

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

**ESCUELA DE POSGRADO**

**Componentes de la gestión del agua para consumo humano  
en el Municipio de Valle de Ángeles, Honduras**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, 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:

*Magister Scientiae* en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas

Por

Gabriel Sosa Pérez

Turrialba, Costa Rica, 2007

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 aprobado por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

***Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas***

**FIRMANTES:**

Francisco Jiménez, Dr. Sc.  
**Consejero Principal**

Jorge Faustino, Ph.D.  
**Miembro Comité Asesor**

Cornelis Prins, M. Sc.  
**Miembro Comité Asesor**

Yamileth Astorga, M.Sc  
**Miembro Comité Asesor**

José Manuel González, M. Sc  
**Miembro Comité Asesor**

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

Gabriel Sosa Pérez  
**Candidato**

## **DEDICATORIA**

*A mi mejor amiga y compañera en la vida: mi esposa*

## AGRADECIMIENTOS

? Al Programa Internacional de Becas de la Fundación Ford y en especial al personal encargado en México, por el apoyo recibido para la realización de la maestría.

? Al Dr. Francisco Jiménez, asesor principal que en todo momento supo orientarme durante el desarrollo de la maestría y a mis profesores miembros del comité asesor, Ph.D. Jorge Faustino, M.Sc. Cornelis Prins, M.Sc Yamileth Astorga, y M.Sc. José Manuel González, de quienes obtuve apoyo y sugerencias para la tesis, al igual que valiosos conocimientos de sus áreas de estudio.

? Al Dr. Fernando Casanoves, por su asesoría en la parte estadística de la investigación.

? Agradezco el apoyo brindado en la fase de campo al personal del proyecto FOCUENCAS II en Valle de Ángeles; José Manuel González, Hans Kammerbauer, Reina Castro y Gladis Salgado. También a mis compañeros de trabajo: Edwin Espinal, Argelia Rascón y Katie Long.

? Al personal de la Alcaldía de Valle de Ángeles, agricultores y miembros de juntas de agua que participaron en el desarrollo del trabajo, por su disposición y voluntad para trabajar.

? A todos mis compañeros de promoción, por la amistad y experiencias compartidas.

? A mis padres, por su confianza y esfuerzo constante.

Sobre todo agradezco a Dios por darme la oportunidad y bendición para obtener un logro más en la vida.

# CONTENIDO

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
CONTENIDO .....	V
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT.....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XI
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS .....	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación e importancia .....	2
1.2 Objetivos del estudio .....	4
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	4
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.3 Preguntas de investigación.....	5
2. MARCO DE REFERENCIA.....	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Manejo integrado de cuencas hidrográficas .....	8
2.2.1 <i>La cuenca hidrográfica como sistema</i> .....	8
2.2.2 <i>Gestión del agua al nivel de cuencas hidrográficas</i> .....	9
2.2.3 <i>La cogestión de cuencas hidrográficas</i> .....	10
2.2.4 <i>Importancia del agua en el monitoreo y evaluación del manejo integrado de cuencas hidrográficas</i> .....	11
2.3 Los sistemas de producción y su influencia en el recurso hídrico .....	13
2.3.1 <i>Los bosques y el recurso hídrico</i> .....	14
2.3.2 <i>La agricultura y el recurso hídrico</i> .....	17
2.3.3 <i>La ganadería y el recurso hídrico</i> .....	20
2.4 Calidad de agua para consumo humano .....	21
2.4.1 <i>Criterios de calidad del agua</i> .....	22
2.4.2 <i>Monitoreo de calidad de agua</i> .....	29
2.5 Oferta y demanda del recurso hídrico para consumo humano .....	31
2.5.1 <i>Determinación de la demanda</i> .....	32
2.5.2 <i>Monitoreo de la cantidad de agua</i> .....	33
2.6 Gestión integrada del recurso hídrico.....	35
2.6.1 <i>La gobernabilidad e institucionalidad en la gestión del recurso hídrico</i> .....	36
2.6.2 <i>Las juntas de agua en Honduras</i> .....	39
3. METODOLOGÍA .....	41
3.1 Localización del área de estudio .....	41
3.1.1 <i>Características biofísicas</i> .....	42
3.1.2 <i>Características socioeconómicas</i> .....	43
3.2 Proceso metodológico .....	44
3.2.1 <i>Primer objetivo: caracterización de los acueductos y análisis de los sistemas de producción</i> .....	44
3.2.2 <i>Segundo objetivo: monitoreo de cantidad y calidad de agua e índices de salud</i> .....	47

3.2.3	<i>Tercer objetivo: análisis de la oferta y demanda en dos acueductos vulnerables a la deficiencia de agua</i> .....	53
3.2.4	<i>Cuarto objetivo: fortalecimiento de la gestión por actores locales</i> .....	54
4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	56
4.1	Caracterización general de los acueductos .....	56
4.2	Análisis de los sistemas de producción en relación al manejo de la cuenca y protección del agua .....	63
4.2.1	<i>Prácticas de agricultura conservacionista</i> .....	64
4.2.2	<i>Prácticas de ganadería conservacionista</i> .....	68
4.2.3	<i>Prácticas de producción y conservación forestal</i> .....	69
4.2.4	<i>Prácticas de manejo y protección del agua</i> .....	71
4.3	Análisis de calidad del agua .....	74
4.3.1	<i>Parámetros físicos</i> .....	77
4.3.2	<i>Parámetros químicos</i> .....	82
4.3.3	<i>Parámetros bacteriológicos</i> .....	92
4.4	Frecuencia de enfermedades de origen hídrico .....	94
4.5	Análisis de cantidad de agua .....	98
4.6	Análisis de la oferta y demanda de agua en los acueductos de Chiquistepe y Chagüitillo, Sauce y Cañadas .....	102
4.7	Organización y avance en la gestión de recursos hídricos en el municipio de Valle de Ángeles.....	105
4.7.1	<i>Situación actual de las juntas de agua</i> .....	105
4.7.1.1	Organización social en torno al agua .....	107
4.7.1.2	Identificación de problemas y estrategias para soluciones locales .....	110
4.7.2	<i>Situación actual de la municipalidad</i> .....	114
4.7.2.1	Unidad Municipal Ambiental .....	117
4.8	Estrategias de protección del recurso hídrico aplicadas en Valle de Ángeles....	118
4.8.1	<i>Declaración de la zona de protección para la recarga hídrica</i> .....	119
4.8.2	<i>Diversificación de fincas</i> .....	121
4.8.3	<i>Contratos vinculantes</i> .....	123
5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	125
5.1	Conclusiones.....	125
5.2	Recomendaciones .....	128
6.	<b>LITERATURA CITADA</b> .....	130
7.	<b>ANEXOS</b> .....	137

**Sosa Pérez, G** 2007. Componentes de la gestión del agua para consumo humano en el Municipio de Valle de Ángeles, Honduras. Thesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, CR. 161 p.

**Palabras clave:** gestión del agua, análisis de sistemas productivos, calidad del agua, oferta de agua, demanda de agua, aforo de caudales, acueductos.

## RESUMEN

Con el fin de fortalecer la gestión por actores locales en la capacidad de acción y toma de decisiones para la protección, operación y administración de los acueductos del municipio de Valle de Ángeles en Honduras, se analizó la cantidad y calidad del agua para consumo humano en relación con el uso del suelo y los sistemas productivos en las épocas seca y lluviosa del 2007 para 21 acueductos, además, se caracterizaron los acueductos y se analizó el cumplimiento de prácticas de manejo y conservación del agua en los sistemas productivos. Los parámetros de calidad analizados fueron temperatura, turbiedad, pH, fosfatos, nitratos, sólidos suspendidos, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), coliformes totales y fecales. Se analizó la varianza para determinar el efecto de la época y el año, utilizando datos del 2006 y 2007, y los resultados fueron comparados con la norma de calidad de agua potable de Honduras. Hubo diferencias significativas entre años y no hubo una relación entre el uso del suelo y los niveles de turbidez, fosfatos y nitratos, sin embargo, la temperatura y sólidos totales disueltos fueron influenciados positivamente por la cobertura vegetal, mientras que los coliformes totales fueron más altos en fuentes desprotegidas. La época influyó en la mayoría de los parámetros, a excepción del pH, sólidos totales disueltos, DBO<sub>5</sub> y DQO, estos dos últimos tampoco mostraron diferencias entre acueductos. Los parámetros de turbidez, pH, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto y coliformes totales, resultaron fuera del rango recomendado por la norma de calidad de agua. También hubo relación directa entre el incremento de la precipitación y el aumento de enfermedades, siendo el parasitismo intestinal, la dermatitis alérgica y las diarreas las más frecuentes. Cuatro acueductos resultaron con la demanda mayor a la oferta y el problema radica en la escasez de agua en las fuentes, pérdidas en la conducción o inadecuada distribución. En general la municipalidad y las juntas de agua requieren fortalecimiento en la administración para una mejor gestión de los recursos hídricos.

**Sosa Pérez, G.** 2007. Components of water management for human consumption in the Municipality of Valle de Angeles, Honduras. Thesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, CR. 161 p.

**Key words:** water management, analysis of productive systems, water quality, water offer, water demand, water flow, aqueducts.

## **ABSTRACT**

With the purpose of strengthening the management for local actors with respect to the action capacity and decision making for the protection, operation and administration of aqueducts in the Municipality of Valle de Angeles in Honduras, the quantity and quality of water for human consumption in relation to the current land use and the productive systems were analyzed during the dry and rainy seasons in the year 2007 in 21 aqueducts. The aqueducts were characterized and the execution of water management and conservation practices in the productive systems were analyzed. The analyzed quality parameters were temperature, turbidity, pH, phosphates, nitrates, suspended solids, dissolved total solids, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) and chemical oxygen demand (COD), total coliforms and fecal coliforms. The variance was analyzed to determine the effect of the seasons and the year, using data from 2006 and 2007 respectively. The results were compared with the water quality standards in Honduras. As a result, there were significant differences between both years, and there were no relationships between current land use and the turbidity levels, phosphates and nitrates. However, temperature and dissolved total solids were influenced positively by vegetable cover, while the total coliforms was higher in unprotected water resources. The seasons influenced in most of the parameters, excepting pH levels, dissolved total solids, BOD<sub>5</sub> and COD. These two parameters showed no differences among all the aqueducts. Turbidity parameters, pH, suspended solids, dissolved oxygen and total coliforms resulted out of the recommended range established by water quality standards. There was a direct relationship between precipitation increment and disease increment, being intestinal parasitism, allergic dermatitis and diarrheas the most frequent. Four aqueducts resulted in demand higher than offer. This problem is due to water shortages in the resources, losses during the conduction or inadequate distribution. In general, the municipality and water management committees require administrative support for a more advantageous management of these water resources.

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Problemas de calidad del agua relacionados con la agricultura, principales fuentes/causas y variables de medición común.....	19
Cuadro 2. Modelo de etapas de análisis de calidad de agua en Honduras.....	24
Cuadro 3. Valores guía para los análisis de calidad de agua en Honduras .....	25
Cuadro 4. Acueductos de Valle de Ángeles administrados por la Alcaldía Municipal.....	59
Cuadro 5. Cobertura del servicio de agua potable del sistema municipal.....	60
Cuadro 6. Acueductos de Valle de Ángeles administrados por juntas de agua.....	61
Cuadro 7. Cobertura vegetal y uso del suelo en las fuentes de agua potable de Valle de Ángeles .....	62
Cuadro 8. Categorías de uso actual del suelo en el municipio de Valle de Ángeles .....	63
Cuadro 9. Análisis de varianza de los resultados de calidad de agua en las épocas seca y lluviosa del 2007, para los acueductos del municipio de Valle de Ángeles .....	75
Cuadro 10. Análisis de varianza de los resultados de calidad de agua en los años 2006 y 2007 para los acueductos del municipio de Valle de Ángeles .....	76
Cuadro 11. Relación entre la ubicación de las fuentes y la temperatura del agua en ocho acueductos de Valle de Ángeles. ....	79
Cuadro 12. Acueductos de Valle de Ángeles con resultados superiores al límite recomendado de turbidez.....	81
Cuadro 13. Acueductos de Valle de Ángeles con resultados inferiores al rango recomendado de pH.....	82
Cuadro 14. Acueductos de Valle de Ángeles con resultados superiores al límite recomendado para fosfatos .....	86
Cuadro 15. Acueductos de Valle de Ángeles con resultados superiores al límite recomendado para sólidos suspendidos .....	88
Cuadro 16. Acueductos de Valle de Ángeles con resultados fuera del rango recomendado para oxígeno disuelto .....	90
Cuadro 17. Promedio de resultados de coliformes totales para el año 2007 en los acueductos de Valle de Ángeles .....	93
Cuadro 18. Número de enfermos por localidad en los centros de salud de Valle de Ángeles .....	95
Cuadro 19. Resultados de aforo en las fuentes de agua de los acueductos de Valle de Ángeles en el año 2007 .....	99
Cuadro 20. Análisis FODA en las juntas administradoras de agua potable de Valle de Ángeles .....	110

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del Municipio de Valle de Ángeles, Honduras. ....	41
Figura 2. Mapa de ubicación de las obras de captación de agua potable en Valle de Ángeles, Honduras. ....	57
Figura 3. Mapa de ubicación de los tanques de almacenamiento de agua potable en Valle de Ángeles, Honduras. ....	58
Figura 4. Nivel de cumplimiento de las prácticas de agricultura conservacionista en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles. ....	65
Figura 5. Nivel de cumplimiento de las prácticas de ganadería conservacionista en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles. ....	68
Figura 6. Nivel de cumplimiento de las prácticas de producción y conservación forestal en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles. ....	70
Figura 7. Nivel de cumplimiento de las prácticas de manejo y protección del agua en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles. ....	72
Figura 8. Porcentaje total de enfermos por tipo de enfermedad en Valle de Ángeles, Honduras. ....	96
Figura 9. Distribución de la precipitación y frecuencia de enfermedades en Valle de Ángeles, Honduras. ....	97
Figura 10. Acueductos con deficiencia de agua según la demanda de la población para el periodo seco del año 2007 en Valle de Ángeles, Honduras. ....	101
Figura 11. Relación en porcentaje entre la cantidad de agua y el número de habitantes en el acueducto de Chagüitillo, Sauce y Cañadas. ....	103
Figura 12. Diagrama de Venn de la organización social en torno al agua en las comunidades de Chagüitillo, Sauce y Cañadas. ....	107
Figura 13. Diagrama de Venn de la organización social en torno al agua en la comunidad de Chiquistepe. ....	109
Figura 14. Esquema de niveles manejado por la AHJASA para alcanzar la visión de contar con un servicio de agua eficiente, sostenible y de buena calidad. ....	114

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Guía utilizada para el análisis de los sistemas de producción en Valle de Ángeles, Honduras. ....	138
Anexo 2. Encuesta aplicada a los abonados de los acueductos de Chiquistepe y Chagüitillo, Sauce y Cañadas en Valle de Ángeles. ....	142
Anexo 3. Coordenadas de ubicación de las obras de captación de agua potable en Valle de Ángeles, Honduras. ....	143
Anexo 4. Coordenadas de ubicación de los tanques de almacenamiento de agua potable en Valle de Ángeles, Honduras. ....	144
Anexo 5. Resultados del análisis de calidad de agua en los acueductos del Municipio de Valle de Ángeles en las épocas seca y lluviosa para los años 2006 y 2007. .	145
Anexo 6. Promedio de resultados de calidad de agua por parámetro en 21 acueductos del municipio de Valle de Ángeles para las épocas seca y lluviosa de los años 2006 y 2007. ....	156
Anexo 7. Análisis de correlación de Pearson para 12 variables de calidad de agua en el municipio de Valle de Ángeles. ....	157
Anexo 8. Resultados del análisis para metales pesados en el acueducto El Guayabo. ....	158
Anexo 9. Fecha y hora del muestreo de cantidad de agua en las fuentes de los acueductos de Valle de Ángeles para las épocas seca y lluviosa del año 2007. .	159
Anexo 10. Resultados de cantidad de agua en los acueductos de Valle de Ángeles para las épocas seca y lluviosa de los años 2006 y 2007. ....	160
Anexo 11. Mapa de elevaciones con el polígono propuesto para la protección para la recarga hídrica de algunas fuentes de agua en el Municipio de Valle de Ángeles. ....	161

## LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

<b>AFE-COHDEFOR</b>	Administración Forestal del Estado-Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal
<b>AMITIGRA</b>	Fundación Amigos de la Tigra
<b>ANAVA</b>	Análisis de Varianza
<b>ASDI</b>	Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional
<b>CATIE</b>	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
<b>CENCART</b>	Centro de Capacitación Artesanal
<b>CESAMO</b>	Centro de Salud Médico Odontológico
<b>CESCCO</b>	Centro de Estudios y Control de Contaminantes
<b>CEVS</b>	Comisión Ejecutiva del Valle de Sula
<b>C. Tot.</b>	Coliformes Totales
<b>C. Ter.</b>	Coliformes Termotolerantes
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno analizada a los cinco días
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>FHIA</b>	Fundación Hondureña de Investigación Agrícola
<b>FHIS</b>	Fondo Hondureño de Inversión Social
<b>FOCUENCAS</b>	Programa Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestión Adaptativa de Cuencas
<b>GIRH</b>	Gestión Integrada de Recursos hídricos
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadísticas
<b>INFOP</b>	Instituto Nacional de Formación Profesional
<b>MINSA</b>	Ministerio de Salud
<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitratos
<b>NTU</b>	Unidades Nefelométricas de Turbidez
<b>OD</b>	Oxígeno Disuelto
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>o-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup></b>	Ortofosfatos
<b>SANAA</b>	Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados
<b>SERNA</b>	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente
<b>S.Susp.</b>	Sólidos Suspendidos

<b>S.T.Dis.</b>	Sólidos Totales Disueltos
<b>T°</b>	Temperatura
<b>Turbd</b>	Turbidez
<b>UFC</b>	Unidades Formadoras de Colonias
<b>UMA</b>	Unidad Municipal Ambiental

# 1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los ocho objetivos de Desarrollo del Milenio, descritos por United Nations (2005), uno de ellos hace referencia a “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”, relacionado con el agua potable y el saneamiento y que plantea las siguientes metas para el 2015: reducir a la mitad el porcentaje de personas que carezcan de acceso al agua potable y reducir a la mitad el porcentaje de personas que carezcan de acceso al saneamiento.

Dado que esta expansión de la cobertura de servicios de agua significa que se aumentará el uso del agua y la descarga de aguas servidas, debe lograrse una mejor gestión de recursos hídricos y de cuencas, así como una mejora en la prestación de los servicios.

En el caso de Centroamérica, como mencionan Ballestero *et al.* (2005), esta expansión de servicios también se debe al proceso de cambio que se viene presentando, de ser una sociedad masivamente rural, para transformarse en una sociedad crecientemente urbana, condicionando el diseño de todas las políticas de desarrollo, tanto en el área agrícola como en los temas ambientales, particularmente en lo relacionado con el aprovechamiento sostenible del agua.

Otro fenómeno relevante para el manejo de los recursos hídricos consiste en los desequilibrios entre oferta y demanda. La población y la producción tienden a concentrarse de manera muy desequilibrada en las áreas metropolitanas, además, la oferta natural de agua se encuentra distribuida en forma irregular, tanto en el espacio como en el tiempo, afectando su disponibilidad (Ballestero *et al.* 2005).

Por otra parte, el sobrepastoreo, la intensificación de la agricultura, el uso de tecnologías agrícolas inadecuadas, el uso de sistemas orientados a maximizar la producción a corto plazo, han reducido la disponibilidad de agua como efecto de la alteración del ciclo hidrológico, de la contaminación hídrica y de su creciente demanda. Esta situación provoca una fuerte competencia y conflicto de uso por este recurso (Ballestero *et al.* 2005).

Ante esta situación y dentro del esfuerzo nacional e internacional para el manejo de cuencas hidrográficas en la región, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

(CATIE), con el apoyo de instituciones nacionales, municipios y varias organizaciones locales, implementa en la microcuenca del río La Soledad y del Municipio de Valle de Ángeles, Honduras, el Programa Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestión Adaptativa de Cuencas (FOCUENCAS II), con lo que se pretende contribuir a la necesidad que tienen los países de la región de contar con metodologías, herramientas e instrumentos para el manejo de cuencas, que contribuyan a resolver la problemática del desarrollo rural unido a la degradación de los recursos naturales, especialmente el agua (Jiménez *et al.* 2006).

Por lo tanto resulta importante monitorear el manejo de cuencas para calificar y cuantificar el resultado de las intervenciones, así como medir los efectos e impactos de las actividades que se realizan en las mismas, de tal forma que se obtenga información para sustentar la toma de decisiones sobre el propio manejo y gestión.

En este sentido, con la presente investigación se pretende analizar la calidad y cantidad de agua para consumo humano, y el impacto e influencia de los sistemas productivos en las zonas de recarga y captación de las fuentes de agua del Municipio de Valle de Ángeles, esto con el fin de proponer estrategias y acciones concertadas con los actores locales que aseguren la disponibilidad de agua en las comunidades, así como fortalecer y dar seguimiento a los procesos de gestión en desarrollo impulsados por los actores locales y externos dentro del municipio.

## **1.1 Justificación e importancia**

La dinámica del uso de la tierra en la microcuenca La Soledad y en general en el Municipio de Valle de Ángeles, ha generado procesos de usos en zonas inapropiadas, considerando que la vocación de la microcuenca es forestal. La microcuenca tiene más del 43% de su territorio en situación de área protegida por el Parque Nacional La Tigra, pero tanto en su zona de amortiguamiento como en áreas contiguas a la zona núcleo, se desarrollan cultivos anuales e intensivos, sin prácticas de conservación de suelos y agua (FOCUENCAS II 2005).

Los métodos de producción agrícola y la sobreutilización de la tierra se articula a los problemas de erosión, deslizamientos de tierras, empobrecimiento del suelo, baja producción y efectos sobre la calidad y cantidad de agua, provocando limitaciones para su acceso a

comunidades que actualmente carecen de fuentes formales de abastecimiento (FOCUENCAS 2001).

En el casco urbano de Valle de Ángeles gran parte de la población se dedica a actividades turísticas y de comercio, incrementando notablemente la afluencia de turistas los fines de semana, razón por lo cual es de mucha importancia garantizar la disponibilidad de agua en calidad, así como favorecer las condiciones necesarias para mantener la oferta actual de las fuentes. Para esto es fundamental la protección de las zonas de captación y recarga, especialmente en donde el uso del suelo no sea el apropiado. El tema cobra mayor importancia si consideramos que la microcuenca genera agua para consumo humano de alrededor de 15000 habitantes en el municipio y además aprovechan cierta cantidad los municipios de San Juan de Flores, Santa Lucía y la ciudad de Tegucigalpa.

En el municipio y en particular en la microcuenca se han hecho estudios recientes relacionadas con el recurso hídrico, considerando además de la calidad y disponibilidad, aspectos de gestión en la protección y aprovechamiento. Los resultados muestran la vulnerabilidad de la microcuenca a la escasez de agua en la época seca, además del riesgo de contaminación en algunas zonas por el uso actual del suelo y una deficiencia del suministro en algunas comunidades donde la demanda es cada vez mayor. Por tal razón, es importante seguir generando información para cuantificar y calificar los cambios, obtener bases de tal forma que los resultados obtenidos se encuentren realmente respaldados por una serie de evaluaciones a diferentes años, y sobre todo para sustentar la toma de decisiones que impulsan estrategias y acciones para disminuir el deterioro de los recursos naturales del municipio.

## **1.2 Objetivos del estudio**

### ***1.2.1 Objetivo general***

Analizar la cantidad y calidad del agua para consumo humano en relación con el uso del suelo y los sistemas productivos con influencia en las zonas de captación y recarga, proponiendo estrategias y acciones que favorezcan la disponibilidad y mejoren la calidad del agua en el municipio.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

- 1) Caracterizar los sistemas de agua potable del municipio y analizar los sistemas de producción cercanos a algunas fuentes de agua y su posible influencia en la calidad.
- 2) Monitorear la cantidad y calidad del agua de consumo humano en 21 sistemas de abastecimiento, considerando la operación del sistema y los posibles efectos de la calidad en los índices de salud, en conjunto con las juntas administradoras de agua, la Alcaldía Municipal, el Consejo de la Cuenca y el Ministerio de Salud.
- 3) Analizar la oferta y demanda de agua en dos acueductos del municipio que han sido identificados como más vulnerables a la deficiencia y establecer planes de acción participativos en la gestión del recurso.
- 4) Fortalecer las estrategias y acciones de gestión impulsadas por los actores locales para el abastecimiento de agua y protección de las fuentes, partiendo de los procesos de gobernanza e institucionalidad en desarrollo.

### **1.3 Preguntas de investigación**

#### **Primer objetivo:**

- 1:** ¿Cómo es la operación y el funcionamiento de los acueductos del municipio y cuál es el estado de protección de las fuentes de agua?
- 2:** ¿El manejo de las zonas aledañas y de recarga aparente de las nacientes y fuentes de agua corresponden a los enfoques y criterios de manejo de cuencas?
- 3:** ¿Cuál es el posible impacto de las actividades realizadas en los sistemas de producción sobre las fuentes de agua y su calidad para consumo humano?

#### **Segundo objetivo:**

- 1:** ¿Cuál es la calidad del agua y su relación con los índices de salud en los distintos acueductos, así como de manera integral en el municipio de Valle de Ángeles?
- 2:** ¿Cuál es la cantidad de agua disponible en las tomas de los acueductos que abastecen a las comunidades del municipio de Valle de Ángeles?

#### **Tercer objetivo:**

- 1:** ¿Cuál es la oferta y demanda real de agua por las comunidades que se han identificado con mayor vulnerabilidad a la escasez y cómo implementar planes de acción participativos para mejorar la gestión del recurso en estas comunidades?

#### **Cuarto objetivo:**

- 1:** ¿Cuál es el nivel de avance y organización en términos de institucionalidad y gobernabilidad en las poblaciones abastecidas por los acueductos administrados por las juntas administradoras de agua y la alcaldía municipal?
- 2:** ¿Qué se requiere para mantener el fortalecimiento en la gestión, administración y manejo de los acueductos por actores locales en el municipio?
- 3:** ¿Cuáles son las acciones prioritarias a realizar o fortalecer para proteger las zonas de captación y recarga hídrica, quién, cómo y cuándo se deben implementar?

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1 Antecedentes**

La microcuenca del río La Soledad en el Municipio de Valle de Ángeles es una cuenca laboratorio del Programa FOCUENCAS II del CATIE, que tiene como objetivo general crear modelos de cogestión adaptativa y sostenible de cuencas, aplicables a condiciones biofísicas, socioeconómicas e institucionales representativas de América Central. La microcuenca, es una cuenca piloto del Programa, para lo cual se desarrolla un modelo y un plan de cogestión. “Las cuencas modelo se han consolidado como sitios para el diseño, validación, aprendizaje y demostración de estrategias, metodologías y herramientas para la cogestión adaptativa de cuencas” (FOCUENCAS II 2005).

Así también, se ha venido dando una creciente organización y fortalecimiento de las juntas de agua internamente y vía una federación de juntas de agua, apoyada por la fundación AMITIGRA y el mismo programa FOCUENCAS II que están relacionados con el manejo del agua (CATIE 2004). La presente investigación por lo tanto, se basa en estos procesos en desarrollo, tomando en cuenta los proyectos en marcha y teniendo en cuenta la necesidad del acompañamiento y fortalecimiento de los actores locales, como las juntas de agua y la Alcaldía Municipal, encargadas de la planificación, realización y gestión de proyectos de abastecimiento de agua en estas comunidades, donde no hay el servicio ofrecido por el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA); por ello los residentes locales se ven directamente involucrados en la gestión para el funcionamiento de los acueductos y por lo tanto, del propio manejo de la microcuenca.

En el plan de cogestión para la microcuenca se han definido tres ejes de trabajo para los próximos 15 años, dentro de los cuales, uno está directamente relacionado con el recurso hídrico y el bosque (CATIE 2006). En dicho eje se definieron una serie de proyectos de interés para la comunidad que van dirigidos a la protección del recurso natural local, principalmente para garantizar el agua a la generación presente y futura. Se proponen alternativas de aprovechamiento de los recursos naturales utilizando diferentes sistemas de producción agroforestal y agrosilvopastoril. La delimitación política del municipio para resolver conflictos por el agua con otros municipios, delimitación y protección de zonas de recarga, declaratoria

de una zona de recarga concentrada con varias fuentes en un mismo transecto que amerita un tratamiento especial por la legislación local y nacional debido a su enorme relevancia para el abastecimiento de agua.

En cuanto a la investigación relacionada con los recursos hídricos se han elaborado algunos trabajos como por ejemplo Rivera (2002), que en un estudio de vulnerabilidad global en la microcuenca, determinó que existe escasez de agua durante el periodo seco (diciembre a abril), debido a la deforestación provocada por conflictos de uso en el extremo norte de la cuenca, principalmente en las fuentes de El Suizo, San Francisco y Las Martitas. En relación a la calidad de agua, Cardona (2003) realizó un análisis y riesgo de contaminación donde encontró que el uso actual del suelo posee una participación notable sobre la calidad del agua, evidenciado por concentraciones de plaguicidas organoclorados en las muestras de agua. Estos resultados muestran un proceso gradual de deterioro de la calidad del agua, acorde a las actividades antrópicas realizadas, tal que un marginamiento social en el acceso al agua para consumo está ocurriendo y no por limitaciones en la cantidad, sino por alteración de la calidad del agua.

Recientemente, Reyes (2006) realizó un análisis del estado de las fuentes de agua para consumo humano, incluyendo además de la calidad, la cantidad disponible para los acueductos del municipio. Los resultados muestran que los acueductos de La Esperanza, Cerro Grande y Chagüitillo, Sauce y Cañadas tienen una demanda mayor a la oferta actual de agua y que cinco de los 22 sistemas evaluados presentarán deficiencia en el suministro de agua en un plazo de cinco años, que son además de los anteriores, Chiquistepe y El Cantón. Menciona también que para un plazo de 10 años, serán un total de siete de los 22 acueductos y nueve para 20 años en que la demanda será mayor que la oferta.

En relación a la gestión de los recursos hídricos, Espinal (2005) realizó un trabajo de análisis de institucionalidad y gobernabilidad para el manejo de los recursos naturales en la microcuenca, encontrando una limitada sinergia entre las instituciones presentes, lo que ha frenado un desarrollo integral y ordenado de los esfuerzos que las mismas ejecutan, pudiéndose adecuar de manera conjunta con el propósito de optimizar y viabilizar el manejo sostenible de los recursos naturales. Esto lo relacionó en gran parte a la ausencia de

mecanismos e instancias de coordinación y conciliación que permitan el involucramiento y participación de los diferentes actores locales.

Actualmente se está trabajando en el desarrollo de una mejor coordinación interinstitucional y de gestión por actores locales de acuerdo al trabajo de investigación realizado por Angulo (2006), en el que se identifican elementos clave que sirvan para la elaboración de un marco político institucional municipal, de manera tal que contribuyan a fortalecer la gobernabilidad e institucionalidad en el recurso hídrico.

## **2.2 Manejo integrado de cuencas hidrográficas**

El manejo integrado de cuencas hidrográficas es un proceso iterativo de decisiones sobre los usos y las modificaciones a los recursos naturales dentro de una cuenca. Este proceso provee la oportunidad de hacer un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que estos tienen en el largo plazo para la sostenibilidad de los mismos. Implica la formulación y desarrollo de actividades que involucran a los recursos naturales y humanos de la cuenca. De ahí que en este proceso se requiera la aplicación de las ciencias sociales y naturales. Asimismo, conlleva la participación de la población en los procesos de planificación, concertación y toma de decisiones. Por lo tanto el concepto integral implica el desarrollo de capacidades locales que faciliten la participación. Un enfoque básico de manejo de cuencas es reducir la vulnerabilidad socioambiental (Jiménez 2006a).

### ***2.2.1 La cuenca hidrográfica como sistema***

El elemento más importante en definir a la cuenca como unidad de planificación, manejo y gestión de los recursos naturales es que la misma constituye un sistema. La cuenca hidrográfica concebida como un sistema está conformada por las interrelaciones dinámicas en el tiempo y en el espacio de diferentes subsistemas: social, económico, político, institucional, cultural, legal, tecnológico, productivo, físico y biológico (Jiménez 2006a).

La visión de la cuenca como sistema, también supone el reconocimiento de los siguientes elementos:

- ? Interacción entre la parte alta, media y baja de la cuenca.
- ? El análisis integral de las causas, efectos y posibles soluciones de los problemas.

- ? La identificación y uso racional de las potencialidades de la cuenca.
- ? El papel del agua como recurso integrador de la cuenca.

De acuerdo con Dourojeanni (1994), la visión integrada y sistémica de la gestión de cuencas conlleva dos grandes tipos de acciones: unas orientadas a aprovechar los recursos naturales (usarlos, transformarlos, consumirlos) existentes en la cuenca para fines de crecimiento económico, y otro grupo orientadas a manejarlos (conservarlos, recuperarlos, protegerlos), con fin de asegurar la sostenibilidad ambiental.

### ***2.2.2 Gestión del agua al nivel de cuencas hidrográficas***

La cuenca, sea en forma independiente o interconectada con otras, es reconocida como la unidad territorial más adecuada para la gestión integrada de los recursos hídricos. La validez de usar el espacio conformado por una cuenca, o cuencas interconectadas, como territorio base para la gestión integrada del agua ha sido enfatizada y recomendada en todas las grandes conferencias internacionales sobre los recursos hídricos (Dourojeanni *et al.* 2002).

Sin embargo, las políticas para utilizar el territorio de una cuenca como base para la gestión del agua han tenido diferentes enfoques y una desigual evolución en los países de América Latina y el Caribe (Dourojeanni *et al.* 2002). Rivas *et al.* (2003) señalan que los proyectos sobre manejo de cuencas en la región Centroamericana han surgido con gran fuerza como respuesta a eventos naturales de gran envergadura, como los huracanes y tormentas tropicales, el más evocado en la actualidad para justificar proyectos y programas ha sido el huracán MITCH y las sequías causadas por el fenómeno de El Niño.

En la actualidad, los proyectos relacionados con manejo de cuencas buscan el objetivo de ejercer una mejor administración y control sobre el recurso agua en sus características físicas (cantidad), químicas (calidad) y biológicas (biodiversidad). Paradójicamente, para tener impacto es estos tres aspectos, todas las acciones se tienen que realizar en el sistema hídrico, en los recursos suelo, bosque y tener gran influencia en los sistemas productivos (agrícolas e industriales) (Jiménez *et al.* 2006).

En Honduras, las experiencias de gestión de aguas al nivel de cuencas se relacionan con la creación, a principios de los años noventa, de la Comisión Ejecutiva del Valle de Sula (CEVS). La CEVS se encarga de la regulación y control de las inundaciones del Valle de Sula con los ríos Chamelecón y Ulúa, y realiza además una coordinación interinstitucional para la gestión del agua en la cuenca. Existen además otras experiencias, como por ejemplo de algunas municipalidades que han suscrito convenios de protección de sus cuencas compartidas (Jouravlev 2001).

Más recientemente, dentro del esfuerzo nacional e internacional para el manejo de cuencas hidrográficas en la región, el CATIE con el apoyo de instituciones nacionales, municipios y varias organizaciones locales y con el financiamiento de la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI), implementa el Programa FOCUENCAS II, el cual aprovecha las bases, motivaciones y experiencias de los actores locales principalmente municipalidades y organizaciones locales para asumir responsabilidades en el manejo de los recursos naturales, con un enfoque de gestión integral de cuencas hidrográficas (CATIE 2004).

### ***2.2.3 La cogestión de cuencas hidrográficas***

Si bien el manejo y la gestión convencional en cuencas han intentado desarrollar resultados sostenibles, aún persisten debilidades en los impactos y cambios a diferentes niveles y escalas. Por tanto, los procesos de largo plazo requieren de ajustes en sus diferentes fases, las múltiples variables y la acción integrada requiere de un nuevo estilo de gestión. La búsqueda de nuevas soluciones requiere de una mayor concertación e integración de esfuerzos conjuntos de “todos los actores” valorando las responsabilidades y roles según los intereses y motivaciones para manejar una cuenca (Jiménez *et al.* 2006).

Esta cogestión debe impulsar la innovación basada en aprendizajes conjuntos, que permitan fortalecer la visión y acción integral que se requieren para lograr impactos en manejo de cuencas. La cogestión de cuencas, por lo tanto, surge como vía para establecer la gestión conjunta, compartida y colaborativa, mediante la cual, diferentes actores locales como productores, grupos organizados, gobiernos locales, empresa privada, organizaciones no gubernamentales, instituciones nacionales, organismos donantes y cooperantes integran esfuerzos, recursos, experiencias y conocimientos para desarrollar procesos dirigidos a lograr

impactos favorables y sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales y el ambiente en las cuencas hidrográficas, en el corto, mediano y largo plazo (Jiménez *et al.* 2006).

#### ***2.2.4 Importancia del agua en el monitoreo y evaluación del manejo integrado de cuencas hidrográficas***

La implementación de planes de manejo de cuencas se realiza mediante actividades que están establecidas en un plan de acción, que materializan las soluciones a nivel de campo y producen los resultados esperados de naturaleza biofísica y socioeconómica. Para calificar y cuantificar el resultado de las intervenciones se proceden a medir los cambios, efectos e impactos en las fincas, conjuntos de fincas y en el sistema de la cuenca total (Faustino 2006).

Las mediciones deben interpretarse y valorarse para indicar la efectividad de las intervenciones y fortalecer las actividades o reajustarlas si son necesarias, la valoración se representa en forma de índices o indicadores que expresan la calidad del manejo, la rehabilitación de la cuenca o su recuperación. Los indicadores pueden ser de naturaleza biofísica, social, económica o ambiental y pueden globalizar el estado de la cuenca o particularizar sobre la calidad de un recurso específico (Faustino 2006).

La definición de qué criterios e indicadores utilizar es muy importante, como en el caso de la implementación de metodologías para la certificación del manejo integrado de cuencas hidrográficas. Al respecto, Musálem (2005) desarrolló una propuesta metodológica a través de entrevistas, adiciones y críticas de expertos en el tema, obteniendo como resultado seis principios, 12 criterios y 30 indicadores. De los seis principios, uno considera al agua como recurso integrador, que a su vez toma en cuenta la calidad y cantidad de agua como criterios importantes que reflejan el buen manejo de la cuenca. Dicha metodología fue aplicada en la microcuenca del río Sesesmiles, en Copán, Honduras, obteniendo un nivel alto de aceptación generalizado en su uso.

World Vision (2004) también menciona que dentro de los aspectos biofísicos utilizados para la evaluación de impactos en el manejo de cuencas se encuentran los principales recursos que son: agua (recurso hídrico), suelo y bosques/vegetación. El monitoreo del agua se refiere a todas aquellas actividades que se realizan con el objetivo fundamental de establecer el

comportamiento y tendencias de las distintas variables del recurso hídrico y que son del interés en el manejo de cuencas.

Para cada uno de los usos determinados del recurso hídrico se necesita que se conserven ciertos estándares o niveles de calidad. Por ejemplo, en proyectos de naturaleza agrícola interesa fundamentalmente que el agua sea de buena calidad biológica, es decir, que no esté contaminado con microorganismos causantes de enfermedades y que sean el resultado de contaminación con desechos provenientes de poblaciones humanas o bien de animales. Para proyectos de infraestructura es fundamental el monitoreo del agua en cuanto al comportamiento de la disponibilidad del recurso, es decir, la medida del escurrimiento de las fuentes o en el caso de aguas subterráneas interesará saber el comportamiento de los niveles freáticos (World Vision 2004).

Para las obras de infraestructura es interesante también poder conocer el comportamiento de la fuente en cuanto al acarreo de sedimentos, ya que los mismos son las fuentes de asolvamiento de canales de riego así como obras de embalse. Para proyectos industriales interesará también medir los niveles de contaminación por sustancias o elementos químicos, aspecto que resulta también de singular importancia su monitoreo cuando se harán proyectos de agua potable o para consumo de animales. Por esta razón, de acuerdo con World Vision (2004), el monitoreo del agua se realiza desde cuatro parámetros fundamentales:

- ? Calidad bacteriológica de agua.
- ? Calidad química del agua.
- ? Calidad física del agua.
- ? Disponibilidad del agua (cantidad y su distribución en el tiempo y espacio).

La calidad bacteriológica, química y física del agua se lleva a cabo mediante la toma de muestras de agua con cierta periodicidad y de acuerdo a las necesidades de los proyectos. La disponibilidad del agua se mide mediante técnicas especializadas conocidas como aforos, de acuerdo a la naturaleza y tamaño de la fuente.

### **2.3 Los sistemas de producción y su influencia en el recurso hídrico**

Es difícil formular declaraciones universales sobre los impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos por diferentes razones, ya que los impactos dependen de un conjunto de factores naturales y socioeconómicos. Los factores naturales incluyen el clima, la topografía y la estructura del suelo. Los factores socioeconómicos incluyen la capacidad económica y la sensibilización de los agricultores, las prácticas de manejo y el desarrollo de la infraestructura, por ejemplo, las carreteras. Además, los impactos del uso agrícola de la tierra podrían ser difíciles de distinguir de los impactos naturales o de los impactos de origen humano, como es el caso del impacto de la escorrentía agrícola comparada con los sistemas de saneamiento rurales sobre la degradación de las aguas superficiales y subterráneas (Kiersch 2000).

Respecto al régimen hidrológico, Kiersch (2000) distingue entre los impactos sobre las aguas superficiales y las subterráneas. Los impactos de las prácticas de uso de la tierra sobre las aguas superficiales se pueden dividir en impactos sobre la disponibilidad de agua en general, o sobre la escorrentía media anual, e impactos en la distribución estacional del agua. En cuanto a las aguas subterráneas, se debe examinar el efecto del uso de la tierra en la recarga de acuíferos.

Las prácticas de uso de la tierra también pueden tener importantes impactos en la calidad del agua, que podrían tener efectos negativos o, en algunos casos, positivos sobre los usos del agua. Los impactos incluyen cambios en la carga de sedimentos y en las concentraciones de sales, metales y productos agroquímicos, los agentes patógenos y un cambio en el régimen térmico (Kiersch 2000).

Respecto a los contaminantes producto de los diferentes usos, la FAO (1993) define a un contaminante del agua como cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración limita o impide los usos benéficos del agua. Esta noción de contaminante entraña el hecho de que pueda aceptarse un cierto nivel de “contaminación”, siempre que no obstaculice los usos benéficos del agua.

En cuanto a las fuentes de contaminación, frecuentemente se habla de fuentes puntuales y no puntuales o difusas. Las fuentes puntuales son descargas de tuberías, cunetas y drenes que son

fáciles de identificar y se refieren a todas las aguas de desecho de origen municipal e industrial evacuadas hacia las corrientes de agua. Las fuentes no puntuales o difusas, incluyen todas las demás descargas contaminantes y que generalmente se encuentran dispersas en un área que es difícil de definir fácilmente. La escorrentía de la lluvia desde las tierras agrícolas, los sitios de construcción, áreas de aprovechamiento forestal y la escorrentía de las calles son categorías de la contaminación de fuentes no puntuales (FAO 1993).

### ***2.3.1 Los bosques y el recurso hídrico***

Los bosques son ecosistemas que aportan al ciclo hidrológico al retener, almacenar y disponer agua y humedad. La cobertura vegetal (plantas, árboles) y el suelo cumplen la función de retener la lluvia y la humedad del aire, acumulando el líquido para disponerlo por intermedio de la vegetación (evapotranspiración) al aire y/o alimentar cuerpos de agua (percolación) como los acuíferos, nacimientos, quebradas, lagos y ríos. Además la cobertura vegetal también tiene la tarea de filtrar las aguas para mantener su calidad, al actuar como una barrera física al movimiento de los sedimentos y al impacto de la lluvia en los suelos (Echavarría 1999).

Al moderar los impactos de las lluvias y la absorción de agua, los bosques brindan mayor estabilidad geofísica, reduciendo la erosión de los suelos y mejorando la calidad del agua. A partir de esto, se acepta comúnmente que la deforestación reduce la generación de las aguas y desestabiliza los flujos (Echavarría 1999).

Sin embargo, como menciona Bruijnzeel (2004), la literatura disponible aún demuestra la discusión respecto al tema con resultados contradictorios. Existe la creencia de que el papel hidrológico de los bosques como un complejo terreno-raíces-detritus actúa como una “esponja” que se empapa de agua durante el tiempo de lluvias y la liberan uniformemente durante los periodos secos. Con la tala del bosque se pierde el “efecto esponja” a través de la rápida oxidación (descomposición) de la materia orgánica en los suelos, la compactación por maquinaria o el establecimiento de pastos, dando como resultado una disminución en la producción de agua.

Las observaciones al respecto sobre manantiales y arroyos que se secan durante el periodo seco, después de la pérdida de bosques tropicales, son muy numerosas. Al igual que el número

de reportes contrarios (de arroyos que se secan en el estío después de programas de reforestación de tierras degradadas) también se ha incrementado. Al tratar de conciliar estos resultados contradictorios aparentemente, es importante poder distinguir entre el efecto que produce el desmonte sobre la producción total de agua y sobre la distribución estacional de los caudales (Bruijnzeel 2004).

Según Kiersch (2000), el impacto del uso de la tierra sobre la escorrentía superficial media es una función que depende de numerosas variables, siendo las más importantes el régimen hídrico de la cubierta vegetal en lo referente a la evapotranspiración (ET), la capacidad de infiltración, la capacidad del suelo para retener agua y la capacidad de la cubierta vegetal para captar humedad. En este sentido, un cambio en la cubierta del suelo de especies de menor a mayor ET conducirá a un descenso en el caudal anual.

Kiersch (2000) también menciona que la recarga de acuíferos está ligada a menudo con los caudales en la estación seca, ya que las aguas subterráneas son las que aportan la mayor parte de la descarga a los ríos durante dicho periodo. El nivel freático podría elevarse como resultado del descenso en la evapotranspiración, por ejemplo, después de una explotación forestal o de la conversión del bosque a pastos.

Bruijnzeel (2004) cita que existe gran desarrollo en las evidencias provenientes de América Latina que la conversión de los bosques nubosos en pastizales o cultivos anuales pudiera llevar a disminución de flujos durante los periodos secos. Sin embargo, el mismo autor menciona que la evidencia disponible aún no es concluyente dado que también se han reportado escurrimientos superficiales similares tanto en bosques nubosos primarios como en pastizales ligeramente explotados en Venezuela. En tanto que en cuencas pareadas en Honduras y Guatemala, Brown *et al.* (1996) obtuvieron una reducción de 50% en el caudal del periodo seco tras la conversión a cultivos de hortalizas, diferentes en tamaño y su posición altitudinal, y por lo tanto en su exposición a niebla y lluvias, aportando por lo tanto resultados no concluyentes (Bruijnzeel 2004).

Sobre la diversidad de criterios respecto al tema, Echavarría (1999) enfatiza sobre la importancia de fundamentar cualquier conclusión sobre la función del bosque considerando seis variables fundamentales: el tipo de conversión del suelo, el conocimiento que se tiene, el tipo de uso del agua, los beneficios hidrológicos que se buscan, el tiempo de análisis y el estado de la vegetación. Por lo tanto los beneficios hidrológicos que ofrecen los bosques dependen de la situación ecológica y la interacción social local.

En cuanto a la influencia del bosque en la calidad de agua, su protección se debe fundamentalmente a la vegetación de monte bajo, a los restos vegetales y al efecto estabilizador de la red de raíces. En fuertes pendientes, el efecto estabilizador neto de los árboles es generalmente positivo. La cubierta vegetal puede prevenir la aparición de deslizamientos de tierras (Bruijnzeel 1990). Sin embargo, los grandes deslizamientos de tierras en terreno de pendientes elevadas no están influenciados de una manera apreciable por la cubierta vegetal. Estos grandes deslizamientos podrían constituir el mayor aporte de sedimentos (Kiersch 2000).

La deforestación puede conducir a altas concentraciones de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) en el agua debidas a la descomposición del material vegetal y a una reducida absorción de nutrientes por la vegetación (Kiersch 2000). Sin embargo, la reforestación no produce necesariamente un descenso en efectos como la erosión. La erosión por el impacto de la gota de lluvia se podría incrementar notablemente cuando se realiza la limpieza de los restos vegetales de la superficie del terreno (Bruijnzeel 1990).

Los sedimentos pueden representar una sustancia contaminante tanto desde el punto de vista físico como químico. La contaminación física característica de los sedimentos es la turbidez (limitada penetración de la luz solar) y la sedimentación (pérdida de la capacidad de almacenaje de los embalses, destrucción de las barreras de coral, pérdida de las áreas de desove para ciertas especies). La contaminación química debida a los sedimentos incluye la absorción de metales y el fósforo, así como las sustancias químicas orgánicas hidrofóbicas (FAO 1996).

Al nivel más local, Cardona (2003) encontró en la microcuenca La Soledad, Honduras, que las fuentes de agua de mejor calidad se relacionaron con el alto grado de cobertura forestal, áreas de drenajes mayores y una baja intensidad del uso del suelo. Encontró también que la relación de la vegetación ribereña con la calidad del agua mostró poseer una influencia significativa en la temperatura del agua. Cambios notables en la temperatura del agua fueron observados cuando el grado de cobertura forestal experimentó una reducción significativa en una franja de 150 m, a ambos lados del cauce.

### ***2.3.2 La agricultura y el recurso hídrico***

La actividad agrícola, según la FAO (1993), puede contribuir con tres tipos de contaminación: sólidos en suspensión, organismos vivos y componentes químicos. Los sólidos en suspensión provienen de los procesos de erosión de suelos producto de algunas actividades agrícolas, tales como arar, labrar, nivelar, deforestar, sobre pastorear y muchas otras. Aunque en realidad sería más apropiado hablar de malas prácticas agrícolas, ya que algunas de las operaciones mencionadas podrían contribuir a evitar la erosión, si se ejecutaran de forma apropiada.

Las actividades agrícolas pueden conducir a un incremento en el aporte de nitrógeno a las masas de agua como resultado de muchos factores, incluyendo la aplicación de fertilizante, el estiércol procedente de la producción ganadera, los lodos procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico y la aireación del suelo. En Europa, la agricultura contribuye substancialmente a los vertidos de nitrógeno en las aguas superficiales y subterráneas. Respecto al nitrógeno inorgánico, la agricultura contribuye con el 50% en Dinamarca y el 71% en los Países Bajos (FAO 1996).

La aplicación de estiércol procedente de la producción ganadera y la escorrentía directa puede provocar la acidificación del suelo debido a la volatilización del amoníaco, que a su vez podría incrementar la solubilidad de metales en el suelo (FAO 1996).

Generalmente, la aplicación de pesticidas supone un peligro para los recursos hídricos superficiales y subterráneos, ya que estas sustancias se diseñan para ser tóxicas y persistentes. La infiltración de pesticidas a las aguas subterráneas depende de la persistencia y movilidad de la sustancia química, así como de la estructura del suelo. Los metabolitos de los pesticidas

podrían ser tan tóxicos y móviles como el compuesto original (BGS *et al.* 1996 citados por FAO 1996). En seres humanos y animales, los pesticidas pueden tener efectos agudos y crónicos. Los compuestos lipofílicos se pueden acumular en el tejido adiposo (bio-concentración) y en la cadena trófica (bio-amplificación) (FAO 1996).

Los residuos de los pesticidas encuentran un punto de salida a los recursos hídricos en el uso agrícola, en la actividad forestal y en la piscicultura. Además, el almacenamiento sin las medidas de seguridad adecuadas y el vertido de pesticidas viejos y obsoletos puede causar una contaminación severa de las aguas superficiales y subterráneas (FAO 1996).

En el caso de la microcuenca del río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras, Cardona (2003) analizó la presencia de plaguicidas organoclorados en las corrientes de agua, obteniendo altas concentraciones de plaguicidas, lo que da a notar el impacto que tienen los cultivos hortícolas de la zona sobre la salud acuática. Cinco compuestos fueron detectados: Aldrin, Dieldrin, Lindano, Heptacloro y Endosulfan, excediendo este último en 3183 veces el valor máximo admitido para agua potable y 6.8 veces para toxicidad acuática.

El alto potencial de contaminación de aguas superficiales en combinación con inadecuadas prácticas de cultivos y uso del suelo, provoca que el acceso del agua para uso humano se limite considerablemente. Esta restricción es lamentable cuando su causa es provocada por una alteración de la calidad del agua y no por una disminución de la cantidad del recurso (Cardona 2003).

Existen diferentes fuentes/causas y variables de medición común para los problemas relacionados con la agricultura (Cuadro 1), donde es importante notar las diferencias en origen como base para seleccionar los enfoques de evaluación más apropiados y para definir la escala geográfica y el momento y duración del muestreo.

*Cuadro 1. Problemas de calidad del agua relacionados con la agricultura, principales fuentes/causas y variables de medición común*

<b>Problema</b>	<b>Principales causas/fuentes</b>	<b>Variables de medición común</b>
Temperatura elevada	Falta de riego, drenaje de riego, calentamiento de embalse.	Temperatura.
Salinidad	Drenaje de riego, evaporación de embalse.	Conductividad específica, sólidos disueltos.
Nitratos	Fertilizantes inorgánicos, establos, comederos.	Nitratos.
Calidad sanitaria	Comederos, establos, residuos de mataderos, pastoreo de ganado.	Coliformes fecales, estreptococos fecales, E. Coli, otros.
Residuos orgánicos degradables	Comederos, establos, residuos de mataderos, operaciones de lechería, procesamiento de alimentos, fábricas de pulpa y papel.	Oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, amonio, sólidos en suspensión.
Erosión/sedimentación	Cultivo intensivo (especialmente en terrenos frágiles), producción de madera, pastoreo de ganado.	Sedimentos en suspensión, acumulación de sedimentos en el fondo.
Enriquecimiento de nutrientes	Fertilizantes, comederos, establos, procesamiento de alimentos, fábricas de pulpa y papel.	Nitratos, nitritos, amonio, fósforo total, ortofósforo, algas, clorofila.
Microelementos tóxicos	Drenaje de riego.	Niveles de selenio, arsénico, molibdeno, boro, litio.
Plaguicidas	Herbicidas e insecticidas aplicados.	Niveles de atrazina, alaclor, clordano, DDT, malathion, parathion, muchos otros.

Fuente: FAO 1993.

El costo para tomar muestras y analizar las variables de medición es de bajo a moderado para los primeros siete problemas, alto para los microelementos tóxicos y muy alto para plaguicidas.

### ***2.3.3 La ganadería y el recurso hídrico***

La ganadería es una de las prácticas de uso de la tierra más común actualmente, con impactos sobre la calidad del recurso hídrico principalmente a nivel superficial. Cuando se da un sobre pastoreo, provoca un impacto negativo desde el punto de vista bacteriológico, químico y físico a la calidad del agua, así como a la capacidad de infiltración de los suelos (Brooks *et al.* 1991).

El sobrepastoreo afecta la densidad del suelo, de tal forma que al ocurrir una lluvia o aplicar riego, la capacidad de infiltración, percolación del suelo es superada fácilmente, provocando el arrastre de nutrientes por efecto de la escorrentía y lixiviación a las fuentes de agua (Vidal *et al.* 2000).

Generalmente este efecto se observa en lugares de alta precipitación, fuertes pendientes, cercanos a las 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). Así también Wagner *et al.* (2000) mencionan que la contaminación de las aguas superficiales por nutrientes provenientes de estas áreas afecta la calidad provocando el enriquecimiento del agua, ocasionando el fenómeno de eutrofización, principalmente por fósforo y nitrógeno.

Los factores que controlan y disminuyen los efectos de la contaminación por estiércol están íntimamente relacionados a la capacidad de absorción del nitrato por los cultivos y la capacidad de absorción del amonio por parte del suelo (Vidal *et al.* 2000), siendo afectada, esta última, por la compactación del suelo, lo que provoca una baja liberación de amonio en el suelo y consecuentemente ser transportados a fuentes de aguas superficiales mediante escorrentía (Zhao *et al.* 2001).

Eghball *et al.* (2000) manifiestan que al comparar aplicaciones realizadas con fertilizantes químicos y estiércol, son estos últimos los que aportan mayor concentración de fósforo (P) disuelto en la escorrentía después de ocurrida una precipitación de moderada intensidad; no

obstante, en cuanto a pérdidas de nitrógeno (N) por escorrentía, sucede lo contrario; estas ocurren en mayor cantidad desde parcelas fertilizadas que de parcelas tratadas con estiércol.

Finalmente, Vidal *et al.* (2000) consideran que los efectos de la contaminación por estiércol en aguas superficiales es retrasado cuando bajo condiciones específicas de clima y de suelo, el nitrógeno aplicado se pierde a través de la denitrificación y volatilización o mediante un proceso de oxidación de los compuestos solubles de nitrógeno a nitratos, que por tener carga negativa, no pueden adherirse a los coloides del suelo, sino que se infiltran hacia las aguas subsuperficiales, o simplemente como mencionan Fajardo *et al.* (2001), se diluyen a muy bajas concentraciones debido a los altos volúmenes de escorrentía.

## **2.4 Calidad de agua para consumo humano**

Las normas internacionales del agua potable han sido consignadas por un gran número de países y organizaciones internacionales. El número de normas publicadas por estas organizaciones y la frecuencia va en aumento, por lo tanto las referencias para cualquier nueva norma que entre en vigor debe obtener las versiones más recientes de la agencia adecuada (Frederick *et al.* 2002).

Los mismos autores mencionan que en Canadá, por ejemplo, el suministro de agua potable es principalmente responsabilidad de las provincias y municipios. El Departamento Federal de Salud dirige la investigación y suministran asesoría, y en colaboración con los ministerios de salud y medio ambiente de las provincias y territorios, establecen líneas maestras para la calidad del agua potable bajo los auspicios del Subcomité Provincial-Federal de Agua Potable.

Otro ejemplo es México, donde la Secretaría de Salud es la autoridad que promulga las Normas de Agua Potable, emitiendo un conjunto de normas de contaminantes químicos y microbiológicos que se toman como normativa. El cumplimiento de las normas es obligatorio y son a nivel federal, así los proveedores de agua están obligados a monitorear para cumplir los valores y consignas. En el caso de la Unión Europea, a través de la Comisión Europea, se crean directivas que después deben ser adoptadas e implementadas por los estados miembros. Además, los estados miembros deben tener normas de refuerzo que no pueden ser menos restrictivas que los valores límite consignado en la directiva.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) también reúne expertos internacionales en el ámbito de agua potable, para establecer guías para la calidad del agua potable. Estas pautas se publican principalmente como una base para el desarrollo de normas nacionales que adecuadamente implementadas asegurarán la fiabilidad y seguridad de los suministros de agua potable eliminando riesgos conocidos. Por ello cada país debe considerar los valores de guía en el contexto del medio local y condiciones nacionales, sociales, económicas y culturales (Frederick *et al.* 2002).

El agua para consumo humano ha sido definida en las guías para la calidad del agua potable de la OMS (1998), como aquella “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”. En esta definición está implícito que el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores (Rojas 2002). Por lo tanto, debe encontrarse libre de organismos patógenos, de sustancias venenosas o fisiológicamente indeseables y, por otra parte, debe ser atractiva a los sentidos (Fair y Geyer 2005).

Dentro de los parámetros utilizados para medir la calidad de agua se diferencian según sus orígenes: biológicos, microbiológicos, químicos y físicos. Los indicadores seleccionados para la calidad del agua en cualquier estudio se definirán en dependencia de los usos actuales y potenciales (Brugnoli 1999). Así también, la determinación de indicadores debe estar en función a la realidad sanitaria, tecnológica, económica, social, cultural y los tipos de actividades humanas que se despliegan en cada país, así como sus características geológicas generales y particulares (Rojas 2002).

Independientemente de los agentes que afectan la calidad del agua para consumo humano, es necesario tener también en cuenta los riesgos causados por la pobre protección de las fuentes de agua, el inadecuado manejo del agua durante el proceso de tratamiento y la mala conservación de su calidad a nivel de las redes de distribución (Rojas 2002).

#### ***2.4.1 Criterios de calidad del agua***

Para disponer de un abastecimiento de agua satisfactorio, la primera línea de defensa es la evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua a través de la realización de determinaciones analíticas, la vigilancia y el control de los procesos de tratamiento. La

vigilancia y el control de la calidad microbiológica del agua para consumo humano deben ser actividades rutinarias y de primordial importancia. Se reconoce que los mayores riesgos de enfermedades causadas por microorganismos patógenos están relacionados con la ingestión de agua contaminada con heces humanas o de animales. La importancia de la vigilancia y el control de la calidad del agua es que la inocuidad del agua abastecida reducirá la posibilidad de difusión de las enfermedades al facilitar prácticas de higiene personal y doméstica (Rojas 2002).

De acuerdo con el mismo autor, el riesgo que representa a la salud la presencia de sustancias químicas es distinto al que suponen los contaminantes microbiológicos porque, por lo general, estos últimos tienen efectos más agudos. Por otra parte, son pocas las sustancias químicas que, en las concentraciones que normalmente pueden detectarse en el agua contaminada, causan problemas a la salud con efectos inmediatos, ya que normalmente éstos se manifiestan tras largos períodos de exposición, por lo que las sustancias químicas que revisten especial importancia están representados por los contaminantes acumulativos.

Otro factor de gran relevancia es la evaluación de las características organolépticas del agua, es decir, aquellas que pueden ser detectadas por los sentidos, tales como la turbiedad, el color, el olor y el sabor. Por otra parte, la inspección sanitaria hace posible la detección de condiciones o situaciones que aumentan el riesgo de contaminación del agua y que no siempre pueden ser determinados por los análisis rutinarios, a menos que la contaminación esté ocurriendo en el momento del muestreo. La inspección sanitaria se realiza a través de la apreciación sensorial de las condiciones físicas de las instalaciones de los sistemas de producción, almacenamiento y distribución del agua, principalmente de las partes más vulnerables y vinculadas a la conservación de la calidad del agua, lo que permite la identificación de las deficiencias estructurales u operativas en el sistema de abastecimiento (Rojas 2002).

Para el caso de Honduras, los criterios para la calidad del agua son establecidos por el Ministerio de Salud (MINSA) en la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable de la República de Honduras, que en su artículo cinco especifica que: “Para todos los efectos de regulaciones en la calidad de agua abastecida, los organismos operadores se sujetarán a esta

norma de calidad que contiene los valores para los parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos en sus aspectos estéticos, organolépticos y de significado para la salud (MINSA 1995).

Las principales determinaciones analíticas que recomienda dicha norma para tener en cuenta en la ejecución de los programas de vigilancia y control de la calidad del agua, son agrupadas en tres etapas de control a desarrollarse en el tiempo y de acuerdo con su complejidad analítica (Cuadro 2).

*Cuadro 2. Modelo de etapas de análisis de calidad de agua en Honduras*

<b>Parámetro a incluir</b>	<b>Control básico</b>	<b>Control normal</b>		<b>Control avanzado</b>
Parámetros organolépticos	Olor Sabor Turbiedad Color	Todas las del control básico		Todas las del control básico
Parámetros físico químicos	Conductividad pH Cloro residual	Cloruros Dureza Sulfuros Calcio Magnesio	Sodio Potasio Zinc Aluminio Cobre	Sólidos totales disueltos
Parámetros no deseados		Nitratos Nitritos Amonio Hierro	Manganeso Fluoruro Sulfuro de Hidrógeno	
Parámetros tóxicos orgánicos e inorgánicos		Arsénico Cadmio  Cianuro Cromo Mercurio Níquel	Plomo Antimonio Selenio	Orgánicos con significado para la salud  Subproductos de la desinfección
Parámetros microbiológicos	Coliformes totales Coliformes fecales	Coliformes totales Coliformes fecales	E. coli	

Fuente: MINSA 1995.

El laboratorio de control de calidad del SANAA en Honduras maneja además de la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable, los Métodos Estándares para la Examinación del Agua y de las Aguas Residuales (Standard Methods for the Examination of

Water and Wastewater), una organización que realiza publicaciones con el esfuerzo común de tres sociedades técnicas que desde 1905 han publicado técnicas analíticas para determinar la calidad del agua.

En base a éstas normas, el laboratorio del SANAA considera que el valor obtenido en los análisis del agua debe de estar dentro del rango establecido para parámetros físico-químicos y bacteriológicos (Cuadro 3). En el presente estudio sólo son presentados los parámetros de interés al igual que la descripción y características de cada uno de ellos.

*Cuadro 3. Valores guía para los análisis de calidad de agua en Honduras*

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Análisis físicos			
Turbidez	NTU*	1	5
Temperatura	°C	18-30	--
Análisis químicos			
pH	Unidades de pH	6.5-8.5	--
o-fosfatos	mg/l	--	--
Nitratos	mg/l	25	50
Oxígeno disuelto	mg/l	6-8	--
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	mg/l	--	50
Demanda química de oxígeno	mg/l	--	20
Sólidos totales	mg/l	--	1000
Análisis bacteriológicos			
Coliformes totales	UFC**/100 ml	0	0
Coliformes termotolerantes (coli fecales)	UFC/100 ml	0	0

\*NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez

\*\*UFC: Unidades Formadoras de Colonias

Fuente: Adaptado de un informe de calidad de agua por el laboratorio del SANAA (2007a).

### **Turbidez**

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. Según la OMS, la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) y estará idealmente por debajo de 1 NTU. Las partículas suspendidas absorben calor de

la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y así reduciendo la concentración de oxígeno en el agua. Es esencial eliminar la turbidez para desinfectar efectivamente el agua que desea ser bebida, pues las partículas suspendidas también ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas (Lentech 1998).

### **Temperatura**

La temperatura del agua es crítica porque regula todas las actividades metabólicas; por esta razón, al haber incremento de temperatura, las tasas de respiración se pueden incrementar, hay disminución de la solubilidad del oxígeno, se aumenta la tasa de mineralización de la materia orgánica y por ende el consumo de oxígeno. Influye también en la solubilidad de las sales y los gases, también en la disociación de las sales disueltas y por lo tanto en la conductividad eléctrica y pH del agua (Seoáñez 1999). Funciona también como un indicador de la salud del ecosistema ya que el lavado de los márgenes del río por la deforestación y falta de protección de las riberas, produce lodos que ingresan al cauce, elevando la temperatura del agua (Bartram y Ballance 1996).

### **El pH**

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno. El pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado pH. Es un criterio importante para evaluar la calidad del agua porque limita la posibilidad de vida acuática y de muchos usos del agua (OPS 1987). La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO<sub>2</sub> formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato. Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido. El pH tiene una gran influencia en los procesos químicos que tienen lugar en el agua, actuación de los floculantes, tratamientos de depuración, etc.

### **Fosfatos**

El fósforo total incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico. Los fosfatos se encuentran principalmente en

aguas superficiales en forma natural (rocas, restos de animales) y en forma artificial (fertilizantes y detergentes, aguas residuales, restos de mataderos de animales) (Chapman 1992).

El fosfato orgánico es parte de las plantas y los animales y se adhiere a materia orgánica compuesta de plantas y animales vivos, ambos son los responsables de la presencia de algas y plantas acuáticas grandes. El exceso de algas ocasiona el "floreamiento de algas" iniciándose así la eutrofización, que no es más que un enriquecimiento del agua, comúnmente producida por fosfato proveniente de actividades humanas (Mitchell *et al.* 1991).

### **Nitratos**

El nitrato ( $\text{NO}_3$ ) es un compuesto inorgánico que no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito ( $\text{NO}_2$ ). El nitrato es uno de los más frecuentes contaminantes de aguas subterráneas en áreas rurales. Debe ser controlado en el agua potable principalmente porque niveles excesivos pueden provocar metahemoglobinemia, o “la enfermedad de los bebés azules”. Aunque los niveles de nitratos que afectan a los bebés no son peligrosos para niños mayores y adultos, sí indican la posible presencia de otros contaminantes más peligrosos procedentes de las residencias o de la agricultura, tales como bacterias o pesticidas (Lentech 1998).

El origen de los nitratos en aguas subterráneas es principalmente de fertilizantes, sistemas sépticos y almacenamiento de estiércol. Los fertilizantes nitrogenados no absorbidos por las plantas, volatilizados, o arrastrados por la escorrentía superficial acaban en las aguas subterráneas en forma de nitratos. Esto hace que el nitrógeno no esté disponible para las plantas, y puede también elevar la concentración en aguas subterráneas por encima de los niveles admisibles de calidad del agua potable (Lentech 1998).

### **Oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno**

La materia orgánica es uno de las principales contaminantes que afectan la calidad del agua. Cuando la materia orgánica entra al agua, los microbios y macroinvertebrados colonizan e inician el proceso de su descomposición. Durante este proceso los microorganismos consumen oxígeno disuelto en el agua, en proporción similar al material consumido, ocasionando que la

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) se incrementa, lo que puede disminuir la diversidad de organismos acuáticos y generar olores indeseables si se desarrollan las condiciones anaeróbicas (OPS 1987, Roldán 1992).

Las mediciones de DBO son usadas como indicadores de contaminación. Sin embargo, también se puede medir la Demanda Química de Oxígeno (DQO), que indica además del material biodegradable, el material no biodegradable presente (Roldán 1992). Cuando hay muchas bacterias o minerales acuáticos en el agua, forman una sobrepoblación, usando el oxígeno disuelto en grandes cantidades. Los niveles de oxígeno también pueden ser reducidos a través de la sobrefertilización de las plantas por la fuga desde los campos de los fertilizantes conteniendo estos nitratos y fosfatos. Bajo de estas condiciones, el número y el tamaño de las plantas acuáticas aumenta en gran cantidad. Entonces, si el agua es turbia, la respiración de las plantas utilizarán mucho del oxígeno disuelto disponible. Cuando las plantas mueren son descompuestas por las bacterias, las cuales tendrán alta multiplicación y usarán grandes cantidades de oxígeno.

### **Sólidos totales**

La medida de sólidos totales incluye sólidos disueltos y sólidos suspendidos, los materiales disueltos u orgánicos incluyen calcio, bicarbonato, nitrógeno, hierro, sulfato y otros átomos encontrados en el agua. Un nivel constante de estos materiales es esencial para el mantenimiento adecuado de la vida acuática. Los sólidos suspendidos incluyen partículas de sedimento, barro de las corrientes de tierra, plancton y desechos industriales y drenaje. La alta concentración de sólidos totales ocasiona una baja calidad de agua y problemas de balance de agua para algunos organismos individuales. La alta concentración de sólidos disueltos puede llevar efectos laxantes en el agua para beber y contar con un mal sabor mineral en el agua. La suma de todos los minerales disueltos en una muestra de agua se refiere normalmente como sólidos totales disueltos (Roldán 1992).

### **Coliformes totales**

Los coliformes totales son un grupo de bacterias relacionadas de cerca (familia de las *Enterobacterias*), que han sido utilizadas durante muchas décadas como el indicador idóneo para el agua potable. El grupo se define como aeróbico y anaeróbico que fermentan la lactosa

del azúcar lácteo para producir ácido y gas en el plazo de 48 horas a 35°C. Pocas bacterias distintas de los coliformes pueden metabolizar los lácteos, por esta razón, la lactosa se usa como base para la identificación. El grupo de coliformes totales incluye la mayoría de las especies de los géneros *Citrobacter*, *Enterocabter*, *Websiella* y *Escheridia coli*. Aunque todos los géneros de los coliformes pueden encontrarse en el intestino de los animales, la mayoría de estas bacterias están muy diseminadas en el medio ambiente, incluyendo el agua. Una excepción importante es el *E. coli*, que usualmente no sobrevive mucho tiempo fuera del intestino (Perry *et al.* 2002).

### **Coliformes fecales y *E. coli***

Los coliformes fecales son un subconjunto del grupo de coliformes totales. *E. coli* es el mayor subconjunto del grupo de coliformes totales. Se distinguen en el laboratorio por su habilidad o capacidad para crecer a elevadas temperaturas (44.5 °C). Ambos coliformes, los fecales y *E. coli*, son mejores indicadores de la presencia de contaminación fecal reciente que los coliformes totales, pero no distinguen entre contaminación humana y animal (Perry *et al.* 2002).

### **2.4.2 Monitoreo de calidad de agua**

Los programas de monitoreo de la calidad del agua son de suma importancia, pues ayudan a la toma de decisiones. Brooks *et al.* (1996) mencionan que el primer paso para iniciar un programa de monitoreo es definir de manera clara el problema, los objetivos y metas. Posteriormente es necesario establecer la frecuencia del muestreo, el cual debe efectuarse de manera representativa, porque el análisis de muestras continuas de calidad de agua representa altos costos. Las épocas del año en que se efectuará y los puntos en las fuentes de agua, donde se va a colectar la información biofísica y química. La frecuencia de muestreo es determinado teniendo en cuenta la variabilidad de los datos, costos del muestreo, objetivos del muestreo, etc.

Brooks *et al.* (1996) clasifican los programas de monitoreo según sus objetivos, quedando de la siguiente manera:

**Causa y efecto:** consiste en establecer los efectos de acciones específicas que puedan estar afectando la calidad del agua. Por ejemplo, efectuar un monitoreo para observar como las actividades de aprovechamiento forestal pueden ocasionar aumento en las concentraciones de sólidos suspendidos en el agua o en diferentes parámetros biofísicos y químicos del agua.

El análisis de datos para este objetivo se puede establecer mediante un diseño de análisis denominado cuencas pareadas, o el antes y el después. En el modelo de cuenca pareadas, se compara una estación de monitoreo en la cuenca no afectada con la otra estación de monitoreo con el tratamiento en otra cuenca. Finalmente se efectúa un análisis de regresión con el fin de determinar estadísticamente las diferencias por los efectos del tratamiento (Brooks *et al.* 1996).

**Línea base:** la información generada ayuda a determinar cuáles son las tendencias de la calidad del agua en una localidad específica. Uno de las preguntas que se pueden efectuar es: ¿Cómo la calidad del agua varía a lo largo del tiempo, al implementar acciones de manejo sostenible en una cuenca?

**Control de estándares de calidad de agua:** la información colectada es comparada con los estándares de calidad de agua, establecidos para determinado uso. Por ejemplo, se desea evaluar una muestra de agua con el fin de destinarla para consumo humano. Los resultados obtenidos en el laboratorio, de la muestra de agua colectada, son comparados con los estándares, obteniendo conclusiones de si el agua es apta para la actividad específica o para recomendar cuál será el tipo de tratamiento que debe seguir para que sea apta.

Para el análisis de este objetivo puede emplearse el modelo del antes y el después, donde las estaciones de muestreo son localizadas en zonas donde existen actividades humanas particulares, donde se desea evaluar si en estos puntos de monitoreo la calidad del agua es afectada, excediendo los estándares de calidad de agua para determinado uso (Brooks *et al.* 1996).

**Inventario:** consiste en evaluar las condiciones de calidad del agua con el fin de identificar los puntos de la cuenca que pueden ser destinados a la recreación, natación y otras actividades humanas.

El tipo de análisis para este objetivo, al igual que para línea base, se realiza mediante estaciones de monitoreo que pueden ser localizadas en ríos naturales, los cuales son caracterizados con los parámetros biológicos y físico-químicos de calidad de agua. Estos ríos son monitoreados a través del tiempo, pueden ser en una o dos estaciones de monitoreo, y los datos son comparados con el fin de observar las tendencias a través del tiempo (Ponce 1980, Brooks *et al.* 1996).

## **2.5 Oferta y demanda del recurso hídrico para consumo humano**

Los componentes de la interacción entre oferta y demanda indican la forma en que se puede construir un estado de balance de agua para fines de planificación. La cantidad ofrecida está en función de la lluvia generada mediante el ciclo hidrológico, y la cantidad de agua sustraída se refiere a la cantidad (volumen) de agua demandada durante el año (Barrantes y Castro 1999).

El conocimiento de los volúmenes de oferta y demanda de agua en una economía, proporciona elementos importantes para el campo de la planificación al informar de aquellas limitaciones biofísicas en la disponibilidad, y la posibilidad de reubicar actividades económicas que demandan gran cantidad, lo que generaría información útil para limitar el uso de acuerdo a la cantidad disponible. Esa interacción entre oferta y demanda es un indicador claro de que la economía y la producción de servicios ambientales de la biodiversidad están totalmente ligados (Barrantes y Castro 1999).

La oferta hídrica superficial se define como la tasa de flujo o descarga de agua por unidad de tiempo (Ej.  $m^3/s$ ) a lo largo de un canal natural. Su representación básica tradicional lo constituye el hidrograma, el cual es una gráfica o tabla que muestra la tasa de flujo, como función del tiempo, en un lugar dado de la corriente, por lo que es “una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y la escorrentía de una cuenca de drenaje particular” (Chow *et al.* 1994). Se constituye entonces en el componente del ciclo hidrológico que transfiere el agua que originalmente precipita como

lluvia o nieve sobre la cuenca o zona de captación desde las superficies terrestres a los océanos (Mosley y McKerchar 1993).

### 2.5.1 Determinación de la demanda

Con respecto al cálculo de la demanda de agua, el SANAA (2003) recomienda hacerla en función a los datos de población. En el caso de no contar con un dato de población, se calcula la misma multiplicando la cantidad de viviendas por 6 habitantes por casa. Considera como índice de crecimiento anual el 3%, el cuál representa el promedio a nivel nacional según datos recabados por la Dirección General de Censos y Estadísticas.

Conociendo entonces los factores que condicionaron el crecimiento de la comunidad es posible estimar su población futura. Para hacer tal cálculo, el SANAA (2003) recomienda utilizar el método aritmético y con menos frecuencia, el método geométrico. Una tasa de crecimiento poblacional puede ser estimada suponiendo que este crecimiento sigue cierto patrón preestablecido. Los análisis más utilizados en demografía parten del supuesto que la población sigue cierto modelo matemático y el procedimiento consiste en estimar la relación funcional que lo explica. Generalmente se consideran tres modelos básicos: modelo aritmético, geométrico y exponencial (Chaves 2004).

**Modelo aritmético:** es el más simple de todos, supone que la población tiene un comportamiento lineal y por ende, la razón de cambio se supone constante, es decir, se incrementa en la misma cantidad cada unidad de tiempo considerada (Chaves 2004).

$$P = P_i + (r * k) \quad r = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

Donde:

P = Población a estimar.

P<sub>i</sub> = Población base.

r = Tasa de crecimiento entre dos censos.

K = Número de años a estimar.

**Modelo geométrico:** en el modelo aritmético el supuesto básico consiste en que la población crece en un mismo monto cada unidad de tiempo. En el modelo geométrico se mantiene constante el porcentaje de crecimiento por unidad de tiempo y no el monto (Chaves 2004).

$$P = P_i * (1 + r)^k \quad r = \frac{P_2 - P_1}{P_1} * \frac{1}{k}$$

Donde:

P = Población a estimar.

P<sub>i</sub> = Población base.

r = Tasa de crecimiento.

K = Número de años a estimar.

**Modelo exponencial:** a diferencia del modelo geométrico el modelo exponencial supone que el crecimiento se produce en forma continua y no cada unidad de tiempo. Este supuesto obliga a sustituir la expresión "(1 + r)<sup>k</sup>" por "Exp(r \* t)".

$$P = P_i * \text{Exp}(r * k) \quad r = \frac{1}{k} * \ln \frac{P_2}{P_1}$$

Donde:

P = Población a estimar.

P<sub>i</sub> = Población base.

r = Tasa de crecimiento.

K = Número de años a estimar.

### 2.5.2 *Monitoreo de la cantidad de agua*

La hidrometría es la rama de la hidrología que estudia la medición del escurrimiento. Para este fin, es usual emplear un término denominado aforo. Aforar una corriente significa determinar a través de mediciones, el caudal que pasa por una sección dada y en un momento dado (Villón 2002).

Según el mismo autor, existen diversos métodos, para determinar el caudal (Q) de una corriente de agua, cada una aplicable a diversas condiciones, según el tamaño de la corriente o según la precisión requerida. Los métodos más utilizados son:

**a) Mediante flotadores**

Por este método, se mide la velocidad superficial (V) de la corriente y el área de la sección transversal (A), luego con estos valores aplicando la ecuación de continuidad, se calcula el caudal con la fórmula:

$$Q = V \times A$$

Para realizar este aforo se debe escoger, en lo posible, un tramo recto de longitud del cauce. Este método es el más inexacto, pero proporciona una aproximación inicial del caudal.

**b) Mediante aforo volumétrico**

Este método consiste en hacer llegar la corriente, a un depósito o recipiente de volumen (V) conocido, y medir el tiempo (T) que tarda en llenarse dicho depósito. Para calcular el caudal, hacer:

Calcular o medir el volumen del depósito o recipiente (V).

Con un cronómetro, medir el tiempo (T), requerido para llenar el depósito.

Calcular el caudal con la ecuación:

$$Q = V/T$$

Donde:

Q = caudal, en l/s ó m<sup>3</sup>/s

V = volumen del depósito, en l o m<sup>3</sup>

T = tiempo en que se llena el depósito, en s

Este método es el más exacto, pero es aplicable solo cuando se miden caudales pequeños.

**c) Mediante aforo con vertederos**

Este método consiste en interponer una cortina en el cauce con el fin de represar el agua y obligarla a pasar por una escotadura (vertedero) practicado en la misma cortina. Los vertederos, son los dispositivos más utilizados para medir el caudal en canales abiertos. Para utilizar este tipo de estructura, sólo se requiere conocer la carga del agua sobre la cresta del vertedero, y para la obtención del caudal, utilizar su ecuación de calibración.

**d) Mediante aforos con correntómetros o molinetes**

Para este método, se emplea el correntómetro o molinete. Estos son aparatos que miden la velocidad, en un punto dado del curso del agua. Esta velocidad es medida en los instrumentos,

por medio de un órgano móvil, que detecta la velocidad de la corriente y transmite las indicaciones de un interruptor encargado de cerrar un circuito eléctrico, cuando ha dado un cierto número de vueltas, sobre un contador o contómetro (de impulsiones de sonido, señales luminosas, digitales, etc).

Los correntómetros son vendidos con un certificado de calibración, sobre el que figura la fórmula que debe utilizarse, para calcular las velocidades, a partir del número de vueltas por segundo de la hélice determinada.

## **2.6 Gestión integrada del recurso hídrico**

El enfoque de la Gestión Integrada de Recursos hídricos (GIRH) ha sido definido por la Asociación Mundial del Agua (GWP 2000) como un proceso que fomenta el desarrollo y gestión coordinados de los recursos de agua, tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

La definición de la gestión integrada de los recursos hídricos plantea en forma implícita un primer nivel de gestión que parte de la necesaria coordinación entre los distintos entes competentes en materia de agua así como de otros recursos naturales. Sin embargo, en Centroamérica, la gestión institucional se caracteriza por la dispersión de competencias entre diferentes entidades que tienen muy poca coordinación entre sí (Ballesteros 2005).

Por esta razón, la adopción e implementación de un enfoque de GIRH en Centroamérica debe entenderse, en un primer momento, como la planificación coordinada del acceso, aprovechamiento y conservación del agua (Ballesteros 2005).

La GIRH en Honduras es en la actualidad competencia de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), que fue creada en el año 1996 a partir de la antigua Secretaría de Recursos Naturales, fundada en el año 1954. La actual SERNA está dividida en dos subsecretarías: Ambiente y Recursos Naturales y Energía, dependiendo de esta última la Dirección General de Recursos Hídricos (DGRH) que es la competente en materia de administración hidráulica (GWP-CA 2004).

La Ley General de Agua es de 1927 y aunque aún tiene validez, es poco funcional debido a que las necesidades y condiciones del país han cambiado mucho. Por otra parte, el poder legislativo aprobó la Ley sobre Agua Potable y Saneamiento en 2003 a pesar de la inconformidad de algunos sectores. El Comité Parlamentario de Recursos Naturales, Hídricos y Mineros solicitó apoyo a la plataforma hídrica para revisar y actualizar la ley de 1927. Como resultado, se está redactando un proyecto de ley con bases técnicas rigurosas y dentro de un proceso participativo (GWP-CA 2003).

En cuanto a los recursos hídricos se reestructurará el marco jurídico e institucional de los mismos. Se fomentará la participación de los usuarios, especialmente a través de un tipo de organización que considere a la cuenca como unidad de gestión del recurso y se iniciará la gestión integral de las cuencas hidrográficas con mayores problemas: ríos Choluteca, Chamelecón, Cangrejal y Ulúa (GWP-CA 2004).

Otras instituciones involucradas en el tema de agua son la Secretaría de Agricultura y Ganadería, a cargo de la irrigación; la Empresa Nacional de Energía Eléctrica y el SANAA a cargo del suministro de agua (GWP-CA 2003).

Existen también las juntas administradoras de agua, que son grupos comunales cogestionarios y/o autogestionarios, organizados con el propósito de brindar servicios de agua potable a sus comunidades en zonas donde no se provee dicho servicio por parte de entidades estatales; y generalmente ubicados en zonas periurbanas y rurales (FANCA 2006).

### ***2.6.1 La gobernabilidad e institucionalidad en la gestión del recurso hídrico***

Las instituciones son las organizaciones o los grupos (familia, organizaciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, grupos campesinos, representantes de la sociedad civil organizados); así como aquellas normas o reglas que permiten el funcionamiento de la sociedad. Es decir, son códigos de conducta basados en la confianza, reciprocidad, acuerdos no escritos y control social, los cuales pueden ser formales (leyes, acuerdos y reglamentos escritos) o informales (derechos consuetudinarios que pasan de generación en generación) (Prins 2005).

En materia de gestión y manejo de los recursos naturales, “institución social” se refiere a las relaciones de propiedad o usufructo, a las reglas acordadas entre los usuarios sobre el acceso y uso de recursos de posesión común, a los costos de transacción para vigilar el cumplimiento de las reglas y a la plena participación de los actores involucrados, entre otras (Prins 2005).

Así por ejemplo, en el funcionamiento de un sistema de riego, se pueden distinguir organizaciones (juntas de usuarios o comités de regantes, autoridades comunales) y las reglas del juego correspondientes (derechos de agua, rol de riego, uso, operación y mantenimiento, entre otros). La combinación de organización, conocimiento y normatividad es como el programa (“*software*”) que hace viable la operación, mantenimiento y conservación de la obra (“*hardware*”) y el mismo recurso hídrico (Prins 2005).

De aquí la importancia de un ente administrativo como son las estructuras municipales o las juntas de agua que vinculen la conservación y el manejo del recurso agua existente en la microcuenca La Soledad, pues de no existir organismos vinculantes o al no estar fortalecidos, habrá conflictos originados por la falta de mecanismos que procuren su administración, lo que se verá reflejado en un paulatino deterioro del recurso hídrico.

En cuanto al marco institucional en Valle de Ángeles, Espinal (2005) menciona que se encuentran algunas organizaciones, tanto del ámbito local, como instituciones del sector gubernamental y no gubernamental, que encaminan esfuerzos que orientan la gobernabilidad de los recursos naturales existentes en la microcuenca. Dentro de las organizaciones locales comunitarias más destacadas se encuentran las juntas de agua potable, comités ambientales locales, patronatos comunitarios y asociación de productores (cooperativas).

Se encuentran también diferentes instituciones gubernamentales y no gubernamentales involucradas con proyectos presentes en la región o instancias del gobierno local como la Municipalidad, Fundación Amigos de La Tigra (AMITIGRA), Fundación Vida, entre otros.

Sin embargo, en relación a una política municipal para la gestión de los recursos hídricos, Angulo (2006) menciona que en Valle de Ángeles no existe documento alguno a nivel municipal para la gestión específica de los recursos hídricos. Respecto a las ordenanzas

municipales, la misma fuente menciona que no existen instrumentos específicos dado que las 10 ordenanzas, que de alguna manera están relacionadas con el manejo y cuidado de los recursos naturales, no hacen mención con especificidad sobre el tema agua, la mayoría están orientadas a sancionar los incendios forestales. Además, en estos documentos, solo se hace una descripción de actividades que se deben realizar y algunas prohibiciones.

Otro instrumento analizado es el Plan de Arbitrios, dicho instrumento, aprobado por la Corporación Municipal y ejecutado por los departamentos de Justicia Municipal y la Unidad Municipal Ambiental (UMA), rige para el cobro de las tasas, impuestos y contribuciones durante el año correspondiente. Sobre el manejo y cuidado del agua, se hace mención respecto de la regulación del servicio de agua potable (tasas de pago por el consumo de agua), permiso para dotar agua a lotificadoras (concesiones que consisten en un pegue al sistema de conducción de agua, y no de la fuente de agua) y sanciones (Angulo 2006).

Respecto al tema de sanciones, son pocos los puntos que están relacionados con el manejo y administración del agua. Las sanciones acordadas son impuestas por el Director Municipal de Justicia, así lo estipula el Plan de Arbitrios. Se da prioridad al agua para consumo humano en contra del agua para riego de jardines y parcelas con hortalizas (Angulo 2006).

En este sentido, Ostrom (2000) afirma que a veces resulta difícil la organización en comunidades debido a que los casos del recurso hídrico y los bosques, son sistemas grandes donde es difícil excluir a potenciales usuarios de los beneficios comunes, surgiendo así los conflictos.

Al respecto, Arrecis (2006) realizó un trabajo sobre la institucionalidad rural vinculada con la conservación del recurso hídrico en la microcuenca del río Caquijá en Guatemala. En dicho estudio analizó las interacciones del capital social del área para proponer alternativas de organización comunitaria que lleven al manejo de las áreas de recarga hídrica en la zona. Se encontró que las comunidades que se abastecen de agua potable, actualmente no realizan de forma coordinada actividades que beneficien a las zonas de recarga y desconocen las condiciones del capital natural en la misma. Tampoco están al tanto de los detalles de la forma de trabajar, las necesidades y limitantes de los comités responsables del agua potable. Esto se

debe en parte a que los comités no han logrado involucrar completamente a las comunidades en sus gestiones y no informan a la población acerca de las necesidades y realidades de la microcuenca.

Sin embargo, a pesar de las limitantes identificadas, la sistematización de las experiencias del trabajo de los comités determinó que la acción colectiva que años atrás realizaron los comités responsables del agua potable, fueron determinantes para evitar la pérdida del bosque, realizar actividades de vigilancia y de mantenimiento de la infraestructura del agua potable (Arrecis 2006).

Entonces la clave para reconciliar el uso de los recursos naturales y la conservación según Ostrom (2000), no radica en la propiedad del recurso, sino en la capacidad de las instituciones que regulan el uso de los recursos para llegar a acuerdos con los actores interesados en pro de un manejo sostenible. Esta capacidad depende de la construcción de reglas y acuerdos, luego del compromiso mutuo y por último de la supervisión del cumplimiento de las reglas por parte de los distintos participantes.

### ***2.6.2 Las juntas de agua en Honduras***

La experiencia de Honduras en estas figuras es reciente, ya que aunque existen algunas experiencias en los años sesenta, es a inicios de los ochenta que surgen las juntas administradoras de agua como una respuesta a los problemas de acceso, sostenibilidad y calidad del recurso. Debido a que el SANAA no tuvo la capacidad de cubrir las necesidades de 298 municipios del país, las comunidades tomaron la iniciativa para construir y mantener sus propios sistemas, en algunos casos con la cooperación internacional y en otros con sus propios recursos (FANCA 2006).

En cuanto a las competencias de las juntas de agua, el Reglamento General de las Juntas de Agua y Saneamiento de Honduras menciona que corresponde a las juntas la ejecución de los programas de abastecimiento de agua potable y saneamiento en las comunidades rurales y en las áreas urbanas en vías de desarrollo, en colaboración con las municipalidades y otras entidades nacionales e internacionales, públicas y privadas, como entidades ejecutoras (PRRAC 2006).

El mismo reglamento también menciona que las funciones de las juntas de agua son las siguientes:

- ? 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 construcción, operación, mantenimiento y administración de los sistemas de agua y saneamiento, así como la vigilancia de la calidad de agua.
- ? Coadyuvar a la promoción y 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.
- ? Vigilar que el manejo de los desechos (líquidos, gaseosos y sólidos) sean conforme a leyes, normas y reglamentos.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Localización del área de estudio

El Municipio de Valle de Ángeles pertenece al departamento de Francisco Morazán, ubicado en la región central de Honduras (Figura 1). Se encuentra a 22 kilómetros de la capital Tegucigalpa y su extensión territorial es de 107.2 km<sup>2</sup>. Limita al Norte con el Distrito Central, al Sur con el Municipio de San Antonio de Oriente, al Este con los Municipios de Morocelí y Villa de San Francisco y al Oeste con el Municipio de Santa Lucía. Geográficamente se localiza entre los 14° 10' y los 14° 15' latitud norte y entre los 87° 00' y los 87°10' longitud oeste.

En el territorio de Valle de Ángeles se ubica la mayor parte de la microcuenca La Soledad, cuya superficie total es de 4, 582 hectáreas, que a su vez abarca territorios del Distrito Central y Municipio de Santa Lucía. La microcuenca se encuentra dentro de la subcuenca del río Yeguaré, localizada en la parte alta de la cuenca del río Choluteca.

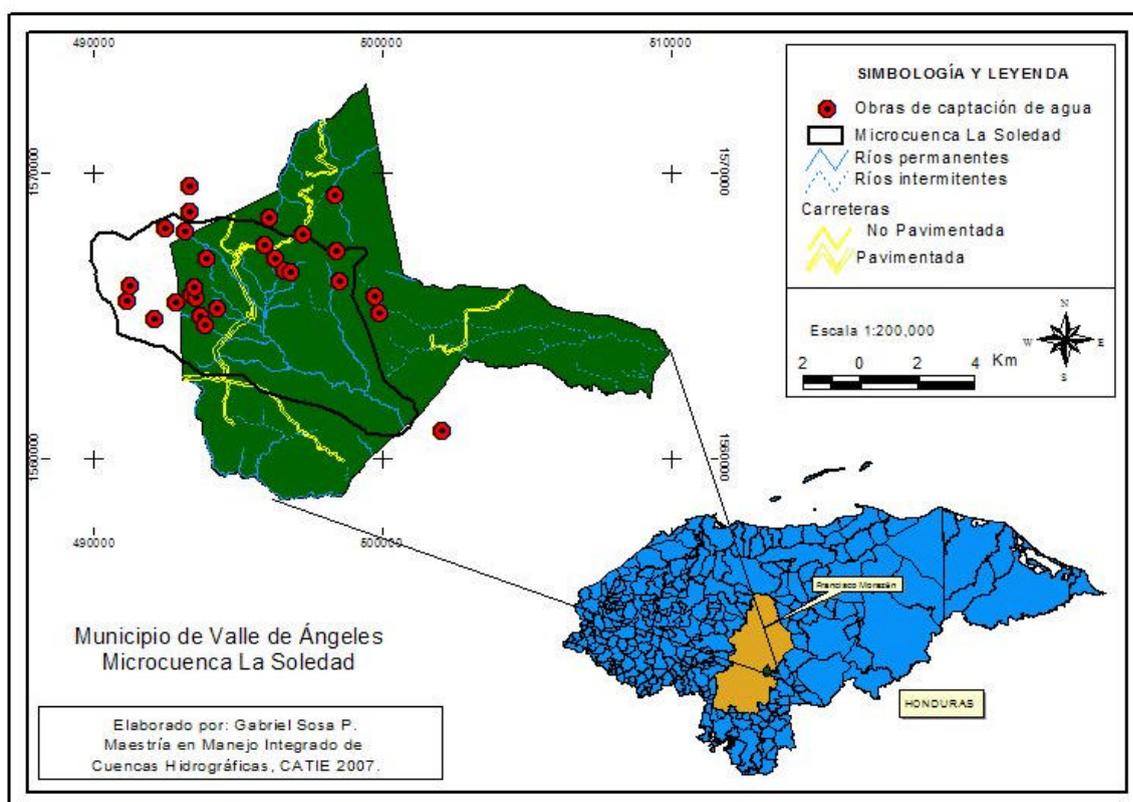


Figura 1. Mapa de ubicación del Municipio de Valle de Ángeles, Honduras.

### ***3.1.1 Características biofísicas***

La topografía corresponde a zonas montañosas; más del 60% de las tierras son de laderas, las partes planas son casi inexistentes y consecuentemente son pocas las tierras aptas para la agricultura y ganadería. La máxima elevación es de 2,200 y la mínima de 1,224 m.s.n.m. (Fundación Vida 2004).

Los suelos de la microcuenca son medianamente fértiles y predominantemente de vocación forestal, aunque en las partes bajas de pendientes suaves son aptos para agricultura (FOCUENCAS 2001). La mayor parte de los suelos en la microcuenca han sido desarrollados a partir de rocas sedimentarias, dentro de los cuales se encuentran los suelos Chandala, Chimbo, Esparigat y Naranjito. Aproximadamente el 50% del área de la microcuenca corresponden a suelos Esparigat, no obstante, el 70% de los suelos son originados a partir de rocas sedimentarias (FOCUENCAS II 2005).

La precipitación media anual varía entre 1 100 a 1 600 mm, con dos estaciones muy marcadas: la lluviosa que se extiende de mayo a octubre, y la seca que cubre de noviembre hasta abril (Rivera 2002). La temperatura promedio anual es de 18 °C y la humedad relativa promedio es de 84%, con una evapotranspiración promedio mensual de 55 mm (FOCUENCAS 2001). El flujo predominante de los vientos entre octubre y febrero es del cuadrante Noreste con variaciones al Norte y Noroeste y del Sudeste, en cortos lapsos, en mayo, junio y septiembre (FOCUENCAS II 2005).

El sistema principal de drenaje está compuesto por el río La Soledad, quebrada Agua Dulce, quebrada Honda, quebrada Amarilla y el río El Carrizal, los cuales a su vez, son abastecidos por las quebradas ubicadas aguas arriba del casco urbano. Entre estas sobresalen Las Martitas, El Suizo y San Francisco (Noreste), El Matasano y Los Jutes (Suroeste), La Chanchera y La Cartuchera (Noroeste).

La cobertura vegetal de la microcuenca está conformada principalmente por bosque de pino y latifoliado, guamiles y cultivos diversos, como hortalizas, flores y granos básicos (FOCUENCAS II 2005).

Abarca tres ecosistemas de acuerdo a la clasificación de la UNESCO; la mayor parte del territorio forma parte del sistema agropecuario y en menor grado, en la parte occidental, se encuentran dos ecosistemas muy parecidos, el Bosque Tropical Siempre Verde Latifoliado Montano Superior y el Bosque Tropical Siempre Verde Latifoliado Montano Superior con una variante de Honduras central occidental (HCW) (FOCUENCAS II 2005). La microcuenca tiene alrededor del 43% de su territorio en situación de área protegida que corresponde al “Parque Nacional La Tigra”, abarcando parte de la zona núcleo y zonas de amortiguamiento, donde se desarrollan cultivos anuales e intensivos.

### ***3.1.2 Características socioeconómicas***

El Municipio de Valle de Ángeles, según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en el Censo de Población y Vivienda 2001, tenía una población de 10,454 habitantes diferenciados por área (urbano 44.6% y rural 55.4%) y por género (51% hombres y 49% mujeres). Reporta también una tasa de crecimiento poblacional para el periodo 1988-2001 de 3.6%. El municipio se compone de 7 aldeas y 31 caseríos, con el 55% de la población residiendo en la cabecera municipal, un 32% en las aldeas Cerro Grande y Las Cañadas y el resto de la población se distribuye en otras cuatro aldeas del área rural (INE 2001).

Se cuenta con 11 centros educativos de nivel prebásico, 20 de educación primaria, un centro básico y dos de nivel medio. Además, se ofrece educación no formal por instituciones como el Centro de Capacitación Artesanal (CENCART), el Instituto Nacional de Formación Profesional (INFOP), el Instituto Hondureño de Educación por Radio (IHER) y Educatodos (Fundación VIDA 2004).

Principalmente la cabecera municipal cuenta con los servicios públicos de energía eléctrica, agua potable, alcantarillado sanitario, aseo urbano y telefonía; sin embargo, la mayoría de la población rural carece de los servicios básicos.

De acuerdo con la Fundación VIDA (2004), una cuarta parte de la población se dedica a las actividades agrícolas en la producción de hortalizas y granos básicos, mientras el resto a actividades artesanales y propietarios de pequeños negocios. Dada su proximidad a Tegucigalpa, un considerable grupo de personas trabajan en la ciudad. Esta misma cercanía

genera un constante movimiento de turistas y desarrollo económico, convirtiéndola en probablemente la comunidad con más actividad turística del centro del país, ya que Valle de Ángeles posee uno de los mayores pabellones artesanales permanentes de Honduras.

### **3.2 Proceso metodológico**

La investigación se insertó en el proceso que actualmente esta en marcha en Valle de Ángeles, mediante una interacción permanente con los actores locales y el acompañamiento a los proyectos en ejecución. Esto sin perder de vista un marco lógico con los objetivos y las preguntas claves que implican diversas variables, así como métodos y técnicas empleadas que aquí se describen.

El desarrollo inició presentando el trabajo de investigación a los actores locales con los cuales hubo interacción, como es el Consejo de Cuenca, miembros de la Corporación Municipal, juntas administradoras de agua, instituciones de salud y productores. Una vez presentado de forma general, hubo una planeación de forma más específica con cada actor, de tal manera que se cumpliera cada objetivo, con su propia metodología.

#### ***3.2.1 Primer objetivo: caracterización de los acueductos y análisis de los sistemas de producción***

##### **Caracterización de los acueductos**

Se realizó una caracterización general de los acueductos iniciando con la revisión de información secundaria como tesis, estudios, proyectos y cualquier documento que permitiera conocer el estado de los acueductos en el municipio. Posteriormente se realizaron recorridos de reconocimiento con los fontaneros de la Alcaldía Municipal, al igual que con todas las juntas de agua para ubicar físicamente y geográficamente, las obras de captación, almacenamiento y distribución de cada sistema.

Para la ubicación en coordenadas geográficas se utilizó un Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) y posteriormente para la realización de los mapas se hizo uso del programa Arc View.

Los criterios considerados para la caracterización fueron:

- a) Administración: se clasificaron los acueductos de acuerdo al organismo administrador que puede ser la Alcaldía, una junta administradora de agua, un patronato o el SANAA. Se identificaron también los caseríos que no cuentan con sistema de agua potable.
  
- b) Ubicación: se ubicaron las obras de toma de agua para determinar cuál es el estado de protección de las fuentes y zonas de captación. Se identificaron las fuentes ubicadas dentro de áreas con algún régimen especial de protección como el Parque Nacional la Tigra o la microcuenca La Soledad.
  
- c) Cobertura vegetal y uso del suelo: se identificó el tipo de vegetación de la zona de captación de la fuente y el tipo de uso del suelo para diferenciar el riesgo potencial por contaminación agrícola, ganadera, producción forestal o asentamientos urbanos.
  
- d) Población abastecida: se ubicó la red de distribución de cada acueducto para identificar la población abastecida, estimando población actual mediante dos formas. La primera fue utilizando el método de estimación con crecimiento aritmético, considerando como base al Censo de Población y Vivienda 2001 del INE. Este método fue utilizado para los barrios del casco urbano del municipio, mismos que en su mayoría son abastecidos por acueductos administrados por la Alcaldía Municipal. La segunda forma corresponde a todos los acueductos administrados por las juntas de agua, en su mayoría de carácter rural, donde la población se calculó con base al número de viviendas manejado por cada junta, multiplicado por el índice de hacinamiento del municipio que es de 4.54 habitantes/vivienda, según el Censo de Población y Vivienda 2001.
  
- e) Tipo de servicio: en los acueductos del casco urbano se investigó el tipo de servicio que demanda la población, para determinar la proporción de abonados que tiene el sector de la industria, comercio, servicios hoteleros y residenciales.

### **Análisis de los sistemas de producción**

Se identificaron las áreas prioritarias para el análisis considerando los siguientes elementos:

- a) Superficies ubicadas por la zonificación para el ordenamiento territorial en Valle de Ángeles establecidas por Pinedo (2006), como áreas en conflicto de uso o zonas que requieren de algún manejo especial.
- b) Ubicación de los sistemas productivos cercanos a las fuentes de agua y zonas de captación de algunos acueductos.
- c) Caseríos cuya población se dedique a la producción agrícola, pecuaria o forestal.

Dentro del territorio la zona más representativa para analizar los sistemas de producción fue Buena Vista, ya que además de tratarse de la mayor superficie de producción agrícola, es una población que en su mayoría se dedican a dicha actividad. En la misma zona se registran conflictos entre la capacidad de uso y uso actual del suelo. Se trata de una pequeña microcuenca ideal para este análisis debido a que en ella se encuentran diferentes nacientes de agua, donde se abastecen tres barrios del casco urbano de Valle de Ángeles.

El total de productores entrevistados para el análisis fue de 25, con fincas ubicadas en las partes alta, media y baja de la microcuenca.

En Buena Vista se entrevistaron a 20 productores donde hay alrededor de 25 viviendas, con un total de 170 habitantes, por lo que el número de productores entrevistados es representativo. Existe el mismo sistema de producción en todo el territorio del municipio, por lo tanto, en las otras zonas agrícolas cercanas a las fuentes sólo se entrevistaron a cinco productores más que cuentan con mayores superficies de terrenos en zonas relevantes como “Las Martitas”, por tener fincas en la parte alta del manantial que abastece de agua potable a parte del casco urbano de Valle de Ángeles. Además de otras zonas con menores superficies agrícolas como Chinacla, de donde se abastece de agua la comunidad de Chiquistepe y El Guayabo, donde aprovecha agua la comunidad de Jocomico.

Se analizaron los sistemas de producción agrícola, pecuario y forestal con base en la propuesta de protocolo, elaborada por Jiménez (2006c) para el monitoreo de la gestión de cuencas hidrográficas, en el marco del programa FOCUENCAS II, específicamente en lo referente a la variable de patrones de producción contribuyentes a la gestión sostenible de las cuencas y el ambiente. Se realizó una selección y adecuación de las prácticas establecidas en las guías de dicha metodología, según las características y condiciones propias de la zona (Anexo 1).

Esta metodología considera indicadores de acuerdo a aquellas actividades productivas que contribuyen al buen manejo de la cuenca:

- a) Fincas con prácticas de agricultura conservacionista y de manejo y protección del agua.
- b) Fincas con prácticas de producción pecuaria conservacionista y de manejo y protección del agua.
- c) Fincas con prácticas de producción y conservación forestal, de utilización bioenergética y de manejo y protección del agua.

Cada indicador se compone de una serie de prácticas a evaluar y básicamente se determinó el nivel de cumplimiento de las prácticas conservacionistas de manejo y conservación del agua, lo cual estaría interfiriendo con una gestión adecuada de los recursos naturales en la cuenca.

Dado que se trata de un análisis más presencial y visual en campo, se visitó a cada productor en su finca, obteniendo información con datos generales que también se presentan en el Anexo 1, que incluyen la ubicación y usos principales de la tierra en la finca, además de las series de prácticas de agricultura, ganadería y producción forestal que fueron evaluadas.

### ***3.2.2 Segundo objetivo: monitoreo de cantidad y calidad de agua e índices de salud***

#### **Monitoreo de calidad**

Basado en un estudio realizado por Reyes (2006), donde se consideraron 22 acueductos para el análisis de calidad, en el presente estudio se retomaron los mismos, excepto el acueducto de Cerro Grande, que por motivos de cambio de fuente de abastecimiento no fue considerado. En

los 21 acueductos del municipio se analizaron los mismos parámetros del estudio anterior con el fin de dar seguimiento al monitoreo y generar una línea base que indique algún impacto del manejo en el corto y largo plazo. El análisis fue para dos épocas del año; la primera corresponde a la época seca, evaluada entre la segunda quincena de marzo y primera de abril, y la segunda corresponde a la época de lluvias, evaluada entre la segunda quincena de junio y primera de julio.

Algunos de los parámetros analizados fueron seleccionados de la Norma Técnica Nacional para la Calidad de Agua Potable de Honduras (MINSA 1995), y otros más, no considerados por dicha norma, fueron analizados por la importancia como indicadores de materia orgánica en el agua.

De los parámetros físicos se seleccionó la temperatura *in situ* (°C) y la turbiedad (NTU). Los parámetros químicos fueron el pH, Fosfatos (mg/l), Nitratos (mg/l), Sólidos Suspendidos (mg/l) y Sólidos Totales Disueltos (mg/l). Se consideraron parámetros que reflejaran el contenido de materia orgánica en el agua como es el Oxígeno Disuelto (mg/l), la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (mg/l) y la Demanda Química de Oxígeno (mg/l). En cuanto a los bacteriológicos fueron analizados los Coliformes Totales (UFC/100ml) y Coliformes Fecales o Termotolerantes (UFC/100ml).

Todos suman un total de 12 parámetros, analizados en su mayoría por el laboratorio del SANAA. Solamente en el caso de DBO<sub>5</sub> y DQO, los análisis fueron hechos en el laboratorio del Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO). Ambos están ubicados en la capital Tegucigalpa.

Para asegurar resultados confiables, el procedimiento específico a seguir para la toma de cada muestra fue basado en un instructivo proporcionado por el laboratorio de aguas del SANAA (2007b).

Se analizaron por lo tanto, fuentes superficiales de agua cruda, es decir, que no han sufrido ningún tratamiento y que provienen de quebradas o nacientes donde fueron muestreadas. Por razones de logística en tiempo y distancia para el transporte al laboratorio, en algunos casos

hubo la necesidad de muestrear en el tanque de almacenamiento, pero siempre tomando la muestra antes de que el agua reciba cualquier tratamiento que altere los resultados.

Teniendo en cuenta el tipo de análisis a realizar se preparó el material y equipo siguiente:

- a) Frascos para análisis fisicoquímico de plástico (polietileno) con tapadera de rosca y con capacidad no menor de un litro que fueron desinfectados utilizando agua, detergente biológico, varios enjuagues con agua y agua destilada.
- b) Bolsas plásticas estériles para los análisis bacteriológicos que fueron adquiridas en un establecimiento del ramo.
- c) Frascos de vidrio especiales para muestra de Oxígeno Disuelto.
- d) Termómetro.
- e) Comparador de pH.
- f) Hielera.
- g) Etiquetas.

Los principales cuidados fueron no contaminar el frasco o bolsa antes de tomar la muestra y colocar estos siempre frente a la corriente, a una profundidad de más o menos 30 cm, para evitar captar espuma superficial. Los frascos se enjuagaron de dos a tres veces, para finalmente llenarlo con el agua a ser analizada.

Una vez tomada la muestra, el frasco o bolsa fue rotulada y etiquetada, indicando la fecha y hora del muestreo, el nombre del muestreador y de la fuente. Se indicó también los análisis hechos en campo como es la temperatura y pH.

Para muestras bacteriológicas, el transporte al laboratorio fue en una hielera limpia, tratando de mantenerla a una temperatura de 10 °C. El tiempo transcurrido entre la toma y su análisis en laboratorio no debía ser mayor a 24 horas, sin embargo, para algunos parámetros como el DBO<sub>5</sub> el laboratorio de CESCO recomienda sólo un tiempo de seis horas.

### **Análisis estadístico**

El análisis estadístico se llevó a cabo de la siguiente manera: en primer lugar se analizaron los datos de calidad obtenidos en época seca y época lluviosa del año 2007. Se utilizó el programa

InfoStat para un Análisis de Varianza (ANAVA) de un diseño completamente aleatorizado, con estructura factorial de tratamientos dados por la combinación del factor época con dos niveles (época seca y lluviosa) y el factor acueducto con 21 niveles (21 acueductos).

Para realizar el ANAVA se hizo la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks y gráficos de dispersión de residuos *versus* predichos para evaluar homogeneidad de varianzas de las 12 variables de calidad de agua estudiadas. En los casos en que las variables no cumplieron con los supuestos de normalidad, se realizó una transformación de los datos a rangos (estadísticos de orden).

El primer modelo de análisis fue:

$$Y_{ij} = \mu + E_i + L_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  : Variable respuesta (parámetros de calidad de agua)

$\mu$  : Media general

$E_i$  : Efecto de la  $i$ -ésima época

$L_j$  : Efecto del  $j$ -ésimo acueducto

$\epsilon_{ij}$  : Término de error independiente, supuestamente distribuido normal  $(0, \sigma^2)$

Una vez realizado el análisis para la época seca y lluviosa del 2007 fueron considerados los datos obtenidos por Reyes (2006), para las mismas épocas en los mismos acueductos del año 2006. A estos datos en conjunto, de ambos años, se realizó un ANAVA para un diseño completamente aleatorizado, con estructura factorial de tratamientos dados por la combinación del factor año con dos niveles (2006, 2007), el factor época con dos niveles (seca, lluviosa) y el factor acueducto con 21 niveles.

La interacción triple fue utilizada como término de error debido a la ausencia de repeticiones puras y se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks y gráficos de dispersión de residuos *versus* predichos para evaluar homogeneidad de varianzas. Cuando los supuestos de normalidad no se cumplieron se realizó también una transformación de los datos a rangos.

El segundo modelo de análisis fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + E_j + L_k + AE_{ij} + AL_{ik} + EL_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : Variable respuesta (parámetros de calidad de agua)

$\mu$ : Media general

$A_i$ : Efecto del  $i$ -ésimo año

$E_j$ : Efecto de la  $j$ -ésima época

$L_{ik}$ : Efecto del  $k$ -ésimo acueducto

$AE_{ij}$ : Interacción del  $i$ -ésimo año con la  $j$ -ésima época

$AL_{ik}$ : Interacción del  $i$ -ésimo año con el  $k$ -ésimo acueducto

$EL_{jk}$ : Interacción de la  $j$ -ésima época con el  $k$ -ésimo acueducto

$\epsilon_{ijk}$ : Término de error independiente, supuestamente distribuido normal  $(0, \sigma^2)$

Con el fin de determinar si existe alguna relación entre las variables o parámetros de calidad de agua, se realizó un análisis con el coeficiente de correlación de *Pearson*, (al conjunto de datos del año 2006 y 2007) a fin de determinar si existe algún grado de asociación entre los parámetros y si la asociación observada es significativa.

### **Monitoreo de cantidad**

La frecuencia en la toma de muestras se llevó a cabo en dos épocas del año (seca y lluviosa), las mismas que el monitoreo de calidad. Lo ideal en este indicador es obtener una información mensual de tal forma que refleje el comportamiento de la cantidad a lo largo del año, sin embargo, los alcances de este estudio sólo incluían las dos épocas y sólo en algunos casos con ayuda de las juntas de agua, como parte del aprendizaje del monitoreo por actores locales, se obtuvieron mayores datos, con lo que se pudo determinar el periodo más crítico del año por cantidad de agua.

La medición fue realizada utilizando el método de aforo volumétrico, siendo el más recomendable por la exactitud al tratarse de caudales pequeños. Existen algunas excepciones

como es el caso de la quebrada San Francisco, El Carrizal y Quebrada Bellos, que en época de lluvias, alcanzan caudales difíciles de medir mediante el método volumétrico, por lo que se aplicó el método con flotadores, comparando siempre el resultado con el método anterior, pues existe mayor margen de error debido a lo accidentado del terreno e irregularidad en la quebrada. El material utilizado fue un cronómetro, un balde con volumen conocido, cinta métrica y un corcho como flotador.

Se tomaron dos mediciones de caudal por acueducto que son: caudal total y caudal aprovechado. El primero se refiere a la cantidad total que tiene el manantial o quebrada, mientras el segundo a la cantidad aprovechada, medida en la entrada del tanque de almacenamiento. Cada aforo realizado tuvo tres repeticiones para obtener un promedio y minimizar los errores.

Los resultados son presentados por fuente y por acueducto para futuros monitoreos, y con base en la población calculada en la caracterización, se determinó la oferta y demanda considerando una dotación recomendada por la OMS de 200 litros por persona diarios, obteniendo así los acueductos que actualmente presentan escasez de agua.

### **Frecuencia de enfermedades de origen hídrico**

Para obtener la frecuencia de enfermedades en el municipio fue necesaria la selección de aquellas cuyo origen se encuentre relacionado con la calidad y disponibilidad del agua. Esta selección fue realizada con el personal del Centro de Salud Médico Odontológico (CESAMO) de Valle de Ángeles, resultando siete enfermedades que son: dengue, dermatitis alérgica, diarreas/disenterías, escabiosis/pediculosis, hepatitis "A", infecciones de la piel y parasitismo intestinal.

Una vez seleccionadas las enfermedades se hizo la revisión de los archivos en los centros de salud, logrando obtener información mensual por enfermedad desde enero del año 2004 hasta junio del 2007, clasificada en 12 sectores del municipio que acuden al CESAMO del casco urbano y cinco pequeños sectores que acuden al CESAMO de la aldea Cerro Grande.

Los resultados se clasificaron en una tabla por localidad, de acuerdo a los sectores reconocidos por cada CESAMO, identificando así las aldeas y caseríos con mayor número de enfermos en los periodos antes mencionados. Se analizó también el tipo de enfermedad más frecuente y de forma general, la época del año en que incrementa la población enferma, haciendo un análisis gráfico de relación entre la distribución de la precipitación a lo largo del año y la frecuencia de enfermedades.

### ***3.2.3 Tercer objetivo: análisis de la oferta y demanda en dos acueductos vulnerables a la deficiencia de agua***

Se seleccionaron aquellos acueductos que presentan deficiencia actual en el suministro de agua demandada por la población. Del total de los 21 acueductos trabajados, se seleccionaron dos acueductos que son: uno administrado por tres comunidades Chagüitillo, Sauce y Cañadas, cuya característica es semiurbana y uno de carácter netamente rural de la comunidad de Chiquistepe.

Los criterios en la selección, además de la deficiencia de agua, fue la comunicación e integración de la junta de agua, pues hay otros acueductos que presentan problemas por la cantidad de agua, pero que dificultó la aplicación del análisis por la escasa o nula comunicación entre la directiva. Tal es el caso del acueducto de los barrios La Esperanza, La Leona y El Carmelo, en donde se requiere una reestructuración a nivel de directiva y reorganización con los abonados, lo cual queda fuera del alcance con el objetivo de la presente investigación.

Una vez seleccionados los acueductos se organizaron recorridos en campo con la participación de los integrantes de la junta de agua y fontaneros, con el fin de verificar el funcionamiento y operación del sistema, detectando posibles irregularidades desde la captación hasta la distribución. Se realizaron los correspondientes aforos para cada acueducto con el fin de determinar la cantidad de agua que es aprovechada hasta el tanque de almacenamiento.

Se levantó también una encuesta a cada uno de los abonados para determinar la población real que abastece cada acueducto, y que además incluía información de morosidad en el pago,

tenencia de cisternas, número de familias abastecidas por la misma toma, hasta inconformidades en la distribución (Anexo 2).

Una vez obtenida la información se determinó la oferta y demanda de cada acueducto considerando una dotación de 200 litros por persona diarios y se analizó la información obtenida por las encuestas, calculando morosidad e identificando deficiencias en la distribución del agua entre la población.

Se realizó un taller con la junta directiva de cada acueducto para conocer la historia en relación a la gestión del recurso hídrico, analizar la organización social e identificar puntos de acción para fortalecer la gestión a nivel de junta de agua. El análisis con las dos juntas de agua sirvió de base para analizar la situación actual de todas las juntas de agua en el municipio, por lo que los resultados obtenidos se presentan en el apartado correspondiente al cuarto objetivo, que trata sobre el fortalecimiento de las estrategias y acciones de gestión impulsadas por los actores locales.

#### ***3.2.4 Cuarto objetivo: fortalecimiento de la gestión por actores locales***

Este apartado es un seguimiento al proceso de fortalecimiento de la creación de institucionalidad y gobernanza en el municipio que se ha venido trabajando por el programa FOCUENCAS II y mediante otros trabajos de investigación. Para conocer a fondo la situación requirió una previa revisión y análisis de documentos con antecedentes sobre la gestión del agua en el municipio, como el mismo plan de cogestión de la microcuenca, documentos de tesis, manuales y estructura organizativa en la municipalidad y en las juntas de agua. Se hizo una revisión también de las políticas nacionales y municipales relacionadas con los recursos hídricos, documentos de normatividad y organización administrativa para el manejo del agua.

En el proceso de cumplimiento de los objetivos anteriores hubo visitas a todas las fuentes de agua con observación participativa y diálogos directos con las directivas de las juntas de agua y fontaneros, quienes tienen un punto de vista muy particular, debido al amplio conocimiento e historia del sistema. Se trabajó en coordinación con el regidor de salud y personal del CESAMO en el casco urbano.

En este proceso se identificó a cada actor relacionado con la protección y conservación del recurso hídrico en las comunidades, identificando intereses, posiciones, percepciones e interrelaciones entre dichos actores. Desde el primer momento se acompañó a las reuniones con el Consejo de Cuenca, así como reuniones mensuales con todas las juntas de agua del municipio, donde se compartió cada resultado obtenido, incluyendo los resultados de calidad del agua obtenidos en investigaciones anteriores, con el fin de tener bases de discusión y análisis que permitan avanzar en el proceso.

Para entender la organización social en las comunidades abastecidas por acueductos administrados por juntas de agua, se realizó un análisis (Diagrama de Venn) en los dos acueductos en donde se analizó la oferta y demanda, para identificar las interacciones existentes entre los grupos activos e instituciones dentro y fuera de las comunidades, además de percibir como los miembros de cada junta de agua visualizan a dichos grupos.

Con base en éstos dos acueductos y con las reuniones generales de las juntas de agua se analizó su situación actual de la gestión del agua, apoyado también por un análisis FODA que sirvió de base para identificar algunas estrategias que lleven a soluciones para asegurar el abastecimiento del agua en cantidad y calidad.

En lo correspondiente a la gestión a nivel del municipio por la Alcaldía, se participó en reuniones y sesiones del Consejo de Cuenca, la Corporación Municipal y sesiones de cabildo abierto, lo cual permitió conocer el desarrollo en relación a la gestión del recurso hídrico, analizando las estrategias que han tomado para evitar la escasez de agua y cuáles para la protección de la calidad, así como los éxitos y limitantes. Esto incluye los acuerdos y acciones colectivas que se han tomado a nivel municipal en beneficio del manejo del agua, cuáles son las lecciones aprendidas y como se puede fortalecer la cooperación y organización en el manejo y gestión del agua en el municipio.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Caracterización general de los acueductos**

Se registraron y ubicaron en el mapa del municipio 27 obras de captación para agua potable que abastecen a 24 acueductos (Figura 2), es decir, algunos acueductos se abastecen por dos o más obras de captación en diferentes fuentes, y en algunos casos, en la misma quebrada se ubican dos o más obras de captación para diferentes acueductos. Se cuenta además con su respectiva ubicación en coordenadas para monitoreos futuros (Anexo 3).

Al igual que las obras de captación, los tanques de almacenamiento se tienen ubicados en el mapa del municipio (Figura 3), con sus respectivas coordenadas (Anexo 4).

De los 24 acueductos registrados, 21 de ellos son analizados en el presente estudio, excluyendo al acueducto de Cerro Grande y parte del sector Cañadas, administrado por el SANAA y que está en proceso de cambio de fuente, además de dos pequeños sistemas (El Socorro y Gracias a Dios) que abastecen a un promedio de 13 viviendas cada uno y por el alto costo que implican los análisis, no fue posible analizar. Cabe mencionar que hay pequeños caseríos que no se encuentran incluidos dentro de los 24 acueductos registrados, debido a que se abastecen de fuentes pequeñas y diversas, sin contar con una red de distribución formal y por lo tanto, no tienen organización como una junta de agua, tal es el caso del caserío de Buena Vista y El Porvenir, entre otros.

Para dimensionar la importancia de los resultados obtenidos, tanto en calidad como en cantidad de agua por cada acueducto, es necesario conocer algunas características generales como la población abastecida por cada uno, así como la fuente de captación de agua y el organismo administrador. Por tal razón, para los 21 acueductos estudiados se realizó una estimación de la población abastecida para el año 2007, en total suman una población de 9,369 habitantes, lo que corresponde aproximadamente al 70% de la población total del municipio. El 30% restante corresponde a los tres acueductos no considerados en el estudio, principalmente el de Cerro Grande y Cañadas, además de los pequeños caseríos que no cuentan con acueducto.

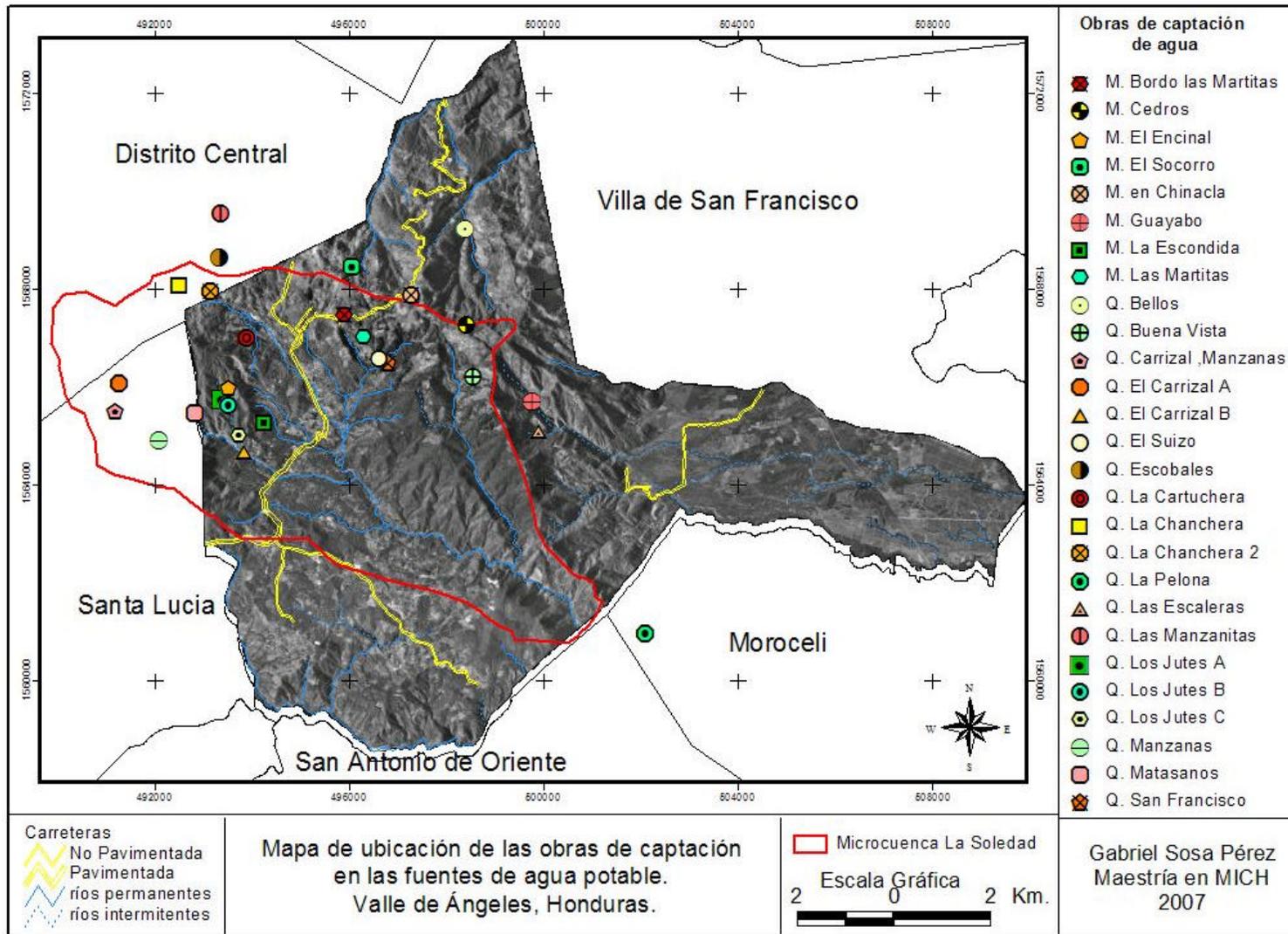


Figura 2. Mapa de ubicación de las obras de captación de agua potable en Valle de Ángeles, Honduras.

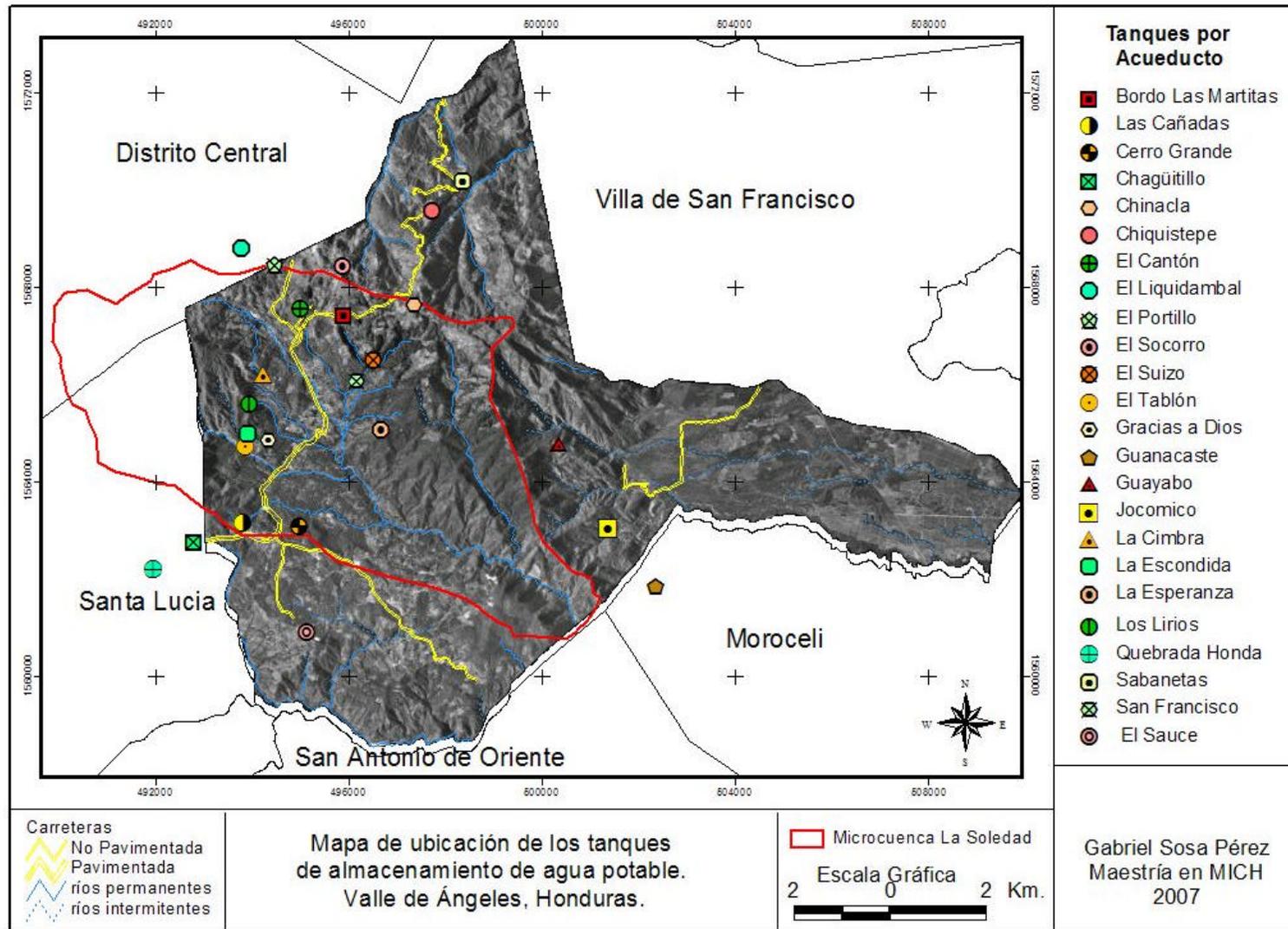


Figura 3. Mapa de ubicación de los tanques de almacenamiento de agua potable en Valle de Ángeles, Honduras.

De los 21 acueductos, cinco son administrados por la Alcaldía Municipal (Cuadro 4); en la mayor parte se trata del casco urbano y para estos acueductos la Alcaldía no cuenta con datos actualizados sobre el número de abonados o viviendas, por tal razón, el número de habitantes fue estimado mediante el método de crecimiento aritmético, tomando como base los dos últimos censos del INE de 1988 y 2001, en donde se encuentra la información clasificada por barrios urbanos para Valle de Ángeles.

*Cuadro 4. Acueductos de Valle de Ángeles administrados por la Alcaldía Municipal*

<b>Acueducto</b>	<b>Fuentes</b>	<b>Zonas abastecidas</b>	<b>No. de habitantes (% respecto al total estudiado)</b>
San Francisco	Quebrada San Francisco	BARRIOS: Abajo, Arriba, parte de Agua Dulce y El Carmelo, parte de El Zarzal, El centro, La Colonia, El Sunteco, La Cruz, La Pozona, El Cementerio, parte de El Molino, Parque Obrero, parte de La Quinta y de El Tablón.	2259 (24 %)
El Suizo*	Quebrada el Suizo	Ambos abastecen a tres barrios del casco urbano El Edén, La Lomita y El Zarzal.	672 (7%)
Las Martitas*	Manantial Las Martitas	Aldeas SOS	
La Cimbra	Quebradas La Chanchera 2 y La Cartuchera	Barrios de La Cimbra y Miravalle	805 (9%)
El Tablón	Quebradas Los Jutes A** y Matasanos	Abastece parte del casco urbano, Barrios el Tablón Arriba y Abajo, la Quinta y un sector del Molino.	956 (10%)

? El Suizo y Las Martitas se unen en un solo sistema. Una parte de las Martitas abastece las aldeas SOS.

?? La letra es sólo con fines de ubicación en el mapa.

El total de población que cubren los acueductos administrados por la Alcaldía corresponde al 50% de la población total de los 21 acueductos estudiados. Según un estudio con proyecciones realizadas al año 2005 por SWECO-ESA (2006), el número total de abonados de los acueductos es de 745 que clasificados según el tipo de servicio, predomina el de tipo residencial o habitacional, seguido del comercio que en su mayoría son restaurantes (Cuadro 5).

*Cuadro 5. Cobertura del servicio de agua potable del sistema municipal*

<b>Sector de destino</b>	<b>Nº de abonados</b>	<b>%</b>
Industria	2	0.27
Comercio	68	9.13
Servicio	16	2.14
Residencial	659	88.45
<b>Total</b>	<b>745</b>	<b>100</b>

Fuente: SWECO-ESA, 2006.

De acuerdo con los fontaneros y con base en la observación de las condiciones del sistema, los acueductos presentan algunas deficiencias y problemas que a grandes rasgos son los siguientes:

- ? La red de conducción y distribución es obsoleta, observándose tramos viejos y en mal estado, tuberías expuestas, fugas en la tubería, falta de válvulas de aire, además de un mal uso del servicio, ya que se tienen reportes de que el agua es utilizada para el riego de jardines o cultivos. Los mismos a veces son difíciles de detectar por carecer de medidores.
- ? Las obras de captación requieren una reestructuración debido al mal estado en que se encuentran. Además no captan el 100% del caudal o, en algunos casos, se requiere de incorporar nuevas fuentes de abastecimiento.
- ? No hay un control en el tratamiento del agua que ingresa al sistema, por lo que se requiere una planta de cloración.

Hay 16 acueductos que son administrados por juntas administradoras de agua, cubriendo el otro 50% aproximado de la población (Cuadro 6). En estos casos los datos del Censo de Población y Vivienda 2001 del INE no corresponden con los caseríos que abastecen los acueductos, por lo que la población actual fue estimada con base al número de viviendas que manejan las juntas de agua, multiplicado por el índice de hacinamiento promedio del municipio, que es de 4.54 habitantes/vivienda según el mismo censo.

Cuadro 6. Acueductos de Valle de Ángeles administrados por juntas de agua

Acueducto	Fuentes	Zonas abastecidas	No. de habitantes (% respecto al total estudiado)
La Escondida	Quebrada Los Jutes B**	Barrio La Escondida	364 (4%)
El Molino*	Quebrada Carrizal B** Quebrada Los Jutes C**	Barrio El Molino	295 (3%)
Los Lirios	Manantial El Encinal	Los Lirios (Sector del Barrio Miravalle)	173 (2%)
Bordo Las Martitas	Manantial Bordo Las Martitas	Caserío Bordo Las Martitas	186 (2%)
El Cantón*	Quebrada La Chanchera	Caserío El Cantón	767 (8%)
El Portillo	Quebrada Las Manzanitas	Caserío El Portillo	100 (1%)
El Liquidambal	Quebrada Escobales 2 Manantial: Pantano	Caserío El Liquidambal	218 (2%)
Chinacla	Manantial Cedros	Caserío Chinacla	60 (1%)
Chiquistepe	Manantial en Chinacla	Caserío Chiquistepe	214 (2%)
Sabanetas	Quebrada Bellos	Caserío Sabanetas	222 (2%)
La Esperanza	Quebrada Buena Vista	Barrios La Esperanza, El Carmelo y La Leona	948 (10%)
El Guayabo	Manantial Guayabo	Caserío El Guayabo	114 (1%)
Jocomico	Quebrada Escaleras	Caserío Jocomico	77 (1%)
Guanacaste	Quebrada La Pelona	Caserío Guanacaste y Quebrada Grande (Municipio de Morocelí)	190 (2%)
Chagüitillo, Sauce y Cañadas	Quebrada Carrizal y las Manzanas Manantial Los Sarcos 1 y 2	Caseríos Chagüitillo, Sauce y Cañadas	545 (6%)
Quebrada Honda	Quebrada Manzanas	Caserío Quebrada Honda	204 (2%)

\* Los acueductos son administrados por un Patronato.

\*\* La letra es sólo con fines de ubicación en el mapa.

En cuanto a las características de las zonas que rodean a las obras de captación, son nueve los acueductos que tienen sus obras de captación en la zona de influencia del Parque Nacional la Tigra, lo que da a notar su importancia para el abastecimiento de agua, aunque cabe destacar que las principales fuentes que abastecen al casco urbano se encuentran fuera de la influencia del parque (Cuadro 7).

Hay ocho obras de captación que se localizan en fuentes fuera de la microcuenca del río La Soledad que pertenecen a los acueductos de: El Liquidambal, El Portillo, El Socorro,

Chiquistepe, Sabaneta, El Guayabo, Jocomico y Guanacaste. Por lo tanto, 13 acueductos captan agua dentro del límite de la microcuenca La Soledad.

*Cuadro 7. Cobertura vegetal y uso del suelo en las fuentes de agua potable de Valle de Ángeles*

<b>Características generales de cobertura vegetal y uso del suelo</b>		<b>Acueducto</b>
Parque Nacional la Tigra	Zona Núcleo Bosque mixto latifoliado Bosque de coníferas denso	El Portillo
		Liquidambal
		El Cantón
	Zona de amortiguamiento Bosque de coníferas ralo, parcialmente protegido con problemas de cortas clandestinas	La Cimbra
		Quebrada Honda
		Chagüitillo, Sauce y Cañadas
Bosque de coníferas	Parcialmente protegido y asentamientos humanos en la zona de influencia	Los Lirios El Tablón La Escondida
Bosque mixto	Parcialmente protegido con fincas abandonadas	San Francisco El Suizo Bordo Las Martitas
Agricultura	Fincas agrícolas cercanas a la obra de captación con presencia de ganado en la zona	Chinacla El Guayabo Guanacaste Sabaneta
Zona urbana	Viviendas a 150 m.	Las Martitas Chiquistepe La Esperanza Jocomico
		El Molino

Los datos anteriores reflejan la responsabilidad de la Alcaldía Municipal en el tema del abastecimiento de agua para satisfacer la demanda del 50% de la población, al igual que las juntas de agua, por lo que es aún más importante mantener el monitoreo en calidad y cantidad para salvaguardar el bienestar de la población del municipio.

## 4.2 Análisis de los sistemas de producción en relación al manejo de la cuenca y protección del agua

De acuerdo con Pinedo (2006), el uso actual del suelo en el municipio está representado por ocho patrones donde predomina la cobertura forestal con un 63.98%, lo que es equivalente a 6778 hectáreas (Cuadro 8). Esto confirma que la mayor superficie es de vocación forestal, mientras que el uso agrícola, el cual comprende tanto la agricultura tradicional como pequeñas superficies de agricultura tecnificada con fines de subsistencia, ocupa solamente el 3.6%, lo que es equivalente a 381 hectáreas.

*Cuadro 8. Categorías de uso actual del suelo en el municipio de Valle de Ángeles*

Uso actual del suelo	Ha	%
Forestal	6778.43	63.98
Matorral	1787.39	16.87
Poblado	929.84	8.78
Agroforestal	439.67	4.15
Agrícola	381.70	3.60
Pasto	245.89	2.32
Suelos desnudos	26.64	0.25
Zona industrial	5.11	0.05
Total	10594.67	100

Fuente: Pinedo 2006.

En la microcuenca La Soledad cuya superficie total es de 4582 hectáreas, la distribución del uso actual del suelo es muy semejante a la de todo el municipio, predominando los bosques con el 73% (3346 has), los terrenos agrícolas con el 7% (350 has), 6% (271 has) de matorral, 12% (547 has) de zonas pobladas y 2% corresponden a pastos y suelos desnudos.

Lo anterior muestra que no existen zonas ganaderas bien definidas, debido a que la actividad no es ampliamente practicada, a excepción de pequeños productores que cuentan con algunas cabezas de ganado para los trabajos agrícolas o utilizados como bestias de carga. La topografía accidentada que predomina tampoco permite el desarrollo de la práctica. En las categorías de uso actual de todo el municipio hay alrededor de 245 hectáreas o lo equivalente al 2.3% clasificadas como pasto, aunque esto incluye algunas zonas desprovistas de bosque y terrenos agrícolas abandonados donde se practica la ganadería de tipo extensiva.

El desarrollo de la actividad agrícola está localizado con mayores extensiones en la zona de Chinacla y Buena Vista, además de otras zonas con menor superficie distribuidas desde la parte baja hasta las partes más altas de la microcuenca. En cuanto a los productores entrevistados en Buena Vista, el 80% respondió tener fincas que van desde menos de una hasta cinco hectáreas, el resto tienen fincas con mayores superficies que tampoco superan más de 10 hectáreas. Se trata entonces de pequeños productores que trabajan sobre terrenos que en su mayoría tienen pendientes que van de 30 a 50%.

El tipo de tenencia de la tierra que predomina es con dominio útil, es decir, que la municipalidad sigue siendo el dueño, aunque algunas aseguran que esta en proceso para el traspaso a dominio pleno, donde ellos son los dueños legítimos. Cabe mencionar que la mayor parte de los dueños asegura que tienen trabajando las fincas por más de 25 años. En el caso de la zona de Las Martitas, El Suizo y San Francisco, de acuerdo con Alvarado (2006), el 69% de los productores tiene pleno poder sobre sus tierras y un 30% tiene dominio útil.

Los principales cultivos son el maíz, papa y fríjol, aunque hay una considerable producción de hortalizas como el repollo, cebolla, zanahoria, remolacha, lechuga y tomate. Los cultivos se dan en dos épocas, la llamada de “primera” que va de mayo a julio y la llamada de “postrera” de septiembre a diciembre. Una vez terminado el ciclo de producción y cuando el terreno está en descanso, hay una combinación con la actividad pecuaria pues en las mismas fincas se practica el pastoreo, principalmente vacuno de tipo extensivo, pues tan sólo cuatro productores en Buena Vista tienen pastos cultivados en superficies menores a una hectárea. Como no hay terrenos definidos para la ganadería, el acceso del ganado al agua se da de forma directa sobre las quebradas o manantiales, aunque algo importante en relación a la protección del agua es que no hay crianza de animales menores como cerdos o granjas con aves.

#### ***4.2.1 Prácticas de agricultura conservacionista***

El análisis general de las actividades de producción agrícola con base a las prácticas establecidas por FOCUENCAS II para el monitoreo de los patrones de producción contribuyentes a la gestión sostenible de las cuencas, se obtuvieron los siguientes resultados:

De un total de 16 prácticas seleccionadas para la agricultura conservacionista, aplicadas a 25 productores, se clasificaron las prácticas en tres clases de acuerdo al nivel de cumplimiento en la finca: 0= no se cumple, 1= se cumple a medias y 2 =sí se cumple. Una vez obtenido el total de respuestas de las 16 prácticas para los 20 productores se obtuvo el porcentaje de cumplimiento según las clases anteriores (Figura 4).

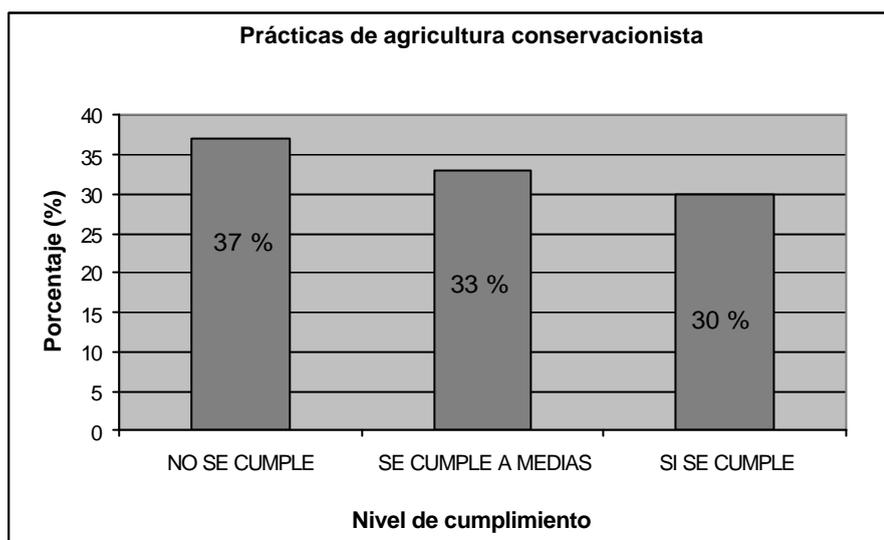


Figura 4. Nivel de cumplimiento de las prácticas de agricultura conservacionista en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles.

#### **Prácticas que no se cumplen:**

Los productores no utilizan cultivos de cobertura permanente o cobertura temporal que luego sean incorporados al suelo para aportar nutrientes. Los agricultores en más de un 90% aún dependen de los fertilizantes inorgánicos.

El 90% de los productores utiliza el arado con tracción animal para la siembra o plantación de cultivos, por lo que no se acostumbra el sistema de labranza mínima o cero labranza del suelo. Hay fincas que tienen pendientes mayores al 70% que están dedicadas a la agricultura con cultivos temporales, cuando se recomienda mantener el bosque u otra cobertura vegetal permanente, o en su caso se dediquen a cultivos permanentes poco intensivos.

El 94% de los agricultores no utilizan un manejo integrado de plagas: sólo en pocos casos realizan prácticas de cultivo como raleo, control de densidades, aporca y eliminación de

plantas hospederas. Acostumbran utilizar herbicidas de contacto para el control de malezas y es reducido el control manual. No hay control biológico de plagas mediante enemigos naturales, ni se utilizan variedades tolerantes y/o resistentes a las plagas y enfermedades.

Las divisiones y los linderos entre las parcelas están demarcadas con cercas muertas y alambrados, es decir, no se utilizan las cercas vivas con árboles o arbustos. Tampoco se acostumbra el establecimiento de barreras rompevientos para contrarrestar los daños ocasionados por el viento, sobre todo en los meses de noviembre que afecta los cultivos de maíz.

**Prácticas que se cumplen a medias:**

El 60% utiliza densidades de siembra que permiten que haya una cobertura permanente del suelo; en algunos casos los productores acomodan los residuos de cosecha en curvas de nivel para evitar el arrastre del suelo. En otros casos las densidades y los cultivos no cubren el suelo, por lo que hay un considerable arrastre de sedimentos en la época de lluvias.

Un 40% de los agricultores practican el asocio de cultivos de maíz con frijol, maíz con papa, maíz y hortalizas, sin embargo la mayoría aún trabaja con un solo cultivo en la finca.

De las siguientes prácticas de manejo y conservación de suelos: a) canales de infiltración, b) terrazas individuales, c) barreras vivas, d) muros de piedra, e) incorporación del rastrojo, solamente la incorporación del rastrojo es la más utilizada por un 80% de los productores, acomodando el rastrojo en curvas de nivel para su descomposición natural, dado que anteriormente los productores utilizaban ampliamente el fuego para limpiar sus parcelas. Otro 20% tiene barreras vivas en las parcelas, mientras que sólo un 5 % mantiene terrazas. Algunas de estas obras de conservación de suelos fueron promovidas por el proyecto LUPE, o con instituciones como la Escuela Agrícola del Zamorano. Actualmente algunas obras no tienen mantenimiento, ya que según los productores, requieren una inversión de tiempo y trabajo muy grande, comparado a la rentabilidad de los cultivos.

Este análisis muestra la tendencia de cuales son aquellas prácticas que los productores han adoptado, que son las más fáciles de aplicar y que demandan menos costo, pero que sobre todo

son de interés para los productores. Sin embargo, se debe mantener el interés por el mantenimiento y seguimiento de al menos las prácticas mencionadas, de tal forma que no se pierda de vista que hay inversiones en tiempo y trabajo que se reflejan en beneficios a largo plazo, y no regresar al estado inicial de pensamiento donde el único interés es obtener beneficios en producción a corto plazo, sin considerar el deterioro paulatino de los recursos suelo y agua.

Hay áreas cultivadas con pendientes mayores al 70% donde se producen hortalizas y no hay alguna práctica de conservación de suelos y aguas. En cultivos como el maíz, que es el principal, no se utilizan pesticidas, sólo fertilizantes, para lo cual hay un uso generalizado de fertilizantes químicos. En el caso de productores de hortalizas utilizan ampliamente herbicidas (ej. Gramoxone, Gezaprin) y pesticidas (Curzate, Mansate, Dictane, Positron, Tamaron, Desis, Folidol etc.). La dosis y frecuencia de aplicación supuestamente está dentro de las cantidades recomendadas según el cultivo, sin embargo, es algo que no se puede evaluar con esta metodología.

La mayor parte de los agricultores aseguran hacer buen uso de los agroquímicos, recolectando y enterrando o quemando los envases, aunque según lo observado, no se utiliza el equipo adecuado para la aplicación y al momento del manejo.

**Prácticas que sí se cumplen:**

Hay una constante rotación de cultivos en las parcelas y también se dejan periodos de descanso que van de dos a cuatro años. La preparación del terreno se realiza con arado por tracción animal, el cual es realizado en dirección perpendicular a la pendiente del terreno.

Se ha reducido bastante la quema de la vegetación y residuos de cosecha como práctica para limpiar el terreno; sólo un 15% aseguró realizar las quemas, aunque a veces es justificable por la cantidad de vegetación en aquellos terrenos que se dejan descansar, además de que representa una herramienta de muy bajo costo.

Un 75% de los productores tienen huertos en sus viviendas con una combinación de árboles frutales, hortalizas, plantas medicinales y flores.

#### 4.2.2 Prácticas de ganadería conservacionista

Como se mencionó anteriormente, la actividad ganadera no es bien definida y hay una asociación en las mismas parcelas para la agricultura y el pastoreo. Por esta razón, los mismos productores agrícolas tienen algunas cabezas de ganado bovino para ser utilizados en las labores agrícolas y consumo local, o ganado equino para utilizarlos en el transporte de los productos agrícolas, lo cual es un indicador de las dificultades que presentan para la comercialización.

La cantidad de cabezas de ganado oscila entre tres a seis por productor y en pocos casos hasta 10 cabezas. Tampoco todos los productores cuentan con ganado pues de los entrevistados para las prácticas agrícolas sólo el 50% tienen algún tipo de ganado. Con esta cantidad y bajo las características mencionadas se obtuvieron los resultados con base a sólo cinco prácticas de conservación (Figura 5).

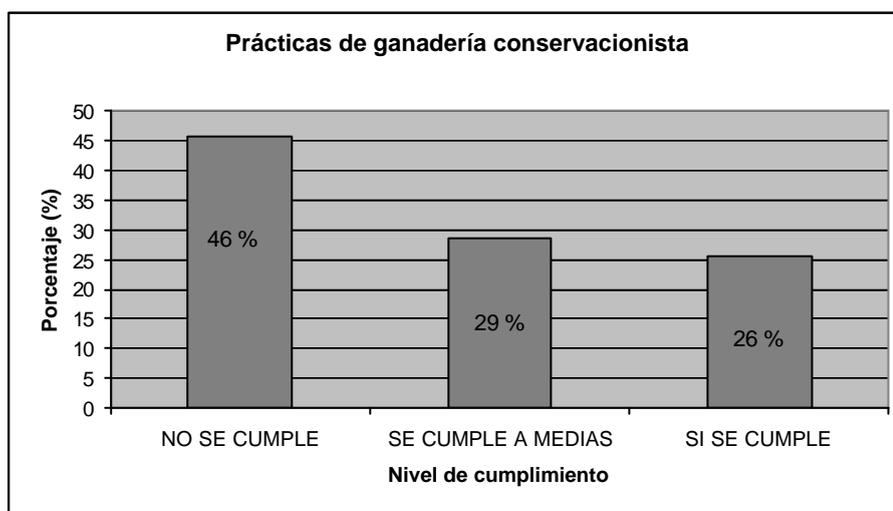


Figura 5. Nivel de cumplimiento de las prácticas de ganadería conservacionista en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles.

#### Prácticas que no se cumplen:

No hay establos o sitios de ordeño, por lo que no existe el riesgo de contaminación a las fuentes de agua por grandes cantidades de heces fecales, sin embargo el poco ganado que existe tiene acceso directo a las quebradas o nacientes, por lo que no existe una distancia de

protección entre el cauce y la zona de acceso del ganado. No hay bebederos establecidos, por lo que el ganado toma agua de los cauces en las quebradas o nacientes.

Dado que las parcelas agrícolas son utilizadas también para el pastoreo, las zonas que tienen pendiente mayor al 70% también son utilizadas para el ganado, cuando lo que se recomienda es que tengan bosque u otra cobertura vegetal permanente.

#### **Prácticas que se cumplen a medias:**

Por la poca cantidad de ganado, las áreas de pastoreo no evidencian síntomas de sobrepastoreo y degradación, sólo en algunas parcelas abandonadas hay ausencia de materia orgánica en la superficie y cobertura incompleta del suelo por las pasturas. En algunos terrenos desprovistos de bosque también se evidencian caminos de ganado que inician el proceso de erosión en canalillos.

La alimentación para el ganado es suministrada a través del pastoreo en terrenos en descanso y guamiles, y otra parte de la alimentación proviene de rastrojos de las cosechas. Pocos productores tienen parcelas menores a una hectárea con pastos cultivados, esto quiere decir que no hay variedades mejoradas de pastos.

#### **Prácticas que sí se cumplen:**

Al igual que para las actividades agrícolas, no se utiliza la quema de las pasturas y vegetación como práctica para limpiar el terreno y control de malezas, ya que buena parte de la alimentación proviene de los rastrojos de las cosechas.

### ***4.2.3 Prácticas de producción y conservación forestal***

Actualmente no hay ningún tipo de aprovechamiento forestal con fines comerciales en el municipio, ya que está vedado, sin embargo está permitido el aprovechamiento forestal para autoconsumo local que sea utilizado para mejoramiento de las viviendas y obras de infraestructura comunitaria. El hecho de no realizarse un aprovechamiento con fines comerciales, determina el nivel de cumplimiento de las prácticas evaluadas, las cuales en su mayoría se cumplen (Figura 6). En todos los casos, al nivel municipal, las cortas deben ser previa autorización de la UMA en la Alcaldía Municipal, la cual además, debe realizar una

supervisión, después de realizado el aprovechamiento. En la superficie del Parque Nacional la Tigra, además de la UMA, se involucra AFE-COHDEFOR y la fundación AMITIGRA.

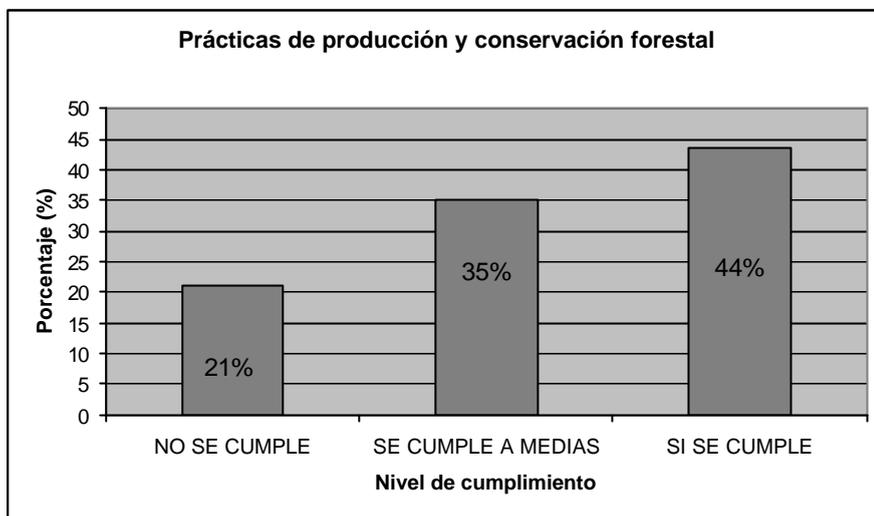


Figura 6. Nivel de cumplimiento de las prácticas de producción y conservación forestal en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles.

#### **Prácticas que no se cumplen:**

En el municipio aún hay caseríos que carecen de energía eléctrica, como son: Buena Vista, El Guayabo, Jocomico, Chinacla, y algunos más pequeños, lo que incrementa el consumo de leña en el hogar y por lo tanto la presión sobre el corte de árboles en el bosque.

No existen mecanismos de cobro y pago de servicios ambientales a los dueños de las fincas en las partes boscosas de la microcuenca.

#### **Prácticas que se cumplen a medias:**

La mayor parte de las zonas con pendientes mayores al 70% tienen cobertura de bosque natural, aunque hay algunas que se encuentran deforestadas para la agricultura.

Los programas de promoción y ejecución de reforestación no son muy frecuentes, sólo en algunos años se ha reforestado en áreas específicas o cercanas a las fuentes de agua, sin embargo, al nivel municipal no se cuenta con un vivero ni con un plan de reforestación.

Dado que en la zona rural no existe el servicio de energía eléctrica, en todas las viviendas se cocina con leña, aunque hay algunas que cuentan con fogones mejorados que ahorran más leña, falta mucho para que la mayor parte de las viviendas adopten estos tipos de fogones, lo cual reduciría la presión sobre el bosque.

**Prácticas que sí se cumplen:**

Los productores no tienen como actividad productiva la venta de leña o carbón. Existe también control de incendios forestales por los mismos productores y apoyados por el cuerpo de bomberos en el casco urbano, lo que ha reducido la superficie quemada cada año. Algo importante es que no existe extracción de productos no maderables del bosque, como son las plantas medicinales, cacería de animales o plantas ornamentales.

La tala de árboles requiere de un permiso de la UMA, que también se encarga de controlar y verificar la tala ilegal, aunque de acuerdo a la misma, llegan reportes de cortes clandestinos en diferentes partes del municipio.

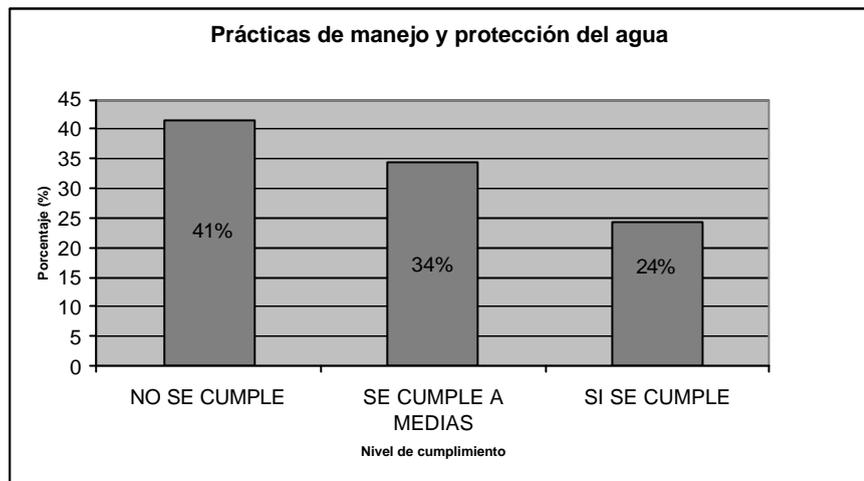
**4.2.4 Prácticas de manejo y protección del agua**

Se seleccionaron ocho prácticas de manejo y protección del agua que fueron evaluadas con 25 productores en las fincas de la microcuenca de Buena Vista, obteniendo que un 41% del total de respuestas sobre las prácticas no se cumplen, contra sólo 24% de las prácticas que se cumplen (Figura 7).

**Prácticas que no se cumplen:**

En las fincas donde hay nacientes de agua no existe un área de protección con vegetación de al menos 150 m de radio. En este caso la Ley Forestal de Honduras indica un radio de 250 m alrededor de cualquier nacimiento de agua y 150 m a uno y otro lado de cualquier curso de agua permanente. Los acueductos que tienen sus fuentes de agua sin protección por vegetación son: Chiquistepe, Jocomico y Las Martitas.

No existen piletas o sitios para la toma de agua (abrevaderos) de los animales, por lo que el ganado vacuno y equino bebe el agua directamente en los cauces.



*Figura 7. Nivel de cumplimiento de las prácticas de manejo y protección del agua en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles.*

No existe una clara delimitación de las zonas de recarga de agua, sin embargo, en las zonas aparentes de captación y recarga existen fincas con actividad agrícola de cultivos temporales como maíz y papa. La preparación de la tierra también es con tracción animal y no existen cultivos permanentes.

Los caminos internos en las fincas no están diseñados considerando reducir la erosión, por lo tanto las corrientes rápidas de agua arrastran gran cantidad de sedimentos, sobre todo en eventos de precipitación fuerte.

#### **Prácticas que se cumplen a medias:**

No existen porquerizas, pero el 80% de productores tiene de 11 a 20 aves que se mantienen en el patio de las viviendas, por lo tanto no hay una contaminación grave por los desechos sólidos y líquidos de porquerizas y corrales para aves. Sin embargo, en algunos casos hay viviendas a menos de 100 m de los cauces, por lo tanto, puede haber contaminación por desechos sólidos y líquidos. Por ejemplo, de acuerdo con Godoy (2006), en la comunidad de Buena Vista el 85.8% de las viviendas cuentan con letrinas, de estas, la mitad son fosa simple y la otra mitad servicios lavables, el restante 14.2% de las viviendas no cuenta con letrinas. Lo anterior sugiere un grave problema porque las personas defecan al aire libre.

De las fincas que limitan con quebradas o nacientes de agua sólo el 38 % mantiene una franja de vegetación ribereña a ambos lados del cauce de al menos 10 m de ancho, en el resto de casos el cauce a orillas de las fincas se encuentra totalmente desprotegido.

**Prácticas que sí se cumplen:**

No se observa basura producida en las viviendas a orillas o en los cauces de las quebradas, lo que indica que la misma es quemada o enterrada cerca de las viviendas, y no es lanzada a las quebradas aunque se encuentren secas. No existen actividades agrícolas como el beneficio de café con el cual se puedan contaminar las aguas por las mieles o la pulpa.

Al menos en la microcuenca de Buena Vista, el riego no representa un problema dado que hay diferentes quebradas que satisfacen a la comunidad, tanto para consumo humano como para riego, de tal forma que hasta la fecha no es motivo de conflicto por la dosis, frecuencia o distribución entre usuarios.

### **4.3 Análisis de calidad del agua**

Los resultados del análisis de calidad del agua son presentados para cada parámetro, de un total de 12 evaluados, comparando en primer lugar los resultados del análisis de varianza del año 2007, para buscar diferencias por el efecto de la época entre el periodo seco y lluvioso (Cuadro 9). Se analizan también los resultados de cada parámetro por acueducto (Anexo 5).

De igual forma se presentan los resultados del análisis de varianza tomando en cuenta los datos obtenidos por Reyes (2006), para los mismos parámetros y épocas de los mismos acueductos. Con esta información en conjunto de dos años (Anexo 6), se tienen dos repeticiones para cada época lo que da mayor respaldo a los resultados que nuevamente son interpretados para determinar diferencias de forma global entre los años 2006 y 2007, presentando nuevamente el resultado del efecto época y acueducto (Cuadro 10).

Se presentan también en cada parámetro, los resultados del análisis de correlación de *Pearson* (Anexo 7), realizado al conjunto de datos del año 2006 y 2007, mencionando las variables que resultaron con relación significativa. Se analizaron además las posibles interacciones entre año *versus* época, año *versus* acueducto y época *versus* acueducto, mencionando en la interpretación sólo aquellas que resultaron estadísticamente significativas. Finalmente cada parámetro es comparado con la Norma Técnica de Calidad de Agua de Honduras, haciendo énfasis en aquellos acueductos que se encuentran fuera de los límites recomendados.

Cuadro 9. Análisis de varianza de los resultados de calidad de agua en las épocas seca y lluviosa del 2007, para los acueductos del municipio de Valle de Ángeles

Variable	Unidad de medida	Test:LSD Fisher Alfa:=0.05				CV	p-valor		
		Seca (n=21)		Lluviosa (n=21)			N = 42	Época	Acueducto
		Valor real	RANG	Valor real	RANG				
T°	°C	17.45(A)*		18.52(B)		4.55	0.0004	0.0001	
Turbd.	NTU	1.56	18.88 (A)	7.19	24.12 (B)	35.94	0.0400	0.0018	
pH	pH	6.56 (A)		6.34 (A)		6.36	0.1121	0.0001	
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.83 (B)		0.50 (A)		56.85	0.0112	0.3326	
NO <sub>3</sub>	mg/l	0.06	17.67 (A)	0.13	25.33 (B)	41.38	0.0112	0.0239	
S.Susp.	mg/l	10.67	26.19 (B)	4.76	16.81 (A)	56.49	0.0211	0.8305	
S.T.Dis.	mg/l	20.55(A)		24.12(A)		31.77	0.1181	0.0001	
OD	mg/l	6.31 (B)		5.28 (A)		12.94	0.0002	0.0059	
DBO <sub>5</sub>	mg/l	1.72	27.10 (B)	0.85	15.90 (A)	49.02	0.0026	0.4187	
DQO	mg/l	2.75	22.57 (A)	1.51	20.43 (A)	49.92	0.5250	0.2703	
C.Tot.	UFC/100ml	107.62	13.62 (A)	486.81	29.38 (B)	38.73	0.0001	0.1640	
C.Ter.**	UFC/100ml	2.38		1.95		--	--	--	

\*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p <= 0.05$ ) \*\*No se incluyó en el análisis estadístico.

Cuadro 10. Análisis de varianza de los resultados de calidad de agua en los años 2006 y 2007 para los acueductos del municipio de Valle de Ángeles

Variable	Unidad de medida	Test:LSD Fisher Alfa:=0.05				CV	p-valor			
		Año 2006 (n=42)		Año 2007 (n=42)			N = 84	Año	Época	Acueducto
		Valor real	RANG	Valor real	RANG					
<b>T°</b>	°C	20.42	51.52 (B)	17.98	33.48 (A)	4.30	0.0001	0.0028	0.0484	
<b>Turbd.</b>	NTU	8.10	45.82 (A)	4.37	39.18 (A)	4.48	0.0920	0.0053	0.0003	
<b>pH</b>	pH	6.21	39.25 (A)	6.45	45.75 (B)	22.21	0.0050	0.0001	0.0902	
<b>o-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup></b>	mg/l	0.18	24.70 (A)	0.67	60.30 (B)	39.56	0.0001	0.4018	0.3087	
<b>NO<sub>3</sub></b>	mg/l	0.09 (A)		0.10 (A)		87.56	0.9073	0.0194	0.5795	
<b>S.Susp.</b>	mg/l	2.10	32.32 (A)	7.72	52.68 (B)	42.38	0.0001	0.0085	0.7975	
<b>S.T.Dis.</b>	mg/l	25.55	45.54 (B)	22.33	39.46 (A)	23.71	0.0120	0.2236	0.0001	
<b>OD</b>	mg/l	6.69 (B)		5.80 (A)		9.60	0.0001	0.0012	0.0003	
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/l	5.20 (B)		1.28 (A)		105.55	0.0001	0.7700	0.1704	
<b>DQO</b>	mg/l	9.85	46.49 (A)	2.13	38.51 (A)	44.89	0.0698	0.2014	0.0386	
<b>C.Tot.</b>	UFC/100ml	152.07	38.89 (A)	297.21	46.11 (B)	32.08	0.0249	0.0001	0.0007	
<b>C.Ter.</b>	UFC/100ml	0.33		2.16		--	--	--	--	

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

### **4.3.1 Parámetros físicos**

#### **Temperatura**

Estadísticamente hay diferencias entre épocas para el año 2007 ( $p=0.0004$ ), siendo mayor la temperatura en el periodo lluvioso con una media de 18.52 °C, mientras que en la época seca la temperatura media fue de 17.45 °C. Analizando los datos promedio de 2006 y 2007 los resultados indican una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0.0001$ ), siendo mayor la temperatura promedio para el año 2006 con 20.43 °C, mientras que para el año 2007 es de 17.99 °C. Hay diferencia también entre las dos épocas y ninguna de las tres posibles interacciones resultó estadísticamente significativa.

En un estudio realizado por Cardona (2003) en nueve puntos de la microcuenca La Soledad, también encontró diferencias de temperatura entre las mismas épocas, sin embargo, la mayor temperatura corresponde al periodo seco y la menor al lluvioso, con una diferencia en promedios de 3.83 °C. Resultados diferentes registró Reyes (2006) para las mismas fuentes del presente estudio, al no encontrar diferencias significativas entre épocas, obteniendo un valor promedio para el periodo seco de 20.67 °C *versus* 20.19 °C en el periodo lluvioso.

De forma casi similar, Meneses (2003) obtuvo diferencias menores a 1°C en la microcuenca Los Hules-Tinajones, Panamá, donde evaluó la temperatura en cuatro meses del año (mayo-agosto), aunque los resultados fueron mayores en el mes de mayo (inicio de lluvias), lo cual fue relacionado con la mayor temperatura ambiental registrada para el mismo mes y el menor porcentaje de humedad relativa. Este último análisis indica que hay una incidencia directa de mayor radiación solar sobre el incremento en la temperatura del agua.

Aparentemente los resultados obtenidos en el 2007 no cumplen con la tendencia de que a mayor radiación solar mayor temperatura, sin embargo cabe resaltar que la diferencia entre épocas es de sólo 1.07 °C. Al respecto Zuñiga (1990), establece que los meses en que la temperatura alcanza los valores máximos en la zona van de abril a junio, mientras que los valores más bajos se presentan de noviembre a febrero. Es decir, la temporada que en el estudio es considerada como lluviosa (junio-julio) aun está acompañada de temperaturas altas

durante el día, producto de la radiación solar que sólo disminuye por las tardes, cuando regularmente ocurren los eventos de precipitación al inicio de la temporada.

Lo anterior es un factor que posiblemente pudo haber influido con la hora del muestreo, ya que puede haber una variación de la temperatura entre las primeras y últimas horas del día. Este factor fue difícil de controlar en el estudio debido a la cantidad y a la distancia de las fuentes muestreadas, lo que dificulta la logística para el transporte de las muestras de agua a los laboratorios.

Otro análisis importante a considerar es la correlación realizada entre todos los parámetros, donde se obtuvo un coeficiente significativo entre la temperatura y la turbidez ( $r=0.3796$ ,  $p=0.0004$ ), y entre la temperatura y sólidos totales disueltos ( $r=0.2517$ ,  $p=0.0209$ ), es decir, como hubo un incremento de los sólidos totales disueltos y la turbidez en la época de lluvias, los cuales se explican más adelante, posiblemente influyó sobre el incremento de la temperatura. Las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y reduciendo así la concentración de oxígeno en el agua (Lentech 1998).

La diferencia de temperatura entre acueductos con resultados estadísticamente significativos ( $p=0.0001$ ), es explicada por la influencia de la ubicación de las fuentes de agua, dado que los acueductos de menor temperatura se ubican en la zona núcleo del Parque Nacional La Tigra donde predomina un bosque mixto latifoliado y un denso bosque de coníferas, mientras que las fuentes con mayor temperatura abastecen a caseríos localizados al Este del municipio donde la altitud es menor y hay terrenos agrícolas con bosque mixto parcialmente protegido.

La diferencia entre la temperatura mínima registrada en una fuente rodeada por bosque mixto latifoliado y la temperatura máxima registrada en una fuente ubicada en zona agrícola, fue de 7 °C. Esta relación entre la temperatura y la protección de las fuentes se aprecia en todos los acueductos, de los cuales se muestran sólo cuatro con menores temperaturas y cuatro con las temperaturas más altas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Relación entre la ubicación de las fuentes y la temperatura del agua en ocho acueductos de Valle de Ángeles

Acueducto	Temperatura (°C)	Cobertura vegetal y uso del suelo	Altitud (msnm)
Liquidambal	15.75	Bosque mixto latifoliado (PNLT)	1740
La Cimbra	16.00	Bosque de coníferas (PNLT)	1703
El Portillo	16.00	Bosque mixto latifoliado (PNLT)	1800
El Cantón	16.15	Bosque mixto latifoliado (PNLT)	1783
El Guayabo	19.75	Bosque mixto de <i>Pinus</i> y <i>Quercus</i>	1340
El Molino	20.75	Periferia de zona urbana	1391
Guanacaste	22.00	Bosque de coníferas ralo	1260
Jocomico	22.75	Zona agrícola	1280

PNLT: Parque Nacional La Tigra

Los resultados coinciden con lo analizado por Cardona (2003), donde fuentes de agua con sus márgenes arbolados (150 m a ambos lados del cauce) resultaron con temperaturas bajas, observando incrementos de casi 5 °C cuando la cobertura vegetal se reduce en un 77%. Existe por lo tanto, una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de cobertura vegetal y las temperaturas registradas. Al respecto Brooks *et al.* (1991) refieren que cambios en la temperatura del agua deben esperarse en un rango de 1 y 10 °C cuando son realizadas remociones del bosque, desde muy insignificantes, hasta remociones totales, a lo largo de los cauces de los ríos. Una elevación de la temperatura también conduce a reducir la solubilidad del oxígeno, se aumenta la tasa de mineralización de la materia orgánica y por ende del consumo de oxígeno, lo cual puede afectar negativamente la actividad biológica en el agua, así como la capacidad autodepurativa del río (Seoánez 1999).

Respecto a la importancia para la salud, la Norma de Calidad de Agua en Honduras recomienda un rango de 18 °C-30 °C, lo que indica que no hay problema dado que la mayoría se encuentra dentro del rango, además, en las Guías de Calidad de Agua de la OMS (1995) no se recomienda ningún valor guía, pues no afecta directamente a la salud, aunque indica que sólo en casos en que la temperatura es muy alta favorece o modifica la presencia de otros componentes inorgánicos y microorganismos que afectan el olor, color y corrosión del agua.

### **Turbidez**

Para el año 2007 estadísticamente son diferentes los datos de turbidez entre épocas ( $p=0.0400$ ); la diferencia fue significativa pues mientras en el periodo seco se obtuvo una

media de 1.56 UNT, en el lluvioso fue de 7.19 UNT. En el análisis conjunto con los datos del 2006 se encontró que estadísticamente no hay diferencias entre ambos años ( $p=0.0920$ ) y sigue habiendo diferencia entre épocas ( $p=0.0053$ ). La diferencia entre acueductos es estadísticamente significativa ( $p=0.0003$ ) y ninguna de las tres posibles interacciones resultó significativa.

La diferencia entre épocas probablemente es debido al incremento de la escorrentía en el periodo de lluvias, lo cual ocasiona arrastre de contaminantes y sedimentos, lo que conlleva a obtener altos niveles de turbidez, la cual según Perry *et al.* (2002) es una medida no específica que detecta una amplia variedad de partículas suspendidas en el agua (ej. arcilla, arena, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, microorganismos) y no proporciona información acerca de la naturaleza de las partículas.

De acuerdo con Bruijnzeel (1990) los bosques juegan un papel importante en la protección a la erosión y arrastre de partículas que llegan al agua, fundamentalmente la vegetación de monte bajo, los restos vegetales y el efecto estabilizador de la red de raíces. Al respecto, los resultados obtenidos no indican una clara relación entre los niveles de turbidez obtenidos en fuentes protegidas por bosques y fuentes rodeadas por zonas agrícolas y de pastoreo, ya que los tres acueductos con mayor turbidez se ubican en el área de amortiguamiento del Parque Nacional la Tigra. Estos acueductos captan agua de quebradas ubicadas al Oeste del municipio, principalmente de la quebrada Los Jutes, donde hay bosque de pino poco denso y no existe pastoreo ni terrenos agrícolas, aunque según los miembros de la juntas de agua y lo observado en campo, existen cortas clandestinas de madera en la zona que posiblemente influyen en la calidad del agua debido al incremento en el arrastre de sedimentos.

Sin embargo, de acuerdo con Bruijnzeel(1990), el aporte de sedimentos no puede adscribirse de una forma total y sistemática a los cambios en las prácticas de uso de la tierra, ya que en regiones con tasas de precipitación altas, terrenos con fuertes pendientes (como es el caso de la zona de captación) y altas tasas de erosión natural, el impacto del uso de la tierra podría ser mínimo.

La Norma para la Calidad de Agua de Honduras recomienda para la turbidez un valor de 1 UNT, considerando como máximo admisible a 5 UNT. Aplicando el máximo admisible al promedio de mediciones en ambas épocas del año 2007, se muestran los acueductos que se encuentran fuera de lo permitido por la norma (Cuadro 12).

*Cuadro 12. Acueductos de Valle de Ángeles con resultados superiores al límite recomendado de turbidez.*

<b>Acueducto</b>	<b>Turbidez NTU</b>
El Suizo	5.92
El Tablón	8.15
La Escondida	16.93
Los Lirios	39.24

NTU: Unidades Nefelo métricas de Turbidez

Otros nueve acueductos más están por arriba del valor recomendado de 1UNT, esto se debe a que la mayoría captan el agua, interfiriendo el cauce de las quebradas en donde la cantidad de partículas arrastradas en la época de lluvias incrementa.

La OMS no indica algún valor guía que afecte a la salud, sin embargo recomienda los mismos valores que la norma de Honduras, dado que entre mayor sea la turbidez, se estimula la presencia y el crecimiento de bacterias, además de que un tratamiento efectivo de desinfección del agua requiere niveles muy bajos de turbidez. Perry *et al.* (2002) mencionan que las partículas en suspensión pueden tener un alto significado para la salud porque los metales pesados y productos químicos hidrofóbicos (ej. pesticidas) son absorbidos por las partículas, por lo que controlar la turbidez es un componente importante en el tratamiento del agua.

Por lo anterior, no se debe perder de vista la limpieza constante a la presa de captación sobre todo en la época de lluvias, así como la colocación de barreras que impidan la entrada de sedimentos al sistema. Desde luego la protección del bosque y de las franjas de vegetación a orillas de las fuentes es fundamental para detener el arrastre de partículas.

### 4.3.2 Parámetros químicos

#### pH

Estadísticamente no hay diferencias en pH de ambas épocas del 2007 ( $p=0.1121$ ), mientras que la diferencia entre acueductos es altamente significativa ( $p=0.0001$ ). Considerando los datos del 2006, estadísticamente hay diferencia entre ambos años ( $p=0.0050$ ). En este caso, los datos de la variable pH fueron transformados a rangos para el análisis, aunque en los valores reales la diferencia entre años es mínima, siendo un promedio de 6.22 para el año 2006 y 6.45 para el 2007.

Aplicando la Norma de Calidad de Agua de Honduras, que recomienda un pH entre 6.5-8.5, resulta que el 50% de los acueductos se encuentran por debajo del parámetro recomendado, es decir, que en el promedio por acueducto de los datos del año 2007 predomina la acidez del agua (Cuadro 13).

*Cuadro 13. Acueductos de Valle de Ángeles con resultados inferiores al rango recomendado de pH*

Acueducto	pH
El Guayabo	4.45
Bordo Las Martitas	4.77
Las Martitas	5.34
Quebrada Honda	5.48
El Portillo	5.81
San Francisco	5.86
El Suizo	5.98
Los Lirios	6.30
Chinacla	6.38
Liquidambal	6.45
Chiquistepe	6.47

Los bajos niveles de pH encontrados posiblemente se deben a la influencia del material geológico. En la zona afloran rocas volcánicas cineríticas y lávicas, de composición mayormente ácida y con altos niveles de mineralización posiblemente de tipo hidrotermal

(PMDN-CATIE 2002). Lo anterior es posible porque los tres acueductos con el valor de pH más bajo (Cuadro 13), captan el agua directamente de manantiales, es decir la obra toma o de captación está en el manantial, mientras que en los otros acueductos se hace interfiriendo el cauce de los ríos.

Puede también haber una influencia del suelo y vegetación en todas las fuentes de agua, ya que según Pinedo (2006) el 64% del territorio es de uso forestal donde predominan los bosques de coníferas. En los bosques de coníferas predominan los suelos ácidos, además según Porta *et al.* (1999), la acidificación de los suelos está controlada por diversos factores; litología de los materiales originarios (rocas pobres en bases, sedimentos con sulfuros, etc.) componentes del suelo (silicatos, óxidos de Al, Fe, ácidos solubles); posición topográfica (por la entrada de aguas con protones o por la salida con pérdidas de bases); vegetación (extracción de bases, ciclo biogeoquímico, naturaleza de la materia orgánica incorporada al suelo).

La OMS no recomienda ningún valor guía de pH basado en la salud, aunque considera que es un parámetro operacional de alta importancia en el proceso de clarificación y desinfección del agua. En el caso de la fuente del acueducto El Guayabo, en todas las mediciones, tanto del año 2006 como 2007, resultó con los valores de pH más bajos. Ácidos minerales, carbónicos y otros contribuyen a la acidez del agua, provocando que metales pesados puedan liberarse en el agua (Mitchell *et al.* 1991). Por esta razón, debido a los bajos niveles de pH registrados se realizaron análisis de metales pesados para dicho acueducto. Desafortunadamente por razones de costo no fue posible realizar análisis de metales pesados a otras fuentes.

Dentro de los metales no detectados para la fuente El Guayabo se encuentra el Arsénico, Cadmio, Cromo, Plomo y Selenio. Otros metales detectados, pero que se encuentran dentro del límite permitido son: Cobre (0.0608 mg/l), Manganeso (0.34033 mg/l) y Zinc (0.14961). Los metales detectados que ligeramente se encuentran fuera de la norma son: Aluminio (0.2375), Hierro total (0.82441) y Níquel (0.29930). Los resultados completos y valores guía recomendados se encuentran en el Anexo 8.

En cuanto al Hierro, de acuerdo con la OMS, no representa un riesgo para la salud y es un elemento esencial para la nutrición humana. La cantidad diaria depende de la edad, sexo y estado de la disponibilidad fisiológica, aunque indica que no debe pasar una asignación máxima del 10% permisible para consumo humano, lo que da un valor de 2 mg/l. Respecto al Aluminio, la OMS indica que debido a la limitación de resultados en animales como modelo para los seres humanos y la incertidumbre que rodea los datos con humanos, un valor guía basado en salud no puede ser recomendado. Sin embargo, niveles prácticos basados en la optimización del proceso de coagulación en las plantas de tratamiento del agua para bebida que usan coagulantes en base a aluminio, se ha deducido un valor de 0.2 mg/litro o menos en instalaciones pequeñas. De igual forma, para el Níquel no hay evidencia de peligro, aunque la información disponible sobre los efectos en la salud es limitada.

### **Fosfatos**

Para el año 2007, hubo diferencias estadísticas en los resultados de fosfatos entre las dos épocas ( $p=0.0112$ ), resultando mayor en el periodo seco con una media de 0.83 mg/l y para el lluvioso con 0.50 mg/l. La diferencia entre acueductos para este caso no es estadísticamente significativa ( $p=0.3326$ ).

Según el análisis de correlación realizado, se obtuvo una relación importante entre los sólidos suspendidos y los fosfatos ( $r=0.3027$ ,  $p=0.0051$ ), lo que indica que entre mayor sólidos suspendidos contenga el agua, mayor es la probabilidad de presencia de fosfatos. De acuerdo con la FAO (1996), los sedimentos pueden representar una sustancia contaminante desde el punto de vista físico como químico, la contaminación química incluye la absorción de metales y el fósforo, así como las sustancias químicas orgánicas hidrofóbicas. Lo anterior sugiere la explicación de mayor presencia de fosfatos en el periodo seco, ya que como se analiza más adelante, en el mismo periodo hubo mayores niveles de sólidos suspendidos.

Considerando los datos del año 2006 los resultados son diferentes, para este caso los datos de la variable fueron transformadas a rangos y el resultado indica que estadísticamente hay diferencias entre años ( $p=0.0001$ ), los datos reales de la variable indican una media para el año 2006 de 0.18 mg/l, mientras que para el año 2007 fue de 0.67 mg/l. Contrario al análisis del 2007, con los datos agrupados de ambos años, no hubo diferencias estadísticas entre épocas

( $p=0.4018$ ), tampoco entre acueductos ( $p=0.3087$ ). En cuanto a la interacción, la única estadísticamente significativa fue la de año *versus* época ( $p=0.0108$ ), es decir, que los resultados más altos fueron encontrados en el periodo seco del año 2007, o contrariamente, los datos más bajos corresponden al periodo lluvioso del año 2006.

Los fosfatos se encuentran principalmente en aguas superficiales en forma natural (rocas, restos de animales) y en forma artificial (fertilizantes y detergentes, aguas residuales, establos) (Chapman 1992). Estas últimas características, de formas artificiales, posiblemente influyeron en la diferencia de resultados en los diferentes años, o en las diferentes épocas del 2007, ya que involucra actividades como la agricultura y la ganadería que varían en la escala temporal, es decir, pueden presentarse en ciertos momentos no predecibles que afectan de forma considerable la calidad del agua, como un estudio realizado por Meneses (2003), en la microcuenca Los Hules-Tinajones, Panamá, donde el mes que presentó mayor contenido de fosfatos fue mayo y la causa se atribuye a la descarga en esa época de aguas residuales en la parte alta, proveniente de granjas porcinas.

Aunque en Valle de Ángeles no existen casos de granjas o fuentes potenciales con ese nivel de contaminación, si hay casos como el acueducto de Chiquistepe que capta el agua de una fuente rodeada de terrenos agrícolas, donde también hay presencia temporal de ganado. El hecho de realizar una combinación entre la agricultura y la ganadería, así como dejar algunos terrenos en descanso, son posibles causas que pueden explicar las variaciones de la presencia de fosfatos en la escala temporal.

El límite permitido para este parámetro es de 0.50 mg/l, esto indica que en promedio el año 2007 se encuentra fuera de la norma con 0.67 mg/l. Analizando los datos por acueducto del año 2006, ninguno sobrepasa el límite permitido, sin embargo en el 2007 poco más de la mitad se encuentran por arriba del límite. El promedio en conjunto de ambos años indica los siguientes acueductos fuera de la norma (Cuadro 14).

*Cuadro 14. Acueductos de Valle de Ángeles con resultados superiores al límite recomendado para fosfatos*

<b>Acueducto</b>	<b>Ortofosfatos (mg/l)</b>
El Tablón	0.52
Los Lirios	0.60
Chiquistepe	0.62
Guanacaste	0.86
El Liquidambal	0.98

Sin embargo, aunque es importante considerar los resultados, no es motivo de alarma en términos de salud, dado que la OMS y la Norma de Calidad de Agua de Honduras no mencionan al parámetro como riesgoso para el consumo humano, su importancia es más bien que tanto el fósforo como el nitrógeno, son nutrientes esenciales para la vida, pero su exceso en el agua provoca eutrofización.

### **Nitratos**

Los datos obtenidos en el 2007 fueron transformados a rangos para su análisis, resultando las épocas estadísticamente diferentes ( $p=0.0112$ ) con valores reales para el periodo seco de 0.06 mg/l y para el lluviosa de 0.13 mg/l. La diferencia entre acueductos también resultó estadísticamente significativa ( $p=0.0239$ ), sin embargo ningún acueducto se encuentra por arriba del límite permitido por la Norma de Calidad de Agua de Honduras, que indica 25 mg/l como valor recomendado y 50 mg/l como máximo admisible.

El análisis conjunto con los datos del 2006 no indican diferencias significativas entre años ( $p=0.9073$ ) pero sí entre épocas ( $p=0.0194$ ). Hubo diferencias entre acueductos pero los resultados también se encuentran muy por debajo de lo recomendado, pues el promedio para el año 2006 es de 0.09 mg/l y para el 2007 de 0.10 mg/l.

Aunque las concentraciones obtenidas en todas las fuentes de los acueductos son bajas, hay una pequeña diferencia entre el periodo seco y el lluvioso del 2007, siendo mayor en éste último que probablemente se debe al transporte por escorrentía producto de las lluvias. El nitrato es uno de los aniones principales en las aguas naturales, pero sus concentraciones

pueden ser elevadas gradualmente, debido al lixiviado del nitrógeno proveniente de abonos agrícolas, de lotes alimentarios o de fosas sépticas (Perry *et al.* 2002).

Sin embargo, no hay una clara relación entre los niveles de nitratos y el uso del suelo alrededor de las diferentes fuentes. Resultados similares fueron encontrados por Cardona (2003) en la microcuenca La Soledad, al no encontrar una relación del nivel de nitratos con las actividades agrícolas, aunque sí encontró una correlación con la presencia de fósforo total, turbidez y sólidos suspendidos.

Autores como Brooks *et al.* (1996), expresan que el aporte del nitrógeno al agua no sólo se debe a una mayor frecuencia de actividades agrícolas, sino también a la entrada natural de material orgánico de origen natural. Dado que los niveles de nitratos encontrados son bajos, esta última aseveración sugiere la explicación a la presencia de nitratos en fuentes ubicadas en zonas de bosque, incluso dentro del Parque Nacional la Tigra, donde no hay terrenos agrícolas o acceso de ganado, pero sí una gran cantidad de materia orgánica natural.

### **Sólidos suspendidos**

Los datos de la variable sólidos suspendidos, transformados a rangos, indican diferencia estadísticamente significativa para las dos épocas del 2007 ( $p=0.0211$ ), en valores reales la media del periodo seco fue de 10.67 mg/l y 4.76 mg/l para el lluvioso. En este caso la diferencia entre acueductos no fue significativa ( $p=0.8305$ ).

Considerando los datos del 2006, también transformados a rangos, sí hubo diferencias entre años ( $p=0.0001$ ), siendo más alta la media del 2007 con valores reales de 7.72 mg/l *versus* 2.10 mg/l del año 2006. La diferencia entre épocas también resultó estadísticamente diferente ( $p=0.0085$ ) con 7.05 mg/l para el periodo seco y 2.76 mg/l para el lluvioso. La interacción entre año *versus* época fue significativa ( $p=0.0160$ ), con valores altos para la época seca del 2007 y menores para la lluviosa del 2006.

Los análisis en conjunto indican mayor presencia de sólidos suspendidos en el periodo seco. En el análisis de correlación entre todos los parámetros, se obtuvo una relación importante entre los sólidos suspendidos y los fosfatos ( $r=0.3027$ ,  $p=0.0051$ ), ambos encontrados con

niveles más alto en el periodo seco. Esta relación indica que entre mayores sólidos suspendidos contenga el agua, mayor es la probabilidad de presencia de fosfatos o incluso otras partículas, pues según Roldan (1992), los sólidos suspendidos incluyen partículas de sedimento, barro de las corrientes de tierra, plancton, desechos industriales y drenaje.

Resultados similares encontró Cardona (2003) en la microcuenca La Soledad, donde hubo una clara asociación entre los sólidos suspendidos y la presencia de fósforo en el agua, indicando una existencia de un acentuado efecto de este nutriente, asociado a partículas del suelo.

Una asociación entre la turbidez y los sólidos suspendidos también se observaron en las fuentes de los acueductos que presentaron niveles altos de turbidez (Cuadro 15). Aunque en fuentes como la de El Liquidambal y Chiquistepe, posiblemente se debe a la presencia de otros componentes, como en este último, al que se le realizó un análisis de contenido de hierro total, obteniendo un resultado de 0.09 mg/l, mismo que se encuentra dentro del límite permitido por la norma de agua potable de Honduras (0.3 mg/l).

La misma norma indica como máximo permisible de 10 mg/l para los sólidos suspendidos, esto hace que algunos acueductos queden por arriba de lo indicado.

*Cuadro 15. Acueductos de Valle de Ángeles con resultados superiores al límite recomendado para sólidos suspendidos*

<b>Acueducto</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>Sólidos suspendidos (mg/l)</b>
El Liquidambal	0.71	12
La Escondida	16.93	14
Los Lirios	39.24	16
Chiquistepe	1.62	30

NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez

### **Sólidos Totales Disueltos**

Estadísticamente no hubo diferencia entre épocas del año 2007 ( $p=0.1181$ ), pero sí las hay entre acueductos ( $p=0.0001$ ). Tomando en cuenta los resultados del 2006, con los datos transformados a rangos para el análisis, se encontró diferencias significativas entre años

( $p=0.0120$ ), la media de los valores reales para el 2006 fue de 25.55 mg/l y para el 2007 de 22.34 mg/l. En este caso tampoco hubo diferencia entre épocas, pero sí entre acueductos ( $p=0.0001$ ).

La diferencia entre acueductos probablemente se debe a la influencia del uso de la tierra sobre la calidad del agua. Brooks *et al.* (1991) sostienen que en la mayoría de procesos del uso del suelo intervienen los sedimentos. Los aprovechamientos forestales, el fuego, la ganadería y la agricultura, con sus implicaciones, son sólo algunas de las actividades asociadas a contaminación de aguas por sedimentos. La medida de sólidos totales incluye sólidos disueltos y sólidos suspendidos, los materiales disueltos u orgánicos incluyen calcio, bicarbonato, nitrógeno, hierro, sulfato y otros átomos encontrados en el agua (Roldan 1992).

Esta variedad de sólidos abre una gama de posibilidades de causas que influyeron en la diferencia de resultados encontrados entre acueductos, y no así entre épocas. Promediando ambas épocas, los acueductos con mayor valor son: El Molino (22.75 mg/l), El Tablón (24.88 mg/l), Guanacaste (64.50 mg/l) y Jocomico (152.50 mg/l). En el caso de El Molino y Jocomico, el primero tiene la fuente de agua cercana a la zona urbana, mientras el segundo presenta problemas por terrenos agrícolas que rodean la fuente. El Tablón y Guanacaste presentaron también niveles altos de turbidez, lo que sugiere una asociación entre los niveles de turbidez y los sólidos totales disueltos.

Aunque ninguno se encuentra por arriba de la norma de calidad de agua de Honduras, de 1000 mg/l, de acuerdo con la OMS no afecta a la salud la presencia de sólidos totales, sólo la presencia de altos niveles mayores a 1200 mg/l puede ser desagradable para los consumidores. Sin embargo, Roldán (1992) menciona que la alta concentración de sólidos disueltos puede llevar efectos laxantes en el agua para beber y contar con un mal sabor mineral en el agua.

### **Oxígeno Disuelto**

Estadísticamente son diferentes los valores de las medias entre épocas del 2007 ( $p=0.0002$ ), en el periodo seco la media fue de 6.31 mg/l y en el lluvioso fue de 5.28 mg/l, ligeramente por debajo del rango establecido por la Norma de Calidad de Agua que va de 6-8 mg/l. Entre los acueductos también es significativa la diferencia ( $p=0.0059$ ).

Analizando en conjunto con los datos del año 2006 se obtuvo que estadísticamente son diferentes las medias entre años ( $p=0.0001$ ) con 5.80 mg/l para el 2007 contra 6.69 mg/l del 2006. La diferencia entre épocas también sigue siendo significativa ( $p=0.0012$ ), obteniendo el mayor valor para el periodo seco con 6.49 mg/l, mientras que en el lluvioso fue de 5.99 mg/l. La diferencia entre acueductos fue significativa ( $p=0.0003$ ) y comparando las medias globales se tiene que hay algunos acueductos que se encuentran fuera y por debajo del rango establecido por la norma (Cuadro 16).

*Cuadro 16. Acueductos de Valle de Ángeles con resultados fuera del rango recomendado para oxígeno disuelto*

Acueducto	Oxígeno Disuelto (mg/l)
Jocomico	4.70
El Guayabo	4.85
Chiquistepe	5.30
Chinacla	5.43
Sabaneta	5.73
La Escondida	5.95

La similitud de resultados encontrados en ambos años, con una menor concentración de oxígeno disuelto para el periodo lluvioso, está relacionado con los resultados de mayor temperatura para el mismo periodo, además de los mayores niveles de turbidez. Según Seoáñez (1999), al haber incremento de temperatura, las tasas de respiración se pueden incrementar, hay disminución de la solubilidad del oxígeno, se aumentan las tasas de mineralización de la materia orgánica y por ende el consumo de oxígeno.

Dentro de algunos problemas que se pueden presentar por la reducción de oxígeno disuelto, según la OMS, es que conduciría a la reducción microbiana del nitrato a nitrito, lo que afecta a la salud, así como de sulfato a sulfuro, y aumentar la concentración de hierro ferroso.

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno 5**

Para la  $DBO_5$  en el 2007 los datos fueron transformados a rangos para su análisis, resultando una diferencia significativa entre épocas ( $p=0.0026$ ) con valores reales de la media para el

periodo seco de 1.72 mg/l *versus* 0.85 mg/l del lluvioso. La diferencia entre acueductos no fue significativa ( $p=0.4187$ ). Sin embargo, analizando en conjunto los datos con el año 2006 no resulta significativa la diferencia entre épocas ( $p=0.7700$ ), aunque entre años la diferencia es muy significativa ( $p=0.0001$ ), obteniéndose un valor más alto en el 2006, con una media de 5.20 mg/l *versus* 1.28 mg/l del 2007.

No hubo diferencia significativa entre acueductos ( $p=0.1704$ ) y en ninguno de estos casos se está sobre la norma de calidad de agua, que indica como límite permisible 50 mg/l. La diferencia encontrada entre épocas del 2007, así como entre años posiblemente se debe a la variación temporal de las actividades agrícolas y de pastoreo, dado que los resultados coinciden con la presencia mayores fosfatos y sólidos suspendidos en el periodo seco. Sin embargo, es importante notar que en análisis conjunto de datos entre ambos años no hay diferencia entre épocas. Por lo anterior, no se puede asegurar que hay una presencia considerable de materia orgánica. Las aguas naturales con valores de DBO<sub>5</sub> menores a 4 mg/l se consideran razonablemente limpias, si los valores superan 10 mg/l las aguas se encuentran contaminadas con materia orgánica (Brooks *et al.* 1991)

En el análisis de correlación hay un coeficiente alto entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO ( $r=0.3856$ ,  $p=0.0003$ ), es decir, al incrementar cualquiera de ellas la otra también incrementa. La DQO indica, además del material biodegradable el material no biodegradable presente (Roldan 1992).

### **Demanda Química de Oxígeno**

Para el caso de la DQO, en el 2007 estadísticamente no hubo diferencias entre épocas ( $p=0.5250$ ), tampoco entre acueductos ( $p=0.2703$ ). De igual forma el conjunto de datos entre ambos años no indican diferencias significativas ni entre años ( $p=0.0698$ ), ni épocas ( $p=0.2014$ ), como tampoco entre acueductos ( $p=0.0686$ ). Ninguna de las posibles interacciones resultó significativa, de igual forma ningún acueducto se encuentra fuera de la norma que marca como límite 20 mg/l, pues la media para el año 2006 es de 9.85 mg/l y para el año 2007 fue de 2.13 mg/l.

### **4.3.3 Parámetros bacteriológicos**

#### **Coliformes Totales**

Hubo diferencia estadísticamente significativa entre las épocas del 2007, con los datos transformados a rangos ( $p=0.0001$ ); los valores reales de las medias en este caso son de 107.62 UFC/100 ml para el periodo seco y una media de 486.81 UFC/100 ml para el lluvioso. La diferencia entre acueductos no resultó estadísticamente significativa ( $p=0.1640$ ).

El análisis en conjunto con los datos del año 2006, que también se transformaron a rangos, indican también diferencia significativa entre épocas ( $p=0.0001$ ) con una media en valores reales de 120.86 UFC/100 ml para la seca, *versus* 328.43 UFC/100 ml en la lluviosa. La diferencia entre años también es estadísticamente significativa ( $p=0.0249$ ), el valor de la media más alta corresponde a el año 2007, con 297.21 UFC/100 ml y la media menor es para el año 2006, con 152.07 UFC/100 ml.

En este análisis, contrario a sólo los datos del 2007, se encontró la diferencia estadísticamente significativa entre acueductos ( $p=0.0007$ ), al igual que la interacción entre año y época ( $p=0.0024$ ). La media con mayor valor corresponde al periodo lluvioso del 2007 (486.81 UFC/100 ml) y la de menor valor es para el seco del 2006 (134.10 UFC/100 ml).

En el análisis de correlación se obtuvo un coeficiente significativo entre los coliformes totales con el oxígeno disuelto ( $r=-0.3818$ ,  $p=0.0003$ ), la relación es negativa, por lo tanto a menor oxígeno disuelto la presencia de coliformes incrementa, o en caso contrario, a menor presencia de coliformes el oxígeno es mayor. Lo anterior sucede, según Roldán (1992), cuando la materia orgánica entra al agua y los microbios y macroinvertebrados colonizan e inician el proceso de descomposición, durante el cual los organismos consumen oxígeno disuelto en el agua.

Otra correlación importante se da entre los sólidos totales disueltos y los coliformes totales ( $r=0.4894$ ,  $p=0.0001$ ), a mayor cantidad de sólidos totales mayor es la presencia de coliformes y viceversa. Según Perry *et al.* (2002), también las partículas que provocan la turbidez pueden proporcionar asientos de absorción de sustancias tóxicas en el agua, pueden proteger a los

patógenos (y coliformes) de la desinfección, absorbiendo o encajándolos, y pueden inferir con el análisis total de coliformes. Lo anterior sugiere la explicación de mayores coliformes totales en la época de lluvias, dado que mayor es el nivel de turbidez, la cual es incrementada por los escurrimientos producto de la precipitación.

Para este parámetro es importante mencionar que la Norma Técnica para la Calidad de Agua potable de Honduras indica que el valor recomendado para el análisis de coliformes totales debe ser 0 UFC/100 ml. Todos los acueductos resultaron con valores fuera de la norma en ambos años y para el caso del año 2007 (Cuadro 17), se muestra la media entre las dos épocas, conociendo por los resultados anteriores que fue mayor la presencia de coliformes en el periodo lluvioso.

*Cuadro 17. Promedio de resultados de coliformes totales para el año 2007 en los acueductos de Valle de Ángeles*

<b>Acueducto</b>	<b>UFC/100 ml</b>	<b>Acueducto</b>	<b>UFC/100ml</b>
Las Martitas	20	El Tablón	240
Quebrada Honda	25	Chagüitillo. Sauce y Cañadas	250
El Cantón	70	Bordo Las Martitas	270
Liquidambal	105	El Molino	300
El Portillo	135	Chiquistepe	400
La Esperanza	140	Los Lirios	545
Chinacla	140	Guanacaste	560
San Francisco	170	El Suizo	620
La Cimbra	175	El Guayabo	709
Sabanetas	180	Jocomico	962
La Escondida	225		

En las aguas existen cinco tipos de organismos capaces de infectar al ser humano: bacterias, protozoarios, helmintos, virus y hongos (Fair y Geyer 2005). Los coliformes totales son un grupo de bacterias relacionadas de cerca (familia de las *Enterobacterias*), que han sido utilizadas durante muchas décadas como el indicador idóneo para el agua potable. La mayoría de estas bacterias están muy diseminadas en el medio ambiente y los coliformes, a veces, son de origen no fecal, pero estas bacterias causan enfermedades normalmente agudas (de brusca aparición y desenlace, generalmente, en un corto periodo de tiempo sobre personas saludables), y la mayoría esta caracterizada por síntomas gastrointestinales (diarrea, fatiga, calambres y dolores abdominales) (Perry *et al.* 2002).

### **Coliformes Termotolerantes**

Los datos de coliformes termotolerantes no fueron sometidos al análisis estadístico debido a la poca cantidad de datos obtenidos. La Norma Técnica para la Calidad de Agua potable de Honduras indica que el valor recomendado para el análisis también debe ser negativo, es decir 0 UFC/100 ml. Los acueductos que dieron algún valor en el periodo seco del 2007 fueron: Chinacla (20 UFC/100 ml), Jocomico (10 UFC/100 ml) y Quebrada Honda (20 UFC/100 ml). Para el periodo lluvioso del mismo año, los acueductos fueron: Guanacaste (2 UFC/100 ml), Jocomico (16 UFC/100 ml) y El Guayabo (23 UFC/100 ml).

Los coliformes fecales o termotolerantes son un subconjunto del grupo de coliformes totales. *E. coli* es el mayor subconjunto que produce enfermedades gastrointestinales agudas en el hombre, por lo que es necesario el proceso de desinfección del agua ya que la presencia es un indicador de contaminación fecal reciente de animales de sangre caliente (Perry *et al.* 2002).

### **4.4 Frecuencia de enfermedades de origen hídrico**

Fueron seleccionadas siete enfermedades asociadas al agua que pueden ser debido a la absorción de agua contaminada, las infecciones debido a la falta de higiene por escasez de agua para lavarse o preparar alimentos y las enfermedades por malas condiciones sanitarias en el hogar. Estas enfermedades son: dengue, dermatitis alérgica, diarreas/disenterías, escabiosis/pediculosis, hepatitis “A”, infecciones de la piel y parasitismo intestinal.

La fuente de información fueron los dos centros de salud del municipio, que son el del casco urbano de Valle de Ángeles y el de Cerro Grande, en el primero atienden y clasifican la información en 12 sectores o localidades, mientras que en Cerro Grande se divide en 5 pequeños sectores (Cuadro 18). La información obtenida del CESAMO de Valle de Ángeles es de enero del año 2004 a junio del 2007, mientras que en el CESAMO de Cerro Grande sólo fue posible obtener información de enero a junio del año 2007 debido a la ausencia de archivos históricos mensuales.

Es importante señalar que las localidades reconocidas por los centros de salud, difícilmente coinciden con la distribución de agua por cada acueducto, por lo que no es posible relacionar

directamente la incidencia de enfermedades por localidad con los resultados del análisis de calidad de agua del acueducto.

*Cuadro 18. Número de enfermos por localidad en los centros de salud de Valle de Ángeles*

<b>CESAMO Valle de Angeles (Enero 2004 a Junio 2007)</b>		<b>CESAMO Cerro Grande (Enero 2007 a Junio 2007)</b>	
<b>Localidad</b>	<b>Enfermos</b>	<b>Localidad</b>	<b>Enfermos</b>
Casco Urbano	1,465	Cerro Grande	92
Mina	366	Macuelizo	55
Cañadas	265	Retiro	35
Liquidambal	193	Playas	5
Buena Vista	177	Corrales	4
Chagüitillo	153		
Sauce	138		
Montaña Grande	135		
Guayabo	106		
Portillo	43		
Chinacla	42		
Socorro	39		
Subtotal	3,122	Subtotal	191
Total 3,313 Enfermos			

Es difícil también relacionar el número de enfermos respecto a la población total por cada localidad, dado que la información existente del censo del año 2001, tiene una clasificación en la población diferente, manejando un total de 57 caseríos en todo el municipio, algunos de los cuales por la distancia, acuden a otros centros de salud más cercanos de los municipios vecinos, tal es el caso de Jocomico, Guanacaste, Chiquistepe, Sabaneta y otros aún más pequeños.

Sin embargo, los resultados obtenidos indican que localidades como Buena Vista, El Socorro y La Mina, que se conforman por caseríos relativamente pequeños, resultaron con un alto número de enfermos, seguidos por los caseríos El Guayabo, El Portillo, Chinacla y El Liquidambal, todos estos ubicados en las zonas rurales del Municipio. En el casco urbano, donde se pueden clasificar mejor los datos de población y tomando como base el Censo del 2001, de un total de 4,663 habitantes asistieron en promedio 413 enfermos al año, es decir, aunque aparezca como la localidad con mayor número de enfermos, el porcentaje con relación a la población total es de aproximadamente el 9%, aunque cabe señalar que de acuerdo a

información del personal médico del centro de salud, en este sector algunos enfermos acuden a la ciudad de Tegucigalpa por la cercanía y fácil transporte.

En relación a los tipos de enfermedades más frecuentes, de un total de 3,122 habitantes enfermos que acudieron al centro de salud de Valle de Ángeles en el periodo antes mencionado, el 66 % (2,072) tuvieron un diagnóstico de parasitismo intestinal, siendo ésta la enfermedad más frecuente por una considerable diferencia respecto a las otras, como la dermatitis alérgica y diarreas/disenterías con un 10% (320) y 9% (281), respectivamente (Figura 8).

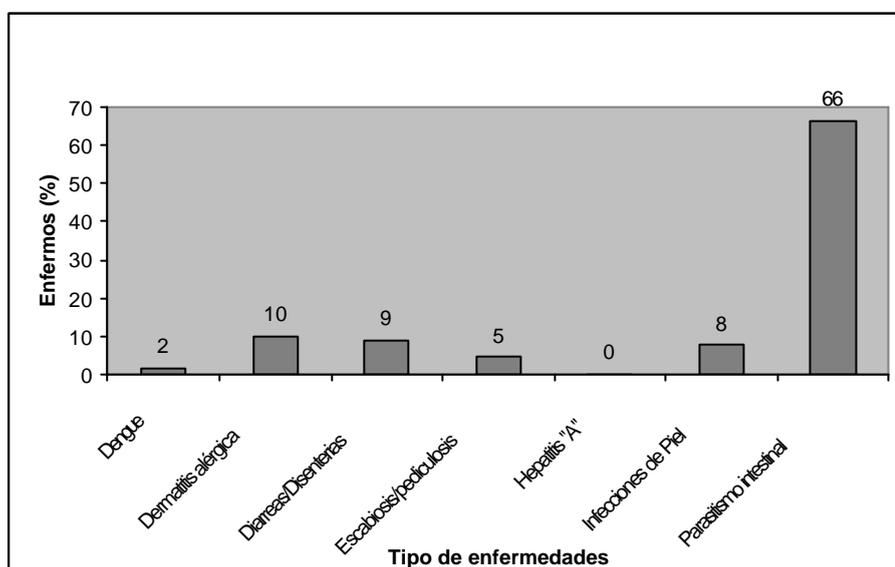


Figura 8. Porcentaje total de enfermos por tipo de enfermedad en Valle de Ángeles, Honduras.

Muy cercano a estos últimos datos, se encuentran las infecciones de la piel cuyo porcentaje de enfermos fue del 8% (241) y con menos frecuencia se presentaron casos de escabiosis 5% (144), dengue 2% (58) y hepatitis "A" 0.2% (6).

De acuerdo con Perry *et al.* (2002) hay implicados un gran número de microorganismos en las enfermedades de origen hídrico, incluyendo protozoos, virus y bacterias, y el agente causante no se identifica en casi un 50% en los brotes de enfermedad hídrica. La situación también es complicada porque la mayoría de la gente que experimenta trastornos gastrointestinales

(predominantemente diarrea) no busca atención médica, y para aquellos que lo hacen, los médicos generalmente no suelen atribuir las dolencias gastrointestinales a un origen específico como el de beber agua potable contaminada.

Una parte desconocida, pero probablemente significativa, de las enfermedades de origen hídrico es endémica (es decir, no asociado con un brote o epidemia) y así es incluso más difícil de reconocer. Basándose en esta información, el número de brotes de enfermedades de origen hídrico y causas similares es, probablemente, mayor que el informado o reportado (Perry *et al.* 2002).

Otro dato importante es la época del año en que son más frecuentes las enfermedades. De acuerdo a la Fundación Vida (2004), la distribución de las precipitaciones a lo largo del año varía, presentándose las máximas en los meses de junio y octubre, mientras las mínimas se dan entre los meses de noviembre y abril. Comparando los datos mensuales de precipitación con el promedio mensual de enfermos que acudieron al CESAMO de Valle de Ángeles de enero de 2004 a junio de 2007, se observa una tendencia ascendente en el número de enfermos que acuden entre los meses de abril a junio, al mismo tiempo que se incrementan las precipitaciones en la misma época (Figura 9).

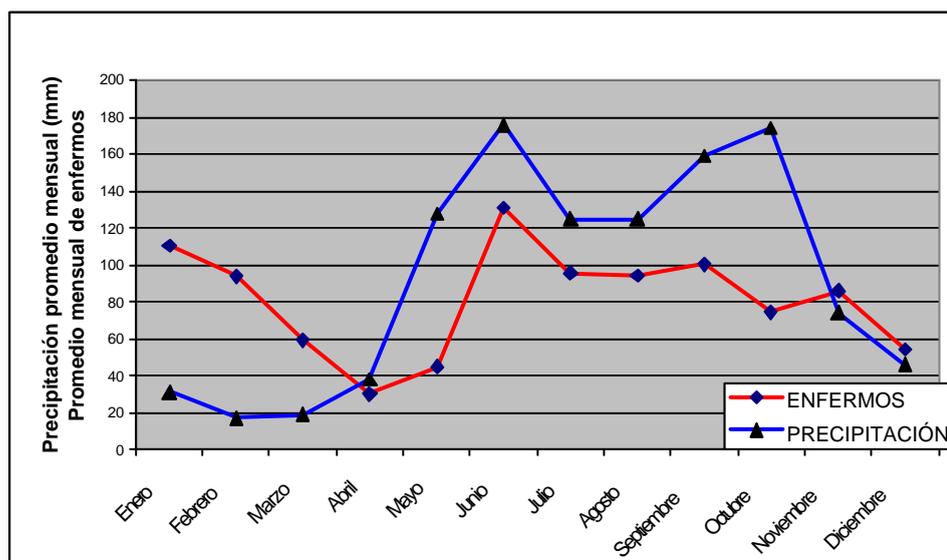


Figura 9. Distribución de la precipitación y frecuencia de enfermedades en Valle de Ángeles, Honduras.

Esta relación en el incremento de enfermedades con el inicio de la época de lluvias, puede deberse a la mayor contaminación de las fuentes de agua provocada por las primeras precipitaciones que arrastran materia orgánica, suelo y demás contaminantes que se acumulan en los meses anteriores de escasa precipitación.

Mediante la observación en campo de los diferentes manantiales y quebradas, se pudo constatar que la calidad del agua en parámetros visibles como la turbiedad se ve gravemente alterada en las primeras precipitaciones intensas, lo cual se mantiene los primeros días de iniciada la época de lluvias y en algunos casos sólo horas después de ocurrido cada evento de precipitación. Esta información es muy importante dado que los resultados de análisis de calidad del agua fueron muestreados una vez establecida la época de lluvias, es decir, la mayor parte se realizó en el mes de julio. Esto quiere decir que algunas muestras fueron tomadas pasado el periodo crítico de arrastre de contaminantes, por lo tanto, en algunos casos no alcanza a reflejar los valores más altos de contaminación en las fuentes de agua.

#### **4.5 Análisis de cantidad de agua**

Se realizó el monitoreo de cantidad de agua en las fuentes de captación de cada acueducto, considerando el resultado como caudal total, es decir, todo el agua con que cuenta la fuente de abastecimiento antes de entrar al sistema de conducción. Dado que se trata de fuentes pequeñas, la mayoría de los caudales totales corresponden a los caudales aprovechados, no siendo así en la quebrada El Suizo, quebrada San Francisco, quebrada Bellos, y la quebrada Carrizal, donde la cantidad aprovechada es menor a la cantidad que ofrecen las fuentes, sobre todo en el periodo lluvioso. El caudal aprovechado se midió antes de entrar al tanque de almacenamiento, considerando que es el dato más real para analizar y tomar decisiones para la cantidad de población que se abastece actualmente (Cuadro 19).

La importancia de obtener ambos caudales también refleja la eficiencia del acueducto por las pérdidas de agua durante el transporte desde la fuente hasta el almacenamiento, ya que mientras no exista un monitoreo de la cantidad de agua que entra al sistema y la que recibe el tanque, a veces se pasan por desapercibidas fugas o desperdicios.

*Cuadro 19. Resultados de aforo en las fuentes de agua de los acueductos de Valle de Ángeles en el año 2007*

Acueducto	Fuente	Caudal Total (l/s)		Caudal Aprovechado (l/s)	
		Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa
San Francisco*	Q. San Francisco	12.69	21.41	12.69	21.41
El Suizo*	Q. El Suizo	4.12	5.72	4.12	5.72
Las Martitas*	M. Las Martitas	2.46	3.36	2.46	3.36
La Cimbra	Q. La Chanchera 2	2.03	3.58	1.81	2.60
	Q. La Cartuchera	1.59	1.51	1.02	1.51
El Tablón	Q. Matasanos	2.53	4.98	2.53	4.98
	Q. Los Jutes	2.26	2.46	1.71	2.20
La Escondida *	Q. Los Jutes	0.64	0.92	0.64	0.92
El Molino	Q. Los Jutes	0.49	0.56	0.49	0.56
	Q. El Carrizal	6.02	8.25	3.52	6.39
Los Lirios	M. El Encinal	0.26	1.50	0.26	1.08
Bordo las martitas	M. Bordo las Martitas	1.00	1.15	1.00	1.15
El Cantón	La Chanchera	1.55	2.87	1.17	1.56
El Portillo	Q. Las Manzanitas	1.03	1.01	1.03	1.01
El Liquidambal	Q. Escobales	1.11	3.58	0.49	2.82
Chinacla	M. Cedros	0.16	0.12	0.16	0.12
Chiquistepe	M. en Chinacla	0.93	0.66	0.56	0.53
Sabanetas	Q. Bellos	6.44	7.94	1.81	1.65
La Esperanza	Q. Buena Vista	3.54	4.17	1.18	2.12
Guayabo	M. Guayabo	1.04	1.16	1.04	1.16
Jocomico	Q. Las Escaleras	0.83	1.20	0.78	0.99
Guanacaste	Q. La Pelona	0.69	0.75	0.69	0.75
Chagüitillo, Sauce y Cañadas**	Q. Carrizal, Q. Las Manzanas, M. Los Zarcos 1 y 2	1.59	1.98	1.59	1.98
Quebrada Honda	Q. Manzanas	0.86	0.90	0.86	0.90

\* En estos acueductos el caudal total es igual al caudal aprovechado, debido a que los tanques de almacenamiento estaban en reparación o fuera de servicio y la conexión era directa desde la obra toma.

\*\* El valor corresponde al caudal aprovechado ya que el caudal total es de diversas fuentes difíciles de medir. La fecha y hora del aforo se presenta en el Anexo 9 para referencia en futuros monitoreos.

Comparando de forma global los resultados con los datos obtenidos por Reyes (2006), se obtuvo que el caudal total promedio en el 2006 fue de 4.74 l/s, mientras que para el año 2007 es de 3.28 l/s y diferenciado entre épocas el caudal promedio para el periodo seco de 2006 fue de 4.06 l/s y para el 2007 es de 2.66 l/s. En cuanto al periodo lluvioso, los datos también son mayores para el 2006 pues la media fue de 5.41 l/s, mientras que para el 2007 es de 3.89 l/s (Anexo 10).

Aparentemente los caudales fueron mayores en el 2006, sin embargo no se puede concluir por diferentes razones. Analizando los resultados por cada acueducto hay una gran diferencia en caudales que son mayores para el 2006 en El Tablón, El Cantón y La Escondida. La causa puede variar ya que depende de otros factores como el método utilizado para el aforo y la fecha de medición, pues se sabe que el caudal incrementa mucho más en meses posteriores a los considerados en el estudio como periodo lluvioso, sin embargo, por razones de tiempo no es posible prolongar la fecha de muestreo.

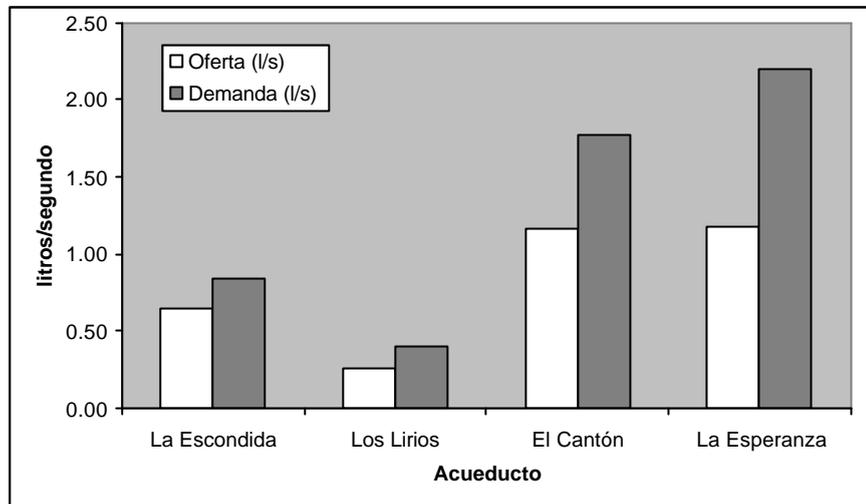
Otro factor que interfiere es el momento de la medición, pues si se lleva a cabo a unas horas de ocurrido un evento de precipitación, ocurre un caudal pico que es mayor al caudal promedio del cauce. Hay casos donde la diferencia es muy extrema y de acuerdo a las juntas de agua, en algunas ocasiones inyectan corrientes de otras fuentes para incrementar el caudal, lo que también puede modificar el resultado, o como en el caso del acueducto de El Cantón, que antes se abastecía de dos fuentes de agua y ahora sólo lo hace de una, por tal razón no se hace mayor énfasis en la comparación de caudales entre ambos años.

Se realizó un análisis de oferta y demanda actual tomando como referencia el caudal aprovechado en el periodo seco por cada acueducto, ya que se debe considerar al caudal mínimo en el año para fines de planeación o toma de decisiones. La demanda fue compuesta por la población calculada anteriormente para cada acueducto y se consideró una dotación de 200 litros diarios por persona.

Con estos análisis hay cuatro acueductos que no satisfacen esta demanda (Figura 10), que son: el acueducto de La Esperanza, que también abastece a La Leona y El Carmelo, actualmente tiene una oferta de 70.80 litros por minuto y para satisfacer la demanda según la dotación se requieren otros 60.87 litros por minuto, de todos los acueductos este es el que más problemas presenta de cantidad de agua.

El acueducto del Cantón presenta una oferta de 70.20 litros por minuto y para satisfacer la demanda requiere de 36.33 litros por minuto más. El otro caso es La Escondida con 38.40 litros por minuto, faltando 12.16 litros por minuto más para cumplir con la demanda.

Finalmente se encuentra Los Lirios con una oferta de 15.60 litros por minuto con un déficit de 8.43 litros por minuto.



*Figura 10. Acueductos con deficiencia de agua según la demanda de la población para el periodo seco del año 2007 en Valle de Ángeles, Honduras.*

En el periodo lluvioso los caudales incrementan considerablemente; para el caso del acueducto El Cantón la deficiencia se redujo a 12.9 litros por minuto, sin embargo, según la observación de los miembros de la junta de agua, el caudal sigue incrementando en meses posteriores. Otro caudal que también se recupera es el de La Esperanza, reduciéndose el déficit a 4.47 litros por minuto, sin embargo, en este acueducto aún en la época lluviosa no satisfacen la demanda. Existen otros acueductos como Chinacla y Chiquistepe que tienen un caudal de acuerdo a lo calculado que apenas alcanza a abastecer la demanda y según la junta de agua, al igual que en otros acueductos, hay muchas quejas de los abonados por la falta de agua en época seca, en estos casos de acuerdo a lo analizado el problema radica en el desperdicio y la mala distribución del agua para todas las viviendas.

#### **4.6 Análisis de la oferta y demanda de agua en los acueductos de Chiquistepe y Chagüitillo, Sauce y Cañadas**

El acueducto de Chagüitillo, Sauce y Cañadas obtiene el agua de pequeñas y diferentes obras de captación ubicadas en tres sectores dentro del Parque Nacional La Tigra, en la zona denominada Los Sarcos, Las Manzanas y El Carrizal. Todas estas líneas de conducción se unen y reúnen el caudal en una caja de distribución localizada en el paraje denominado “Las Moras”, donde se realizó el aforo de agua que abastece a las tres comunidades. A partir de la caja de distribución, se dividen los tres caudales que alimentan a cada tanque de almacenamiento ubicado en cada comunidad.

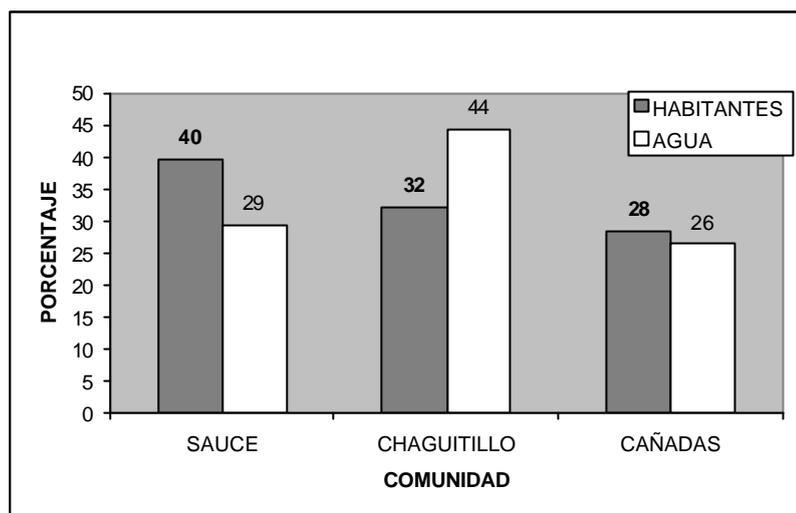
Con el fin de analizar la oferta de agua con base al caudal total obtenido en la caja de distribución y posteriormente a partir de cada tanque de almacenamiento por comunidad, se midió el caudal total antes de ser dividido y posteriormente en cada tanque de almacenamiento.

La demanda se calculó con base a una encuesta directa a cada abonado donde además de obtener la población total, se determinaron otros aspectos como número de familias que se abastecen de la misma toma, tarifa que paga al mes, morosidad y número de días u horas que recibe agua a la semana.

El caudal evaluado en la caja de distribución durante el periodo seco del 2007 fue de 1.59 l/s y la población total de las tres comunidades es de 533 habitantes, con un índice de hacinamiento de 4.6 habitantes por vivienda. Si consideramos que de acuerdo a la OMS, la dotación diaria por habitante recomendada es de 200 litros, entonces se requiere un caudal de 1.2 l/s para satisfacer la demanda, siendo así, se podría decir que hay un excedente de 0.39 l/s.

Teniendo esta información, se midió la cantidad de agua que llega al tanque de almacenamiento de cada comunidad, obteniendo los siguientes resultados: El Sauce recibe 0.59 l/s para una población de 211 habitantes, Chagüitillo recibe 0.89 l/s para una población de 171 habitantes y parte del sector de Las Cañadas recibe 0.53 l/s para 151 habitantes.

El caudal obtenido en los tres tanques de almacenamiento suma un total de 2.01 l/s, ligeramente mayor a 1.59 l/s obtenido en la caja de distribución, lo cual se debe al efecto de almacenamiento en la red de conducción hasta los tanques. Se consideró a los 2.01 l/s como el 100% del caudal aprovechado y se determinó el porcentaje de agua que recibe cada comunidad comparando con el porcentaje de población que debe abastecer (Figura 11).



*Figura 11. Relación en porcentaje entre la cantidad de agua y el número de habitantes en el acueducto de Chaguitillo, Sauce y Cañadas.*

De acuerdo con el análisis existe un desbalance en la distribución por la cantidad que cada comunidad recibe en relación a la población que debe abastecer. Esta situación es la que genera la escasez de agua en algunos sectores, pues de acuerdo con la encuesta realizada en la comunidad de Chaguitillo, el 100% de los abonados tienen agua durante toda la semana, mientras que en las otras dos comunidades reciben de forma muy desproporcionada, por ejemplo, en la zona de Las Cañadas el 61% de los abonados aseguró tener agua sólo 4 horas diarias o menos.

Otro aspecto analizado en la encuesta es la morosidad, de 120 abonados en el acueducto, el 30% respondió tener morosidad en el pago que va desde 2 a 4 meses. Existen dos tarifas de acuerdo al nivel económico y a la cantidad de agua que se puede consumir, dependiendo si cuenta con cisterna o algún negocio que demande mayor consumo. El 64% de los abonados

respondió pagar 25 lempiras<sup>7</sup> al mes, mientras que el resto paga 45 Lps. Existen también 10 abonados que pagan por una sola toma, pero que se abastecen más de una familia, es decir, que de la misma toma se abastecen más de una vivienda y sólo se paga lo correspondiente a una cuota.

La tarifa mensual varía en los diferentes acueductos del municipio, siendo en el área rural más bajas, con tarifas de 10 a 20 Lps al mes. En el casco urbano se cobra una tarifa mensual de 32 Lps a viviendas y de 37 hasta 70 Lps a negocios como pulperías o restaurantes. La tarifa mínima promedio mensual por servicio de agua potable en las zonas metropolitanas de Honduras es de US\$ 2.45, es decir, alrededor de 47 Lps. Esto quiere decir, que las tarifas en el municipio se encuentran por debajo del promedio nacional.

En el caso del acueducto de Chiquistepe, la situación es algo similar al acueducto anterior, se trata de 54 abonados con una población total de 271 habitantes. De acuerdo al aforo realizado en el periodo seco del 2007, recibe un caudal en el tanque de almacenamiento de 0.56 l/s. Si aplicamos la recomendación de 200 litros por persona diarios, se requieren 0.6 l/s, es decir, que la oferta está ligeramente por debajo que la cantidad demandada.

Se realizó también una encuesta para detectar irregularidades en la distribución y el 12% de los abonados respondió tener agua al menos cinco días a la semana, mientras que el resto recibe agua de forma muy irregular, pues en ocasiones reciben desde un día a la semana, hasta cuatro días, con tiempos igual irregulares, asegurando que el agua llega por lapsos de cuatro a seis horas.

La tarifa mensual es de 15 lempiras por abonado y se detectó una morosidad del 20%. Los resultados indican una ligera diferencia entre la oferta y demanda, sin embargo, por problemas de distribución, la escasez de agua se vuelve crítica en algunos sectores de la población, lo que conlleva a otros problemas como la falta de pago mensual o la falta de participación en necesidades de reparación o mantenimiento del acueducto. Esto es común en todas las juntas de agua y genera un conflicto interno, ya que algunos abonados justifican no pagar la cuota

---

<sup>7</sup> Tasa actual de cambio: US\$1.00=Lps.19.00

mensual por la falta de agua en sus viviendas o de forma contraria, los abonados que pagan su cuota, no participan en trabajos de reparación o mantenimiento justificando que pagan su cuota.

El análisis anterior con las dos juntas de agua sirvió de base para analizar la situación actual de todas las juntas de agua en el municipio, además de resultados obtenidos en talleres con las juntas directivas para analizar la organización social e identificar puntos de acción para fortalecer las estrategias y acciones de gestión impulsadas por los actores locales en Valle de Ángeles.

## **4.7 Organización y avance en la gestión de recursos hídricos en el municipio de Valle de Ángeles**

### ***4.7.1 Situación actual de las juntas de agua***

Actualmente existen 18 juntas de agua que administran el mismo número de acueductos con diferentes condiciones y características, pues se abastecen desde 10 viviendas como en el caso de la colonia Gracias a Dios, hasta más de 200 viviendas en el acueducto La Esperanza. Existe también el acueducto de Cerro Grande y Cañadas con más de 1000 viviendas que actualmente administra el SANAA, pero que está en proceso de cambio de fuente que será administrado por una junta de agua.

Para el análisis de calidad y cantidad de agua se trabajó con 16 juntas de agua que cubren el 50% de la población total en los 21 acueductos, cuyo aforo total evaluado en el 2007 representa el 48.6%. Sin embargo, las 19 juntas de agua existentes, incluyendo Cerro Grande, abastecen alrededor del 60% de la población total del municipio.

Respecto a la prestación del servicio de agua potable, la Ley Marco de Agua Potable y Saneamiento (artículo 17), establece: “Las juntas administradoras de agua y organizaciones comunitarias tendrán preferencia en el otorgamiento de la autorización municipal para la operación total o parcial de los servicios de agua potable y saneamiento en su respectiva comunidad”. Así también, se especifica sobre su personalidad jurídica (artículo 18): “Las juntas administradoras de agua tendrán personalidad jurídica que otorgará la Secretaría de

Estado en los Despachos de Gobernación y Justicia por medio de dictamen de la respectiva Corporación Municipal, que constatará de la legalidad de la misma. El otorgamiento de dicha personalidad y su publicación en el Diario Oficial La Gaceta será de forma gratuita”.

Del total de juntas de agua, 13 no cuentan con la personalidad jurídica, por lo que obtenerla ha representado el principal objetivo para reunirse mensualmente entre todas las directivas de tal forma que puedan apoyarse mutuamente para su fortalecimiento. Otro objetivo es la conformación de una asociación de juntas administradoras de agua en el municipio, de tal forma que se cuente con una organización de segundo nivel, aún más fortalecida que permita obtener mejores apoyos.

De acuerdo con Espinal (2004), la propuesta de una asociación de juntas es producto del accionar aislado en que las mismas han estado funcionando, por lo que resulta necesaria la unificación de criterios y estrategias donde se logre aprovechar las experiencias de juntas de agua más fortalecidas, ya que se percibe que organizativa y administrativamente las mismas se encuentran en diferentes niveles o estratos de evolución operativa.

Para consolidar la asociación de juntas se ha venido trabajando desde el año 2005 y sin embargo, a la fecha son pocos los avances debido a deficiencias en la organización interna de cada junta de agua. En una encuesta realizada por Angulo (2006) a miembros de las juntas directivas, obtuvo que el 50% de las personas respondieron no tener una estructura organizativa sólida, ni la capacidad para administrar el agua. A una junta de agua le corresponden siete cargos, sin embargo, no todas las personas designadas funcionan, pues en algunos casos no se reúnen, en otros sólo dos o tres miembros trabajan y hay casos de juntas de agua internamente divididas.

Angulo (2006) también obtuvo que tres son las debilidades que más se mencionaron: no se reúne la junta directiva, no hay una participación para la organización y no se tienen recursos financieros necesarios para el trabajo. Finalmente concluye que la institucionalidad para la gestión del agua tiene falencias, por una parte porque no cuenta con las reglas del juego claras y precisas, y por otra, porque no cuenta con una instancia o departamento definido que se ocupe de la planificación, acciones y evaluaciones del agua en todo el territorio del municipio.

La falta de procesos e instituciones que permitan manejar mejor el recurso interfiere en la creación de gobernabilidad en torno al agua.

Para entender mejor esas deficiencias se realizaron talleres con las directivas de la junta de agua Chiquistepe y Chagüitillo, Sauce y Cañadas, donde se analizaron los principales problemas que enfrentan en la administración y operación de los acueductos. La mayor parte de la organización social, al igual que las fortalezas y debilidades identificadas es similar en el resto de las juntas de agua, por lo que se hace un análisis general de aspectos que se deben fortalecer en cualquier junta administradora de Valle de Ángeles.

#### 4.7.1.1 Organización social en torno al agua

En las comunidades de Chagüitillo, Sauce y Cañadas, como es de esperarse, la principal organización relacionada con el recurso agua es la propia junta de agua, cuya interacción se ha dado principalmente con instituciones para la planeación y diseño de la red de distribución de agua potable (Figura 12).

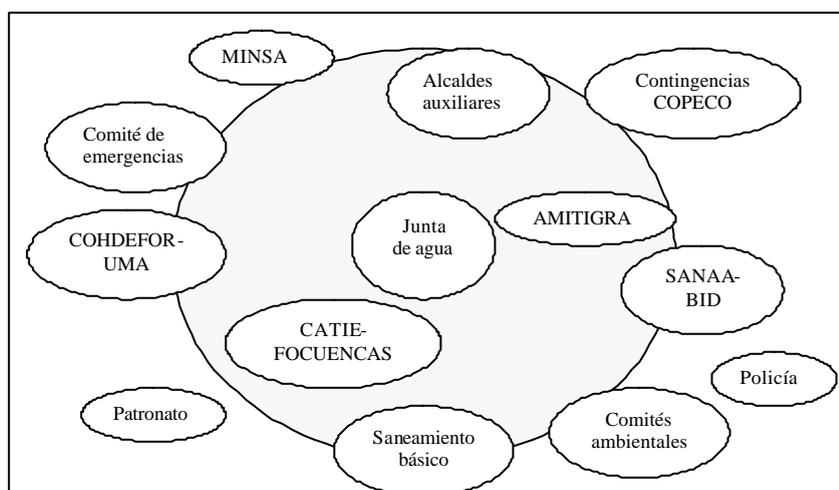


Figura 12. Diagrama de Venn de la organización social en torno al agua en las comunidades de Chagüitillo, Sauce y Cañadas.

La relación con las instituciones que la junta de agua considera muy importantes son CATIE y AMITIGRA. Al CATIE se identifica por la presencia del programa FOCUENCAS II, donde en los últimos años se ha brindado apoyo a la organización y fortalecimiento de la junta de agua, al igual que recursos para algunas juntas de agua en la protección de las nacientes o

fuentes de captación. De la misma forma se han hecho análisis de calidad del agua con el fin de mejorar las condiciones del acueducto y reducir enfermedades de origen hídrico.

En el caso de la fundación AMITIGRA, su importancia para las comunidades es por el apoyo que recibieron en el año 2005 para la ampliación y mejoramiento del acueducto, además de que las fuentes de abastecimiento se ubican dentro del territorio declarado como Parque Nacional la Tigra.

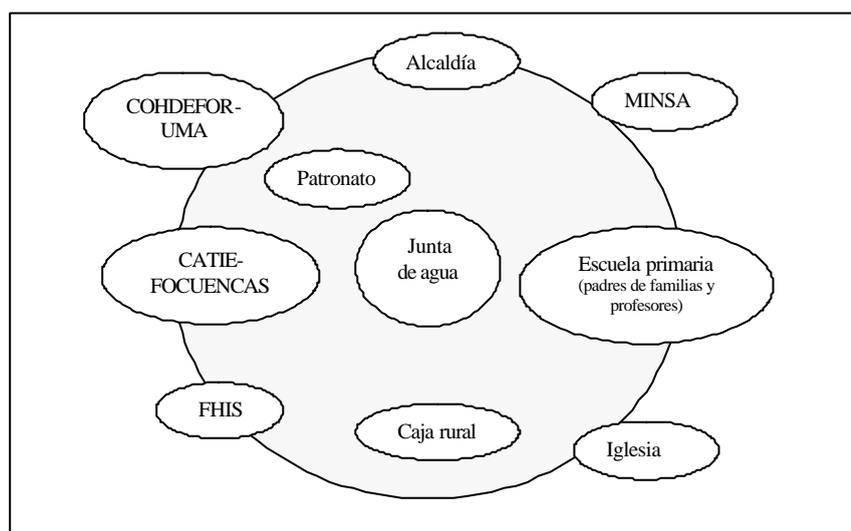
La junta de agua considera muy importante la función que deben tener los alcaldes auxiliares, ya que a través de ellos existe un enlace con la Alcaldía Municipal por lo que consideran que debe existir mayor relación con la directiva. En este caso dentro de la directiva de la junta de agua se encuentra un integrante que funge como alcalde auxiliar, por lo que resaltan la importancia, sin embargo, reconocen que la función de los alcaldes auxiliares en otras comunidades no se da a notar, pues de acuerdo a la Ley de Municipalidades y su Reglamento (artículo 54), deben cumplir y hacer cumplir las leyes, reglamentos y ordenanzas y demás disposiciones emitidas por la corporación municipal. Recibir y atender información, reclamos, quejas e inquietudes de los vecinos sobre asuntos que afecten el bienestar de la comunidad y deben existir alcaldes auxiliares en los barrios, colonias y aldeas del municipio.

En cuanto a las instituciones importantes, pero que hasta el momento la relación con la junta de agua ha sido débil, es el Ministerio de Salud, esto debe fortalecerse dada la relación entre la calidad del agua y las enfermedades de origen hídrico, lo que recae en la responsabilidad compartida para la cloración del agua para consumo. Existe además un grupo de saneamiento básico formado por voluntarios en el municipio que algunas veces visitan las viviendas para vigilar y recomendar las medidas de limpieza para prevenir enfermedades.

La presencia de la UMA en la municipalidad no ha tenido el fortalecimiento adecuado para apoyar en la protección de las fuentes de agua, sin embargo, se reconoce que puede tener un papel fundamental en este sentido si es fortalecida y si hay una comunicación con las juntas de agua. De igual forma el Ministerio de Salud, los alcaldes auxiliares y los diferentes comités, deben coordinar estrategias que faciliten resolver problemas a los que se enfrentan las juntas de agua.

Es decir, falta una coordinación a nivel comunal que incluya no sólo a los comités relacionados directamente con los recursos naturales, como son los comités ambientales, sino también a grupos como el comité de emergencia o el grupo de contingencias COPECO (Comisión Permanente de Contingencia), todas son organizaciones que se encuentran dentro de la comunidad y que pueden apoyar a la junta de agua en casos de eventos extremos que afecten al acueducto, como es el caso de los deslizamientos y derrumbes, pues de acuerdo a la experiencia cuando ocurrió el huracán Mitch hubo daños considerables.

Por otra parte, en la comunidad de Chiquistepe, donde también la principal organización relacionada con el recurso agua en las comunidades es la junta de agua, se encuentran algunas diferencias (Figura 13).



*Figura 13. Diagrama de Venn de la organización social en torno al agua en la comunidad de Chiquistepe.*

En primer lugar, es una comunidad de carácter rural donde hay menor presencia de organizaciones municipales e instituciones gubernamentales, por lo que hay una mayor organización local, representado incluso por los mismos integrantes involucrados en todas ellas. Tal es el caso de una caja rural, el patronato y el comité de padres de familia, donde los mismos integrantes forman parte de la junta de agua, habiendo por tanto, una comunicación o un conocimiento de las necesidades que cada organización tiene, por lo que la sinergia o el apoyo entre todas son mayores.

Sin embargo, el apoyo interno surge más bien como producto de la necesidad, debido a la casi inexistencia de presencia de organizaciones que apoyen a la comunidad, pues los únicos identificados son el CATIE y algunos fondos de apoyo que provenían del estado a través del Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS). Esta característica realza también el sentido comunitario de apoyo mutuo, cosa que no existe en el ámbito urbano.

#### 4.7.1.2 Identificación de problemas y estrategias para soluciones locales

Con el análisis de la organización en las dos juntas de agua, y con base en las reuniones con las directivas de todas las juntas del municipio, se analizaron los principales problemas que enfrentan y lo que ha dificultado la formación de una asociación a nivel municipal (Cuadro 20).

*Cuadro 20. Análisis FODA en las juntas administradoras de agua potable de Valle de Ángeles*

F	<p>Las fuentes de agua de nueve acueductos, se encuentran protegidas por el Parque Nacional la Tigra. Aunque hay escasez de agua en seca, aún es suficiente para abastecer la población actual.</p> <p>Trece de las juntas de agua tienen personalidad jurídica y están juramentados ante la Alcaldía.</p> <p>Hay voluntad y participación en alguna juntas de agua, aunque aún falta una participación equitativa.</p> <p><u>En la mayoría de las comunidades existe un patronato que puede ser de gran apoyo en las gestiones.</u></p>
O	<p>Existen apoyos de instituciones que aportan asesoría y programas con fondos económicos.</p> <p>En algunas comunidades existen diferentes grupos activos con los cuales se pueden formar alianzas para realizar acciones de organización y protección.</p> <p>Se está fomentando la creación de una asociación de juntas administradoras de agua en el municipio.</p> <p>Se ha manifestado un apoyo por el CESAMO de Valle de Ángeles para la asesoría en el tratamiento del agua.</p>
D	<p>La participación de los miembros en las directivas es desigual y no se reúnen con frecuencia.</p> <p>En algunas comunidades existe apatía y falta de credibilidad en la junta de agua.</p> <p>No existen estatutos ni reglamentos internos, lo que le impide actuar en casos de sancionar a los abonados o a los mismos miembros de la junta que no cumplen con sus funciones.</p> <p>Hay escasa participación de la población en acciones para beneficio común y la falta de un estatuto y reglamento interno fomenta la morosidad, por lo tanto no hay estabilidad financiera.</p> <p>No hay distribución equitativa de agua de acuerdo a la demanda en cada sector, además algunos acueductos presentan deficiencias por la red de conducción y distribución obsoleta.</p> <p>Algunas juntas de agua aún no cuentan con personalidad jurídica, y su trámite se ha dificultado por el costo y tiempo que implica.</p> <p>En algunos casos la propiedad donde se ubica la fuente es privada, lo que impide realizar acciones de protección.</p>
A	<p>Hay lotificación y venta de propiedades en diferentes zonas del municipio, lo que refleja un crecimiento de la población por la cercanía a la ciudad de Tegucigalpa.</p> <p>Convenios entre la municipalidad con otros municipios para aprovechar el agua dentro del territorio sin consultar a las comunidades.</p> <p>Que la administración de los acueductos pase a manos de la Alcaldía, donde la comunidad no pueda tomar decisiones sobre el manejo y administración.</p> <p>Ubicación de algunas fuentes en propiedades privadas que pueden hacer cambio de uso del suelo y en algunos casos negar el uso del agua.</p>

En el análisis FODA se puede percibir que además de la necesidad de una asociación de juntas para el fortalecimiento regional, hay debilidades dentro de cada junta que deben ser fortalecidas y que algunas veces corresponde a la propia junta de agua resolver.

### ***Elaboración de reglamentos y estatutos internos***

Se reconoció que gran parte de las debilidades en las juntas de agua se debe a la falta de un reglamento interno o estatuto que se encuentre elaborado de acuerdo a las condiciones y realidades de las comunidades. Hasta el momento algunas juntas se han basado en el reglamento general para las juntas de agua en Honduras, sin embargo, no se ha aplicado dicho reglamento por la falta de conocimiento y aprobación de los abonados.

Por esta razón, es importante que cada junta de agua establezca reglas que permitan manejar algunos casos, como definir en tiempo y forma las reuniones e informes de la directiva y las asambleas con los abonados, establecer las funciones de cada uno de los miembros de la directiva, ya que de acuerdo al reglamento general de juntas de agua en Honduras, deben ser siete miembros en la directiva. Sin embargo se reconoce que algunas veces sólo un par de personas realizan las funciones de la directiva, incluso en algunos casos sólo el fontanero asiste a las reuniones mensuales, donde se impulsa el tema de la conformación de la asociación de juntas, y por lo tanto no hay una comunicación, discusión y difusión de los acuerdos entre cada directiva.

Algunas directivas tampoco cuentan con un acta de nombramiento por la asamblea de abonados, lo cual es requerido para su personalidad jurídica y obtenerla ha sido una dificultad por la escasa organización interna y con los abonados.

Por lo tanto, una herramienta importante son los reglamentos y estatutos internos donde se establezcan los derechos y obligaciones de los abonados, incluyendo la forma y tiempos de pago de las cuotas. De esta forma los abonados pueden presentar reclamos o quejas sólo en forma justificada y una vez pagado el valor de la tarifa. Se debe también establecer la forma de manejo en la distribución y mantenimiento de la red de agua para evitar la mala distribución a nivel de viviendas.

### ***Monitoreo y protección de las fuentes***

Una vez elaborados los estatutos y reglamentos se deben socializar con los abonados para su aprobación, lo que permitiría aplicar sanciones sobre la morosidad existente y dar a conocer las consecuencias que implican el retraso o la falta de pago por los abonados. Esto permitirá recuperar la estabilidad financiera y por lo tanto, podrán ejecutar otras acciones relacionadas con la protección de las fuentes de agua.

La escasez de agua en cuatro acueductos administrados por juntas de agua es un problema que se incrementa en la época seca y debido a la dificultad para encontrar más fuentes de agua, se debe trabajar muy bien en la distribución equitativa, pero sobre todo, de acuerdo a las lecciones aprendidas por la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, se debe controlar la demanda o crecimiento de la población en función de la oferta, por lo que es muy importante promover cambios culturales en la población al mismo tiempo que se mejoran las tecnologías para hacer más eficiente el consumo del agua.

Prins (2007) también menciona que cuando un recurso es escaso e importante para el bienestar de un grupo social, es fundamental diseñar y aplicar reglas para su acceso, uso y conservación, pues de lo contrario, su ausencia conduce al conflicto. Una vez en conflicto debido a la ausencia o vigencia de reglas del juego, un sistema de agua tiende a decaer, entonces, no sólo precisará solucionar el conflicto, sino también diseñar en el proceso, reglas del juego consensuadas, interiorizadas, socializadas y vigiladas, y convertir una solución de conflictos en novedosas formas de cooperación.

Por lo anterior, es importante mantener el monitoreo de la cantidad de agua, no sólo para detectar problemas en la red de conducción y distribución, sino para fomentar la utilización adecuada del sistema, controlando permanentemente los desperdicios de agua y el uso indebido en riegos agrícolas, bebederos para el ganado u otros no autorizados.

El reglamento general de las juntas de agua en Honduras también menciona que debe haber coordinación con la Secretaría de Salud, la Municipalidad, el SANAA y las demás entidades locales, en campañas de promoción comunal y divulgación sanitarias relativas al uso del agua y saneamiento básico.

### ***Tratamiento del agua***

Es importante y fundamental el tratamiento (cloración) del agua, la limpieza permanente de represas, rompecargas, cajas de distribución y tanques de almacenamiento, al igual que cercar, vigilar y proteger las fuentes de abastecimiento del sistema, evitando su contaminación y ayudar a la protección y reforestación de las cuencas que alimentan dichas fuentes. Los altos contenidos de coliformes detectados en el análisis de la calidad y los índices de enfermedades de origen hídrico son la base para realizar el tratamiento inmediato del agua para beber.

La estabilidad financiera les permitiría realizar acciones como la adquisición de insumos y tecnologías apropiadas para la cloración. Del total de acueductos analizados sólo uno realiza el tratamiento del agua mediante un hipoclorador. Al respecto la Asociación Hondureña de Juntas Administradoras de Sistemas de Agua (AHJASA), se ha manifestado en reuniones con las juntas de agua para la formación de bancos de cloro a nivel local o municipal, así como contribuir en la transferencia de tecnología y la introducción de nuevos conceptos de organización, administración y calidad de servicio para el mejoramiento de la calidad de agua.

Pertenecer a la AHJASA representa una alianza estratégica que puede consolidarse siempre y cuando antes se forme una asociación a nivel del municipio, pues la AHJASA parte de los principios en que el desarrollo en una comunidad se da por la propia comunidad y para la comunidad, es decir, parte de una iniciativa local teniendo en claro que el desarrollo no se transporta, sino que surge de la misma comunidad.

Una coordinación con los centros de salud y las autoridades locales también es fundamental para establecer los medios y facilitar los insumos necesarios para el tratamiento del agua y vigilancia del cumplimiento en todos los acueductos.

### ***Participación comunitaria***

Para lograr que las juntas administradoras de agua presten un servicio eficiente, sostenible y de buena calidad, la AHJASA (2007), establece algunas bases que deben ser fortalecidas para llegar a estos niveles (Figura 14).



*Figura 14. Esquema de niveles manejado por la AHJASA para alcanzar la visión de contar con un servicio de agua eficiente, sostenible y de buena calidad.*

Sin duda se está trabajando en el desarrollo para generar mayor conciencia en la protección del medio ambiente y particularmente del agua en Valle de Ángeles. Esto es un avance que es notorio en reuniones de juntas de agua, en sesiones de la corporación municipal, en sesiones de cabildo abierto y en las mismas escuelas y colegios del municipio, donde el lenguaje común es la preservación del bosque y protección de las fuentes de agua. Sin embargo, hace falta trabajar con una participación comunitaria real que sin duda es clave para el desarrollo de cualquier comunidad, y sobre todo en la organización democrática que permita establecer nuevas reglas para el bien común, sin el rechazo de las mismas comunidades.

Estas reglas pueden ser la ejecución de ordenanzas que prohíban la quema como herramienta para limpieza de terrenos, evitar el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a terrenos agrícolas y debido a la presión urbana que se incrementa en la parte media-alta de la microcuenca. También hay reglas que se pueden plantear a nivel más local en cada zona donde tienen influencia los acueductos, las mismas tienen que enfocarse en la distribución equitativa del agua, disminución del desperdicio y pago justo por el servicio de agua potable.

#### ***4.7.2 Situación actual de la municipalidad***

La municipalidad es responsable del mantenimiento, administración y operación de cinco acueductos que manejan los volúmenes más grandes de agua, pues en conjunto representan el

51.4% del volumen total de agua aforado en el 2007 para los 21 acueductos estudiados, con lo cual se abastece el 50% de la población total de los 21 acueductos y alrededor del 35% de la población total del municipio. Sin embargo, dentro de la estructura de la municipalidad no existe un área específica que se dedique a las funciones que demanda el servicio de agua potable. El único personal que se identifica como parte de la operación y mantenimiento son los fontaneros, los cuales dependen del departamento de Justicia Municipal.

Esta característica determina la falta de planificación y evaluación del manejo del agua, así como la protección de las fuentes, pues de acuerdo con Angulo (2006), la municipalidad no cuenta con un plan operativo que involucre el manejo del recurso hídrico, por lo que tampoco existen procesos de planificación y evaluación de las actividades de operación y mantenimiento de los acueductos.

Así también HYTSA (2005), menciona que no existe un catastro de usuarios del servicio, por lo tanto no hay reportes de facturas en montos pagados y montos ingresados a la municipalidad, como tampoco existe un control en la morosidad, lo que es una fuerte debilidad en la administración por parte de la municipalidad.

Bajo estas condiciones, Angulo (2006) menciona que actualmente la municipalidad no se encuentra en condiciones para recibir la transferencia de la administración de los sistemas de agua potable que actualmente administra el SANAA en el municipio, que es el acueducto de Cerro Grande y Cañadas. El proceso de descentralización y transferencia, según ROCHE (2005), parte de los lineamientos establecidos en el año 2003 por la Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento, que son:

- ? Descentralización de los sistemas y transferencia a las municipalidades antes de 5 años.
- ? Separación de funciones (planificación, regulación y operación).
- ? Auto sostenibilidad de los servicios.
- ? Participación ciudadana.
- ? Acceso al agua potable por sectores excluidos por razones socioeconómicas.

Con el fin de consolidar el proceso para reformar el sector, el Gobierno de la República tiene un apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para la ejecución de un programa de inversión en servicios de agua potable y saneamiento cuyos beneficiarios son las ciudades intermedias de Honduras, dentro de ellas Valle de Ángeles (ROCHE 2005).

Conociendo estos antecedentes, se asistió a diferentes sesiones de cabildo abierto en Valle de Ángeles donde se ha tratado el tema, específicamente en junio de 2007 se llevó a cabo una sesión de cabildo abierto para dar a conocer el estado actual y los avances del programa en el municipio.

Valle de Ángeles ha sido seleccionado para acceder a los primeros fondos destinados a la elaboración de políticas municipales y creación de un nuevo marco institucional que incluya la participación de la población en las decisiones relacionadas con los servicios de agua potable y saneamiento. Adicionalmente se mencionó que el municipio forma parte de un grupo a los cuales se les realizaron diseños para nueva infraestructura de agua potable y saneamiento.

Para el caso de las políticas municipales, el gobierno dona el recurso para la formulación de una propuesta que en el caso de Valle de Ángeles ya se ha realizado, sin embargo la política municipal también considera la creación de una unidad desconcentrada de la Alcaldía para manejar los servicios de agua potable y saneamiento. En este sentido, la población en junio de 2006 aprobó la creación de dicha unidad, sin embargo hasta la fecha no se ha ejecutado debido a la falta de una difusión adecuada y campañas en contra del programa por grupos en desacuerdo, que han ocasionado confusiones a la población utilizando como principal argumento el incremento de tarifas altas por el consumo de agua e invitando a la población a manifestarse en contra del programa que incluye la colocación de contadores de consumo de agua en los domicilios.

Por tal razón el proceso se encuentra en la etapa de cambio institucional, que requiere que las políticas municipales sean totalmente socializadas y aceptadas por la comunidad, así como determinar la capacidad de endeudamiento de la municipalidad, ya que desde la asistencia técnica hasta la construcción de obras es con recursos de tipo reembolsable.

Las campañas en contra del programa han evitado la creación de la unidad o empresa desconcentrada de la municipalidad, por lo que no se puede acceder a nuevos fondos para iniciar con nuevos componentes del programa en asistencia técnica, que incluye el fortalecimiento institucional, sobre todo para que la empresa creada se desempeñe de acuerdo a lo especificado en la Ley Marco del Agua Potable y Saneamiento. Hasta el momento ya existen los estudios de diseño del sistema agua potable y alcantarillado, pero no hay ningún tipo de ejecución para la construcción de obras mientras no exista la unidad o empresa desconcentrada, por tal razón, la gestión de la municipalidad se debe centrar en la difusión del programa con la población para lograr un consenso en la ejecución del proyecto.

#### **4.7.2.1 Unidad Municipal Ambiental**

En la propuesta de política municipal elaborada por HYTSA (2006) hay un apartado con propuestas sobre aspectos ambientales que principalmente están destinados al fortalecimiento de la UMA, pues si bien anteriormente ha desarrollado importantes actividades, actualmente es una unidad muy debilitada. Estas impresiones fueron obtenidas también de miembros de las juntas de agua y el Consejo de Cuencas, dado que no hay una presencia fuerte para el control y seguimiento de los problemas ambientales que enfrenta el territorio municipal, como son las cortas clandestinas de árboles, el control de contaminación por basura o no existen planes a favor del medio ambiente, como son los planes de reforestación.

Algunas características mencionadas en la propuesta política, son que la UMA actualmente no cuenta con estructura ni personal suficiente para desarrollar sus actividades, por lo que se considera adecuar su estructura organizacional creando tres departamentos (un departamento de regulación y supervisión de los servicios de agua potable y saneamiento, un departamento de preservación ambiental y un departamento de residuos sólidos urbanos), y dentro del nuevo personal considerado se contemplan a tres “guarda-recursos” para la vigilancia de las microcuencas. Se considera también establecer convenios con organismos gubernamentales y no gubernamentales para obtener asistencia y capacitación.

Por lo anterior, la UMA es la unidad de supervisión que se está considerando fortalecer dentro de la estructura municipal, pero aunque no se requiere que esta unidad sea desconcentrada, es

muy importante que para su correcta operación se dedique especialmente a esas funciones con el equipo y personal suficiente.

En la propuesta política también se incluye un apartado sobre el pago por los servicios ambientales, sin embargo, sólo hace énfasis en la importancia de la protección de las fuentes de agua y en general de toda las microcuencas hidrográficas del municipio, así como del costo que implica la protección, por lo que dichos servicios deben ser estimados mediante una valoración monetaria. Se reconoce también que se trata de un tema que aún se encuentra bajo análisis y evaluación en la región, por lo que sólo se recomienda a la municipalidad participar en los foros que analizan y difunden este esquema.

#### **4.8 Estrategias de protección del recurso hídrico aplicadas en Valle de Ángeles**

Sin duda el agua ha sido el elemento integrador y principal dentro del manejo de la microcuenca La Soledad, así como dentro del territorio del municipio de Valle de Ángeles. Por lo tanto, el lenguaje común entre los actores locales es el abastecimiento de agua potable que asegure una cantidad que satisfaga la demanda en la época de secas, así como mejorar la calidad en todas las diferentes fuentes del municipio, lo que recae en un tema de discusión que es la protección de las zonas de captación de las fuentes de agua.

Es la percepción obtenida durante el proceso de investigación y participación que incluyó la asistencia a reuniones con el Consejo de Cuenca, reuniones mensuales con las directivas de las juntas administradoras de agua y miembros de la Corporación Municipal, así como diálogos directos con algunos integrantes de cada junta de agua, todo esto durante el proceso de análisis de la calidad del agua y análisis de los sistemas productivos, que permitieron identificar aquellas acciones que los actores locales están encaminando con el apoyo del programa FOCUENCAS II para la protección y conservación de las fuentes de agua.

Se tiene claro que lo primero es reducir o eliminar los contaminantes que impactan la calidad del agua, pues de lo contrario la confianza pública se verá afectada si se percibe que hay riesgos potenciales que afectan la salud. Al respecto ya existe una identificación y caracterización de las fuentes con mayores o menores riesgos, el tipo de propiedad de las

zonas de captación, así como aquellas propensas a cambios de uso de la tierra. De alguna forma los actores locales ya identifican o determinan los focos potenciales que pueden afectar el agua superficial y el nivel de riesgo de cada uno de esos factores para degradar la calidad del agua. Sin embargo, hace falta identificar y priorizar aquellas acciones de manejo y de gestión que deben ser a corto plazo, así como aquellas que requieren de mayor tiempo pero que no deben perder de vista para obtener un mejoramiento y desarrollo constante.

A continuación se mencionan algunas acciones o líneas estratégicas que se vienen desarrollando, así como algunas otras propuestas que en algún momento se han tomado en cuenta, pero que aún les hace falta mayor seguimiento para su real ejecución.

#### ***4.8.1 Declaración de la zona de protección para la recarga hídrica***

Se trata de un polígono con una superficie de 1,039 hectáreas que se ha propuesto como la zona de mayor interés, con una superficie en su mayoría cubierta por bosque de pino y en menor proporción bosque mixto latifoliado, que en total cubren alrededor del 60%, con el resto cubierto por matorral, terrenos agrícolas y pequeños caseríos (Anexo 11). Dentro de dicha superficie existen ocho obras de captación que abastecen al mismo número de acueductos, entre ellos tres principales que abastecen el casco urbano de Valle de Ángeles que son: Las Martitas, El Suizo y San Francisco.

El primer objetivo es aprobar una ordenanza donde se establezcan los usos del suelo permitidos de acuerdo a la zonificación y de esta forma, dar bases para un ordenamiento territorial que es fundamental por la presión del crecimiento urbano, ya que en este territorio se ubican los caseríos de Buena Vista, Chinacla, El Socorro, El Portillo, Bordo Las Martitas y Las Martitas, que año con año incrementan su población y por lo tanto, la presión sobre los recursos naturales. La misma cercanía a Tegucigalpa es otro factor importante que incrementa el cambio de uso de la tierra a establecimientos de viviendas. Por esta razón, es necesario promover la declaratoria pública de la zona de protección para hacerla respetar, al igual que ejercer una ordenanza existente en el municipio que hace énfasis en los usos del agua, teniendo como prioridad el agua para consumo humano, antes que el agua para riego.

Sin embargo, el desarrollo de la propuesta se ha visto aplazada por la corporación municipal debido al tipo de tenencia de la tierra, pues aunque el departamento de catastro no tiene la información exacta del tipo de propiedad, se sabe que en su mayoría es de propiedad privada o dominio pleno, lo cual sería conflictivo para hacer cumplir la ordenanza. Esto es muy importante porque no basta una declaración a nivel de ordenanza, pues de acuerdo con Rascón (2007) hay casos en el municipio de duplicidad entre ordenanzas, porque año con año se emiten ordenanzas de aspectos que fueron tratados en años anteriores, es decir, que en lugar de hacer recordatorios sobre las que ya existen, se opta por emitir nuevas que abordan lo mismo.

Otro aspecto importante es que no hay una difusión correcta de las leyes y de las ordenanzas municipales. Por ejemplo no existe una gaceta municipal para la publicación, por lo que el procedimiento utilizado es mediante fotocopias para los alcaldes auxiliares del municipio, mismos que deben darlo a conocer en cada aldea, aunque de acuerdo a una encuesta levantada por Rascón (2007), los mismos alcaldes auxiliares no conocen todas las ordenanzas.

Por esta razón, si la declaración de zona de protección mediante una ordenanza y un verdadero conocimiento de la misma no es suficiente y además se vislumbran como algo de mediano o largo plazo, se deben impulsar acciones paralelas, que involucre principalmente a los agricultores de las partes altas y en zonas de conflicto, para iniciar un cambio en la forma de producción iniciando en aquellas superficies cercanas a las fuentes de agua. Al respecto se sabe que han existido programas con grandes inversiones que han tenido poco impacto al tratar de establecer obras de conservación de suelos, sin embargo existe la disponibilidad y el interés por algunos productores para diversificar la producción de sus fincas, lo cual puede ser ideal para iniciar un proceso multiplicador que posteriormente minimice el uso de pesticidas en productos agrícolas que afectan a las fuentes de agua.

En este sentido, Prins (2007) también menciona que no basta tener como aliados a las juntas de agua, sino que se debe ser equidistante y ganarse también a los productores vía formas de compensación, como la forma experimental de los contratos vinculantes que se aplica en la microcuenca, aunque en el caso de los urbanizadores difícilmente se detienen mediante medidas de compensación, ya que las ganancias de la venta de terrenos son siempre mayores que cualquier tipo de compensación, de manera que el principal mecanismo es la protección

por la parte legal, que son las ordenanzas, mismas que requieren de un fuerte apoyo en la sociedad civil y una vigilancia efectiva para que las normativas se cumplan.

Sin embargo, también puede haber una combinación de medidas legales que prohíban, con incentivos alternativos, como lo es la producción de frutales de altura que se adaptan bien al clima de la región y es una inversión interesante con mercado para su comercialización.

#### ***4.8.2 Diversificación de fincas***

De acuerdo con Pinedo (2007), el 20.9% del territorio en el municipio tiene pendientes mayores al 30%. Estas pendientes frecuentemente se encuentran en terrenos de las partes altas donde se ubican las fuentes de agua, por lo que incrementan los riesgos por contaminación asociados a la agricultura convencional que busca aumentar la producción, a veces sin considerar el deterioro del recurso agua, con el uso intensivo de productos químicos para la fertilización, el control de plagas y enfermedades.

Ante tal situación, el establecimiento de sistemas agroforestales juega un papel importante en la protección de las fuentes. Existen diferentes prácticas, sin embargo, hay algunas en que los agricultores han manifestado interés según el análisis de los sistemas de producción y una gira organizada por el Consejo de Cuenca con productores a la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), ubicada en la región de la Esperanza, Intibucá, Honduras, donde se expusieron algunas generalidades sobre la producción de frutales de altura, como el manzano, durazno y aguacate.

La propuesta es de establecer cultivos mixtos de especies de frutales con cultivos agrícolas, de tal manera que se obtiene la producción frutal y agrícola en la misma finca, a la vez que se contribuye a una mejor protección del suelo y una reducción del uso de productos químicos. Algo muy importante es que el arreglo de las plantaciones está en función del espacio disponible en la finca del productor, del gusto del agricultor y de la forma de la parcela. Así también, los mismos frutales pueden ser utilizados como árboles de linderos para delimitar propiedades con frutales, en vez de las cercas con postes y alambres que actualmente utilizan.

Desafortunadamente hay algunas debilidades que se han identificado para el desarrollo de dichas prácticas, como es la necesidad de contar con asesoría permanente que permita a los agricultores asegurar la producción y recuperar la inversión, ya que al inicio es de un monto considerable, pues de acuerdo con la FHIA (2006), por ejemplo, para frutales de manzano el costo de producción para una manzana (0.7 hectáreas) en el primer año es de 45,688 Lempiras<sup>?</sup>, para el segundo año es de 12,154 Lps y para el tercero de 13,238 Lps, iniciando la cosecha a partir del cuarto año, por lo que los ingresos a favor del productor se inician al quinto año. De la misma forma para la producción de aguacate y durazno, los beneficios económicos el productor los encuentra reflejados hasta el quinto año.

El aspecto económico desde luego es un factor importante en la decisión del agricultor para establecer árboles frutales en su finca, por lo que en un inicio la propuesta sólo puede ser retomada por algunos productores económicamente estables que cuenten con recursos económicos para hacer una inversión inicial. Sin embargo, si la propuesta es desarrollada por sólo algunos productores, a mediano plazo se puede crear un efecto multiplicador con productores de menor recursos, de tal forma que se reducirían los costos al tener producción de planta en el municipio y por ende, el conocimiento técnico desarrollado para asesoría de productor a productor.

Por el momento, lo que se debe es reducir los posibles riesgos que impliquen una pérdida de la cosecha o producción de fruta, que sería una mala experiencia para el agricultor y no provocaría el efecto multiplicador que se espera al iniciar con unos pocos productores. Por lo tanto, es fundamental asegurar la asesoría técnica misma que puede darse mediante la alianza con otras instituciones como el INFOP, que se encuentra trabajando en el municipio formando escuelas de campo, o las mismas instituciones de educación agrícola con la realización de investigaciones en este campo.

Algo también importante de considerar es la ubicación de las fincas, ya que según los requerimientos, para una producción satisfactoria, el abastecimiento de agua para riego en la época de secas es fundamental, lo que podría generar inconvenientes en aquellas fuentes con

---

<sup>?</sup> Tasa actual de cambio: US\$1.00=Lps.19.00

deficiencia de agua para consumo humano y por lo tanto, se generarían nuevos conflictos por el uso.

### ***4.8.3 Contratos vinculantes***

El contrato vinculante se ha manejado en Valle de Ángeles por el Consejo de Cuenca como una medida para contener el avance de la frontera agrícola y promover el incremento de la cobertura boscosa, mediante la creación de un incentivo al que han denominado contrato vinculante de cuenca. Consiste básicamente en un arreglo del municipio y el Consejo de Cuenca, con los grupos de productores que realizan sus actividades en las zonas de captación de agua, creando cajas rurales en diferentes aldeas del municipio.

Según González (2006) el contrato parte de principios que consisten en frenar el avance de la frontera agrícola evitando el cambio de uso del suelo, eliminar la quema como práctica de limpieza de los terrenos agrícolas y restringir o minimizar el uso de productos químicos en la producción agrícola. Como beneficio, el grupo organizado ya en una caja rural, recibe un incentivo financiero con capital de carácter reembolsable, ofreciendo como garantía el cuidado y protección de los bosques en las zonas de recarga hídrica que corresponden a cada caja rural.

Con la aplicación de esta medida se busca proteger las fuentes de agua, lo cual estaría beneficiando la calidad, al evitar el cambio de uso del suelo e incrementar el riesgo potencial de contaminantes producto de las actividades agrícolas y de acceso de ganado, o el mismo tránsito de personas en las áreas cercanas a las obras de captación.

Actualmente están trabajando siete cajas rurales en distintos puntos del municipio, sin embargo, según el Consejo de Cuenca, actualmente no existe un monitoreo real del funcionamiento de cada una de ellas, por lo que se está trabajando para determinar la forma de monitorear su correcto funcionamiento, así como aplicar y reestructurar los principios de cada contrato vinculante, dado que algunos integrantes de las propias cajas desconocen las acciones que tienen que llevar a cabo para cumplir con lo establecido en el contrato, puesto que no todos socios son productores agrícolas, sino que algunos grupos están conformados por profesores de instituciones educativas, artesanos y personas con otras actividades que no

forman parte de la producción agrícola o forestal, lo que pone en riesgo el impacto esperado para la protección del recurso hídrico.

Por todo lo anterior, Ostrom (2000) afirma que a veces resulta difícil la organización en comunidades debido a que los casos del recurso hídrico y los bosques son sistemas grandes, donde es difícil excluir a potenciales usuarios de los beneficios comunes, surgiendo así los conflictos. Por eso es importante involucrar completamente a las comunidades en las gestiones que cada organización (caja rural, junta de agua, patronato, alcaldía) realice, así como informar a la población acerca de las necesidades y realidades de las fuentes de agua y las microcuencas en general. Entonces, de acuerdo con Ostrom (2000), la clave radica en la capacidad de los organismos que regulan el uso de los recursos para llegar a acuerdos con los actores interesados. Esta capacidad depende de la construcción de reglas y acuerdos, luego del compromiso mutuo y por último, de la supervisión del cumplimiento de las reglas por parte de los distintos participantes.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

Las diferencias entre años y entre épocas indican que el monitoreo de calidad y cantidad de agua requiere de al menos dos muestreos en diferentes épocas del año y un año no basta para determinar el estado actual en una cuenca, sobre todo si es para la construcción de una línea base.

El 89% de la población de los 21 acueductos se abastece de fuentes ubicadas dentro de la microcuenca La Soledad. Por esta razón, es fundamental el manejo bajo los enfoques y criterios de cuencas, basado en sistemas productivos que incluyan prácticas conservacionistas de protección del agua.

El Parque la Tigra satisface la demanda del 44% de la población en los 21 acueductos. Sin embargo, el 31% de los habitantes se abastecen de una zona sin ningún régimen de protección especial (San Francisco, El Suizo y Las Martitas) por lo tanto, es importante el seguimiento a las medidas y estrategias que buscan proteger la zona.

Fuera del Parque la Tigra el problema en el manejo y protección del agua es el incumplimiento de la ley forestal que indica un radio de 250 m alrededor de cualquier nacimiento de agua y 150 m a cada lado de cualquier curso de agua permanente. Lo anterior se debe a la distribución de pequeños caseríos en todo el territorio, generando mosaicos de terrenos agrícolas.

El uso del suelo predominante son los bosques mixtos latifoliados y bosques de coníferas con diferentes grados de cobertura. Cinco acueductos tienen sus fuentes cercanas a parcelas agrícolas donde hay una combinación con ganadería, la cual es poco practicada en todo el municipio. La diferencia en este uso del suelo influyó en parámetros como la temperatura y los sólidos totales disueltos, siendo menor en ambos casos cuando la fuente se ubica a mayor altitud y en zona rodeada de cobertura vegetal.

El impacto negativo provocado por los sistemas forestales es muy bajo debido a la ausencia de aprovechamientos comerciales. Algunas prácticas de conservación que no se cumplen son

consecuencia de otros factores, como la falta de energía eléctrica en la zona rural, lo que demanda más consumo de leña. El parámetro de turbidez no fue discriminante entre los usos del suelo, posiblemente por la diferencia en el área de drenaje de las fuentes y por diferencias topográficas y de erosión natural.

Más que la superficie agrícola en el municipio, son los cultivos en pendientes pronunciadas y la dependencia de productos químicos para la producción, los principales factores que influyen en el bajo nivel de cumplimiento de prácticas de agricultura conservacionista. Sin embargo, los parámetros de fosfatos y nitratos no mostraron una relación entre los niveles encontrados y el uso del suelo. Las cantidades encontradas se encuentran por niveles bajos en relación a la cantidad mínima recomendada por la norma de calidad de agua para consumo humano.

En general, la ganadería no es una actividad que represente un alto riesgo de contaminación a las fuentes de agua. Sin embargo, hay casos donde es necesario regular el acceso del ganado a zonas cercanas a corrientes de agua (Chiquistepe, Jocomico). Los niveles de fosfatos y nitratos no reflejan una diferencia en estos acueductos, pero hay parámetros como los coliformes que resultaron extremadamente altos.

El efecto de la época influyó en la mayor parte de los parámetros, a excepción del pH, sólidos totales disueltos, DBO<sub>5</sub> y DQO. Parámetros como la DBO<sub>5</sub> y DQO tampoco mostraron diferencias entre acueductos, lo que indica que estos parámetros no fueron afectados por el tipo de uso del suelo.

Los parámetros de turbidez, pH, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto y coliformes totales, son los principales que resultaron con niveles fuera del rango recomendado por la norma de calidad de agua. Según el análisis de correlación, hay una relación entre los niveles de turbidez que afectan la temperatura del agua y la presencia de sólidos suspendidos. La misma también afecta la cantidad de oxígeno disuelto e influye en la presencia de coliformes. Por lo anterior, es importante reducir la turbidez, la cual influye en otros parámetros que disminuyen la calidad del agua.

Una cantidad elevada de coliformes totales fue detectada, siendo mayor en aquellas fuentes donde en la zona de captación hay actividad agrícola y presencia temporal de ganado. La precipitación influye en el incremento y por lo tanto, en el aumento de enfermedades de origen hídrico, siendo el parasitismo intestinal, la dermatitis alérgica y las diarreas las más frecuentes.

La cantidad de agua fue mayor en el periodo lluvioso, sin embargo, la diferencia aún incrementa más en meses posteriores según los datos de precipitación mensual y las observaciones de los fontaneros, aunque el caudal captado en algunos casos es el mismo debido a las condiciones propias de cada acueducto.

En algunos casos es inferior el caudal aprovechado al caudal total, por lo que hay pérdidas de agua en la conducción. Cuatro acueductos resultaron con la demanda mayor a la oferta, las principales causas se deben a la escasez de agua en las fuentes, pérdidas en la conducción y mala distribución.

Los cinco acueductos de la Alcaldía presentan deficiencias y problemas por la red de conducción y distribución obsoleta, obras de captación en mal estado y falta de medidores para el control en la distribución y desperdicios. Las deficiencias se incrementan por la falta de un departamento que administre los servicios de agua potable y saneamiento. Por esta razón, es importante consolidar el proyecto de reforma impulsado por el gobierno de Honduras.

Los acueductos administrados por juntas de agua presentan diferentes condiciones en infraestructura y operación debido a la diferencia en tiempos de funcionamiento, así como al grado de organización y reglamentos en cada directiva de junta de agua. Su fortalecimiento se debe concentrar en la creación de reglamentos y estatutos que regulen la operación de los mismos, para aspirar a otros niveles como la creación de una asociación de juntas de agua.

La gestión de recursos hídricos en el municipio, con énfasis en la administración del agua potable, requiere una construcción de capacidad institucional mediante el fomento de la participación y empoderamiento de la sociedad civil. De esta forma, se obtendrán organismos reguladores que se encarguen de la administración y operación de los acueductos que cuenten con el respaldo de la sociedad.

## 5.2 Recomendaciones

Un monitoreo de calidad de agua debe tener bien claro el objetivo principal. Si es para determinar el impacto del uso del suelo debe haber monitoreo en las fuentes y antes de que el agua entre a las obras de captación, en cambio, si es para determinar los niveles de contaminación para consumo humano, el muestreo puede ser en las obras toma, de almacenamiento e incluso en las llaves de las viviendas.

Es recomendable la instrumentación con equipo básico de laboratorio para el monitoreo de calidad del agua, al igual que instrumentos meteorológicos en la microcuenca, de tal forma que se obtengan datos más precisos de precipitación, evaporación y temperatura para hacer un análisis más completo en relación a la cantidad de agua en las fuentes.

Buscar un método eficiente de comunicación y difusión de instrumentos que orienten la actuación de la población en torno al uso del agua. Con el fin de evitar conflictos se debe promover la participación ciudadana en la elaboración de ordenanzas que regulen el uso del suelo, la protección y aprovechamiento del agua, tanto de consumo humano como de riego.

En prácticamente ningún acueducto se realiza cloración del agua, por lo que es necesario el tratamiento para reducir enfermedades. Es importante hacer énfasis en el monitoreo bacteriológico, es de bajo costo y refleja claramente el cuidado y protección de las fuentes de agua, por lo que se recomienda iniciar con estos parámetros en futuros monitoreos.

La Alcaldía y los centros de salud deben realizar inspecciones sanitarias a todas las obras de captación de agua potable. De esta forma habrá un control en la limpieza de las obras de captación y almacenamiento.

Los parámetros de  $DBO_5$  y DQO son los más costosos y sin embargo no reflejaron diferencias muy significativas entre años, épocas, ni acueductos. Basta con el oxígeno disuelto para determinar si hay contaminación por materia orgánica, por lo que se recomienda excluir a dichos parámetros en monitoreos futuros.

Hay una equitativa responsabilidad entre la Alcaldía Municipal y las juntas administradoras de agua al abastecer el 50% de población cada una, aunque diferente número de acueductos, por lo que el fortalecimiento y capacitación a estos organismos debe ser el mismo.

Debido a las deficiencias en la operación y administración de los acueductos por la Alcaldía, es importante consolidar el proyecto de reforma del sector agua potable y saneamiento, el cual considera una reestructuración y fortalecimiento de la UMA. Sin embargo, el cambio no puede ser efectivo si antes no se socializa mejor el proyecto y el nuevo departamento encargado realmente se dedique al manejo del agua y tenga cierta autonomía de la Alcaldía para no caer en sesgos políticos.

Las juntas de agua presentan deficiencias en la administración, inestabilidad financiera y poca organización. Lo anterior ha dificultado la creación de una asociación de juntas a nivel municipal. Esto se puede mejorar con la elaboración de reglamentos escritos según las condiciones reales de cada junta de agua, basados a partir de reglas informales que las juntas ya manejan para la protección y aprovechamiento del agua. Lo anterior conduciría a una mayor gobernabilidad respecto al agua.

## 6. LITERATURA CITADA

- AHJASA (Asociación Hondureña de Juntas Administradoras de Sistemas de Aguas). 2007. Gestión local para la calidad y la sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento (diapositivas). Tegucigalpa, HN. 31 diapositivas.
- American Water Works Association. 2002. Calidad y tratamiento del agua: manual de suministros de agua contaminada. 5 ed. ES. McGRAW-HILL. 1196 p.
- Angulo, A. OG. 2006. Gobernabilidad e Institucionalidad para la gestión, protección y aprovechamiento de los recursos hídricos en el municipio de Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 156 p..
- Arrecis, L. EM. 2006. Institucionalidad rural vinculada con la conservación del recurso hídrico en la microcuenca del Río Caquijá, Sierra Santa Cruz, Izabal, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 141 p.
- Ballestero, M. 2005. Planificación y administración hídrica en Centroamérica. *In* CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Administración del agua en América Latina: situación actual y perspectivas. Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 90. Santiago, CL. p. 55-65.
- Bartram, J; Ballance, R. 1996. Water quality monitoring. A practical guide to the design and implementtation of freshwater quality studies and monitoring programmes. GB. UNEP/WHO. 383 p.
- Barrantes, G; Castro, E. 1999. Estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada: internalización de variables ambientales. Heredia, CR. Servicios de Economía Ecológica para el Desarrollo, S.A. 101 p.
- Brooks, K.N; folliott, P; Gregersen, H.M, Thames, J, 1996. Hydrology and the management of watersheds. Iowa state university press/ames.
- Brooks, KN; Folliot, PF; Gregersen, HM; Thames, JL. 1991. Hydrology and the management of watersheds. Ames, Iowa, US, Iowa State University Press. 392 p.
- Brugnoli, E. 1999. Guía para el estudio de calidad de agua en Centroamérica: una aproximación a la armonización de las normas de calidad. CR. 95 p.
- Bruijnzeel. L.A. 1990. Hydrology of moist tropical forests and effects of conversión: a state of knowledge review. Amsterdam, NL. UNESCO Internacional Hydrological Programme. 224 p.

- \_\_\_\_\_ 2004. Los Bosques Tropicales y los Servicios Ambientales. ¿Acaso los árboles impiden ver el Terreno? Amsterdam, NL. Agriculture, Ecosystems and Environment . 45 p.
- Cardona, A. J. 2003. Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del río La Soledad, Valle de Angeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 158 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2004. Programa Innovación, aprendizaje y comunicación para la cogestión adaptativa de cuencas (Focuecas II). Turrialba, CR. 85 p.
- \_\_\_\_\_ 2006. Informe Anual de Avance del Programa Regional CATIE/ASDI “FOCUENCAS II”. Julio 2005 – Octubre 2006. 69 p.
- CEPIS/OPS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente/Organización Panamericana de la Salud). 2003. Agua, no la tenemos tan segura. Lima, PE, CWWA/AIDIS/CEPAL/OEA/OMS/PNUMA. 24 p.
- Chapman, D. 1992. Water Quality Assessments. A Guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. GB. UNESCO. 565 p.
- Chaves, E.E. 2004. Curso de Análisis Demográfico I.(en línea). Centro Centroamericano de Población. Universidad de Costa Rica. CR. Consultado 30 de agosto de 2007. Disponible en: [www.unasam.edu.pe/.../ciencias/webmatliber/publicaciones/estadistica/demografia/Libro\\_curso\\_Demografia.pdf](http://www.unasam.edu.pe/.../ciencias/webmatliber/publicaciones/estadistica/demografia/Libro_curso_Demografia.pdf)
- Chow, VT; Maidment, DR; Mays, LW. 1994. Hidrología aplicada. Santafé de Bogotá, O, McGraw-Hill Interamericana. 584 p.
- Dourojeanni, A; Jouravlev, A; Chávez, G. 2002. Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. Santiago, CL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 47. 83 p.
- Echavarría, M. 1999. Agua: valoración del servicio ambiental que prestan las áreas protegidas. Manuales de capacitación América Verde. The Nature Conservancy, 1(1). 84 p.
- Eghball, B; Gilley, JE; Kramer, La; Moorman, TB. 2000. Narrow grass hedge effects on phosphorus and nitrogen in runoff following manure and fertilizer application. Journal of Soil and Water Conservation, Second Quarter: 172-176.
- Espinal, B. J.V. 2005. Institucionalidad y legislación en el manejo de los recursos naturales con énfasis en el recurso hídrico de la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 139 p..

- Fair y Geyer. 2005. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. México, D.F. MX. Ed. Limusa. 764 p.
- Fajardo, JJ; Bauder, JW; Cash, SD. 2001. Managing nitrate and bacteria in runoff from livestock confinement areas with vegetative filter strips. *Journal of Soil and Water Conservation*, 56(3): 185-191.
- FANCA (Red Centroamericana de Acción del Agua). 2006. Las Juntas de Agua en Centroamérica: valoración de la gestión local del recurso hídrico. San José, CR. 77 p.
- Faustino, J. 2006. Documento base del curso de manejo integrado de cuencas hidrográficas II. Turrialba, CR. CATIE. 213 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1993. Prevención de la contaminación del agua para la agricultura y actividades afines. Informes sobre temas hídricos 1. Roma, FAO. 385 p.
- \_\_\_\_\_ 1996. Control of water pollution from agriculture. Preparado por Ongley, E.D. Roma, FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 55.
- FOCUENCAS (Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Local para el Manejo de Cuencas y la Prevención de Desastres Naturales). 2001. Microcuenca del Río La Soledad: diagnóstico y línea base. Valle de Angeles, HN. CATIE/FOCUENCAS. 54 p.
- FOCUENCAS II (Innovación, aprendizaje y comunicación para la cogestión adaptativa de cuencas). 2005. Plan de cogestión microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles. Consejo de Subcuenca, Valle de Ángeles, HN. CATIE/SUBCUENCAS II. 77 p.
- Frederick, W.P; Clark S.W. 2002. Normas, regulaciones y objetivos de calidad de agua potable. *In* American Water Works Association. Calidad y tratamiento del agua: manual de suministros de agua contaminada. 5 ed. ES. McGRAW-HILL. p. 1-42
- García, O. LA. 2003. Indicadores técnicos y evaluación de la influencia del uso de la tierra en la calidad del agua, subcuenca del río tascalapa Yoro, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 164 p.
- González, J.M. 2006. El contrato vinculante de cuencas: una herramienta bioeconómica para el manejo integrado de cuencas en Valle de Ángeles, Honduras. Valle de Ángeles, HN. 10 p (Mimeografiado).
- GWP-CA (Asociación Mundial del Agua-Centroamérica). 2003. Estatus de los procesos hacia los planes nacionales para la gestión integrada de los recursos hídricos en los países de Centroamérica. San José, CR. GWP-CA. 19 p.

- \_\_\_\_\_ 2004. Situación de los recursos hídricos en Centroamérica: hacia una gestión integrada. San José, CR. GWP-CA. 68 p.
- GWP (Asociación Mundial del Agua). 2000. Manejo Integrado de Recursos Hídricos. Informe preparatorio No. 4. Estocolmo, Suecia. 64 p.
- Hernández, CJA. 2003. Dinámica del uso de la tierra y de la oferta hídrica en la cuenca del río Guacerique, Tegucigalpa, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 126 p.
- HYTSA (Estudios y Proyectos S.A.) 2005. Políticas municipales para los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario en 16 municipalidades de Honduras: segundo informe para el municipio de Valle de Ángeles. Tegucigalpa, HN. HYTSA. 47 p.
- \_\_\_\_\_ 2006. Propuesta de política municipal de agua potable y saneamiento de la Municipalidad de Valle de Ángeles. Tegucigalpa, HN. HYTSA. 66 p.
- Jansen, HGP; Siegel, PB; Pichón, F. 2005. Identifying the drivers of sustainable rural growth and poverty reduction in Honduras. US IFPRI. 137 p.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas, HN) 2001. Censo de población y Vivienda.
- Jiménez, F; Faustino, J; Campos, J. J. 2006. Bases conceptuales de la cogestión adaptativa de cuencas hidrográficas. Apuntes del curso manejo integrado de cuencas hidrográficas I. Turrialba, CR. CATIE. 20 p. (Mimeografiado).
- Jiménez, F. 2006a. La cuenca hidrográfica como unidad de planificación, manejo y gestión de los recursos naturales. Apuntes del curso manejo integrado de cuencas hidrográficas I. Turrialba, CR. CATIE. 28 p. (Mimeografiado).
- \_\_\_\_\_ 2006b. Enfoques básicos del manejo y la gestión de cuencas hidrográficas. Apuntes del curso manejo integrado de cuencas hidrográficas I. Turrialba, CR. CATIE. 6 p. (Mimeografiado).
- \_\_\_\_\_ 2006c. Propuesta de protocolo para el establecimiento de la línea base y para el monitoreo de la co gestión de cuencas hidrográficas en lo referente a la variable: patrones de producción y comercialización contribuyentes a la gestión sostenible de las cuencas y el ambiente. FOCUENCAS II. Turrialba, CR. CATIE. 9 p. (Mimeografiado).
- Jouravlev, A. 2001. Administración del agua en América Latina y el Caribe en el umbral del siglo XXI. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 27. Santiago, CL. CEPAL. 77 p.

- Kiersch, B. 2000. Impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos: una revisión bibliográfica. Taller electrónico. Relaciones tierra-agua en cuencas hidrográficas rurales. Roma, IT. FAO. 14 p.
- Lenntech 1998. Water treatment & Air Purification. (en línea). Rotterdamseweg NL. Consultado 28 agosto 2007. Disponible en: <http://www.lenntech.com/>
- Meneses, S. JL. 2003. Calidad del agua en la microcuenca Los Hules-Tinajones, cuenca del Canal, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 84 p.
- MINSA (Ministerio de Salud, HN). 1995. Norma técnica para la calidad del agua potable. Acuerdo No. 084. Ministerio de Salud. 19 p.
- Mitchell, M.K; Stapp, W.B; Bixby, K.P. 1991. Manual de campo de proyecto del río. Una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. US. s.p.
- Mosley, MP; McKerchar, AI. 1993. Streamflow. In Maidment, DR. eds. Handbook of hydrology. New York, US, McGraw Hill, Inc. p 8.1 – 8.37.
- Musalém, C.K. 2005. Propuesta metodológica para la certificación del manejo de cuencas hidrográficas en América Tropical. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 96 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1995. Guías para la calidad del agua potable. 2.ed. Ginebra, CH. v.1. OMS. 147 p.
- Ostrom, E. 2000. El gobierno de los bienes comunes: la evolución de las instituciones de acción colectiva. MX, UNAM – Fondo de Cultura Económica. 395 p.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). 1987. Guidelines for drinking water quality, supporting information. s.p.
- Perry, D.C; Michael, C; Beger, P.S. 2002. Aspectos de la calidad del agua: salud y estética. *In* American Water Works Association. Calidad y tratamiento del agua: manual de suministros de agua contaminada. 5 ed. ES. McGRAW-HILL. p.47-118.
- Pinedo, M. R. 2006. Zonificación como base para el ordenamiento territorial del municipio de Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 136 p.
- PMND-CATIE (Proyecto de mitigación de recursos naturales). 2002. Componentes de análisis de vulnerabilidad, identificación de medidas y diseño de un plan de capacitación a nivel municipal. Tegucigalpa, HN.
- Ponce, S.L. 1980. Water quality monitoring programs. WSDG Technical paper WSDG-TP-00002. Watershed systems development group USDA Forest Service.

- Porta, C.J; López, A. M; Roguero, D.C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2.ed. Madrid, ES. Mundi-Prensa. 849 p.
- Prins, C. 2005. Procesos de innovación rural en América Central: reflexiones y aprendizajes. Departamento de Recursos Naturales y Ambiente. Turrialba, CR. CATIE. 244 p.
- \_\_\_\_\_ 2007. Análisis y abordaje de conflictos en co-gestión de cuenca y recursos hídricos. Turrialba, CR. CATIE 24 p. (Mimeografiado).
- PRRAC (Programa Regional de Reconstrucción para América Central, HN) 2003. Reglamento general de las juntas de agua y saneamiento básico de Honduras. Gobierno de Honduras, Ministerio de Salud/ Unión Europea. 34 p.
- Rascón, R. AE. 2007. Metodología para la elaboración de la línea base y para la implementación del monitoreo biofísico y socioambiental de la cogestión de cuencas en América Central. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 281 p.
- Reyes, P. KY. 2006. Análisis del estado de las fuentes de agua para consumo humano y funcionamiento de los acueductos rurales en la cuenca del río La Soledad, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 242 p.
- Rivas, C; Faustino, J; Gonzalez, A. 2003. Análisis de la evolución conceptual y práctica del enfoque de manejo de cuencas en la región centroamericana. *In* Diálogo regional sobre experiencias sobre gestión territorial y manejo de cuencas para el fortalecimiento de medios de vida rurales en Centroamérica. Tegucigalpa, HN. CATIE-PRISMA. 14 p.
- Rivera, L. 2002. Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca La Soledad, Valle De Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 114 p.
- ROCHE. 2006. Programa de inversión en agua potable y saneamiento BID 1048/SF-HO: taller para alcaldes (diapositivas). Tegucigalpa, HN. 22 diapositivas.
- Rojas, R. 2002. Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Lima, PE. OPS/CEPIS. 353 p.
- Roldán, PG. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia, Medellín. CO. s.p.
- SANAA (Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados). 2003. Normas de Diseño para Acueductos Rurales V.1.0. Tegucigalpa, HN. 83 p.
- \_\_\_\_\_ 2007a. Informe de resultado físico, químico y bacteriológico No. 780. Fuente de agua: Bordo las Martitas. Tegucigalpa, HN. 3 p.

- \_\_\_\_\_ 2007b. Instructivo de toma de muestras. Laboratorio de control de calidad de agua. Departamento de operaciones. Tegucigalpa, HN. 4 p.
- Seoáñez, M. 1999. Ingeniería del medioambiente aplicada al medio natural continental. 2 ed. Madrid, ES. Mundi-Prensa. 702 p.
- SWECO-ESA. (Consultores Economía, Sociedad, Ambiente, Ingeniería). 2006. Diagnóstico ambiental cualitativo del diseño final del sistema de agua potable de Valle de Ángeles, Francisco Morazan. Tegucigalpa, HN. SWECO-ESA. 92 p.
- United Nations. 2005. The millennium development goals report 2005. New York, US. UN. 43 p.
- Vidal, M; López, A; Santoalla, MC; Valles, V. 2000. Factor analices for the water resources contamination due to the use the livestock slurries as fertilizers. *Agricultural Water Management*. 45: 1-15 p.
- Villón, M.B. 2002. Hidrología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Agrícola. Cartago, CR. Comité Regional de Recursos Hidráulicos. 430 p.
- Wagner, T; Shillings, K; Libra, R. 2000. The relationship of nitrate concentrations in streams to row crop land use in Iowa. *Journal Environmental Quality*. 29:1462-1469.
- World Vision. 2004. Manual de manejo de cuencas: módulo 7. Monitoreo y evaluación de manejo de cuencas. San Salvador, SV. World Vision. 154 p.
- Zuñiga, A. E. 1990. Las modalidades de la lluvia en Honduras. Guaymuras. Tegucigalpa, HN. 141 p.
- Zhao, SL; Gupta, SC; Huggins, DR; Moncrief, JF. 2001. Tillage and nutrient source effects on surface and subsurface water quality at corn planting. *Journal Environment of Quality*, 30:998-1008.

## **7. ANEXOS**

Anexo 1. Guía utilizada para el análisis de los sistemas de producción en Valle de Ángeles, Honduras.

I.- DATOS GENERALES

1.1	Comunidad					
1.2	Nombre del productor					
1.3	Ubicación de la finca en la micro cuenca (alta, media o baja)		Seña particular de ubicación:			
1.4	Área de la finca					
1.5	Tipo de suelo					
1.6	Topografía de la finca (%)	0-8	8-15	15-30	30-50	50 a más
1.7	Tenencia de la tierra	<input type="radio"/> Privada <input type="radio"/> Con dominio pleno <input type="radio"/> Con dominio útil <input type="radio"/> Ejidal Otro _____				
1.8	Tiempo de tener la propiedad				Años	

II.- USO DE LA TIERRA

2.1	Principales cultivos producidos en orden de importancia				
2.2	¿Tiene ganado?	___SI ___NO	¿Cuál?	¿Cuántos?	
2.3	¿Qué tipos de pastos tiene?	<input type="radio"/> Natural <input type="radio"/> Cultivado			
2.4	¿Tiene algún sistema silvopastoril?	___SI		___NO	
2.5	Tipo de producción y forma de manejo	<input type="radio"/> Carne <input type="radio"/> Leche <input type="radio"/> Doble propósito		<input type="radio"/> Estabulado <input type="radio"/> Extensivo	
2.6	Acceso al agua	<input type="radio"/> Abrevaderos construidos <input type="radio"/> Quebradas o nacientes		<input type="radio"/> Otros	
2.7	Animales menores	<input type="radio"/> Cerdos <input type="radio"/> Aves <input type="radio"/> Otros _____		Estabulados ___SI ___NO	

III.- PRÁCTICAS DE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA QUE CONTRIBUYEN AL BUEN MANEJO DE LA CUENCA

Nota: en todos los casos, la valoración 0, 1 y 2 corresponde a al nivel de cumplimiento de la práctica:

- 0 = no se cumple;
- 1= se cumple a medias (regular)
- 2= sí se cumple.

	<b>Práctica</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
3.1	Se practica rotación de cultivos pertenecientes a diferentes familias botánicas en las parcelas, al menos cada dos años.			
3.2	Se practica el asocio de cultivos anuales, cuando sus características lo permiten, por ejemplo maíz con frijoles, etc.			
3.3	Se utilizan cultivos de cobertura permanente o cobertura temporal para luego ser incorporados al suelo, tales como el frijol abono, frijol terciopelo, etc.			
3.4	Las densidades de siembra y los sistemas de cultivo que tiene el productor permiten que haya una cobertura permanente del suelo, principalmente durante la época de lluvias, ya sea con cobertura viva o muerta, incluyendo residuos de cosecha.			
3.5	La preparación del terreno, principalmente cuando es mecánica (arado, tractor, etc) se realiza en dirección opuesta (perpendicular) a la pendiente del terreno.			
3.6	La siembra o plantación de cultivos se realiza bajo el sistema de labranza mínima o cero labranza del suelo.			
3.7	Existen las prácticas siguientes de manejo y conservación de suelos: a) canales de infiltración; b) terrazas individuales; c) barreras vivas; d) muros de piedra; e) incorporación del rastrojo.			
3.8	No se utiliza la quema de la vegetación y residuos de cosecha en la parcela como práctica para limpiar el terreno.			
3.9	Las áreas de la finca que tienen pendientes aproximadamente mayor al 70% tienen bosque u otra cobertura vegetal permanente y no están dedicadas a la agricultura; en caso que se dediquen a la agricultura están de cultivos permanentes, poco intensivos.			
3.10	Las áreas de cultivo intensivo (por ejemplo hortalizas, ornamentales, etc) están ubicados en los sitios de menor pendiente de la finca y se aplican prácticas de conservación de suelos y aguas.			
3.11	Existe un uso racional de fertilizantes y pesticidas químicos en términos de la dosis (cantidad) y frecuencia de aplicación recomendada.			
3.12	Los agricultores recolectan, entierran o eliminan los envases de agroquímicos y utilizan equipo adecuado y normas de seguridad para su manejo y aplicación.			
3.13	Los agricultores utilizan de manera generalizada al menos alguna de las prácticas siguientes de manejo integrado de plagas: a) prácticas de cultivo (como poda, raleo, deshoja, deshija, control de densidades, aporca, drenajes, eliminación de residuos de cosecha, eliminación de plantas hospederas, etc); b) control biológico de plagas mediante enemigos naturales; c) uso de variedades tolerantes y/o resistentes a las plagas y enfermedades.			
3.14	En los patios de las viviendas existen huertos caseros con la combinación de árboles, arbustos y hierbas que pueden ser plantas medicinales, frutales, ornamentales, hortalizas, raíces y tubérculos, etc.			
3.15	Las divisiones y los linderos de las parcelas están demarcadas con cercas vivas (árboles, arbustos).			
3.16	Existen barreras rompevientos adecuadamente construidas y mantenidas (árboles de diferentes estratos, continuas, en posición contraria a la dirección de la cual vienen los vientos dominantes, etc).			

**IV.- PRÁCTICAS DE GANADERÍA CONSERVACIONISTA QUE CONTRIBUYEN AL BUEN MANEJO DE LA CUENCA**

	<b>Práctica</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
4.1	El área de pasturas no evidencia síntomas de sobrepastoreo y degradación (por ejemplo: compactación, aparición de horizontes rocosos, ausencia de materia orgánica en la superficie, cobertura incompleta del suelo por la pastura, evidencias de caminos y terrazas por el paso de los animales, erosión y formación de surcos o cárcavas.			
4.2	El productor tiene variedades mejoradas de pastos y hace manejo de las pasturas (apartos, aplicación de abonos y enmiendas, bancos forrajeros, etc).			
4.3	No se utiliza la quema de las pasturas y vegetación la finca como práctica para limpiar el terreno y control de malezas.			
4.4	Las construcciones de establos y de sitios de ordeño de las vacas están a más de 100 m de distancia del cauce de las quebradas o ríos.			
4.5	Las áreas de la finca que tienen pendientes aproximadamente mayor al 70% tienen bosque u otra cobertura vegetal permanente y no son dedicadas a la ganadería.			

**V.- PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN FORESTAL Y DE UTILIZACIÓN BIOENERGÉTICA QUE CONTRIBUYEN AL BUEN MANEJO DE LA CUENCA**

	<b>Práctica</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
5.1	Las áreas de la finca que tienen pendientes aproximadamente mayores al 70% no están dedicadas a plantaciones forestales, sino que tienen cobertura de bosque natural o secundario.			
5.2	Existen programas de promoción y ejecución de reforestación y de reducir la deforestación.			
5.3	En la finca, los propietarios, arrendatarios o productores que viven en la misma no tienen como actividad productiva importante la venta de leña o carbón.			
5.4	Los productores que viven en las fincas tienen en sus viviendas energía eléctrica con lo cual pueden ser independientes del consumo de leña o carbón.			
5.5	Si en la finca no existe servicio de energía eléctrica, la mayoría de las viviendas cuentan con cocinas ahorradas de leña (energía), y áreas en su finca para la producción de leña, lo cual contribuye a reducir la deforestación y la presión sobre el componente arbóreo en la cuenca			
5.6	Existe control de incendios forestales, evidenciado por la ausencia de los mismos.			
5.7	La tala de árboles, en cualquier parte de la finca, requiere de un permiso del ente nacional, regional o local rector del sector forestal; además existen mecanismos de control y verificación de la tala ilegal.			
5.8	En los centros poblados de la cuenca, la mayoría de las viviendas tienen energía eléctrica con lo cual pueden ser independientes del consumo de leña o carbón.			
5.9	No existe una actividad importante en la cuenca de extracción sin control de productos no maderables del bosque (por ejemplo plantas medicinales, animales, etc).			
5.10	Existen mecanismos de cobro y pago de servicios ambientales que brindan la cobertura boscosa y forestal.			
5.11	El uso y desarrollo de actividad e infraestructura ecoturística en los			

	bosques es consecuente con su capacidad de carga.			
5.12	Los productores han recibido capacitación sobre silvicultura conservacionista y manejo de bosques y manejo de los recursos naturales; además existen campañas de promoción de este tipo de silvicultura.			

**VI.- PRÁCTICAS DE MANEJO Y PROTECCIÓN DEL AGUA EN FINCAS O PARTES DE ÉSTAS QUE CONTRIBUYEN AL BUEN MANEJO DE LA CUENCA**

	<b>Práctica</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
6.1	Los desechos sólidos y líquidos de porquerizas, corrales para aves y otras especies menores no se lanzan al cauce de las quebradas o ríos, aunque estén secos, además estas construcciones están a más de 100 m de distancia del cauce de las quebradas o ríos.			
6.2	Los desechos sólidos y líquidos de actividades domésticas (basura), o de otras actividades agrícolas como beneficiado de café (pulpa, aguas mieles), pecuario-industriales o industriales no se lanzan al cauce de las quebradas o ríos, aunque estén secas.			
6.3	En las fincas que tienen quebradas o ríos o limitan con éstos, existe protección de los márgenes de los cauces, aún si éstos se secan temporalmente, dejando franjas de vegetación riparia a ambos lados del cauce, de al menos aproximadamente 10 m de ancho y con no más de dos trechos discontinuos de 10 m o menos por aproximadamente cada 100 m.			
6.4	En las fincas donde hay nacientes de agua, las mismas tienen un área de protección con vegetación primaria o secundaria de al menos 150 m de radio.			
6.5	Las piletas o sitios para la toma de agua (abrevaderos) de los animales, como vacunos y caballos, están ubicadas a no menos de 50 m del cauce del río.			
6.6	El riego, cuando existe, se maneja considerando aspectos básicos de necesidad de agua de los cultivos, dosis, frecuencias y distribución entre usuarios del agua disponible.			
6.7	Las áreas de la finca que constituyen zonas de recarga evidentes o aparentes de nacientes de agua tienen cobertura boscosa; en caso que tengan actividad agrícola es de cultivos permanentes, con intervención mínima, cero labranza del suelo y no uso de pesticidas.			
6.8	Los caminos internos de la finca tienen un diseño y mantenimiento que evita corrientes rápidas de agua y arrastre sin control de sedimentos.			

**VII.- CAPACITACIÓN Y FINANCIAMIENTO**

7.1	¿Ha recibido capacitación sobre implementación de prácticas de conservación y manejo del suelo y agua?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	¿Desde cuándo?  ¿Qué institución?
7.2	Si tiene obras físicas de conservación de suelos y agua ¿Cómo se financió para realizarlas?	<input type="checkbox"/> Fondos propios <input type="checkbox"/> Donación <input type="checkbox"/> Préstamo	<input type="checkbox"/> Proyecto comunitario <input type="checkbox"/> Otro
7.3	Si no tiene ningún tipo de obras físicas o prácticas de conservación ¿Por qué?	<input type="checkbox"/> Falta de dinero <input type="checkbox"/> La tierra no es suya <input type="checkbox"/> Desconoce las prácticas <input type="checkbox"/> No le interesa Otro _____	

Anexo 2. Encuesta aplicada a los abonados de los acueductos de Chiquistepe y Chagüitillo, Sauce y Cañadas en Valle de Ángeles.

## REGISTRO DE ABONADOS

### DATOS GENERALES:

- 1.- Comunidad.....
- 2.- Nombre del abonado.....
- 3.- Tarjeta de identidad No.....
- 4.- Número de cuenta.....
- 5.- Fecha de instalación.....
- 6.- Número de llaves.....
- 7.- Número de familias en el mismo pegue.....
- 8.- Dependientes por cada familia.....
- 9.- ¿Cuántos días a la semana recibe agua?.....¿Cuántas horas?.....
- 10.- Tarifa que paga al mes.....
- 11.-¿Tiene algún retraso en el pago? SI.....NO.... ¿Cuántos meses?.....
- 12.- Tiene cisterna SI.....NO.....
- 13.- ¿Clora o hierve el agua para beber?.....
- 14.- Tiene letrina SI.....NO.....

### PARTICIPACIÓN

Dinero.....Mano de obra..... Material local.....

Total días trabajados.....

Organización Comunal a la que pertenece.....

Cargo que ocupa.....

OBSERVACIONES:.....

.....  
.....  
.....

Anexo 3. Coordenadas de ubicación de las obras de captación de agua potable en Valle de Ángeles, Honduras

ADMINISTRACIÓN	No.	Acueducto	No.	Fuente	Coordenadas X	Coordenadas Y
ALCALDÍA MUNICIPAL	1	San Francisco	1	Q. San Francisco	496807	1566493
	2	El Suizo	2	Q. El Suizo	496616	1566549
	3	Las Martitas	3	M. Las Martitas	496298	1567005
	4	La Cimbra	4	Q. La Chanchera 2	493156	1567934
			5	Q. La Cartuchera	493893	1566992
	5	El Tablón	6	Q. Matasanos	492841	1565442
			7	Q. Los Jutes A*	493398	1565733
LA ESCONDIDA	6	La Escondida	8	Q. Los Jutes B	493523	1565604
EL MOLINO	7	El Molino	9	Q. Los Jutes C	493722	1565001
			10	Q. El Carrizal B	493841	1564644
LOS LIRIOS	8	Los Lirios	11	M. El Encinal	493508	1565967
BORDO LAS MARTITAS	9	Bordo las martitas	12	M. Bordo las Martitas	495913	1567455
EL CANTÓN	10	El Cantón	13	Q. La Chanchera	492503	1568078
EL PORTILLO	11	El Portillo	14	Q. Las Manzanas	493355	1569514
LIQUIDAMBAL	12	El Liquidambal	15	Q. Escobales	493344	1568616
CHINACLA	13	Chinacla	16	M. Cedros	498414	1567249
CHIQUISTEPE	14	Chiquistepe	17	M. en Chinacla	497271	1567853
SABANETAS	15	Sabanetas	18	Q. Bellos	498386	1569217
LA ESPERANZA	16	La Esperanza	19	Q. Buena Vista	498544	1566202
GUAYABO	17	Guayabo	20	M. Guayabo	499762	1565695
JOCOMICO	18	Jocomico	21	Q. Las Escaleras	499913	1565089
GUANACASTE	19	Guanacaste	22	Q. La Pelona	502092	1560941
CHAGÜITILLO, SAUCE Y CAÑADAS	20	Chagüitillo, Sauce y Cañadas	23	Q. Carrizal, Q. Las Manzanas, M. Los Zarcos 1 y 2	491179	1565505
QUEBRADA HONDA	21	Quebrada Honda	24	Q. Manzanas	492101	1564887
CERRO GRANDE	22	Cerro Grande	25	Q. El Carrizal A	491258	1566059
EL SOCORRO	23	El Socorro	26	M. El Socorro	496066	1568445
GRACIAS A DIOS	24	Gracias a Dios	27	M. La Escondida	494261	1565254

\* Las letras utilizadas es sólo con fines de ubicación en el mapa.

Anexo 4. Coordenadas de ubicación de los tanques de almacenamiento de agua potable en Valle de Ángeles, Honduras

ADMINISTRACIÓN	Acueducto	No. de tanques	Coordenadas X	Coordenadas Y
ALCALDÍA MUNICIPAL	San Francisco	2	496170	1566060
	El Suizo	1	496506	1566483
	Las Martitas	0		
	La Cimbra	1	494228	1566188
	El Tablón	1	493854	1564720
LA ESCONDIDA	La Escondida	1	493917	1564984
EL MOLINO	El Molino	0		
LOS LIRIOS	Los Lirios	2	493943	1565584
BORDO LAS MARTITAS	Bordo las martitas	1	495911	1567419
EL CANTÓN	El Cantón	2	494995	1567552
EL PORTILLO	El Portillo	1	494466	1568445
LIQUIDAMBAL	El Liquidambal	1	493782	1568782
CHINACLA	Chinacla	1	497350	1567626
CHIQUISTEPE	Chiquistepe	1	497730	1569560
SABANETAS	Sabanetas	1	498371	1570170
LA ESPERANZA	La Esperanza	1	496684	1565044
GUAYABO	Guayabo	1	500361	1564766
JOCOMICO	Jocomico	1	501377	1563047
GUANACASTE	Guanacaste	1	502366	1561857
CHAGÜITILLO, SAUCE Y CAÑADAS	Chagüitillo	1	492802	1562755
	Sauce	1	495135	1560889
	Cañadas	1	493818	1563142
QUEBRADA HONDA	Quebrada Honda	1	491954	1562193
CERRO GRANDE	Cerro Grande	2	494982	1563068
EL SOCORRO	El Socorro	1	495866	1568424
GRACIAS A DIOS	Gracias a Dios	1	494331	1564847

*Anexo 5. Resultados del análisis de calidad de agua en los acueductos del Municipio de Valle de Angeles en las épocas seca y lluviosa para los años 2006 y 2007.*

**ACUEDUCTO SAN FRANCISCO**

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	23.00	20.00	15.80	17.50	21.50	16.65	19.08	3.13
Turbd.	NTU	5.00	1.25	1.56	5.51	2.79	1.41	4.15	2.78	1.94
pH	pH	6.5-8.5	6.22	5.49	5.95	5.77	5.86	5.86	5.86	0.31
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.08	0.13	0.70	0.15	0.11	0.43	0.27	0.29
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.30	0.06	0.07	0.17	0.18	0.12	0.15	0.11
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	2.00
S.T.Dis.	mg/l	500.00	12.00	14.00	7.00	7.00	13.00	7.00	10.00	3.56
OD	mg/l	6.0-8.0	6.90	6.40	7.90	5.80	6.65	6.85	6.75	0.89
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	4.40	8.80	0.00	0.00	6.60	1.00	3.80	3.79
DQO	mg/l	20.00	0.00	1.60	0.00	1.00	0.80	0.50	0.65	0.79
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	220.00	110.00	80.00	260.00	165.00	170.00	167.50	86.17
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.50	1.00

**ACUEDUCTO EL SUIZO**

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	24.00	19.00	16.80	17.50	21.50	17.15	19.33	3.25
Turbd.	NTU	5.00	0.99	2.65	6.78	5.06	1.82	5.92	3.87	2.56
pH	pH	6.5-8.5	6.55	6.27	5.91	6.05	6.41	5.98	6.20	0.28
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.08	0.19	0.30	0.42	0.14	0.36	0.25	0.15
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.25	0.05	0.06	0.10	0.15	0.08	0.12	0.09
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	4.00	2.00	2.31
S.T.Dis.	mg/l	500.00	20.00	8.00	6.00	6.75	14.00	6.38	10.19	6.59
OD	mg/l	6.0-8.0	7.00	6.10	7.70	5.80	6.55	6.75	6.65	0.87
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	0.00	6.40	0.00	0.00	3.20	1.00	2.10	3.02
DQO	mg/l	20.00	0.00	1.60	0.00	0.00	0.80	0.00	0.40	0.80
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	190.00	200.00	890.00	350.00	195.00	620.00	407.50	329.89
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	4.00	0.00	2.00	4.00

ACUEDUCTO LAS MARTITAS

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	25.00	19.00	17.90	18.50	22.00	18.20	20.10	3.30
Turbd.	NTU	5.00	0.43	1.04	0.52	1.06	0.74	0.79	0.76	0.33
pH	pH	6.5-8.5	5.62	5.23	5.69	4.99	5.43	5.34	5.38	0.33
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.07	0.15	1.17	0.23	0.11	0.70	0.41	0.51
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.33	0.33	0.08	0.25	0.33	0.17	0.25	0.12
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	4.00	8.00	0.00	6.00	3.00	3.83
S.T.Dis.	mg/l	500.00	6.00	7.50	5.50	6.25	6.75	5.88	6.31	0.85
OD	mg/l	6.0-8.0	6.90	6.50	7.40	5.00	6.70	6.20	6.45	1.03
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	4.80	8.00	1.00	5.00	6.40	3.00	4.70	2.87
DQO	mg/l	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	2.00
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	20.00	3.00	10.00	30.00	11.50	20.00	15.75	11.79
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ACUEDUCTO LA CIMBRA

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	15.00	19.00	15.00	17.00	17.00	16.00	16.50	1.91
Turbd.	NTU	5.00	1.65	4.11	1.09	2.53	2.88	1.81	2.35	1.32
pH	pH	6.5-8.5	7.10	5.66	7.16	6.33	6.38	6.75	6.56	0.71
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.25	0.21	0.99	0.21	0.23	0.60	0.42	0.38
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.10	0.02	0.08	0.05	0.06	0.07	0.06	0.04
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	4.00	2.00	4.00
S.T.Dis.	mg/l	500.00	22.50	10.00	17.00	12.00	16.25	14.50	15.38	5.59
OD	mg/l	6.0-8.0	6.70	7.00	6.80	5.70	6.85	6.25	6.55	0.58
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	5.30	10.00	2.70	0.00	7.65	1.35	4.50	4.26
DQO	mg/l	20.00	0.00	5.60	0.10	0.00	2.80	0.05	1.43	2.78
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	0.00	100.00	50.00	300.00	50.00	175.00	112.50	131.50
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ACUEDUCTO EL TABLÓN

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
Tº	°C	18-30	27.00	20.00	17.00	17.50	23.50	17.25	20.38	4.61
Turbd.	NTU	5.00	2.38	8.22	1.80	14.50	5.30	8.15	6.73	5.94
pH	pH	6.5-8.5	6.66	6.67	7.49	7.12	6.67	7.31	6.99	0.40
o-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	0.50	0.14	0.14	1.11	0.69	0.14	0.90	0.52	0.47
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.02	0.00	0.08	0.09	0.01	0.09	0.05	0.04
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	8.00	12.00	0.00	10.00	5.00	6.00
S.T.Dis.	mg/l	500.00	38.00	26.00	27.00	22.75	32.00	24.88	28.44	6.63
OD	mg/l	6.0-8.0	6.80	6.80	7.50	5.40	6.80	6.45	6.63	0.88
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	14.00	0.00	1.60	0.50	7.00	1.05	4.03	6.68
DQO	mg/l	20.00	5.00	2.40	0.00	2.00	3.70	1.00	2.35	2.06
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	40.00	276.00	50.00	430.00	158.00	240.00	199.00	188.65
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ACUEDUCTO LA ESCONDIDA

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
Tº	°C	18-30	27.00	20.00	16.60	17.50	23.50	17.05	20.28	4.71
Turbd.	NTU	5.00	3.59	8.82	1.95	31.90	6.21	16.93	11.57	13.87
pH	pH	6.5-8.5	7.18	7.02	6.99	6.85	7.10	6.92	7.01	0.14
o-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	0.50	0.09	0.09	0.73	0.37	0.09	0.55	0.32	0.30
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.02	0.00	0.04	0.18	0.01	0.11	0.06	0.08
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	8.00	20.00	0.00	14.00	7.00	9.45
S.T.Dis.	mg/l	500.00	33.00	22.00	19.50	18.50	27.50	19.00	23.25	6.66
OD	mg/l	6.0-8.0	6.60	5.90	6.00	5.30	6.25	5.65	5.95	0.53
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	5.00	0.00	1.60	1.10	2.50	1.35	1.93	2.16
DQO	mg/l	20.00	50.00	2.40	0.00	8.00	26.20	4.00	15.10	23.51
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	250.00	238.00	10.00	440.00	244.00	225.00	234.50	175.96
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*ACUEDUCTO EL MOLINO*

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	18.00	24.00	21.50	20.00	21.00	20.75	20.88	2.53
Turbd.	NTU	5.00	3.34	14.90	0.89	1.03	9.12	0.96	5.04	6.67
pH	pH	6.5-8.5	4.50	7.29	7.00	7.65	5.90	7.33	6.61	1.43
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.12	0.08	0.60	0.87	0.10	0.74	0.42	0.38
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	16.00	0.00	0.00	8.00	4.00	8.00
S.T.Dis.	mg/l	500.00	65.00	14.00	14.50	31.00	39.50	22.75	31.13	23.92
OD	mg/l	6.0-8.0	5.90	6.80	6.60	7.60	6.35	7.10	6.73	0.70
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	0.00	0.00	2.50	0.20	0.00	1.35	0.68	1.22
DQO	mg/l	20.00	7.00	1.60	1.60	2.00	4.30	1.80	3.05	2.64
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	0.00	32.00	40.00	560.00	16.00	300.00	158.00	268.56
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	2.00	0.00	1.00	2.00

*ACUEDUCTO LOS LIRIOS*

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	28.00	28.00	16.90	18.00	28.00	17.45	22.73	6.11
Turbd.	NTU	5.00	121.00	121.00	1.98	76.50	121.00	39.24	80.12	56.16
pH	pH	6.5-8.5	6.32	6.32	6.58	6.02	6.32	6.30	6.31	0.23
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.26	0.26	1.64	0.24	0.26	0.94	0.60	0.69
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.08	0.08	0.08	0.44	0.08	0.26	0.17	0.18
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	8.00	24.00	0.00	16.00	8.00	11.31
S.T.Dis.	mg/l	500.00	20.00	20.00	16.00	8.75	20.00	12.38	16.19	5.30
OD	mg/l	6.0-8.0	6.80	6.80	7.00	5.20	6.80	6.10	6.45	0.84
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	12.00	12.00	1.70	0.00	12.00	0.85	6.43	6.47
DQO	mg/l	20.00	19.00	19.00	0.00	10.00	19.00	5.00	12.00	9.06
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	20.00	20.00	90.00	1000.00	20.00	545.00	282.50	479.47
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*BORDO LAS MARTITAS*

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	27.00	19.00	16.10	19.00	23.00	17.55	20.28	4.69
Turbd.	NTU	5.00	3.44	1.23	0.77	2.95	2.34	1.86	2.10	1.30
pH	pH	6.5-8.5	5.57	5.71	4.78	4.75	5.64	4.77	5.20	0.51
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.10	0.13	0.59	0.62	0.12	0.61	0.36	0.28
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.33	0.04	0.07	0.21	0.19	0.14	0.16	0.13
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	4.00	16.00	0.00	10.00	5.00	7.57
S.T.Dis.	mg/l	500.00	6.50	6.50	6.00	10.50	6.50	8.25	7.38	2.10
OD	mg/l	6.0-8.0	5.70	7.60	7.40	4.70	6.65	6.05	6.35	1.39
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.75	0.96
DQO	mg/l	20.00	2.00	0.80	0.00	0.00	1.40	1.00	1.20	0.98
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	80.00	276.00	100.00	440.00	178.00	270.00	224.00	168.79
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*ACUEDUCTO EL CANTON*

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	15.00	18.00	15.30	17.00	16.50	16.15	16.33	1.42
Turbd.	NTU	5.00	0.87	1.45	1.57	1.53	1.16	1.55	1.36	0.33
pH	pH	6.5-8.5	6.53	5.73	7.00	6.41	6.13	6.71	6.42	0.52
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.42	0.17	0.23	0.58	0.30	0.41	0.35	0.19
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.01	0.01	0.04	0.10	0.01	0.07	0.04	0.04
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	2.00	1.00	2.00
S.T.Dis.	mg/l	500.00	12.00	10.00	10.00	11.10	11.00	10.55	10.78	0.97
OD	mg/l	6.0-8.0	7.60	6.80	6.60	6.10	7.20	6.35	6.78	0.62
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	6.70	9.20	2.50	0.00	7.95	1.25	4.60	4.13
DQO	mg/l	20.00	0.00	8.00	0.00	0.00	4.00	0.00	2.00	4.00
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	0.00	90.00	10.00	130.00	45.00	70.00	57.50	62.92
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*ACUEDUCTO EL PORTILLO*

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
Tº	°C	18-30	15.00	16.00	16.00	16.00	15.50	16.00	15.75	0.50
Turbd.	NTU	5.00	0.53	1.62	0.23	0.63	1.08	0.43	0.75	0.60
pH	pH	6.5-8.5	6.09	5.32	6.11	5.51	5.71	5.81	5.76	0.40
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.11	0.17	0.51	0.29	0.14	0.40	0.27	0.18
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.17	0.10	0.07	0.18	0.14	0.13	0.13	0.05
S.Susp.	mg/l	10.00	20.00	4.00	4.00	0.00	12.00	2.00	7.00	8.87
S.T.Dis.	mg/l	500.00	6.50	6.00	7.50	5.00	6.25	6.25	6.25	1.04
OD	mg/l	6.0-8.0	6.50	6.50	7.00	5.00	6.50	6.00	6.25	0.87
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	0.00	7.00	3.00	1.70	3.50	2.35	2.93	2.98
DQO	mg/l	20.00	5.00	4.80	16.00	3.00	4.90	9.50	7.20	5.94
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	80.00	142.00	70.00	200.00	111.00	135.00	123.00	60.41
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*ACUEDUCTO EL LIQUIDAMBAL*

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
Tº	°C	18-30	-	18.00	16.00	15.50	18.00	15.75	16.50	1.32
Turbd.	NTU	5.00	-	0.99	0.58	0.83	0.99	0.71	0.80	0.21
pH	pH	6.5-8.5	-	6.67	6.42	6.47	6.67	6.45	6.52	0.13
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	-	0.19	2.11	0.63	0.19	1.37	0.98	1.01
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	-	0.10	0.07	0.09	0.10	0.08	0.09	0.02
S.Susp.	mg/l	10.00	-	0.00	24.00	0.00	0.00	12.00	8.00	13.86
S.T.Dis.	mg/l	500.00	-	13.00	12.00	11.00	13.00	11.50	12.00	1.00
OD	mg/l	6.0-8.0	-	6.70	7.00	5.30	6.70	6.15	6.33	0.91
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	-	8.40	3.00	0.40	8.40	1.70	3.93	4.08
DQO	mg/l	20.00	-	4.00	14.00	5.00	4.00	9.50	7.67	5.51
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	-	136.00	0.00	210.00	136.00	105.00	115.33	106.51
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ACUEDUCTO CHINACLA

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	22.00	17.00	15.50	18.00	19.50	16.75	18.13	2.78
Turbd.	NTU	5.00	4.72	2.37	1.09	1.44	3.55	1.27	2.41	1.64
pH	pH	6.5-8.5	6.32	6.24	6.38	6.38	6.28	6.38	6.33	0.07
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.08	0.76	0.68	0.27	0.42	0.48	0.45	0.33
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.43	0.09	0.10	0.31	0.26	0.21	0.23	0.17
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	8.00	4.00	0.00	6.00	3.00	3.83
S.T.Dis.	mg/l	500.00	10.00	12.50	4.50	11.50	11.25	8.00	9.63	3.57
OD	mg/l	6.0-8.0	6.00	5.70	5.00	5.00	5.85	5.00	5.43	0.51
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	1.50	0.00	2.00	0.00	0.75	1.00	0.88	1.03
DQO	mg/l	20.00	51.00	0.00	5.00	0.00	25.50	2.50	14.00	24.78
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	230.00	258.00	40.00	240.00	244.00	140.00	192.00	101.99
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	10.00	5.00	10.00

ACUEDUCTO CHIQUISTEPE

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	22.00	19.00	16.50	20.00	20.50	18.25	19.38	2.29
Turbd.	NTU	5.00	4.60	5.02	1.69	1.55	4.81	1.62	3.22	1.85
pH	pH	6.5-8.5	6.51	6.61	6.50	6.43	6.56	6.47	6.51	0.07
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.14	0.62	0.99	0.72	0.38	0.86	0.62	0.35
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.07	0.01	0.14	0.12	0.04	0.13	0.09	0.06
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	4.00	60.00	0.00	2.00	30.00	16.00	29.39
S.T.Dis.	mg/l	500.00	8.50	10.00	3.50	10.00	9.25	6.75	8.00	3.08
OD	mg/l	6.0-8.0	6.20	5.60	4.60	4.80	5.90	4.70	5.30	0.74
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	17.70	0.00	2.00	0.00	8.85	1.00	4.93	8.57
DQO	mg/l	20.00	15.00	1.60	4.00	0.00	8.30	2.00	5.15	6.77
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	250.00	136.00	160.00	640.00	193.00	400.00	296.50	234.20
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ACUEDUCTO SABANETAS

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	20.00	23.00	18.00	19.00	21.50	18.50	20.00	2.16
Turbd.	NTU	5.00	0.54	1.49	0.52	0.43	1.02	0.48	0.75	0.50
pH	pH	6.5-8.5	6.41	6.90	7.52	7.26	6.66	7.39	7.02	0.48
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.06	0.07	0.95	0.20	0.07	0.58	0.32	0.42
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.08	0.02	0.05	0.03	0.05	0.04	0.05	0.03
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	4.00	12.00	0.00	8.00	4.00	5.66
S.T.Dis.	mg/l	500.00	35.00	22.50	15.50	25.50	28.75	20.50	24.63	8.09
OD	mg/l	6.0-8.0	6.30	6.60	4.90	5.10	6.45	5.00	5.73	0.85
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	1.00	0.50	1.00
DQO	mg/l	20.00	6.00	2.40	5.00	0.00	4.20	2.50	3.35	2.70
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	0.00	252.00	50.00	310.00	126.00	180.00	153.00	151.07
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ACUEDUCTO LA ESPERANZA

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	18.00	19.00	16.50	18.00	18.50	17.25	17.88	1.03
Turbd.	NTU	5.00	0.94	1.71	0.79	1.02	1.33	0.91	1.12	0.41
pH	pH	6.5-8.5	6.89	6.42	7.00	6.90	6.66	6.95	6.80	0.26
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.09	0.01	0.39	0.52	0.05	0.46	0.25	0.24
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.05	0.01	0.00	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02
S.Susp.	mg/l	10.00	24.00	0.00	8.00	0.00	12.00	4.00	8.00	11.31
S.T.Dis.	mg/l	500.00	25.50	11.50	29.00	19.00	18.50	24.00	21.25	7.71
OD	mg/l	6.0-8.0	7.10	7.70	6.70	5.50	7.40	6.10	6.75	0.93
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	0.00	4.00	2.60	0.70	2.00	1.65	1.83	1.82
DQO	mg/l	20.00	8.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	2.00	4.00
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	40.00	126.00	80.00	200.00	83.00	140.00	111.50	68.67
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*ACUEDUCTO EL GUAYABO*

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	20.00	22.00	19.50	20.00	21.00	19.75	20.38	1.11
Turbd.	NTU	5.00	0.32	0.42	0.47	0.60	0.37	0.54	0.45	0.12
pH	pH	6.5-8.5	4.41	4.69	4.36	4.54	4.55	4.45	4.50	0.15
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.18	0.20	0.74	0.16	0.19	0.45	0.32	0.28
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.19	0.02	0.07	0.14	0.11	0.11	0.11	0.08
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	16.00	0.00	0.00	8.00	4.00	8.00
S.T.Dis.	mg/l	500.00	14.00	13.50	11.50	14.00	13.75	12.75	13.25	1.19
OD	mg/l	6.0-8.0	5.30	6.00	4.10	4.00	5.65	4.05	4.85	0.97
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	0.30	14.00	1.00	5.00	7.15	3.00	5.08	6.30
DQO	mg/l	20.00	0.00	0.00	4.00	0.25	0.00	2.13	1.06	1.96
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	0.00	176.00	0.00	1419.00	88.00	709.50	398.75	685.21
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00	0.00	11.50	5.75	11.50

*ACUEDUCTO JOCOMICO*

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	19.00	20.00	22.50	23.00	19.50	22.75	21.13	1.93
Turbd.	NTU	5.00	1.45	2.25	0.27	1.19	1.85	0.73	1.29	0.82
pH	pH	6.5-8.5	7.56	8.12	8.03	8.26	7.84	8.15	7.99	0.30
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.14	0.22	0.67	0.36	0.18	0.52	0.35	0.23
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.00	0.10	0.03	0.00	0.05	0.02	0.03	0.05
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	8.00	20.00	0.00	4.00	10.00	7.00	9.45
S.T.Dis.	mg/l	500.00	160.00	130.00	140.00	165.00	145.00	152.50	148.75	16.52
OD	mg/l	6.0-8.0	6.10	6.50	3.10	3.10	6.30	3.10	4.70	1.85
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	1.00	0.00	1.00	2.00	0.50	1.50	1.00	0.82
DQO	mg/l	20.00	0.00	0.00	4.00	0.15	0.00	2.08	1.04	1.98
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	1000.00	460.00	510.00	1414.00	730.00	962.00	846.00	450.27
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	10.00	16.00	0.00	13.00	6.50	7.90

*ACUEDUCTO GUANACASTE*

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	20.00	24.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	1.63
Turbd.	NTU	5.00	0.19	1.49	2.52	0.51	0.84	1.52	1.18	1.05
pH	pH	6.5-8.5	7.87	7.78	7.79	7.89	7.83	7.84	7.83	0.06
o-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	0.50	0.27	0.27	1.46	1.44	0.27	1.45	0.86	0.68
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	2.00	1.00	2.00
S.T.Dis.	mg/l	500.00	80.00	65.00	49.00	80.00	72.50	64.50	68.50	14.80
OD	mg/l	6.0-8.0	8.00	8.70	5.80	5.80	8.35	5.80	7.08	1.50
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	1.50	13.00	1.00	0.00	7.25	0.50	3.88	6.12
DQO	mg/l	20.00	0.00	0.00	4.00	0.30	0.00	2.15	1.08	1.96
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	260.00	220.00	0.00	1120.00	240.00	560.00	400.00	493.42
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.50	1.00

*ACUEDUCTO CHAGÜTILLO, SAUCE Y CAÑADAS*

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
T°	°C	18-30	15.00	18.00	16.00	18.00	16.50	17.00	16.75	1.50
Turbd.	NTU	5.00	1.58	1.46	0.65	1.79	1.52	1.22	1.37	0.50
pH	pH	6.5-8.5	5.43	5.81	6.50	7.20	5.62	6.85	6.24	0.78
o-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	0.50	0.26	0.19	0.43	0.85	0.23	0.64	0.43	0.30
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.19	0.00	0.13	0.04	0.10	0.09	0.09	0.09
S.Susp.	mg/l	10.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	4.00	2.00	4.00
S.T.Dis.	mg/l	500.00	17.00	14.00	14.50	15.00	15.50	14.75	15.13	1.31
OD	mg/l	6.0-8.0	8.20	8.20	6.40	5.60	8.20	6.00	7.10	1.31
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	17.00	12.00	2.20	0.80	14.50	1.50	8.00	7.80
DQO	mg/l	20.00	186.00	0.00	0.10	0.00	93.00	0.05	46.53	92.98
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	0.00	276.00	0.00	500.00	138.00	250.00	194.00	241.96
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*ACUEDUCTO QUEBRADA HONDA*

Parámetro	Unidades de medida	Norma	Año 2006		Año 2007		Promedios			Desviación estándar
			Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	2006	2007	TOTAL	
Tº	°C	18-30	16.00	22.00	19.00	20.00	19.00	19.50	19.25	2.50
Turbd.	NTU	5.00	0.54	1.06	1.06	1.16	0.80	1.11	0.96	0.28
pH	pH	6.5-8.5	4.40	4.41	6.50	4.46	4.41	5.48	4.94	1.04
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.50	0.14	0.19	0.48	0.77	0.17	0.63	0.40	0.29
NO <sub>3</sub>	mg/l	50.00	0.10	0.03	0.06	0.14	0.07	0.10	0.08	0.05
S.Susp.	mg/l	10.00	28.00	0.00	8.00	0.00	14.00	4.00	9.00	13.22
S.T.Dis.	mg/l	500.00	16.00	16.50	16.00	16.00	16.25	16.00	16.13	0.25
OD	mg/l	6.0-8.0	6.60	6.00	7.10	5.00	6.30	6.05	6.18	0.90
DBO <sub>5</sub>	mg/l	5.00	5.20	0.00	2.70	0.40	2.60	1.55	2.08	2.40
DQO	mg/l	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C.Tot.	UFC/100ml	0.00	0.00	44.00	20.00	30.00	22.00	25.00	23.50	18.50
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	10.00	5.00	10.00

Anexo 6. Promedio de resultados de calidad de agua por parámetro en 21 acueductos del municipio de Valle de Ángeles para las épocas seca y lluviosa de los años 2006 y 2007.

Parámetro	Unidad de medida	Promedios por cada época en cada año				Promedio general por época		Promedio general por año		Desviación estandar (n=84)
		Año 2006		Año 2007		Seca (n=42)	Lluviosa (n=42)	2006 (n=42)	2007 (n=42)	
		Seca (n=21)	Lluviosa (n=21)	Seca (n=21)	Lluviosa (n=21)					
T°	°C	20.67	20.19	17.45	18.52	19.06	19.36	20.43	17.99	1.49
Turbd.	NTU	7.40	8.80	1.56	7.19	4.48	8.00	8.10	4.37	3.20
pH	pH	6.23	6.21	6.56	6.34	6.39	6.28	6.22	6.45	0.16
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	0.16	0.21	0.83	0.50	0.49	0.36	0.18	0.67	0.31
NO <sub>3</sub>	mg/l	0.14	0.05	0.06	0.13	0.10	0.09	0.09	0.10	0.04
S.Susp.	mg/l	3.43	0.76	10.67	4.76	7.05	2.76	2.10	7.72	4.19
S.T.Dis.	mg/l	29.55	21.55	20.55	24.12	25.05	22.84	25.55	22.34	4.03
OD	mg/l	6.66	6.71	6.31	5.28	6.49	5.99	6.69	5.80	0.67
DBO <sub>5</sub>	mg/l	4.99	5.42	1.72	0.85	3.36	3.13	5.20	1.28	2.30
DQO	mg/l	17.05	2.66	2.75	1.51	9.90	2.08	9.85	2.13	7.39
C.Tot.	UFC/100ml	134.10	170.05	107.62	486.81	120.86	328.43	152.07	297.21	176.64
C.Ter.	UFC/100ml	0.00	0.67	2.38	1.95	1.19	1.31	0.33	2.17	1.11

Anexo 7. Análisis de correlación de Pearson para 12 variables de calidad de agua en el municipio de Valle de Ángeles.

Correlacion de Pearson: coeficientes\probabilidades

	T°	pH	Turbd.	o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	NO <sub>3</sub>	OD	DBO <sub>5</sub>	DQO	S.Susp.	S.T.Dis.	C.Tot.
T°	1.0000	0.2565	0.0004	0.0158	0.6867	0.7172	0.0382	0.9504	0.0106	0.0209	0.3492
pH	0.1252	1.0000	0.9288	0.0378	0.0013	0.5633	0.1690	0.4874	0.9163	<0.0001	0.0305
Turbd.	0.3796	0.0099	1.0000	0.3821	0.2123	0.8528	0.0380	0.3815	0.7674	0.6366	0.7323
o-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	-0.2625	0.2271	-0.0966	1.0000	0.0981	0.3644	0.0197	0.4809	0.0051	0.9258	0.9576
NO <sub>3</sub>	0.0446	-0.3452	0.1375	-0.1817	1.0000	0.0771	0.4716	0.1233	0.2468	0.0060	0.9905
OD	-0.0401	0.0639	0.0206	-0.1002	-0.1940	1.0000	0.0007	0.0789	0.0249	0.0596	0.0003
DBO <sub>5</sub>	0.2266	-0.1515	0.2268	-0.2541	-0.0796	0.3628	1.0000	0.0003	0.0617	0.3366	0.0892
DQO	-0.0069	-0.0768	0.0967	-0.0780	0.1695	0.1928	0.3856	1.0000	0.6263	0.6786	0.3481
S.Susp.	-0.2775	0.0116	0.0328	0.3027	0.1278	-0.2446	-0.2048	-0.0539	1.0000	0.7060	0.7637
S.T.Dis.	0.2517	0.5232	-0.0523	0.0103	-0.2972	-0.2064	-0.1061	-0.0459	-0.0418	1.0000	<0.0001
C.Tot.	0.1034	0.2363	0.0379	-0.0059	-0.0013	-0.3818	-0.1866	-0.1037	-0.0333	0.4894	1.0000

Anexo 8. Resultados del análisis para metales pesados en el acueducto El Guayabo.



**SERVICIO AUTÓNOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**  
 LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD – DIVISION METROPOLITANA  
 Col. Villa Los Laureles, 1,5 km carretera al Seminario Mayor, Comayagüeta, MDC  
 Tel: 227-4498, Fax: 227-4668  
**INFORME DE RESULTADO METALES PESADOS**  
**RTL-33-10**

No de Informe 871

No de Solicitud 305

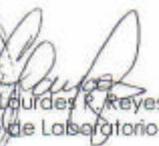
METALES PESADOS				
Parámetro (mg/L)	*Metodo	*Norma (mg/L)	Resultado	*Ue
Aluminio (Al)	3500-Al parte C	0,2	0,2375	
Arsenico (As)	3500- Ar parte D	0,01	ND	
Bario (Ba)	3500-Ba parte C	-		
Cadmio (Cd)	3500-Cd parte C	0,003	ND	
Cobalto (Co)	3500-Co parte C	-		
Cromo (Cr)	3500-Cr parte C	0,05	ND	
Cobre (Cu)	3500-Cu parte C	2,0	0,0608	
Manganeso (Mn)	3500-Mn parte C	0,5	0,34033	
Hierro Total	Parte 3 500-Fe D	0,3	0,82441	
Molibdato (Mo)	3500-Mo parte C	-		
Niquel (Ni)	3500-Ni parte C	0,02	0,29930	
Plomo (Pb)	3500-Pb parte C	0,01	ND	
Selenio (Se)	3500-Se parte I	0,01	ND	
Estroncio (Sr)	3500-Sr parte C	-		
Zinc (Zn)	3500-Zn parte C	3,0	0,14961	
Potasio (K)	3500-K parte C	10		

\* Standar Method for the Examination for the Water and Waste Water , 19 Ed (DE-05-01)

\* Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (DE-04-01)

Ue = Incertidumbre Expandida

  
 Dra. Claudia S. Lagos  
 Analista Químico

  
  
 Dra. Lourdes R. Reyes  
 Jefe de Laboratorio

Anexo 9. Fecha y hora del muestreo de cantidad de agua en las fuentes de los acueductos de Valle de Ángeles para las épocas seca y lluviosa del año 2007.

ACUEDUCTO	FUENTE	ÉPOCA SECA		ÉPOCA LLUVIOSA	
		FECHA	HORA	FECHA	HORA
San Francisco	Q. San Francisco	07/03/2007	11:00 a.m.	04/07/2007	09:00 a.m.
El Suizo	Q. El Suizo	07/03/2007	09:50 a.m.	04/07/2007	09:30 a.m.
Las Martitas	M. Las Martitas	07/03/2007	09:00 a.m.	04/07/2007	10:30 a.m.
La Cimbra	Q. La Chanchera 2	18/04/2007	12:00 p.m.	28/06/2007	08:00 a.m.
	Q. La Cartuchera	18/04/2007	01:00 p.m.	28/06/2007	09:00 a.m.
El Tablón	Q. Matasanos	19/04/2007	10:00 a.m.	02/07/2007	11:00 a.m.
	Q. Los Jutes	19/04/2007	10:00 a.m.	02/07/2007	11:00 a.m.
La Escondida	Q. Los Jutes	08/03/2007	08:30 a.m.	29/06/2007	09:00 a.m.
El Molino	Q. Los Jutes	13/03/2007	05:30 p.m.	05/07/2007	08:20 a.m.
	Q. El Carrizal	13/03/2007	06:30 p.m.	05/07/2007	09:20 a.m.
Los Lirios	M. El Encinal	08/03/2007	09:30 a.m.	13/06/2007	08:30 a.m.
Bordo las martitas	M. Bordo las Martitas	07/03/2007	07:30 a.m.	22/07/2007	04:00 p.m.
El Cantón	La Chanchera	14/03/2007	03:40 p.m.	22/07/2007	08:00 a.m.
El Portillo	Q. Las Manzanitas	14/04/2007	03:00 p.m.	04/07/2007	03:15 p.m.
El Liquidambal	Q. Escobales	11/04/2007	04:00 p.m.	04/07/2007	04:30 p.m.
Chinacla	M. Cedros	20/03/2007	04:50 p.m.	29/06/2007	04:30 p.m.
Chiquistepe	M. en Chinacla	20/03/2007	03:50 p.m.	27/06/2007	04:00 p.m.
Sabanetas	Q. Bellos	20/03/2007	02:40 p.m.	27/06/2007	03:10 p.m.
La Esperanza	Q. Buena Vista	02/03/2007	09:00 a.m.	05/07/2007	07:30 a.m.
Guayabo	M. Guayabo	21/03/2007	03:40 p.m.	10/07/2007	05:40 p.m.
Jocomico	Q. Las Escaleras	21/03/2007	02:20 p.m.	10/07/2007	05:00 p.m.
Guanacaste	Q. La Pelona	20/03/2007	04:00 p.m.	10/07/2007	04:20 p.m.
Chaguitillo, Sauce y Cañadas	Q. Carrizal, Q. Las Manzanas, M. Los Zarcos 1 y 2	13/03/2007	11:00 a.m.	04/07/2007	05:35 p.m.
Quebrada Honda	Q. Manzanas	13/03/2007	03:00 p.m.	04/07/2007	06:25 p.m.

Anexo 10. Resultados de cantidad de agua en los acueductos de Valle de Ángeles para las épocas seca y lluviosa de los años 2006 y 2007.

ACUEDUCTO	CAUDAL TOTAL 2006 (l/s)		CAUDAL TOTAL 2007 (l/s)	
	SECA	LLUVIOSA	SECA	LLUVIOSA
San Francisco	12.29	15.54	12.69	21.41
El Suizo	5.74	4.05	4.12	5.72
Las Martitas	3.98	4.03	2.46	3.36
La Cimbra	11.33	12.00	3.62	5.09
El Tablón	12.50	15.39	4.79	7.44
La Escondida	3.87	4.00	0.64	0.92
El Molino	11.35	17.83	6.51	8.81
Los Lirios	0.31	2.05	0.26	1.50
Bordo las martitas	1.27	3.20	1.00	1.15
El Cantón	9.20	10.30	1.55	2.87
El Portillo	1.55	1.57	1.03	1.01
El Liquidambal	0.96	3.52	1.11	3.58
Chinacla	0.25	0.17	0.16	0.12
Chiquistepe	0.79	0.71	0.93	0.66
Sabanetas	3.48	9.21	6.44	7.94
La Esperanza	1.32	1.89	3.54	4.17
Guayabo	1.00	1.27	1.04	1.16
Jocomico	0.50	2.94	0.83	1.20
Guanacaste	1.35	0.97	0.69	0.75
Chaguitillo, Sauce y Cañadas	1.30	1.52	1.59	1.98
Quebrada Honda	0.97	1.50	0.86	0.90
<b>Promedios por época</b>	<b>4.06</b>	<b>5.41</b>	<b>2.66</b>	<b>3.89</b>
<b>Promedios por año</b>	<b>4.74</b>		<b>3.28</b>	

Anexo 11. Mapa de elevaciones con el polígono propuesto para la protección para la recarga hídrica de algunas fuentes de agua en el Municipio de Valle de Ángeles.

