento, lo convierten en ideal para zonas rurales y poblados pequeños; su instalación se hace en la zona de captación y beneficia a todo el sistemas de usuarios. Huisman (2000) describió como la circulación del agua cruda, a baja velocidad, a través del manto poroso de arena. Durante este proceso, las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas de medio filtrante y son retenidas. Los subproductos del proceso de filtración lenta son sustancias naturales de degradación biológica, sin ningún riesgo para la salud, ya que por el proceso no requiere de sustancias químicas que reaccionen con la materia disuelta en el agua, sino que son revertidas por proceso de aireación. En el proceso se dan varios mecanismos de remoción que se producen n la filtración lenta. En el cernido, las partículas de mayor tamaño que los intersticios del material filtrante son atrapadas y retenidas en la superficie del medio filtrante. También se desarrolla una intercepción al colisionar con los granos de arena, luego se da una sedimentación al ser atraídas las partículas por la fuerza de gravedad, hacia los granos de arena. Este sistema solo puede operar con aguas menores a los a 30 UNT de turbidez, esporádicamente pueden aceptar picos de 50 a 100 UNT. Su eficiencia se ve reducida con las temperaturas bajas. La presencia de biocidas o plaguicidas en el afluente pueden modificar o destruir el proceso microbiológico que sirve de base a la filtración lenta (Reiff 1995).

Otro instrumento de desinfección agua es el filtro biorena (Figura 12), el cual tiene los mismos principios que la filtración lenta, pero es utilizado en el domicilio. El filtro se puede producir localmente porque se construye usando materiales que están fácilmente disponibles. Es simplemente un envase de concreto, que contiene capas de arena y grava cuyo propósito es eliminar los sedimentos, los patógenos y otras impurezas del agua. Como todos los filtros de arena lenta, los patógenos son removidos en el filtro de bioarena gracias a una combinación de procesos biológicos y mecánicos. Cuando el agua se vierte en el filtro, la materia orgánica queda atrapada en la superficie de la arena fina, formando una capa biológica, durante un periodo de una a tres semanas, los microorganismos colonizan la capa biológica, donde el

alimento orgánico y el oxígeno derivado del agua son abundantes. Cuatro procesos se dan que eliminan los patógenos y otros contaminantes en este filtro: depredación, muerte natural, adsorción y filtro mecánico. El filtro puede producir hasta 60 litros por hora. Las siguientes características de diseño hacen que el filtro bioarena sea fácil de utilizar:

1. Se puede filtrar agua cuando se necesita.
2. El filtro no tiene piezas móviles.
3. El envase de concreto es pequeño, pero extremadamente estable, puede ser colocado en cualquier parte de la casa, en el lugar más conveniente para el usuario.
4. La tubería de PVC está encajada en el concreto entonces no se daña fácilmente. El costo de un filtro de concreto varía de US\$15 a US\$50, dependiendo del país y del costo de la mano de obra y la cantidad de trabajo voluntario. Cuesta menos construir el filtro con concreto entre sus limitaciones están las siguientes: es pesado y difícil de mover, La capa biológica toma 1-2 semanas para llegar a madurez, una alta turbidez (> 100 NTU) causará que el filtro se atranque y que se deba mantener de manera más frecuente, requiere que el filtro sea utilizado regularmente, no puede eliminar el color ni compuestos disueltos del agua. Esta tecnología les pareció muy apropiada y manifestaron que la podrían usar de tener acceso a conseguir financiamiento para usarla.

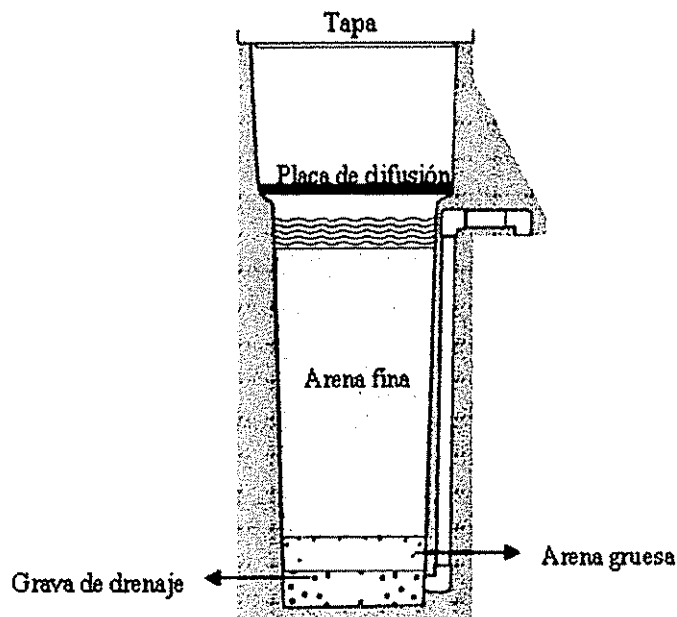


Figura 12. Filtro Bioarena.

Hervido: Hervir vigorosamente el agua durante diez minutos, mata cualquier microorganismo presente que pueda causar enfermedades. El poco sabor que tiene el agua hervida puede mejorarse cambiándola de un envase a otro varias veces (esto se conoce como aireación), dejándola reposar por varias horas o añadiéndole una pizca de sal por cada litro de agua hervida. El inconveniente de este método es que aumenta la demanda de leña, necesitando mayor trabajo y tiempo para su recolección. Se estima que este método conduce a la deforestación por el aumento en el consumo de leña. La mayoría de las viviendas utilizan el fogón para cocinar sus alimentos, por lo que el consumo de leña podría verse afectado.

Si el agua es un poco turbia, se necesita filtrarla en un paño o tela densa y después hervirla. Los recipientes deben encontrarse perfectamente limpios antes de verter el agua a almacenar y deberán limpiarse de nuevo al vaciarlos. El agua hervida se debe almacenar en recipientes con tapa y en lo posible con el sistema de llave balde. Se debe evitar sacar el agua con otros utensilios como pocillos y vasos. En la actualidad algunos pobladores manifestaron que ya utilizan este método pero se les hace dificultoso el estar acarreado la leña (Figura 13).

Radiación solar el método de desinfección del agua mediante energía solar, es un sencillo proceso de tratamiento que permite mejorar la calidad del agua. Consiste en la neutralización, a través de la luz solar de los patógenos causantes de diarreas. El agua contaminada se introduce en botellas de plástico transparentes y se expone durante cinco horas a la acción de la luz solar. Durante la exposición, el sol destruye los patógenos. La luz solar desinfecta el agua y mata a los agentes causantes de la diarrea, gracias a la combinación de dos efectos: la radiación ultravioleta y el incremento de temperatura del agua. Para que el método funcione eficazmente es necesaria una exposición de cinco horas bajo una radiación solar de al menos 500 W/m^2 . Esto se consigue en latitudes medias con cinco horas de exposición en época seca. El efecto conjunto de la temperatura y la radiación se produce cuando el agua supera los $50 \text{ }^\circ\text{C}$, momento a partir del cual el proceso de desinfección requiere un tercio de la radiación. El agua es apta para el consumo tras una hora de exposición a más de $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Es un método muy sencillo y barato, que utiliza elementos de desecho disponibles a nivel local, como son las botellas de plástico, y una fuente de energía gratuita, la luz solar. De esta forma reduce la dependencia de las fuentes tradicionales de energía como la madera o el queroseno. Se libera así parte del presupuesto familiar (disminución del gasto médico y en combustible) y se reduce la carga de trabajo que recae sobre mujeres y niños (hay que recoger

una cantidad menor de madera). Por otra parte, tiene también un efecto positivo sobre el medio (reduce la deforestación y la contaminación atmosférica). La intensidad de la radiación disminuye con el aumento de la turbidez y profundidad del agua. Se debe utilizar agua cruda de baja turbidez menor de 30 UNT. De igual manera, la profundidad de la película de agua no debe pasar de 10 cm para permitir el paso de suficiente radiación. Las limitaciones de este método son que su funcionamiento depende del nivel de nubosidad, solo es adecuado para purificar aguas sin turbidez ya que no mejora sus características físico-químicas y su funcionamiento es para pequeñas cantidades. La percepción de los usuarios hacia este método fue que sentían cambios en el sabor del agua y la mayoría opinó que no podían asolear suficiente agua para toda su familia, además de que restaba mucho tiempo a sus labores, aunque se mostraron atraídos por su sencillez y eficacia (Figura 13). La eficiencia de este método en la desactivación de bacterias y virus presentes en el agua ha sido demostrada mediante extensas pruebas de laboratorio, desde el año 1991, por el Instituto Federal Suizo para la Ciencia y Tecnología (EAWAG), y su departamento de agua y saneamiento en países en desarrollo (SANDEC). Investigaciones realizadas en Colombia y México muestran evidencias positivas de remoción de *Vibrio Cholerae*, responsable de la enfermedad del cólera.

Tamizado: echar el agua a través de un paño de algodón limpio eliminará una cierta cantidad de sólidos en suspensión o turbidez. Existen telas de filtro de monofilamento especiales para uso en las zonas en las que prevalece la enfermedad del nemátodo de Guinea. Las telas filtran los copépodos que son los huéspedes intermedios de las larvas del nematodo de Guinea. El tamizado y la sedimentación son métodos de tratamiento que preceden útilmente a la filtración para reducir la cantidad de sólidos en suspensión, que entran en la fase de filtración. Este método fue el que menos les pareció ya que es un complemento del de filtración y al usarse por si solo no les pareció tan confiable y eficaz (Figura 13).

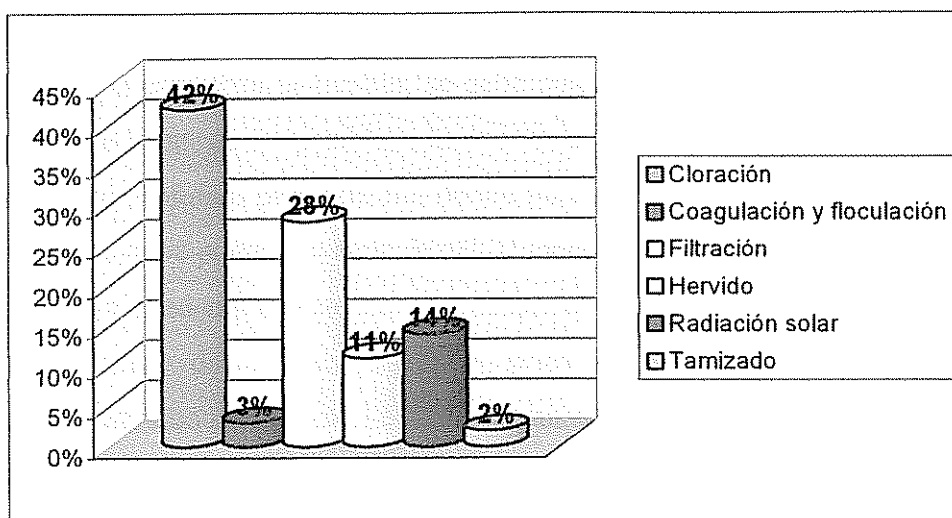


Figura 13. Porcentaje de aceptación de la población de la microcuenca El Limón, Copán, Honduras, a los diferentes métodos de desinfección de agua propuestos.

Para la implementación de sistemas de desinfección es necesario antes realizar un mercadeo social, el cual comprende actividades de promoción para dar una divulgación masiva del objetivo, luego una etapa de evaluación previa, donde se evalúan ciertos requisitos como organización comunitaria, capacidad de convocatoria, grado en que podría participar la comunidad. Luego se continúa con etapa de sensibilización en ella se profundizan las acciones de motivación de las autoridades locales y pobladores de comunidades, se procede con la formalización una vez lograda la aceptación en la comunidad para terminar con la implementación y puesta en marcha del sistema. Lo anterior es un proceso que lleva su tiempo para lograr la aceptación de las comunidades, debido a este detalle no se logró la validación de todas las tecnologías propuestas en el área de estudio.

4.3.3 Manejo del agua en el hogar

El 94% de los entrevistados manifestaron que no le dan ningún manejo al agua en su hogar, un 4 manifestó que hervía el agua y un 2% que la clorinaba; la gran mayoría no mostró una conducta sanitaria adecuada y hubo poca disposición de los usuarios a tomar medidas básicas de saneamiento. Almacenan el agua en baldes plásticos sin tapaderas, por lo que exponen el agua al contacto con el medio ambiente, siendo esta una fuente potencial de contaminación. Existe déficit de letrinas, por lo que se da el fecalismo al aire libre, El fecalismo al ras del suelo es un práctica que debe ser remplazada, por una mejor disposición

de excretas; es recomendable disponer de un sitio fuera de la casa, exclusivo para el depósito de esos residuos para toda la familia; se debe cuidar que todos los miembros, incluidos los niños, usen este lugar, de ser posible, construir en el lugar destinado a las excretas, un hoyo lo suficientemente profundo para este fin, donde no tengan acceso los animales domésticos. En ambos casos, se debe poner una capa de cal, al menos una vez a la semana, se debe cuidar que no exista basura alrededor de este sitio. La basura o residuos sólidos son acumulados en forma inadecuada dentro del domicilio en o sitios comunitarios, provocan malos olores, representando un foco de infección e incrementan el desarrollo de la fauna nociva, en algunos casos la población quema la basura, pero a mayor parte la lanzan en cualquier lado ayudando la ciclo de contaminación y proliferación de enfermedades. El 97% cuenta con estufa de leña, y no poseen una chimenea, por lo que los humos provocan daños a la salud sobre todo a las mujeres y niños que pasan mas expuestas. Existen varias casas con pisos de tierra, por lo que deben barrerse diariamente, rociando con agua para evitar polvo, tratando de mantenerlo siempre húmedo. En caso de que existan hoyos, estos deben de ser tapados inmediatamente para evitar que aniden arañas, alacranes o cualquier otro tipo de fauna.

4.4 Objetivo específico 4. Hacer una inspección sanitaria del acueducto de abastecimiento de agua. Definir medidas de mitigación para disminuir la contaminación, y difundir la información, a través de gobiernos municipales y unidades de medio ambiente.

La inspección sanitaria ayuda a interpretar en forma correcta los resultados de las pruebas de laboratorio; una inspección sanitaria identifica con antelación los riesgos que llevan a que ocurra la contaminación o pone de manifiesto fallas en la operación o mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua. Las inspecciones están incluidas en los reglamentos para prevenir el desarrollo de condiciones y prácticas que puedan contribuir a un riesgo sanitario. La inspección se realizó en el sistema que abastece al casco urbano del municipio de San Jerónimo; este se escogió debido a que es el más grande y es representativo de los demás sistemas que están en iguales o peores condiciones. Los indicadores del análisis se basaron en parámetros tales como: cobertura (porcentaje de la población abastecida), cantidad (volumen de agua utilizada en un determinado tiempo expresado en litros por persona al día), continuidad (proporción de tiempo que el agua este disponible al usuario), calidad

(aptitud del agua para consumo humano y para todos los fines domésticos) y costo (valor del agua expresada en tarifa).

El sistema fue construido en 1975 y tuvo una ampliación en 1998, por la institución Plan en Honduras con contraparte de la comunidad; su operador o administración es comunal, mediante la Junta Administradora de Agua. Se abastece de una fuente tipo quebrada y cuenta con 300 conexiones con un aforo en época crítica seca de 4 pulgadas, el aforo máximo en época lluviosa es de 7 pulgadas, con producción promedio de 5 pulgadas. Al agua nunca se le han realizado muestreos de ningún parámetro, ni se le ha practicado ninguna inspección; el único mantenimiento que se le brinda es el de lavado del tanque una vez al año, en época seca se reduce el caudal del agua pero nunca ha sido insuficiente, según manifestaron los miembros de la Junta Administradora de Agua. No existe historial o archivos del sistema ni información recopilada.

Fuente: la fuente donde se encuentra la obra de captación es la quebrada El Limón, en la parte media de la microcuenca, a orilla de sus cauces se encuentran cafetales y potreros; la demanda actual se encuentra satisfecha aunque en época seca experimentan merma importante en el caudal. Según la comunidad el sabor, color y olor del agua es aceptable, aunque en época de lluvia el color se ve afectado notablemente, tomando un color chocolate y la turbidez aumenta por el arrastre de sedimentos. Según los indicadores propuestos, la fuente presenta un riesgo medio, debido a la topografía irregular del terreno, pues hay problemas cuando se revientan los tubos y no existe un inventario completo de repuestos, ni una bodega. Cuando hay derrumbes el flujo se ve interrumpido constantemente y el desarenador se satura de arena en estación lluviosa, la toma al encontrarse destapada se ensucia con hojas y otras basuras que caen, el sistema no es sostenible económicamente, aducen falta de fondos y una escasa colaboración de la gente a cualquier actividad en pro del mejoramiento del sistema de agua, aunque se quejan del servicio prestado.

Área de recarga: el tipo de tenencia de la tierra en la zona donde se encuentra el área de recarga es privada; han cedido la zona de la toma de agua, pero ejercen su tenencia a su completo beneficio y no es de prioridad conservar esta zona; la cual en su mayor parte está deforestada (Figura 10). El área está cubierta por cafetales con sombra (bosque mixto en el mapa de uso de suelo), pasturas, y guamiles. Esta importante zona se delimitó gráficamente en

el presente trabajo, no siendo así en el campo. En esta zona no existen planes de vigilancia o conservación y aunque se desarrollan diversas actividades que afectan el ambiente y las fuentes de agua, no se ejecuta ningún programa de mitigación o sostenibilidad ambiental en la microcuenca. Existe una declaración municipal de área protegida, pero solo para la zona de captación, los bosques de galería no existen ni se ha cumplido el artículo 64 de la Ley Forestal en el que *“Se prohíbe en toda la República cortar, dañar, quemar o destruir los árboles y arbustos, y en general los bosques, dentro de 250 metros alrededor de cualquier nacimiento de agua y en una faja de 150 metros, a uno y otro lado de todo curso de agua permanente, laguna o lago, siempre que esté dentro del área de drenaje de la corriente”*. Cuando la corriente de agua sirva para el abastecimiento de poblaciones, la faja de protección del curso de agua será la que corresponde al área de drenaje a uno y otro lado, hasta 100 m abajo de las presas de captación, incluyendo las aguas drenadas por los afluentes. La vigilancia de las áreas establecidas en lo referente a las fuentes de abastecimiento de agua para las poblaciones, estará a cargo de las respectivas Municipalidades o Consejo de Distrito, en cooperación con los Gobernadores Políticos y Fuerzas Armadas de la Nación, sin perjuicio de las atribuciones que conforme a la Ley corresponden a la Administración Forestal del Estado”, hecho que no se ejecuta, debido a débiles controles de vigilancia favorecidos por falta de personal, pero sobre todo por no existir una voluntad en la creación de políticas de conservación, conjugado con la pasividad de los pobladores. Por lo anterior expuesto, se clasificó como una zona en riesgo alto.

Zona de captación: el acceso a esta zona es libre para cualquier persona. El área se encuentra circulada por un cerco de cuatro hilos de alambre en mal estado, que no protege ni contra los animales que llegan a beber agua; esta protección tiene un radio de 10 metros. En la zona se realiza una “limpia” cada año, lo cual es insuficiente; aguas arriba se presentan las mismas actividades (ganadería, agricultura, fosas sépticas mal ubicadas, hecho que ha sido discutido anteriormente, y que contribuyen a la contaminación del agua). No existen fondos para cercar y reforzar esta zona ni para su mantenimiento, por lo que se agudiza la problemática. La zona se encuentra en un riesgo medio.

Obra física de captación: la caja toma esta construida de concreto, debidamente repellada y pulida; la cubierta de la caja presenta grietas que facilitan la entrada de agua lluvia.

Esta caja cuenta con un tubo de rebalse que no está protegido con malla y no posee ninguna forma de desviar el agua de escurrimiento. La caja cuenta con un tubo de limpieza en el fondo cerrado con un tapón. Las válvulas de control están en condiciones operables. Alrededor de la caja toma se encuentran guamiles, que al botar sus hojas caen y tapan el tubo de salida y no existe personal para su limpieza. La obra se encuentra en riesgo medio.

Línea de conducción: el material de la línea de conducción es combinada HG y PVC, de un diámetro de 3 pulgadas. Esta tubería se encuentra soterrada en tramos. Existen partes aéreas que no están ancladas a mamposterías. Las fugas en la línea de conducción son frecuentes, y constantemente se hacen reparaciones para disminuirlas. Posee 4 válvulas de aire y 3 de limpieza; el mayor problema en esta parte del sistema se da en época seca durante las quemas, ya que el fuego alcanza la tubería en las partes aéreas. El riesgo en este tramo es bajo.

Tanque de almacenamiento: el tanque es de forma circular con un diámetro de 7 m y una altura de 3 m con capacidad para 25.000 galones. El tipo de tanque es superficial, construido de ladrillo reforzado; la propiedad donde se encuentra el tanque es privada. La capacidad del tanque satisface la demanda actual, aun y cuando las paredes se encuentran con fisuras, y el agua se escapa el área alrededor del tanque está protegida con malla ciclón y candado. Su techo es de loza de concreto y evita que entre contaminación al tanque. Cuenta con sus accesorios, especificaciones técnicas y un mecanismo de seguridad para su funcionamiento. En el tanque para usar algún método de desinfección no se hace por economía, ya que manifestaron que no existen suficientes fondos para hacerlo. El riesgo es medio.

El hipoclorador: existe un hipoclorador que está en buenas condiciones, cuenta con su control de goteo y sistema de flotador o medición de nivel, pero desde su construcción presentó fallas de instalación, por lo que ocasionaba problemas y nunca entró en funcionamiento. Este es un problema de suma importancia, debido a que es el único tratamiento de desinfección que se podría dar en el sistema y no se ha hecho nunca. El aplicar cloro podría contribuir a disminuir la contaminación por coliformes fecales existente en la red de distribución según resultados de laboratorio. Este método es muy eficaz en la desinfección

bacteriológica del agua y no se requiere de mayor inversión para ponerlo a funcionar y mejorar la calidad del agua que se brinda a la población. Este factor se encuentra en riesgo alto.

Red de distribución: no existe un mapa o plano actualizado del sistema; se brinda abastecimiento las 24 horas, los 7 días de la semana, pero no hay cobertura total, solo le brinda el servicio al 85% de la población. La tubería se encuentra soterrada totalmente. Existen fugas y se hacen esfuerzos por repararlas, pero el mayor problema es el desperdicio de agua por parte de los usuarios y el daño que le causan a la tubería. Se encuentra en riesgo medio.

Muestras e inspecciones: no existe ninguna persona encargada que realice muestreos e interprete los resultados, tampoco se cuenta con el equipo necesario, a pesar de que a una hora en automóvil se encuentra el laboratorio del SANAA en el municipio de la Entrada a Copán, donde se podrían llevar a cabo los análisis de rutina. Los costos de los análisis son accesibles respecto a la capacidad de pago del sistema, y se podrían negociar precios especiales si se establece un plan de muestreo por los convenios existentes con las municipalidades. Durante el estudio se muestreo la fuente de captación y los grifos de la red de distribución resultaron con contaminación bacteriológica y turbidez (Cuadro 11). De nuevo se pone de manifiesto la escasa supervisión del sistema de abastecimiento de agua por parte de las autoridades competentes. La vigilancia sanitaria es una actividad de investigación dirigida a evaluar e identificar los factores de riesgo asociados al sistema de abastecimiento que puedan significar peligro para la salud humana, además permiten detectar oportunamente los factores de riesgo y para actuar sobre ellos, y de esta forma, controlar la propagación del mal. Para este proceso es indispensable la participación de los usuarios del sistema; ellos son los que deben advertir y exigir al abastecedor, en este caso la Junta de Agua, la adopción de medidas correctivas oportunas. Se observó mucha apatía de la población hacia estos temas.

Manejo del agua en el hogar: un 13 % de los encuestados le da algún tratamiento al agua que consumen en sus casas: Los tratamientos utilizados son hervido y cloración, para lo que utilizan la marca comercial Magia blanca en proporción de una gota por un litro, pero no lo hacen frecuentemente. En general separan el agua de consumo de la de

otros usos, y lavan los recipientes donde se almacena el agua utilizando agua y jabón. Estos recipientes son en general de plástico con capacidades que van desde los 2 hasta los 15 litros. Gran parte de los encuestados reveló que sacan el agua introduciendo un vaso o taza y bebiendo directamente del recipiente. La mujer juega un papel importante en el manejo del agua en el hogar; en el ámbito rural ella es quien la recoge, utiliza y administra. La mujer es, pues, la clave del éxito de toda política y programa para el desarrollo de educación sanitaria en aspectos de higiene personal y concientización sobre el uso adecuado y manipulación del agua a nivel del consumidor para conservar su calidad y hacer uso racional de la misma.

Organización comunal: la comunidad posee una Junta Administradora del Agua conformada por los siguientes miembros:

Presidente	Santos Valdivieso
Secretario	Pedro Villena
Fiscal	Israel Fuentes
Vocal	Mercedes Nufio
Tesorero	Samuel Alvarado
Promotor de salud	Omar Mena.

La junta administradora fue capacitada por el SANAA en su creación, pero no han tenido seguimiento; cuentan con personería jurídica y reglamento interno. La Junta debiera reunirse cada dos meses y la asamblea de usuarios una vez al año y cambiar la directiva cada dos años. No se han podido reunir y no recuerdan la fecha de la última sesión; el mayor problema que enfrentan es la apatía de los miembros, no logran llegar a consenso, toman el servir como pérdida de tiempo y necesitan capacitación en la forma organizacional del sistema. Para que la participación de los miembros de la Junta de Agua sea realmente útil, es urgente implementar un método simple y eficaz que permita identificar los riesgos a la salud de los usuarios asociados al abastecimiento de agua, y brindarles capacitación sobre saneamiento básico e identificación y adopción de medidas correctivas, a fin de garantizar la sostenibilidad del sistema y la mejora de los hábitos de los usuarios en lo que respecta a manejo y conservación del agua. Por los antecedentes el acueducto en su parte organizacional presenta un riesgo alto.

Administración del sistema: al no reunirse periódicamente, la responsabilidad recae en una sola persona, o sea el presidente. Hay dificultades en la parte financiera, pues el sistema opera con déficit debido a falta de presupuesto, lo que se dificulta tener una bodega con insumos y materiales para el mantenimiento del acueducto. Llevan control de pagos, talonarios de recibos y libros de inventarios, cuentan con un fontanero sin capacitación, pero no de forma permanente, solamente cuando ocurren fallas, debido a que no existe capacidad económica para mantenerlo fijo.

La tarifa es la cantidad de dinero aprobada por la Junta de Agua que los usuarios pagan mensualmente, de acuerdo a los costos que genera el sistema. Esta es discutida, aceptada y aprobada por la asamblea de usuarios. Solamente cuando existe conciencia del valor del agua, se paga la tarifa con satisfacción y ante un buen servicio, los abonados desean pagar por él. La tarifa mensual en el sistema es de 10 lempiras para personas de escasos recursos y 20 lempiras para personas con mejor posición económica, ambas por conexión domiciliar. Vemos que esta generación de fondos no es suficiente para los costos totales después de sumar los gastos de administración, operación, mantenimiento y recuperación de la inversión. Se debe discutir un aumento en la tarifa para tener un sistema que sea suficiente para cubrir al menos los gastos antes mencionados. En la actualidad la Municipalidad cubre gastos de reparación cuando se presentan. No hay un sistema de recaudación ágil a usuarios. Se presenta el problema de morosidad y conexiones ilegales, falta de capacitación periódica al personal administrativo y a miembros de la Junta Directiva. La municipalidad, como ente encargado de la vigilancia del acueducto y basado en su autonomía municipal, podría tomar acciones directas en cuanto a recuperar el estado del acueducto y brindar mayor apoyo a todas las gestiones en la parte administrativa, encaminadas a mejorar el servicio.

En el Cuadro 16 se presenta un resumen de los indicadores claves del sistema de abastecimiento que se consideraron en la inspección sanitaria, en el que se puede apreciar que la mayoría de aspectos se encuentran en un riesgo medio a alto, pero sobre todo los problemas se dan en la zona de captación y área de recarga, que es donde existen las mayores limitantes en cuando a sanidad. El otro factor de importancia en la organización comunitaria que no brinda el apoyo necesario ni se involucra, a pesar de que es para su bienestar, sumado a la poca capacidad de gestión y administración de las autoridades en brindar el servicio de agua y

volverlo sostenible, hecho que permite que todos estos procesos ocurran si tomar medidas correctivas.

Cuadro 1. Resumen de los indicadores del sistema de abastecimiento para la inspección sanitaria.

Aspecto de la guía de inspección	Tipo de riesgo			
	N	B	M	A
Fuente			2	
Area de recarga				3
Zona de captación			2	
Obra física de captación			2	
Línea de conducción		1		
Tanque de almacenamiento		1		
Hipoclorador				3
Red de distribución		1		
Muestreo				3
Tratamiento de tanque				3
Manejo en el hogar		1		
Administración				3
Organización			2	
Total	0	4	8	15

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La producción de agua en la microcuenca suple la demanda actual, pero su capacidad está al límite máximo; existe presión creciente por el recurso, y la demanda tiene un crecimiento acelerado, si se toma en cuenta el crecimiento de los poblados que están fuera de la microcuenca; pero que se abastecen de ella y la producción se reduce debido a los impactos que está sufriendo el área de recarga, debido a las diferentes actividades humanas que en ella se desarrollan y han llevado a eliminar la cobertura vegetal. La microcuenca es de suma importancia para el desarrollo del municipio por la existencia del recurso agua.

No existe la estructura para dar vigilancia y cumplimiento a las normativas existentes. No existe en la microcuenca una política de desarrollo rural basada en el uso sostenible de los sistemas de vida y de las demandas locales. Existe un uso de los recursos poco sostenible, debido al ordenamiento no adecuado de las actividades productivas, planes específicos para manejo integral de cuencas, carencia de una visión de futuro, poca atención e integración de actores. Existe un marco legal normativo a nivel nacional referente a cuencas hidrográficas en las cuales declara de interés social y de utilidad pública la protección, conservación y desarrollo de las fuentes de agua y de las cuencas hidrográficas, con lo cual se crean espacios para trabajos de manejo de recursos naturales en cuencas, pero en forma sectorial, no alcanza para un manejo integrado del binomio agua-cuenca.

Los tipos de contaminación más influyentes en la calidad del agua de la microcuenca son: bacteriológica y aumento de la turbidez, tal como lo mostraron los análisis de laboratorio. La contaminación por coliformes fecales se está desarrollando debido al fecalismo al aire libre existente (el 40 % de las viviendas no poseen letrinas) y a la actividad ganadera, sumado a las costumbres sanitarias de la población que contribuyen a la proliferación de bacterias. Los altos niveles de turbidez, sobre todo en época lluviosa se están dando por los procesos erosivos que ocurren en la parte media de la microcuenca y que la escorrentía deposita gran cantidad de sedimentos y materia orgánica en los cauces de las quebradas, como consecuencia de la eliminación continua de la cobertura vegetal, sobre todo a las orillas de los cauces.

En el área la microcuenca, las instituciones han desarrollado y desarrollan acciones puntuales dirigidas a actividades agrícolas, dejando a un lado otras áreas que necesitan atención, como por ejemplo el sector forestal y turístico, a pesar del potencial existente.

La desinfección del agua es una alternativa eficaz para las poblaciones que no cuentan con un sistema seguro de abastecimiento de agua de calidad, constituyen una medida inmediata y de bajo costo, asequible en estas comunidades y tiene aceptación de la población, tal como se demostró la consulta realizada en los talleres.

Las tecnologías de desinfección que darían un mejor resultado por el tipo de contaminación existente y las características de las comunidades de la microcuenca son la filtración lenta en la obra de captación y el filtro bioarena en el hogar, pues son muy eficientes en la eliminación de la turbidez del agua, y la coloración. Los hipocloradores para la eliminación de las bacterias presentes en el agua, causantes de enfermedades de origen hídrico y que están afectando a la población. Una combinación de los métodos de filtración lenta y cloración sería lo conveniente.

En los aspectos evaluados, el acueducto de San Jerónimo presenta un riesgo medio. La Junta de Agua puede funcionar mejor, tanto administrativamente como su capacidad de gestión, si se logra el apoyo de los usuarios. Es necesario crear el sentido de propiedad de parte de la población como grupo interesado en el buen desempeño de este organismo, para obtener un servicio de calidad.

En las comunidades existe la estructura local humana para transferir conocimientos en el uso y manejo el agua sobre todo en el hogar, y aplicar medidas preventivas como los métodos de purificación del agua para disminuir los índices de enfermedades de origen hídrico, pero hay poca disposición de los usuarios a aplicar estas tecnologías, debido a que no los perciben como una necesidad real y no representa ninguna ventaja económica para ellos.

Según el mapa elaborado de uso de suelo de la microcuenca, éste no está siendo utilizado de acuerdo a su capacidad. Se evidencia principalmente en la parte media de la microcuenca, en tierras de vocación forestal utilizadas en la actualidad para agricultura de subsistencia (granos básicos), actividad que provoca la erosión del suelo. Un 36% del área de la parte media presenta este tipo de cultivos; un 23% de pasturas degradadas y solamente el

8% está cubierto por bosque, el cual sería el uso ideal. El recurso forestal ha desaparecido porque conservarlo o extenderlo no representa ningún ingreso económico para los habitantes. La sobreexplotación que se está dando, deteriora la calidad del agua producida en la microcuenca y no perciben este producto como bien económico ni la manera en que lo están afectando.

La actividad del cultivo del café es un importante contaminante puntual en la microcuenca; el 32% de su área aproximadamente está ocupada por cafetales. Esta forma de utilización del suelo genera contaminación del agua, principalmente en época de cosecha, hecho que la convierte en no deseable para el consumo humano lo que se convierte en una limitante. Ninguno de los beneficios de café posee tratamiento de aguas residuales.

La población urbana de San Jerónimo, la de mayor consumo de agua, es totalmente ajena a todos los procesos y condiciones socioambientales de los habitantes de las comunidades dentro la microcuenca, y la repercusión que para ellos pueda representa en cuanto a la calidad del agua que están consumiendo.

5.2 Recomendaciones

Existen planes de manejo a distintos niveles de desarrollo, destinados a controlar y mitigar las amenazas identificadas. Es necesario que estos planes sean integrados para hacer un uso eficiente de los recursos económicos disponibles y concientizar a la población sobre la importancia del papel que esta juega en el contexto, e involucrarlas en actividades de conservación, debido a la apatía que manifiestan.

Las comunidades de la cuenca, la mayoría con una dinámica económica que ejerce presión sobre los recursos naturales, requieren de incentivos para desarrollar actividades compatibles con el ambiente. En este sentido, un ordenamiento territorial y ecológico realista, la capacidad de aplicación efectiva de las leyes y la educación ambiental son elementos claves.

Promover la participación activa y el cambio de comportamiento sanitario de los usuarios, aspectos relacionados con componentes de capacitación y educación, lo que permitiría mayor eficiencia en las inversiones. El involucramiento de actores como los gobiernos locales, las autoridades comunales, promotores de salud y mujeres, para generar una dinámica interna que promueva la participación y corresponsabilidad de actores, sentando las bases para la sostenibilidad y conservación de la microcuenca.

Establecer un programa constante de vigilancia de la calidad del líquido en las fuentes de agua de la microcuenca, realizando análisis periódicos de parámetros físicos, químicos y biológicos, es absolutamente indispensable, para la gestión integrada del agua de la región. Sólo a través de la clara percepción de las acciones cotidianas que representan amenazas ambientales, podrá estructurarse un esfuerzo sinérgico que proporcione un marco de sostenibilidad para la perpetuidad de la producción de agua de la microcuenca.

Es necesario incrementar el área de bosques de galería a lo largo de los cursos de los cauces de las Quebradas de El Limón y Cangrejera, con el fin de reducir los efectos de la erosión y sedimentación sobre estas, ya que sus márgenes presentan pendientes muy pronunciadas y las áreas riparianas son utilizadas para el pastoreo de animales. Los bosques de galería contribuyen también a la absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que de otro modo llegarían a los cauces.

Fomentar la diversificación agrícola, identificando otros cultivos más rentables y que brinden mayor cobertura (frutales). Adoptar nuevos rubros de generación de empleos mediante la organización de empresas de eco y agroturismo, ya que existe ese potencial. Estabilizar los suelos con prácticas sencillas de conservación, fomentando la conciencia colectiva sobre la importancia estratégica de la microcuenca para el desarrollo del municipio.

Concertar con los propietarios a través de la municipalidad al gobierno como responsable de la protección del ambiente, la participación de juntas de agua de las diferentes comunidades beneficiadas y buscar el apoyo de diferentes instituciones: INA, COHDEFOR, Fiscalía del Medio Ambiente y ONG's presentes, la compra de terrenos en áreas donde se

encuentran los nacimientos de las fuentes de agua, y proceder a cercarlos, rotularlos y reforestarlos, además de ejercer vigilancia permanente.

Habilitar los hipocloradores para la desinfección del agua, en los diferentes sistemas de abastecimiento, para hacerla apta para el consumo humano. Gestionar ante la municipalidad, instituciones del Estado e internacionales la adquisición de los materiales no locales, necesarios para la construcción de letrinas, así como el asesoramiento técnico para su construcción y mejorar las condiciones de saneamiento básicas.

Sensibilizar y capacitar a técnicos institucionales y equipos municipales sobre campañas que vayan dirigidas a la población, para la adopción de métodos de desinfección, así como establecer una metodología de planificación para la microcuena, para ordenar el uso de la tierra y potenciar sus usos de manera concensuada con la comunidad, sus necesidades e intereses y así fortalecer la vinculación de los actores estratégicos, e incrementar la eficiencia de su participación en las actividades de conservación de los recursos de la microcuena.

Promoción de una agricultura sostenible, incrementando las áreas bajo riego para un mejor aprovechamiento del líquido, sobre todo en cultivos de hortalizas, ya que generan mayores ingresos. Implementar con los agricultores prácticas de conservación e iniciativas de desarrollo económico local que contribuyan con la conservación del ambiente. Identificar alternativas económicas no tradicionales que rompan con la inmovilidad económica local y a la vez se constituyan en hechos detonantes para crear alternativas económicas, para lograr un fortalecimiento en la capacidad de las comunidades para la protección de fuentes de agua.

6.LITERATURA CITADA

- Agüero, VJ. 2000. Análisis de vulnerabilidad a la contaminación de una sección de los acuíferos del Valle Central de Costa Rica. Tesis Lic. Ing. Civil. San José, CR, Universidad de Costa Rica. 195 p.
- Aguilar Prieto, P; Cepero, JA; Countin, G. 2000. La calidad de agua y enfermedades diarreicas. Revista Panamericana De La Salud Pública 7(5): 313-318.
- American Society for testing and Materials. Annual book of Standards. 1994. Determinación de turbidez en agua. Metodo ASTM D. p. 88-89.
- Brooks, KN; Gregersen, H, Thames, J. 1991. Hydrology and the management of watershed. Iowa, USA. 392 p.
- Canter, L. 2000. Manual de evaluación de impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de Estudios de impacto. Universidad de Oklahoma. Mc Graw Hill. Inc. US. 835 p.
- CEPAL, 1997. Manejo de cuencas hidrográficas/ desechos sólidos (en línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado 10 agosto 2004. Disponible en www.infogua.org/cuencas
- CIAT 2003. Prevención, reducción y rehabilitación de tierras degradadas en los trópicos. Atlas. 50 p.
- Córdoba Núñez, A. 2002. Calidad de agua y su relación con los usos actuales de suelo en la subcuenca del río Jucuapa. Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 120 p.
- Colon, E. 2003. Gobernabilidad eficaz del agua: Acciones conjuntas en Centroamérica. Global Water Partnership de Centroamérica. 36 p.

- Gallego, M. 2000. El agua, vehículo de contaminación. Pagina electrónica en (línea) Turrialba, Costa Rica. Consultado agosto 2005. www.badad.com/no01/agua.html
- Geilfus, F. 1998. 80 Herramientas para el desarrollo participativo: diagnósticos, planificación, monitoreo, evaluación. San Salvador, El Salvador, IICA-GTZ. 208 p.
- Guillen Zelaya, RI. 2002. Modelación del uso de la tierra para orientar al ordenamiento territorial en la sub cuenca del Río Copán, Honduras. Tesis Mag.Sc. Turrialba, CR, CATIE. 90 p.
- Cárcamo, J. 2004. Honduras corre riesgo de quedarse sin agua. El Heraldó, Tegucigalpa, Hn, nov.21:4.
- Faustino, J. 1996. Criterios para la clasificación de los problemas y soluciones en la conservación de suelos y aguas. CATIE, Turrialba. 60 p.
- Fassaert, C. 2000. Diagnósticos participativos con enfoque de género. Agroforestería en las Américas. 7 (25):25-30.
- Fondo Ganadero Hondureño. 2001. Costos de Producción de la Leche. 50 p.
- Infante, A. 2000. Semillas purificadoras de agua, Instituto Forestal Latinoamericano, Caracas, Venezuela. 60p.
- Jiménez, F. 2001. Fortalecimiento de la capacidad local para el manejo de cuencas y la prevención de desastres naturales (FOCUENCAS), Síntesis de experiencias. CATIE. Presentación Curso Cuencas Hidrográficas II, 28 láminas.
- Jiménez, F. 2004. Modulo I. Apuntes del curso manejo de cuencas hidrográficas I, Escuela de posgraduados, CATIE. Turrialba, CR. 10 p.

- Lowell, J. 1999. Moringa Oleifera, Natural Nutrition For The Tropics. Church World Service, Dakar, Senegal. March. 10 p.
- Magrath, P; Compton, J; Ofosu, A; Motte, F. 1997. Cost-benefit analysis of client participation in agricultural research: A case study from Ghana. Agren. Network paper no. 74: 19-36.
- Mendoza, M. 1996. Impacto de la tierra, en la calidad del agua de la microcuenca río Sábalos. Cuenca del río San Juan. Turrialba, CR, CATIE. 81 p.
- Ministerio de Salud. 1995. Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable en Honduras. Acuerdo no. 84. Tegucigalpa, HN. p 1-41.
- Mitchell, M; Stapp, W; Bixby, K. 1991. Manual de campo de proyecto del río. Una guía para monitorear la calidad del agua en el río Bravo. Segunda edición. México. 200 p.
- Ongley, E. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudios de la FAO riego y drenaje. Roma, Italia. FAO, 116 p.
- Organización Mundial para la Salud, (OPS). 1993. Consideraciones sobre el programa medio Ambiente y salud en el Istmo Centroamericano. San José, CR. 50 p.
- Otero Carvajal, SA. 2002. Creación y diseño de organismo de cuencas en la Sub Cuenca Río Copán Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 119 p.
- Plan de acción centroamericano para el desarrollo integrado de los recursos hídricos (PACADIRH). Consultado 10 agosto 2005. Disponible en <http://www.aguayclima>
- Planificación de cuencas hidrográficas. Consultado 10 agosto 2005. Disponible en <http://www.aos.org>

- PNUD. 2000. Informe sobre desarrollo humano en Centroamérica, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Managua, NI. 231 p.
- Prieto, C. 1997. Autogestión administrativa y financiera del agua. IICA. Lima, PE. 258 p.
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de Extensión para el manejo integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias: Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura (IICA). Serie investigación y educación en desarrollo sostenibles. San José, CR. 338 p.
- Randulovich, R. 1997. Sostenibilidad en el uso del agua en América Latina. Revista Forestal Centroamericana 18: 15-20.
- Reiff, F. 1995. Guía para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales de América latina y el caribe; Documento OPS/OMS, Serie técnica no. 30. p 20-35.
- Repetto, R. 1990. Deforestation i the tropics. Scientific American, EUA. V, 262 (4) p.36-42.
- Reynolds, J. (2002). Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José. CR. 348 p.
- Rojas, M. 1987. La pequeña cuenca como abastecedora de agua. Santiago, Republica Dominicana. 30 p.
- Sáenz, F. 1995. Identificación de áreas críticas para el manejo de la cuenca del rio Pacuare, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 145 p.
- Sanfeliú, M. 2001. Determinación de la calidad del agua de consumo humano de las familias rurales: estudio socioeconómico. Fundación Salvadoreña para el desarrollo Económico y Social (FUSADES). San Salvador, El Salvador. 40p.



Sagastizado, M. 2001. Impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la cuenca del río Telnique, El Salvador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 167 p.

Sagardoy, J. 1994. Irrigation management transfer; selected paper. FAO. Roma, IT. 499 p.

SANAA. 2004. Reglamento general de juntas de agua y saneamiento de Honduras. Tegucigalpa, HN. P 1-33.

SANAA. 2004. Ley marco del sector agua potable y saneamiento de Honduras. Decreto no.118. Tegucigalpa, HN. p 1-25.

Tecnologías económicas para desinfección y descontaminación de aguas. Consultado 2 junio 2005. Disponible en <http://www.onu.ap>

Valverde, J.1998. Riego y drenaje. Universidad Estatal a Distancia. 1ra edición. San José, CR.223p.

Velásquez, S.2002. Manual Introducción Arcview GIS 3.2. Turrialba, CR. 87 p.

Vidal, M; López, A; Santoalla, M, Valles, V. 2000. Factor analyses for the water resources contamination due to the use the livestock slurries as fertilizers. Agricultural water management. 45 p.

Villa, J. 1990. Cosecha y beneficiado del café en México. Ed. A. S. Colín. Xalapa, Veracruz, MX. Instituto Mexicano del café/NESTLE: p 193-211.

Villegas, J. 1995. Evaluación de la calidad de agua en la cuenca del Río Reventado, Cartago, Costa Rica, Bajo el enfoque de indicadores de sostenibilidad. Turrialba, CR. CATIE. 118 p.



Villón Béjar, M. 2002. Hidrología. Serie en Ingeniería Agrícola. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. Taller de publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. 436 p.

Wagner, 1996; Shillings y Libra, 2000. Contaminación causas y efectos. Mexico, D F. Ediciones Garnika. 424 p.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta aplicada a pobladores de las comunidades que se abastecen de agua de la microcuenca.

Centro Agronómico Tropical de Investigación Y Enseñanza.

C A T I E

Formato de Recolección de datos de Campo

Fecha de Visita _____ Comunidad _____

1.- ¿Cuántas viviendas tiene la comunidad? _____

2.- ¿Qué población total tiene la comunidad? _____

3.- ¿Cual es el gasto aproximado de Agua por persona al día? _____

• 30 gl _____

• 45 gl _____

• 60 gl _____

Mas de esto _____

4.- ¿Cuantas área de tierra están bajo riego? _____ mz.

¿Que cultivos siembran? _____

¿Usan Agroquímicos (fertilizantes, insecticidas, etc.)? si _____ no _____

Ejemplos _____

5.- ¿Qué área se utiliza para ganadería? _____ mz.

6.- ¿Utilizan prácticas de conservación de suelos? Si _____ No _____

Si (área) _____ mz Cuales _____

7.- ¿Utilizan sistemas silvopastoriles? Si _____ No _____

Si ¿que área? _____

- 8.- ¿Realiza prácticas agroforestales? Si _____ No _____
Si, que Área _____
- 9.- ¿Cuántas fuentes de agua existen en su comunidad? _____
- 10.- ¿Cree que cuidando la microcuenca puede mejorar la calidad del agua? _____
- 11.- ¿Tiene escasez de agua en alguna época del año? _____
Que época _____
- 12.- ¿Cree que la calidad del agua que consumen es buena? _____
- 13.- ¿El sistema de agua de su comunidad funciona bien? _____
Si _____ No _____ Por que _____
- 14.- ¿Que actividades piensa usted que pueden estar contaminando las fuentes de agua? _____
- 15.- ¿Cual es el valor de la tarifa del sistema de agua? _____
- 16.- ¿Cree que es justo este pago para el buen funcionamiento del mismo? _____
- 17.- ¿Existe Junta de Agua en su comunidad? _____
- 18.- ¿Le dan mantenimiento continuo al sistema de agua? _____
- 19.- ¿El agua recibe algún tratamiento antes de llegar a la red de distribución? _____
- 20.- ¿Que manejo le da en su hogar al agua que almacena? _____
- 21.- ¿Estaría dispuesto a probar métodos de desinfección del agua? _____

22.- ¿Como le gustaría que fueran estos métodos? _____

23.- ¿Conoce usted alguno de estos métodos? _____

¿Cuales? _____

24.- ¿Existen letrinas en su comunidad? _____, En que porcentaje de casas? _____

25.- ¿Cuales son las enfermedades que tienen mayor incidencia? _____

26.- ¿Donde son atendidos los problemas de salud de los miembros de la comunidad? _____

27.- ¿Que tipo de servicio de salud existe en su comunidad? _____

28.- ¿Cuántas Organizaciones Comunales existen? _____

¿Cuáles? _____

29.- ¿Cuántas Instituciones están presentes? _____

¿Cuales? _____

30.- ¿Piensa que están bien protegidas las fuentes de agua de su comunidad y cree que la heredara a sus hijos? _____

31.- ¿Que medidas piensa usted se pueden tomar para mejorar o mantener la calidad del agua? _____

32.- ¿Existe alguna ley (ordenanza municipal) orientada a proteger las fuentes de agua? _____ ¿Que Ley? _____ ¿Se aplica? _____

Anexo 2. Resultado de análisis de frecuencia realizados la base de datos.

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	MC	EA	FR	FAA	FRA
Cree que manejo micr	1	1	76	0.84	76	0.84
Cree que manejo micr	2	2	6	0.07	82	0.91
Cree que manejo micr	3	3	8	0.09	90	1.00

Variable	Clase	MC	EA	FR	FAA	FRA
Cree que calidad de	1	1	66	0.73	66	0.73
Cree que calidad de	2	2	10	0.11	76	0.84
Cree que calidad de	3	3	14	0.16	90	1.00

Variable	Clase	Categorías	EA	FR	FAA	FRA
Funciona bien el sis	1	no	71	0.79	71	0.79
Funciona bien el sis	2	o	1	0.01	90	1.00
Funciona bien el sis	3	si	18	0.20	89	0.99

Variable	Clase	MC	EA	FR	FAA	FRA
Que puede estar cont	1	1	31	0.34	31	0.34
Que puede estar cont	2	2	10	0.11	41	0.46
Que puede estar cont	3	3	21	0.23	62	0.69
Que puede estar cont	4	4	10	0.11	72	0.80
Que puede estar cont	5	5	15	0.17	87	0.97
Que puede estar cont	6	6	3	0.03	90	1.00

Variable	Clase	MC	EA	FR	FAA	FRA
Es justo el pago de	1	1	9	0.10	9	0.10
Es justo el pago de	2	2	81	0.90	90	1.00

Variable	Clase	Categorías	EA	FR	FAA	FRA
Tiene mantenimiento	1	no	81	0.90	90	1.00
Tiene mantenimiento	2	si	9	0.10	9	0.10

Variable	Clase	Categorías	EA	FR	FAA	FRA
Probaria metodos de	1	no	56	0.62	89	0.99
Probaria metodos de	2	o	1	0.01	90	1.00
Probaria metodos de	3	si	33	0.37	33	0.37

Variable	Clase	MC	EA	FR	FAA	FRA
Que metodo le parece	1	1	37	0.41	37	0.41
Que metodo le parece	2	2	25	0.28	62	0.69
Que metodo le parece	3	3	10	0.11	72	0.80
Que metodo le parece	4	4	13	0.14	85	0.94
Que metodo le parece	5	5	3	0.03	88	0.98
Que metodo le parece	6	6	2	0.02	90	1.00

Variable	Clase	MC	EA	FR	FAA	FRA
Piensan que estan bi	1	1	4	0.04	4	0.04
Piensan que estan bi	2	2	86	0.96	90	1.00

Variable	Clase	MC	EA	FR	FAA	FRA
Conoce la exitenciaie	1	1	12	0.13	12	0.13
Conoce la exitenciaie	2	2	78	0.87	90	1.00

Anexo 3. Resultados de análisis del agua, laboratorio del SANAA.

LABORATORIO REGIONAL DE ANALISIS DE AGUA

HOJA DE RESULTADOS DE MUESTRA DE AGUA

S A N A A

Análisis No: 777 Barrio El Triángulo, La Entrada Copan Tel.: 661
 Recolector de Muestra: MARIO MEJIA Nombre de Fuente: QUEBRADA EL LIMON
 Agencia: SANAA Comunidad: EL TRANSITO
 Hora de Recolección: 9:10 AM Municipio: SAN JERONIMO
 Fecha de Recolección: 14/03/2005 Departamento: COPAN
 Fuente (Pozo, Nac., Queb., ó Rio) Agua (Cruda, Clor., ó T. Plante): Sitio de muestreo:
 NACIMIENTO CRUDA FUENTE

ANALISIS BACTEREOLÓGICO		ml Filtrados	Colonias Contadas:	Contaminación 100 ml
Fecha:	Bacterias:			
14/03/2005	Coliformes	5	108.40	9,768
Hora:	Totales:		2	60
2:00 PM	Coliformes Fecales			

ANALISIS FISICO - QUIMICO		Fecha: 14/03/2005	Hora: 2:00 PM
Temperatura 15-20 C:	26	Nitrato 50**mg/L:	
Turbidez SNTU*:	3	Nitrito 0.1 ó 3.0**mg/L:	
Conductividad 400 S/cm:	102.10	Cloro residual 0.5-1.0 mg/L:	
Color < 15 UC:	11	Cloro Total > 1.0 mg/L:	
PH 6.5 - 8.5:	8.2	Fluoruro 0.7-1.5 mg/L:	0.33
Sólidos total D 1000mg/L:	50.90	Sulfato < 250 mg/L:	0
Alcalinidad Total 400mg/L:	67.73	Sulfuro mg/L:	
Cloruro 0.07 mg/L:		Dureza < 400 mg/L:	61.23
Manganeso 0.50 mg/L:		Hierro Total < 0.3 mg/L:	0.02
Aluminio 0.20 mg/L:		Nitro. Amónico < 0.5**mg/L:	
Ortofosfatos mg/L:			

OBSERVACIONES
 Análisis Bacteriológico. Revela contaminación de Coliformes Totales y fecales es necesario realizar desinfección de agua previo consumo humano. Análisis físico: Color de la muestra. Análisis Químico: Fluoruro por debajo de la norma de calidad de agua.



LABORATORIO REGIONAL DE ANALISIS DE AGUA

HOJA DE RESULTADOS DE MUESTRA DE AGUA

S A N A A

Análisis No: 778 Barrio El Triángulo, La Entrada Copan Tel.: 661
 Recolector de Muestra: MARIO MEJIA Nombre de Fuente: QUEBRADA EL LIMON
 Agencia: SANAA Comunidad: SAN JERONIMO
 Hora de Recolección: 9:40 AM Municipio: SAN JERONIMO
 Fecha de Recolección: 14/03/2005 Departamento: COPAN
 Fuente (Pozo, Nac., Queb., ó Rio) Agua (Cruda, Clor., ó T. Plante): Sitio de muestreo:
 QUEBRADA CRUDA FUENTE

ANALISIS BACTEREOLÓGICO		ml Filtrados	Colonias Contadas:	Contaminación 100 ml
Fecha:	Bacterias:			
14/03/2005	Coliformes	5	77	14 540 00
Hora:	Totales:		1	60
2:10 PM	Coliformes Fecales			

ANALISIS FISICO - QUIMICO		Fecha: 14/03/2005	Hora: 2:10 PM
Temperatura 15-20 C:	24	Nitrato 50**mg/L:	
Turbidez SNTU*:	7	Nitrito 0.1 ó 3.0**mg/L:	
Conductividad 400 S/cm:	117.70	Cloro residual 0.5-1.0 mg/L:	
Color < 15 UC:	61	Cloro Total > 1.0 mg/L:	
PH 6.5 - 8.5:	7.8	Fluoruro 0.7-1.5 mg/L:	0.49
Sólidos total D 1000mg/L:	43.80	Sulfato < 250 mg/L:	0
Alcalinidad Total 400mg/L:	75.54	Sulfuro mg/L:	
Cloruro 0.07 mg/L:	75.54	Dureza < 400 mg/L:	71.17
Manganeso 0.50 mg/L:		Hierro Total < 0.3 mg/L:	0.26
Aluminio 0.20 mg/L:		Nitro. Amónico < 0.5**mg/L:	
Ortofosfatos mg/L:			

OBSERVACIONES
 Análisis Bacteriológico. Revela contaminación de Coliformes Totales y fecales es necesario realizar desinfección de agua previo consumo humano. Análisis físico: Turbidez y Color de la muestra. Análisis Químico: Fluoruro por debajo de la norma de calidad de agua.



LABORATORIO REGIONAL DE ANALISIS DE AGUA
HOJA DE RESULTADOS DE MUESTRA DE AGUA
S A N A A

Análisis No: 782 Barrio El Triángulo, La Entrada Copan Tel.: 682
 Recolector de Muestra: MARIO MEJIA Nombre de Fuente: QUEBRADA EL LIMON
 Agencia: SANAA Comunidad: SAN JERONIMO
 Hora de Recolección: 11:15 AM Municipio: SAN JERONIMO
 Fecha de Recolección: 4/03/2005 Departamento: COPAN

Fuente (Pozo, Nec., Quebr., ó Rio) Agua (Cruda, Clar., ó T. Planta): Sitio de muestreo:
 QUEBRADA CRUDA RED DISTR.

ANALISIS BACTEREOLÓGIC		ml Filtrados	Colonias Contadas:	Contaminación 100 r
Fecha:	Bacterias:			
14/03/2005			2140	428
Hora:	Coliformes Totales:		0	0
2:50 PM	Coliformes Fecales:	5		

ANALISIS FISICO - QUIMIC		Fecha: 14/03/2005	Hora: 4:30 PM
Temperatura 18-20 C:	23	Nitrato 50**mg/L:	
Turbidez 5NTU*:	3	Nitrato 0.1 ó 3.0**mg/L:	
Conductividad 400 S/cm:	295	Cloro residual 0.5-1.0 mg/L:	
Color <15 UC:	40	Cloro Total > 1.0 mg/L:	
PH 6.5 - 8.5:	9.1	Fluoruro 0.7-1.5 mg/L:	0.65
Sólidos total D 1000mg/L:	147	Sulfato < 250 mg/L:	2
Alcalinidad Total 400mg/L:	72.94	Sulfuro mg/L:	
Cianuro 0.07 mg/L:		Dureza < 400 mg/L:	64.13
Manganeso 0.50 mg/L:		Hierro Total < 0.3 mg/L:	0.10
Aluminio 0.20 mg/L:		Nitro. Amoniacal < 0.5**mg/L:	
Ortofosfatos mg/L:			

OBSERVACIONES

Análisis Bacteriológico: Revela contaminación de Coliformes Totales es necesario realizar desinfección de agua previo consumo humano. Análisis Físico: Color fuera de la norma.
 Análisis Químico: Fluoruro por debajo de la norma.



LABORATORIO REGIONAL DE ANALISIS DE AGUA
HOJA DE RESULTADOS DE MUESTRA DE AGUA
S A N A A

Análisis No: 781 Barrio El Triángulo, La Entrada Copan Tel.: 682
 Recolector de Muestra: MARIO MEJIA Nombre de Fuente: QUEBRADA CAMARONIA
 Agencia: SANAA Comunidad: VALLE MARIA
 Hora de Recolección: 10:55 AM Municipio: SAN JERONIMO
 Fecha de Recolección: 4/03/2005 Departamento: COPAN

Fuente (Pozo, Nec., Quebr., ó Rio) Agua (Cruda, Clar., ó T. Planta): Sitio de muestreo:
 NACHILINTO CRUDA FUENTE

ANALISIS BACTEREOLÓGIC		ml Filtrados	Colonias Contadas:	Contaminación 100 r
Fecha:	Bacterias:			
14/03/2005			61110	12262
Hora:	Coliformes Totales:		40	960
2:40 PM	Coliformes Fecales:	5		

ANALISIS FISICO - QUIMIC		Fecha: 14/03/2005	Hora: 1:00 PM
Temperatura 18-20 C:	24	Nitrato 50**mg/L:	
Turbidez 5NTU*:	2	Nitrato 0.1 ó 3.0**mg/L:	
Conductividad 400 S/cm:	84.20	Cloro residual 0.5-1.0 mg/L:	
Color <15 UC:	14	Cloro Total > 1.0 mg/L:	
PH 6.5 - 8.5:	7.5	Fluoruro 0.7-1.5 mg/L:	0.63
Sólidos total D 1000mg/L:	47	Sulfato < 250 mg/L:	0
Alcalinidad Total 400mg/L:	67.73	Sulfuro mg/L:	
Cianuro 0.07 mg/L:		Dureza < 400 mg/L:	81.62
Manganeso 0.50 mg/L:		Hierro Total < 0.3 mg/L:	0.03
Aluminio 0.20 mg/L:		Nitro. Amoniacal < 0.5**mg/L:	
Ortofosfatos mg/L:			

OBSERVACIONES

Análisis Bacteriológico: Revela contaminación de Coliformes Totales y fecales es necesario realizar desinfección de agua previo consumo humano. Análisis Físico: Dentro de la norma.
 Análisis Químico: Fluoruro por debajo de la norma.



LABORATORIO REGIONAL DE ANALISIS DE AGUA
HOJA DE RESULTADOS DE MUESTRA DE AGUA

S A N A A

Analisis No: 780 Barrio El Triangulo, La Entrada Copan Tel.: 661-
 Recolector de Muestra: MARIO MEJIA Nombre de Fuente: QUEBRADA CANGREJERA
 Agencia: SANAA Comunidad: EL ROSARIO Y AGUA SARCA
 Hora de Recoleccion: 10:25 AM Municipio: SAN JERONIMO
 Fecha de Recoleccion: 14/03/2005 Departamento: COPAN
 Fuente (Pozo, Nac., Quebr., ó Rio) Agua (Cruda, Clar., ó T. Planta): Sitio de muestreo:
 NACIMIENTO CRUDA FUENTE

ANALISIS BACTERIOLOGICO		ml Filtrados	Colonias Contadas:	Contaminacion 100 ml
Fecha:	Bacterias:			
14/03/2005	5		77.90	14.658
Hora:	Coliformes Totales:			
2:30 PM	Coliformes Fecales:		2	40

ANALISIS FISICO - QUIMICO	Fecha: 14/03/2005	Hora: 3:30 PM	
Temperatura 15-30 C:	23	Nitrato 50**mg/L:	
Turbidez SNTU*:	6	Nitrito 0.1 ó 3.0**mg/L:	
Conductividad 400 S/cm:	91.70	Cloro residual 0.5-1.0 mg/L:	
Color <15 UC:	15	Cloro Total > 1.0 mg/L:	
PH 6.5 - 8.5:	7.6	Fluoruro 0.7-1.5 mg/L:	0.80
Solidos total D 1000mg/L:	45.90	Sulfato < 250 mg/L:	0
Alcalinidad Total 400mg/L:	70.85	Sulfuro mg/L:	
Cianuro 0.07 mg/L:		Dureza < 400 mg/L:	60.63
Manganeso 0.50 mg/L:		Hierro Total < 0.3 mg/L:	0.02
Aluminio 0.20 mg/L:		Nitro. Amomiacal < 0.5**mg/L:	
Ortofosfatos mg/L:			

OBSERVACIONES

Analisis Bacteriologico: Revista contaminación de Coliformes Totales y Fecales es necesario realizar desinfección de agua previo consumo humano. Analisis Fisico: Turbidez de la norma. Analisis Quimico: Parametros analizados dentro de la norma de calidad de agua.



LABORATORIO REGIONAL DE ANALISIS DE AGUA
HOJA DE RESULTADOS DE MUESTRA DE AGUA

S A N A A

Analisis No: 779 Barrio El Triangulo, La Entrada Copan Tel.: 661-
 Recolector de Muestra: MARIO MEJIA Nombre de Fuente: QUEBRADA CANGREJERA
 Agencia: SANAA Comunidad: TILERRA IZANCA
 Hora de Recoleccion: 10:00 AM Municipio: SAN JERONIMO
 Fecha de Recoleccion: 14/03/2005 Departamento: COPAN
 Fuente (Pozo, Nac., Quebr., ó Rio) Agua (Cruda, Clar., ó T. Planta): Sitio de muestreo:
 NACIMIENTO CRUDA FUENTE

ANALISIS BACTERIOLOGICO		ml Filtrados	Colonias Contadas:	Contaminacion 100 ml
Fecha:	Bacterias:			
14/03/2005	5		70.00	1.570
Hora:	Coliformes Totales:			
2:30 PM	Coliformes Fecales:		2	40

ANALISIS FISICO - QUIMICO	Fecha: 14/03/2005	Hora: 3:00 PM	
Temperatura 15-30 C:	24	Nitrato 50**mg/L:	
Turbidez SNTU*:	5	Nitrito 0.1 ó 3.0**mg/L:	
Conductividad 400 S/cm:	84.90	Cloro residual 0.5-1.0 mg/L:	
Color <15 UC:	22	Cloro Total > 1.0 mg/L:	
PH 6.5 - 8.5:	7.5	Fluoruro 0.7-1.5 mg/L:	0.10
Solidos total D 1000mg/L:	42.10	Sulfato < 250 mg/L:	1
Alcalinidad Total 400mg/L:	115.00	Sulfuro mg/L:	
Cianuro 0.07 mg/L:		Dureza < 400 mg/L:	47.00
Manganeso 0.50 mg/L:		Hierro Total < 0.3 mg/L:	0.06
Aluminio 0.20 mg/L:		Nitro. Amomiacal < 0.5**mg/L:	
Ortofosfatos mg/L:			

OBSERVACIONES

Analisis Bacteriologico: Revista contaminación de Coliformes Totales y Fecales es necesario realizar desinfección de agua previo consumo humano. Analisis Fisico: Color de la norma. Analisis Quimico: Fluoruro por debajo de la norma de calidad de agua.



