

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

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 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

Karen Yadibel Reyes Ponce

Turrialba, Costa Rica, 2006

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

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

FIRMANTES:



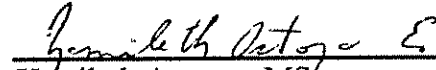
Jorge Faustino, Ph. D.
Consejero Principal



Francisco Jiménez, Dr. Sc.
Miembro del Comité Consejero



Sergio Velásquez, MSc.
Miembro del Comité Consejero



Yamileth Astorga, MSc.
Miembro del Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph. D.
Decano de la Escuela de Posgrado



Karen Yadibel Reyes Ponce
Candidato

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios todopoderoso, mi guía y luz en todos los aspectos de la vida.

A mis padres por darme su ejemplo de lucha y perseverancia, así como su apoyo incondicional en la búsqueda de las metas que me he propuesto.

A mis hermanos y sobrino por su compañía y ayuda siempre que la necesite, por su cariño y palabras de aliento.

A toda mi familia por su apoyo brindado de diferentes maneras.

A todos mis amigos, cercanos y lejanos, porque siempre estuvieron dándome ánimos e inspirándome a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios nuestro señor, por darme vida y permitirme llegar a esta etapa de la misma. Y por ayudarme a superar las dificultades que se me presentaron en el camino.

Agradezco también a mis padres por su ayuda y apoyo constante, a todos mis familiares por colaborarme siempre que se los solicité.

Además mi agradecimiento al proyecto FOCUENCAS II por darme la oportunidad de entrar en este proceso de formación.

A mi profesor asesor y todos los miembros de mi comité por sus consejos y aportes valiosos.

A todas las personas que colaboraron conmigo durante la fase de campo, entre ellos al Comité de Cuenca del río La Soledad, al Ingeniero José González, Reina Castro, Raquel Salgado y los miembros de las Juntas de agua.

Al personal de la Biblioteca Orton, Manejo de Cuencas y Escuela de Postgrado.

Y finalmente un agradecimiento a mis compañeros y amigos por su compañía, afecto y consejos. En especial a Rafaela, Lidia, Sol, Julia, René, Milton, Oscar y Raúl.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CONTENIDO	v
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación e importancia	3
1.3 Objetivos del estudio	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Preguntas de investigación.....	5
2. MARCO CONCEPTUAL	6
2.1 Origen del estudio.....	6
2.2 Hidrometría	6
2.2.1 Aforos con flotadores.....	7
2.2.2 Aforo volumétrico	8
2.2.3 Medición de caudales.....	9
2.3 Calidad del agua	9
2.3.1 Características apetecibles del agua.....	9
2.3.2 Otras propiedades del agua relacionadas con la salud.....	10
2.3.3 Análisis de las aguas	12
2.3.4 Exploraciones y muestreo	12
2.3.5 Normas de calidad de agua.....	14
2.3.6 Parámetros medidos para determinar la calidad del agua	16
2.3.7 Requerimientos de calidad según usos del agua.....	21
2.3.8 Contaminación del agua.....	22
2.3.9 Sustancias peligrosas transportadas por el agua.....	23
2.3.10 Agua y salud	24
2.3.10 Relación de la cobertura vegetal con la calidad del agua.....	27

2.4 Relación cantidad - calidad de agua de acuerdo al suelo y la vegetación	28
2.4.1 El agua en el suelo	31
2.4.2 Agua y cobertura vegetal	35
2.5 Acueductos y sus componentes.....	44
2.5.1 Criterios que debe cumplir un sistema de abastecimiento de agua	45
2.6 Zonas de recarga.....	51
2.6.1 Redes de flujo	58
2.6.2 Flujo descendente y ascendente: áreas de recarga y descarga.....	58
2.6.3 Modelación de fuentes de agua	59
2.7 Datos poblacionales.....	60
2.7.1 Método aritmético.....	60
2.7.2 Método geométrico	60
2.7.3 Método de población de saturación	61
3. METODOLOGÍA	62
3.1 Localización del área de estudio	62
3.2 Características de la zona de estudio	63
3.2.1 Uso del suelo	63
3.2.2 Red hídrica	63
3.2.3 Climatología.....	64
3.2.4 Geología.....	64
3.2.5 Características socioeconómicas	65
3.3 unidades de estudio.....	68
3.3.1 Población.....	68
3.3.2 Unidad muestral.....	68
3.3.3 Recolección de datos.....	68
3.4 procedimientos metodológicos.....	69
3.4.1 Calidad de agua	69
3.4.2 Cantidad de agua	73
3.4.2.1 Frecuencia en la toma de muestras	73
3.4.3 Cálculo de la oferta y la demanda actual y futura de los usuarios de acueductos en la cuenca del río La Soledad	75
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	77
4.1. Realizar un estudio detallado de las fuentes de agua que abastecen a la comunidad y que son administradas por juntas de agua	77
4.1.1 Localización de los sistemas de abastecimiento de agua potable.....	77
4.1.2 Caracterización de fuentes de agua para consumo humano	79
4.1.3 Caracterización de fuentes de agua para riego	80
4.1.4 Condiciones actuales de los acueductos en la cuenca del río La Soledad	82

4.2. Evaluar la cantidad y calidad del recurso hídrico en los principales sistemas de abastecimiento de agua potable.....	149
4.2.1 Evaluación del caudal de agua en la cuenca del río La Soledad	149
4.2.1.1 Evaluación del caudal de agua en los acueductos de la cuenca del río La Soledad.....	151
4.2.2 Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río la Soledad.....	155
4.2.2.1 Evaluación por parámetro y época de la calidad de agua en los acueductos de la Cuenca del Río La Soledad	157
4.2.2.2 Relación de los resultados obtenidos con las enfermedades transmitidas por causa del agua.....	165
4.3 Determinar la demanda actual y futura de abastecimiento de agua para consumo humano	166
4.3.1 Estimación de la oferta y demanda de agua para consumo humano	166
4.3.1.1 Oferta de agua total.....	166
4.3.1.2 Oferta de agua neta	167
4.3.1.3 Oferta total vrs demanda actual	167
4.3.1.4 Oferta neta vrs demanda actual.....	169
4.3.1.5 Oferta total vrs demanda futura	171
4.3.1.6 Oferta neta vrs demanda futura.....	175
5. CONCLUSIONES.....	180
6. RECOMENDACIONES.....	183
7. Literatura citada.....	185
8. ANEXOS	193
Anexo 1. Normas de calidad de agua.	194
Anexo 2. Métodos de análisis de parámetros de calidad de agua.	197
Anexo 3. Cuencas abastecedoras de agua para consumo humano.....	198
Anexo 4. Ubicación de obras de captación.	199
Anexo 5. Ubicación obras de almacenamiento.	200
Anexo 6. Ubicación geográfica de algunos componentes de 7 sistemas.....	200
Anexo 7. Influencia del PNLT en las obras de captación para consumo humano en la cuenca del río La Soledad, Honduras	201
Anexo 8. Resumen de análisis estadísticos de los parámetros de calidad de agua en los acueductos del río La Soledad.....	202

Anexo 9. Análisis de la varianza para estudiar la cantidad de agua en las fuentes de agua para consumo humano en el río La Soledad	213
Anexo 10. Análisis de la varianza multivariado para determinar la calidad del agua en la cuenca del río La Soledad	214
Anexo 11. Oferta total vrs demanda actual.....	215
Anexo 12. Oferta neta vrs demanda actual.....	215
Anexo 13. Datos poblacionales.....	216
Anexo 14. Oferta total vrs demanda futura (5 años)	217
Anexo 15. Oferta total vrs demanda futura (10 años)	217
Anexo 16. Oferta total vrs demanda futura (20 años)	218
Anexo 17. Oferta neta vrs demanda futura (5 años).....	218
Anexo 18. Oferta Neta vrs demanda futura (10 años).....	219
Anexo 19. Oferta Neta vrs demanda futura (20 años).....	219
Anexo 20. Valores promedios de los parámetros estudiados.	220
Anexo 21. Relación del tipo de cobertura vegetal con el pH.....	220
9. Glosario.....	221

RESUMEN

Reyes, 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. 227p.

Palabras claves: Calidad de agua, aforo, acueductos, desinfección, oferta total, oferta neta, demanda, administración del agua, cobertura vegetal.

Entre enero y agosto del 2006, se realizó una caracterización de las fuentes de agua destinadas para el consumo humano en la cuenca del río la Soledad, Valle de Angeles, Honduras. Se evaluó la cantidad y la calidad fisicoquímica y bacteriológica en 22 puntos; desde la parte alta hasta las tierras bajas. El principal objetivo del estudio fue analizar la variación de la calidad y cantidad de agua y su relación con la época climática en los acueductos del municipio. Se tomaron datos en la época seca, transición y lluviosa, y se midieron parámetros básicos como temperatura, oxígeno disuelto, pH, demanda bioquímica y química de oxígeno, nitratos, fosfatos, sólidos suspendidos y disueltos, coliformes totales y termotolerantes para ser comparados con la normativa nacional. No obstante, entre las épocas de monitoreo no se registró diferencias en la mayoría de parámetros que fueron considerados. Observando que las aguas son aptas para consumo humano; con un pH ácido frecuente en ciertos sectores y destacándose el alto contenido de coliformes totales, que requiere un tratamiento convencional previo consumo en algunos casos. Concluyendo que los metales pesados pueden ser los principales parámetros a tener en cuenta en las futuras evaluaciones. Por otro lado, y en relación con la cantidad de agua para consumo humano, los resultados mostraron que la oferta es de dos tipos, total y neta, por lo que es menor a la demanda en ciertos casos, más aún con la proyección de la demanda futura. Este trabajo a la vez contó con la participación de grupos locales encargados del manejo y administración de los acueductos, y de la protección de las fuentes de agua. Logrado de manera integral entre autoridades locales y líderes de las comunidades.

ABSTRACT

Reyes, KY. 2006. Analysis of the state of water sources for human consumption and the performance of rural aqueducts in La Soledad river basin, Honduras. 227p.

Key words: water quality, capacity, aqueducts, disinfection, total offering, net offering, demand, administration of the water, vegetation cover.

From January to August of 2006, a characterization of the sources of water destined for the human consumption was carried out in the basin of La Soledad river, Valle de Ángeles, Honduras. Physicochemical and bacteriological quantity and quality were evaluated in 22 points located in a gradient from the highlands to the lowlands. The main objective of the study was to analyze the variation in water quantity and quality of the aqueducts of the municipality, and how it is related to climatic season. Data were taken in the dry, transition and rainy seasons. Basic water quality parameters including: a) temperature, b) dissolved oxygen, c) pH, d) biochemical and chemical demand of oxygen, e) nitrates, f) phosphates, g) suspended and dissolved soil, and h) total and heat-tolerant coliforms were evaluated and compared to national standards. Most parameters showed no difference between the three seasons. Water was not suitable for human consumption as indicated by low pH levels in certain areas and an overall high content of total coliforms. Water will require conventional treatment before human consumption. Heavy metals were not considered in this study and could be important parameters for future evaluations. Water quantity for human consumptions is of two types, total and net. Water quantity is less than the water demand in some cases, and even less if future demand scenarios are considered. This study included the participation of multiple stakeholders interested in the conservations of natural resources within the basin, including local groups involved in the management and administration of aqueducts, community leaders and local authorities.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Índice de calidad del agua y sus usos (SNET 2005).....	17
Cuadro 2. Alteraciones físicas del agua, características y contaminación que indican (Echarri 1998).....	18
Cuadro 3. Alteraciones químicas del agua, características y tipo de contaminación que indican (Echarri 1998).....	19
Cuadro 4. Alteraciones biológicas del agua y tipo de contaminación que indican (Echarri 1998).....	20
Cuadro 5. Enfermedades causadas por patógenos contaminantes de las aguas (Echarri 1998).....	27
Cuadro 6. Propiedades hidrogeológicas de las rocas	53
Cuadro 7. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Bordo Las Martitas, Valle de Ángeles, Honduras	83
Condiciones observadas	84
Cuadro 8. Descripción del sistema de abastecimiento de agua El Cantón, Valle de Ángeles, Honduras.....	86
Cuadro 9. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Cerro Grande, Valle de Ángeles, Honduras	89
Cuadro 10. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Chaguitio, Sauce y Cañadas, Valle de Ángeles, Honduras	92
Cuadro 11. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Chiquistepe, Valle de Ángeles, Honduras	95
Cuadro 12. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Chinacla, Valle de Ángeles, Honduras.....	98
Cuadro 13. Descripción del sistema de abastecimiento de agua La Escondida, Valle de Ángeles, Honduras	101
Cuadro 14. Descripción del sistema de abastecimiento de agua La Esperanza, Valle de Ángeles, Honduras	104

Cuadro 15. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Guanacaste, Valle de Ángeles, Honduras	107
Cuadro 16. Descripción del sistema de abastecimiento de agua El Guayabo, Valle de Ángeles, Honduras	110
Cuadro 17. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Jocomico, Valle de Ángeles, Honduras	113
Cuadro 18. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Los Lirios, Valle de Ángeles, Honduras	116
Cuadro 19. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Las Martitas, Valle de Ángeles, Honduras	119
Cuadro 20. Descripción del sistema de abastecimiento de agua El Molino, Valle de Ángeles, Honduras	122
Cuadro 21. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Quebrada Honda, Valle de Ángeles, Honduras	125
Cuadro 22. Descripción del sistema de abastecimiento de agua El Portillo, Valle de Ángeles, Honduras	128
Cuadro 23. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Sabanetas, Valle de Ángeles, Honduras	131
Cuadro 24. Descripción del sistema de abastecimiento de agua San Francisco, Valle de Ángeles, Honduras	134
Cuadro 25. Descripción de sistema de abastecimiento de agua La Cimbra, Valle de Ángeles, Honduras	137
Cuadro 26. Descripción del sistema de abastecimiento de agua de El Suizo, Valle de Ángeles, Honduras	140
Cuadro 27. Descripción del sistema de abastecimiento de agua El Tablón, Valle de Ángeles, Honduras	143
Cuadro 28. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Liquidambal, Valle de Ángeles, Honduras	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la microcuenca del río La Soledad.....	62
Figura 2. Ubicación de las obras de captación de agua para consumo domiciliario, dentro y fuera de la cuenca del río La Soledad, Honduras.....	78
Figura 3. Ubicación de las obras de almacenamiento de agua para consumo domiciliario, dentro y fuera de la cuenca del río La Soledad, Honduras.	78
Figura 4. Análisis gráfico de los factores.	150
Figura 5. Primera tendencia de caudales en los sistemas de abastecimiento en la cuenca del río la soledad.	152
Figura 6. Segunda tendencia de los caudales de los sistemas de abastecimiento en la cuenca del río La Soledad, Honduras.....	153
Figura 7. Tercera tendencia de los caudales de los sistemas de abastecimiento en la cuenca del río La Soledad.	154
Figura 8. Análisis gráfico de los parámetros de calidad.....	156
Figura 9. Comparación de oferta total vrs demanda actual	168
Figura 10. Comparación de la oferta neta vrs la demanda actual.	170
Figura 11. Comparación de la oferta total vrs demanda futura a 5 años.....	172
Figura 12. Comparación de la oferta total vrs demanda futura a 10 años.....	173
Figura 13. Comparación de la oferta total vrs demanda futura a 20 años.....	174
Figura 14. Comparación de la oferta neta vrs demanda futura a 5 años.	176
Figura 15. Comparación de la oferta neta vrs demanda futura a 10 años	177
Figura 16. Comparación de la oferta neta vrs demanda futura a 20 años.	178

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

ALA 86-20:

AMITIGRA: Fundación Amigos de la Tigra

dap: diámetro a la altura del pecho

BM: Bordo las Martitas

EC: El Cantón

EL: El Liquidambal

EM: El Molino

EP: El Portillo

ES: El Suizo

ET: El Tablón

CG: Cerro Grande

CSC: Chaguitio, Sauce y las Cañadas

CT: Chiquistepe

CTER: Coliformes termotolerantes

CTO: Coliformes totales

CH: Chinacla

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno

DQO: Demanda química de oxígeno

DS: desechos sólidos

FHIS: Fondo Hondureño de Inversión Social

GN: Guanacaste

GY: Guayabo

INE: Instituto Nacional de Estadísticas

JO: Jocomico

MO: materia orgánica

N: nitrógeno

LC: La Cimbra

LES: La Escondida

LEZ: La Esperanza
LL: Los Lirios
LM: Las Martitas
Lppd: litros por persona por día
OD: Oxígeno disuelto
OMS: Organización mundial de la salud
OPS: Organización Panamericana de la Salud
P: fósforo
pH: Potencial de hidrógeno
PNLT: Parque Nacional la Tigra
PRRACAGUA: Programa regional para América Central, rehabilitación de
acueductos, pozos y saneamiento básico a nivel rural de Honduras.
QH: Quebrada Honda
SANAA: Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillado
SB: Sabanetas
SF: San Francisco
SS: Sólidos disueltos
STD: Sólidos suspendidos
UFC: Unidad formadora de colonias

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A medida que los países crecen en población y desarrollo aumenta inexorablemente la demanda de recursos naturales y la competencia por los mismos entre los usuarios (Azpurua y Gabaldon 1976). Es por eso que nuestros países buscan un balance entre los recursos y su correcto uso y aprovechamiento.

Este es el caso de Honduras, un país con una extensión superficial de 112.492 km² y una población estimada de 6.816.300 habitantes para el año 2001, que genera una densidad poblacional de 60,6 habitantes por km² y con una tasa de crecimiento anual de población del 2,7% (Dimas 2002). Considerando que del total de la población del país, el 53% se ubica en la zona rural y el 47% en zona urbana se ve, más que necesario, encontrar el equilibrio entre los productos de su medio ambiente y la supervivencia de su población (Dimas 2002). El 75% del territorio nacional corresponde a tierras cubiertas de bosques y el 24,9% restante corresponde a tierras de vocación agrícola y ganadera, lo que evidencia la importancia de un país de vocación forestal. Además aproximadamente 400.000 hectáreas tienen el potencial de ser irrigadas, esto equivale al 3,6% del territorio. La economía depende del sector agropecuario y forestal. En la mayoría de sus municipios se ha experimentado un crecimiento demográfico, lo que representa un incremento en el uso de sus recursos naturales.

Este escenario sugiere la importancia y necesidad del manejo de los recursos naturales a pequeña escala, como el nivel de municipios que pertenezcan a una cuenca hidrográfica, tal como el caso de Valle de Ángeles. Este es un municipio de Honduras ubicado en la zona centro del país dedicado al comercio y turismo, por lo que su población va en aumento, al mismo tiempo que la demanda del recurso hídrico. Con una población aproximada de 13.400 habitantes, distribuidos en 106 km², resulta una densidad poblacional de 107 hab. / km² (FOCUENCAS II 2005).

En la zona central de Valle Ángeles la población se dedica al comercio (artesanías, tiendas), servicios domésticos, agricultura, construcción, servicios varios (oficinistas, meseros, domésticos). En la actividad turística no participa la población de la comunidad. En las comunidades rurales, la población se dedica principalmente a la agricultura, cría de especies menores, comercio en pequeña escala, y la actividad artesanal (FOCUENCAS II 2005).

El propósito de este estudio es proponer y aplicar una metodología para la evaluación de las condiciones físicas y de funcionamiento de los acueductos rurales del municipio, para mejorar sus condiciones actuales, proteger y solucionar futuros problemas, ya sea en la calidad o la cantidad de agua.

Con anterioridad se han realizado estudios de la calidad de agua de la cuenca del río La Soledad, examinando para su estudio nueve unidades de drenaje, considerados como puntos de muestreo. Cardona (2003) realizó dos muestreos (época seca y lluviosa) para medir presencia de nitratos, fosfatos, coliformes fecales y totales, pH, turbidez, sólidos suspendidos y disueltos y temperatura. En este mismo estudio se detectó la presencia de agroquímicos como Paraquat y Merox que impactan negativamente la calidad del agua y representan un alto potencial de contaminación para las aguas superficiales y riesgo para la salud humana.

Simultáneamente se realizó un análisis del uso del suelo como parámetro influyente en la calidad del agua, encontrándose que es sumamente significativo el uso intensivo en la parte media-alta de la cuenca, representando una alta utilización de agroquímicos y fertilizantes para el cultivo de hortalizas y granos básicos en esa zona.

En vista de los resultados obtenidos se detectó que es necesario realizar un estudio con mayor profundidad al respecto, analizando la calidad de todas las fuentes de agua de la cuenca, en especial de aquellas que abastecen los acueductos, que utilizan agua para el consumo humano y uso domiciliar.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Valle de Ángeles cuenta actualmente con juntas de agua categorizadas al nivel rural, y manejadas con la participación de los residentes; estas organizaciones están planificando, realizando y gestionando proyectos de abastecimiento de agua en los barrios de esa comunidad.

Debido a que la zona se dedica a actividades turísticas y de comercio es de mucha importancia que se garantice la disponibilidad de agua en cantidad y calidad. En algunas comunidades no se tiene conexión a la red pública de agua que gestiona el *Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA)*; por ello, funcionan los acueductos rurales como proveedores del recurso, siendo administrados por una junta de agua. En la cuenca del río La Soledad se ubican 17 de estas organizaciones, por lo que se requiere evaluar las condiciones de funcionamiento de estos pequeños acueductos debido a que la población beneficiada es numerosa (13.400 hab. aproximadamente) y la protección de los mismos conlleva garantizar la disponibilidad futura del recurso.

Cabe mencionar que no solamente es prioritario satisfacer la demanda, sino que además garantizar las condiciones necesarias para mantener la oferta actual de las fuentes de agua de la cuenca. Para ello es fundamental la protección de zonas de recarga, principalmente aquellas donde el uso de la tierra no sea el apropiado para mantener la disponibilidad de agua actual y futura; así como proteger la cobertura vegetal remanente y reforestar donde sea preciso. Estas acciones son prioritarias y relevantes debido a que el municipio se dedica también a la actividad agrícola, principalmente el cultivo de hortalizas y granos básicos.

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1 Objetivo general

Analizar el estado de las fuentes de agua y el funcionamiento de los acueductos de la cuenca del río La Soledad, a fin de tener información que permita sustentar la gestión y toma de decisiones orientadas al manejo sostenible del recurso hídrico y el buen funcionamiento de los acueductos.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Realizar un estudio detallado de las fuentes de agua que abastecen a la comunidad y las que son administradas por juntas de agua.
2. Evaluar la cantidad y calidad del recurso hídrico en los principales sistemas de abastecimiento de agua potable que existen en la comunidad y que tienen juntas de agua.
3. Determinar la demanda actual y futura de abastecimiento de agua para consumo humano.

1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Objetivo 1: Realizar un estudio detallado de las fuentes de agua que abastecen a la comunidad y que son administradas por juntas de agua.

- 1: ¿Las 18 fuentes de agua abastecen cada una un acueducto?
- 2: ¿Qué fuentes de agua son protegidas por las juntas de agua?
- 3: ¿En qué estado se encuentran las nacientes en términos del uso de la tierra en sus áreas adyacentes y zona aparente de recarga?

Objetivo 2: Evaluar la cantidad y calidad del recurso hídrico en los principales sistemas de abastecimiento de agua potable que existen en la comunidad y que tienen juntas de agua.

- 1: ¿Es el agua de los acueductos de buena calidad para el consumo humano?
- 2: ¿Existen problemas de calidad de agua en la cuenca? ¿Cuáles?
- 3: ¿La cantidad de agua que se distribuye en el acueducto cubrirá la demanda actual y futura?
- 4: H_0 = Existen diferencias significativas entre la calidad y cantidad de agua de los acueductos de acuerdo a la época.
 H_1 = No existe diferencia entre épocas.

Objetivo 3: Determinar la demanda actual y futura de abastecimiento de agua para consumo humano.

- 1: ¿Cuáles acueductos rurales satisfacen la demanda de sus beneficiarios?
- 2: ¿Los acueductos podrán cumplir con la demanda futura de sus usuarios?

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 ORIGEN DEL ESTUDIO

Cardona realizó en el 2003 un estudio de calidad de aguas en esta cuenca, basándose en el Índice de calidad de agua (ICA) que incorpora parámetros como DBO, DQO, pH, turbidez entre otros. De esta manera ya se cuenta con una visión general de la calidad de las aguas en esta zona de Honduras. Además, se han realizado mediciones de caudal para los acueductos que se encuentran en el sector (9 en total), y se han realizado evaluaciones de provisión del agua de consumo humano, tanto en su captación, conducción, almacenamiento y red de distribución.

Existen también registros y un mapa de uso del suelo, aunque este no detalla el uso de la tierra en la zona de recarga hídrica.

Sin embargo, se hace necesario generar mayor información a través de un estudio, de tal forma que este permita evaluar el estado y la capacidad de la cuenca en cuanto calidad y cantidad de agua, y la relación que pudiese existir entre el uso de la tierra en las zonas de recarga.

Por ello es fundamental manejar muchos conceptos, entre ellos:

2.2 HIDROMETRÍA

Se define la Hidrometría como la parte de la Hidrología que tiene por objeto medir el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo dentro de una sección transversal de flujo. La Hidrometría aparte de medir el agua, comprende también el planear, ejecutar y procesar la información que se registra de un sistema de riego, sistema de una cuenca hidrográfica, sistema urbano de distribución de agua (Condori 1997).

La Hidrometría es la rama de la Hidrología que estudia la medición del escurrimiento. Para este mismo fin, es usual emplear otro término denominado **aforo**. Aforar una corriente significa determinar, con mediciones, el caudal que pasa por una sección dada y en un momento determinado (Villón 2004).

Existen diversos métodos para determinar el caudal de una corriente de agua, cada uno aplicable a diversas condiciones, según el tamaño de la corriente o la precisión con que se requieran los valores obtenidos. Los métodos más precisos son: aforos con flotadores, aforos volumétricos, químicos, con vertederos, con correntómetro (molinete) o con medidas de la sección y la pendiente (Villón 2004).

2.2.1 Aforos con flotadores

Mediante este método, se mide la velocidad superficial (v) de la corriente y el área de la sección transversal (A). Luego con estos valores, se aplica la ecuación de continuidad y se calcula el caudal con la fórmula:

$$Q = v \times A$$

Para realizar este aforo, se debe escoger en lo posible un tramo recto del cauce de longitud L (Villón 2004).

El procedimiento es el siguiente:

- Medir la longitud del tramo
- Medir con un cronómetro el tiempo que tarda en desplazarse el flotador en el tramo.
- Calcular la velocidad superficial
- Calcular el área promedio del tramo
- Cálculo del caudal

2.2.2 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.

El procedimiento es el siguiente:

- Medir el volumen del depósito
- Medir el tiempo requerido para llenar el depósito con un cronómetro
- Calcular el caudal usando la fórmula:

$$Q = V/T$$

Este método es más exacto, pero aplicable a caudales pequeños. Es importante resaltar que la medición con el recipiente debe hacerse tres veces, promediando esos resultados para evitar errores en la medición (Villón 2004).

El caudal mínimo aforado debe de cubrir las necesidades mínimas de consumo de la comunidad y el mismo no deberá ser menor que la siguiente ecuación (SANAA 2003):

Caudal mínimo de aforo

$$Q_{\min} = 0,025Pa$$

Donde: Q_{\min} : Caudal mínimo de aforo.

Pa : Población actual.

2.2.3 Medición de caudales

Las mediciones sirven para asegurar el mantenimiento de los programas adecuados de suministro, determinar las cantidades de agua suministrada, descubrir las anomalías, estimar y averiguar el origen de las pérdidas que se produzcan en la conducción y de esta forma controlar el desperdicio (Villón 1995). La selección eficaz de un medidor de caudal exige un conocimiento práctico de la tecnología del medidor, además de un profundo conocimiento del proceso y del fluido que se quiere medir (García 2006).

2.3 CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua en los sistemas de abastecimiento está amenazada por el manejo deficiente del recurso hídrico, incluidas las descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado, y por limitaciones en la infraestructura de tratamiento y distribución del agua para consumo humano. En particular persisten limitaciones en la infraestructura para la desinfección de agua en varios países de América Central y en algunos países andinos, donde menos de 26% de los sistemas incluyen desinfección. Existe un importante camino por recorrer en este campo, aún en los países más desarrollados de la región se hacen ajustes en sus regulaciones y prácticas para mejorar el impacto de su infraestructura de tratamiento de agua y en la reducción de riesgos de naturaleza química y microbiológica (OPS 2001).

2.3.1 Características apetecibles del agua

El agua puede ser impotable sin ser insípida e insípida sin ser impotable. Para que sea agradable al paladar al agua debe estar exenta de color, turbidez, sabor y olor; poseer una temperatura moderada en la época seca y la época lluviosa, y estar bien aireada.

Los olores y sabores están asociados con: 1) materia orgánica en descomposición; 2) algas y otros organismos microscópicos vivos que contienen aceites esenciales y otros compuestos olorosos; 3) hierro, manganeso y otros productos metálicos de la corrosión; 4) residuos industriales, particularmente sustancias fenólicas; 5) cloro y sus compuestos

de sustitución, que son desinfectantes, y 6) compuestos orgánicos sintéticos no desagradables (Fair y Geyer 2001).

La cloración, tan importante para la seguridad del agua, produce frecuentemente, o acentúa, colores y sabores. Afortunadamente estos se pueden destruir por oxidantes fuertes como el bióxido de cloro y el ozono, así como por el cloro mismo (Fair y Geyer 2001).

2.3.2 Otras propiedades del agua relacionadas con la salud

El agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud humana (Lloyd citado por CEPIS s.f.). La importancia del agua de bebida como vehículo de dispersión de enfermedades ha sido largamente reconocida. La mayor parte de las enfermedades prevalentes en los países en desarrollo, donde el abastecimiento de agua y el saneamiento son deficientes, son causadas por bacterias, amebas, virus y helmintos (PNUD/OMS 1989). Estos organismos causan enfermedades que varían en severidad y van desde ligeras gastroenteritis a severas, y algunas veces, a fatales enfermedades de proporciones epidémicas (CEPIS s.f.).

Mientras que los riesgos de las contaminaciones infecciosas y tóxicas son evidentes por sí mismos, no se conocen bien ciertas características de los suministros de agua, que apenas influyen en su buena calidad. Una de ellas es la mineralización excesiva; la obra se debe a cantidades desmesuradas de materia orgánica-viviente y muerta. Algunas aguas muy mineralizadas poseen propiedades laxantes; por ejemplo, las aguas que contienen iones de magnesio y sulfatos. Otras aguas de mineralización o dureza elevadas consumen mucho jabón antes de formar espuma. La causticidad resultante irrita la piel de las personas sensibles, y las grietas en el cutis, similares a las producidas por el frío y el lavado de utensilios de cocina, pueden convertirse en molestias crónicas.

No hay evidencia directa de que las cantidades grandes de materia orgánica natural en el agua sean nocivas, aunque nuestros instintos protectores primitivos aceptan como índice de peligro, los malos olores, sabores y aspectos. Todavía no ha sido establecida completamente la posible importancia de los productos orgánicos, fisiológicamente activos, en las secreciones y excreciones humanas –las sustancias hormonales, por ejemplo (Fair y Geyer 2001). Otro elemento por considerar es el nitrato que puede ser transportado por la lluvia o por el agua de riego, a través de la tierra y a las aguas superficiales. El ciclo del nitrógeno está controlado en gran parte por bacterias, por lo que el ritmo del mismo depende de factores como la humedad del suelo, la temperatura, el pH, etc. El nitrato es el producto final de la descomposición aeróbica del nitrógeno y está siempre disuelto y móvil (FAO 1997). El nitrato puede afectar a los glóbulos rojos y reducir su capacidad de transportar oxígeno al cuerpo. En la mayoría de los adultos y niños, estos glóbulos rojos afectados vuelven rápidamente a la normalidad. Sin embargo, los glóbulos rojos de los infantes pueden tomar mucho más tiempo para volver a la normalidad. Como resultado, los infantes a los que se les ha dado agua con niveles altos en nitrato (o alimentos preparados con agua contaminada con nitrato) pueden desarrollar una condición de salud grave debido a la falta de oxígeno. Esta condición se denomina como metahemoglobinemia o “síndrome del bebé azul. Algunos científicos piensan que la diarrea puede hacer que este problema sea aún peor. Algunas personas tienen condiciones que les hacen susceptibles a tener problemas de salud debido a los nitrato. Esto incluye a: las personas que no tienen suficientes ácidos estomacales, las personas con pérdida hereditaria de la enzima que convierte los glóbulos rojos afectados en normales (metahemoglobina reductasa). Algunos estudios han encontrado un riesgo incrementado de aborto espontáneo o ciertos defectos de nacimiento, si la madre bebía agua con alto contenido de nitrato (DOH 2004).

Los aspectos de salud pública que están relacionados con la alta concentración de DBO y DQO involucran la supervivencia de bacterias patógenas y virus; además deben tomarse precauciones por la posible conexión entre patógenos y la contracción de enfermedades por animales o seres humanos que representa un riesgo potencial para enfermedades, principalmente de tipo gastrointestinal (Álvarez et ál 2002).

2.3.3 Análisis de las aguas

Las propiedades de una fuente de agua varían: 1) con su hidrología, longitudinalmente respecto al tiempo y la estación, así como a la distancia de recorrido sobre el suelo y a través de éste, y 2) respecto a su uso, longitudinalmente en el flujo a través de las obras de captación, transmisión, purificación y distribución (Fair y Geyer 2001).

Según los objetivos del control de calidad se puede obtener más información por los siguientes medios: 1) dispositivos automáticos sensores o muestreadores y medidores; 2) muestras tomadas en el campo y llevadas al laboratorio para su análisis; 3) prueba funcional de los procedimientos operacionales existentes o bien de los proyectos, y 4) procedimientos de investigación mediante los que se adquiere algún nuevo conocimiento con respecto al comportamiento del agua (tanto posible como probable) bajo condiciones halagüeñas en la administración y control de la calidad (Fair y Geyer 2001).

2.3.4 Exploraciones y muestreo

Las exploraciones de campo, según sus fines, reciben los nombres siguientes: exploraciones sanitarias cuando identifican las condiciones de la cuenca acuífera que pueden afectar y poner en peligro la calidad de agua para abastecimiento; exploraciones sobre contaminación cuando determinan los efectos de las aguas residuales sobre las masas receptoras; exploraciones sobre residuos industriales cuando establecen los volúmenes característicos de los efluentes que proceden de establecimientos industriales (Fair y Geyer 2001).

Muchos de estos contaminantes llegan a los recursos superficiales y subterráneos como consecuencia de fenómenos muy generalizados de escorrentía y percolación (FAO 1997). Las fuentes de contaminación de los cuerpos de agua pueden ser puntuales o difusas. Puntuales dependiendo de la escala, su localización es estacionaria desde la cual

los contaminantes son descargados, identificables como tuberías y fabricas; y es difusa cuando en una vasta zona se aportan solutos en diferentes puntos de su interior, se deriva de un sinnúmero de recursos y entra a las aguas receptoras en diferentes formas, puede ser difícil de regular; como consecuencia, es una importante fuente de contaminación de agua en muchas cuencas de agua (Lenntech 2006).

Las exploraciones de campo normalmente incluyen, además, la observación de las principales características de la fuente de agua tales como: crecimiento de plantas y algas acuáticas, sustancias flotantes de aspecto desagradable, bancos de lodo y sedimentos de fondo, existencia masiva de hongos y otras poblaciones contaminantes, y condiciones desagradables a los sentidos del olfato y la vista. Además, proporcionan la oportunidad de medir propiedades como a temperatura (es importante desde el punto de vista informativo, cuando el agua esta bajo observación o prueba) y determinar los constituyentes químicos, como el bióxido de carbono (CO₂) y el oxígeno disuelto (OD) que pueden cambiar durante el transporte y almacenamiento de las muestras o afectar en cualquier otra forma los resultados del laboratorio (Fair y Geyer 2001).

Muestreo. El muestreo frecuente permite establecer los valores medios y su variación, así como el grado de fluctuación en la calidad del agua. El muestreo bien dirigido y confiable, asegura la validez de los resultados analíticos. Para este fin, las muestras deberán representar verdaderamente a la masa de agua de las que se toman, y no debe haber cambio significativo en las muestras tomadas, entre los tiempos de muestreo y análisis. Se puede necesitar equipo especial de muestreo y muestras compuestas respecto a tiempo, localización y volumen (Fair y Geyer 2001).

Por lo general, sólo el muestreo y el análisis múltiple establecerán los cambios de calidad respecto al tiempo y espacio conforme se trasladan las aguas de la naturaleza y se captan, almacenan, purifican, usan y se convierten en aguas residuales, las cuales a su vez, se colectan, tratan y descargan a las masas naturales de agua o al suelo (Fair y Geyer 2001).

El propósito esencial del análisis de un agua municipal es determinar la calidad del agua cruda, la probable necesidad de purificarla y la respuesta a la purificación, los posibles cambios durante la distribución y su utilidad para usos domésticos e industriales (Fair y Geyer 2001).

2.3.5 Normas de calidad de agua

La meta de las normas de calidad del agua de consumo humano, es la eliminación o reducción, por debajo de los niveles perjudiciales a la salud, de los constituyentes del agua que afectan de una manera u otra a la salud humana y al bienestar de la comunidad.

En resumen, las normas de calidad del agua de bebida, están destinadas a asegurar que los consumidores sean abastecidos con agua libre y exenta de todo peligro, daño o riesgo a la salud humana (CEPIS s.f.).

En este caso en particular dichos criterios son establecidos en la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable de la República de Honduras, regulada por La Organización Panamericana de la Salud (OPS 1995). Se han dictado criterios específicos establecidos en los siguientes artículos:

Artículo 6. Esta norma establece tres etapas de control de calidad de agua (ver *Anexo I*), a desarrollarse en el tiempo.

Primera etapa: corresponde al programa de análisis básico, fácilmente ejecutable por cada laboratorio de control de calidad del agua autorizado. Los parámetros en esta etapa de control son: coliforme total o coliforme fecal, olor sabor, color turbiedad, temperatura, concentración de iones hidrógeno, conductividad y cloro residual. Los valores recomendados y máximos admisibles se indican en el *Anexo I*.

Segunda etapa: corresponde al programa de análisis formal y comprende la ejecución de los parámetros de la primera etapa ampliada con: aluminio, cloruros, cobre, dureza, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, nitratos, nitritos, amonio, hierro, manganeso, fluoruro, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, plomo, antimonio, selenio, sulfuro de hidrógeno y zinc. Los valores recomendados y máximos admisibles se indican en el *Anexo 1*.

Tercera etapa: corresponde a un programa de análisis avanzado del agua potable. Comprende la ejecución de los parámetros de la segunda etapa, ampliado con sólidos totales disueltos, desinfectantes, subproductos de la desinfección y sustancias orgánicas de significado para la salud. Los valores recomendados y máximos admisibles se indican en el *Anexo 1*.

Cuarta etapa: corresponde a programas ocasionales ejecutados por situaciones especiales o de emergencias.

Artículo 7. El programa de control de calidad del agua de la primera etapa será efectuado en todos los acueductos del país.

7.3 En la medida de lo posible se utilizarán los métodos de análisis contenidos en el *Anexo 2*.

Artículo 10. Cuando se sobrepase un valor máximo permisible ello es indicativo de que es necesario: Intensificar acciones de vigilancia sanitaria y tomar las acciones correctivas.

2.3.6 Parámetros medidos para determinar la calidad del agua

En el análisis de la calidad del agua para consumo humano se presenta la relación de parámetros físicos, químicos y biológicos que definen la composición, grado de alteración y la utilidad del cuerpo hídrico (SEMARN 2003).

La calidad del agua está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, factores físico-químicos tales como pH y conductividad, cantidad de sales y de la presencia de fertilizantes, plaguicidas, hidrocarburos, metales pesados y contaminación biológica (fecal entre otros). Los seres humanos tienen una gran influencia en todos estos factores, pues ellos depositan residuos en el agua y añaden toda clase de sustancias y de contaminantes que no están presentes de forma natural (OMS 2003).

La calidad del agua está ligada directamente al uso requerido para la misma, por lo anterior para evaluar la aptitud del agua para desarrollo de la vida acuática y para el contacto humano se ha definido un Índice de Calidad de Agua General (ICA) (SNET, 2005). Dicho índice evalúa nueve parámetros de calidad de agua y sus límites máximos permisibles para los usos estipulados. El ICA es un valor ponderando en una escala numérica simple y se utiliza para valorar la amenaza que representa el agua al contacto humano y la aptitud del agua al desarrollo de vida acuática (SNET 2005).

En un esfuerzo de desarrollar un sistema para comparar, varios expertos de la calidad del agua crearon un índice estándar de la calidad del agua (ICA). El índice es básicamente los medios matemáticos de calcular un solo valor de resultados de la prueba múltiples. Los índices de calidad determinaron la relación de ciertos parámetros físicos, químicos y biológicos, a fin de su comparación relativa con respecto al tiempo y localizaciones preestablecidas del curso de agua.

Para determinar el ICA, los nueve parámetros siguientes de la calidad del agua se miden: porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de Oxígeno, (DBO), incrementos de temperatura, fosfatos totales, nitratos, turbidez, sólidos disueltos totales (NSF 2006). El índice de la calidad del agua utiliza una

escala a partir de la 0 a 100 para clasificar la calidad del agua, con 100 siendo la cuenta posible más alta. Una vez que se sepa la cuenta total de ICA, puede ser comparada contra la escala siguiente para determinarse cómo es sano el agua es en un día dado (*Cuadro 1*).

Cuadro 1. Índice de calidad del agua y sus usos (SNET 2005)

Calidad del agua	Rango de valor	Usos
Excelente	91 a 100	Contacto humano, Vida acuática
Buena	71 a 90	Contacto humano, Vida acuática
Regular	51 a 70	Restricciones para el contacto humano, Limita vida acuática
Mala	26 a 50	Restricciones para el contacto humano y limita vida acuática
Pésima	0 a 25	Restricciones para el contacto humano y limita vida acuática

La contaminación de las aguas superficiales y subterráneas genera un riesgo a la población, tanto en términos de salud (por contacto directo o indirecto, por consumo de productos y uso del agua) así como en términos de deterioro de los recursos hídricos (SNET 2004).

Usualmente la contaminación hídrica no ha sido un elemento de riesgo valorado dentro de los que son generados por la población. Es importante evaluarlo y considerarlo dentro de los planes de trabajo de la gestión de riesgos, y principalmente dentro de los temas de manejo de recursos hídricos (SNET 2004).

El índice de saneamiento de calidad de agua (ICA) está enfocado a valorar la amenaza de contraer enfermedades de respuesta a largo plazo por la población que entra dentro del área de impacto y la amenaza de deterioro de los ecosistemas acuáticos a través de una disminución de la capacidad reproductiva, tasas de nacimiento o aumento de la mortalidad de las especies acuáticas por sustancias químicas (SNET, 2004). Todo valor del índice igual o menor a 70 unidades de los índices de calidad de agua general y de

saneamiento respectivamente que representa una amenaza para la salud de la población y para el deterioro de los ecosistemas acuáticos (SNET 2004). Es así que se mencionan una variedad de parámetros para medir la calidad en un cuerpo o masa de agua; clasificándose estos por las alteraciones que causan en al agua al nivel físico (Cuadro 2), químico (Cuadro 3) y biológico (Cuadro 4); indicando el tipo de contaminación que sucederá si sus valores se exceden.

Cuadro 2. Alteraciones físicas del agua, características y contaminación que indican (Echarri 1998)

Alteraciones físicas	Características y contaminación que indican
Color	El agua no contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen. Las aguas contaminadas pueden tener muy diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación.
Olor y sabor	Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor.
Temperatura	El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 14°C. Las centrales nucleares, térmicas y otras industrias contribuyen a la contaminación térmica de las aguas, a veces de forma importante.
Materiales en suspensión	Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra.
Radiactividad	Las aguas naturales tienen unos valores de radiactividad, debidos sobre todo a isótopos del K. Algunas actividades humanas pueden contaminar el agua con isótopos radiactivos.
Espumas	Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras.
Conductividad	El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C.

Cuadro 3. Alteraciones químicas del agua, características y tipo de contaminación que indican (Echarri 1998)

Alteraciones químicas	Características y tipo de contaminación que indican
pH	Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO ₂ disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO ₂ 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.
Oxígeno disuelto (OD)	Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.
Materia orgánica biodegradable: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	DBO ₅ es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aeróbica de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta.
Materiales oxidables: Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar los materiales contenidos en el agua con un oxidante químico (normalmente bicromato potásico en medio ácido). Se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.
Nitrógeno total	Varios compuestos de nitrógeno son nutrientes esenciales. Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización. El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales se suele determinar el NTK (nitrógeno total Kendahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se da por separado.
Fósforo total	El fósforo, como el nitrógeno, es nutriente esencial para la vida. Su exceso en el agua provoca eutrofización. 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.
Aniones: cloruros	Indican salinidad

nitratos	Indican contaminación agrícola
nitritos	Indican actividad bacteriológica
fosfatos	Indican detergentes y fertilizantes
sulfuros	Indican acción bacteriológica anaerobia (aguas negras, etc.)
cianuros	Indican contaminación de origen industrial
fluoruros	En algunos casos se añaden al agua para la prevención de las caries, aunque es una práctica muy discutida.
Cationes: sodio	Indica salinidad
calcio y magnesio	Están relacionados con la dureza del agua
amonio	Contaminación con fertilizantes y heces
metales pesados	De efectos muy nocivos; se bioacumulan en la cadena trófica.
Compuestos orgánicos	Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos. Los fenoles pueden estar en el agua como resultado de contaminación industrial y cuando reaccionan con el cloro que se añade como desinfectante forman clorofenoles que son un serio problema porque dan al agua muy mal olor y sabor. La contaminación con pesticidas, petróleo y otros hidrocarburos se estudia con detalle en los capítulos correspondientes.

Cuadro 4. Alteraciones biológicas del agua y tipo de contaminación que indican (Echarri 1998)

Alteraciones biológicas del agua	Contaminación que indican
Bacterias coliformes	Desechos naturales y fecales
Virus	Desechos fecales y restos orgánicos
Animales, plantas, microorganismos diversos	Eutrofización

2.3.7 Requerimientos de calidad según usos del agua

Se identifican los tramos de los cauces seleccionados con la siguiente información:

- *Usos de agua:* para indicar los usos de agua en el tramo especificado.
- *Clase actual más característica:* corresponde a la clase de calidad de agua que agrupa la mayor parte de los valores de los parámetros. Para este efecto se selecciona la clase de tal modo que aproximadamente no más del 10% de los parámetros quede con valores excedidos de la clase seleccionada (no más de 8 parámetros).
- *Clase de uso a preservar:* en función de los usos del agua en el tramo, se trata de identificar la clase que es necesario preservar. Esta determinación no es automática, sino que requiere de un análisis en profundidad.
- *Clase objetivo del tramo:* es una proposición que toma en cuenta diversos aspectos, como son: usos del agua, calidad natural, calidad actual de los parámetros, y valores a lograr en un futuro cercano, entendido como el plazo de validez de la calidad objetivo propuesta. En principio esta proposición considera que hay parámetros determinados por las características naturales de la cuenca o subcuenca, mientras que otros están condicionados, en distintos grados, por las acciones antrópicas.
- *Excepciones en el tramo:* en cada situación se indican los parámetros con la clase correspondiente. Se ha considerado que estos parámetros tendrán las clases que por condiciones naturales le corresponden.
- *Parámetros seleccionados que requieren más estudios:* se incluyen los que tengan escasa o nula información, como asimismo los que por límites de detección de las mediciones existentes presentan problemas para su asignación de clases. Algunos de ellos no disponen de información de tal modo que la asignación de clase objetivo deberá ser ratificada con monitoreos posteriores (CADE-IDEPE 2004).

2.3.8 Contaminación del agua

La contaminación del agua es cualquier cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto dañino en quien consume esa agua. Los contaminantes del agua se dividen en varias clases, y cada clase tiene su manera específica de introducirse en el medio y sus daños específicos (Lenntech 2006).

Hay varias clases de agentes contaminantes del agua, los principales causantes de enfermedades son las bacterias, virus, protozoos y los gusanos parásitos que se incorporan desde los sistemas de agua residuales sin tratar. La siguiente categoría de agentes contaminantes son los consumidores de oxígeno que descomponen residuos; cuando las poblaciones de bacterias es muy grande se consume mucho oxígeno pudiéndose agotar el oxígeno del agua, lo que puede provocar que otros organismos que viven en el agua (peces) mueran. También se encuentran los agentes contaminadores inorgánicos solubles en agua, tal como los ácidos, sales y metales tóxicos; los que en grandes cantidades hacen el agua inapropiada para beber y causan la muerte de la vida acuática (Lenntech 2006).

Otra clase de agentes contaminadores son los nutrientes; los nitratos y fosfatos solubles en agua causan el crecimiento excesivo de algas y otras plantas acuáticas, que agotan la fuente de oxígeno del agua; dañando a los peces y cuando es consumida por humanos a los niños.

El agua también se puede contaminar por compuestos orgánicos como el aceite, plásticos y pesticidas dañinos para el ser humano, plantas y animales acuáticos. Sin embargo existe otra categoría muy peligrosa, que son los sedimentos porque causan una disminución en la absorción de la luz por el agua y las partículas separan compuestos peligrosos como los pesticidas a través del agua. Finalmente los compuestos radiactivos solubles en el agua pueden causar cáncer, defectos de nacimiento y daño genético siendo por tanto agentes contaminantes muy peligrosos. La contaminación del agua se detecta en los laboratorios (Lenntech 2006).

2.3.9 Sustancias peligrosas transportadas por el agua

Una amplia variedad de sustancias puede llegar a los suministros públicos de agua; por ejemplo:

1. Sustancias tóxicas disueltas de formaciones minerales, como los fluorapatitos.
2. Fitotoxinas elaboradas por algas específicas.
3. Metales pesados disueltos provenientes de las instalaciones de las plantas de tratamiento, principalmente de la tubería metálica y de tubos de plástico de fabricación defectuosa o de productos químicos agregados para el tratamiento de aguas (ciertos polielectrolitos, por ejemplo).
4. Compuestos venenosos contenidos en los desechos industriales y domésticos, evacuados en las corrientes de agua.
5. Sustancias radiactivas presentes en la lluvia o procedentes de la industria de energía nuclear.
6. Plaguicidas que llegan a las corrientes de agua, de los polvos y aspersiones químicas que se aplican a cosechas y a las superficies de la tierra y del agua, para controlar aguas agrícolas, insectos nocivos, vectores de enfermedades humanas y de animales, peces dañinos, plantas acuáticas, etc.

Los contaminantes que se adquirieren dentro de los sistemas de distribución, por corrosión de metales, originan con frecuencia quejas de los consumidores, pero rara vez ocasionan envenenamientos (Fair y Geyer 2001).

La calidad microbiológica del agua de consumo humano es de gran importancia y el monitoreo de un indicador bacteriano tal como el Coliforme total y el termotolerante debe dársele la más alta prioridad dentro de la política del abastecedor de agua (OMS 1984). Por otra parte, la contaminación química también es importante, pero ello no está asociado con efectos agudos sobre la salud humana y por lo tanto debe tener una menor prioridad que la evaluación de la contaminación bacteriológica y que muchas veces resulta irrelevante en zonas donde enfermedades relacionadas con el agua y enfermedades parasitarias muestran elevados índices de prevalencia (OMS 1995).

2.3.10 Agua y salud

Las enfermedades relacionadas con el agua son una tragedia humana que cada año causa la muerte a más personas. Aproximadamente 2.300 millones de personas padecen enfermedades relacionadas con el agua. Un 60% de la mortalidad infantil mundial es causado por enfermedades infecciosas parasitarias (UNESCO 2003).

Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema global que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de la prevalencia de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua. La bibliografía especializada reporta numerosos casos de enfermedades relacionadas con la calidad del agua que se presentaron en diversos países del mundo como consecuencia del cambio en el tratamiento de acondicionamiento del agua o por la pérdida de la integridad de la red de distribución de agua (OMS, 1995).

Las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades producidas por el "agua sucia" —las causadas por el agua que se ha contaminado con desechos humanos, animales o químicos. Mundialmente, la falta de servicios de evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es la causa de más muertes por año.

Son enfermedades transmitidas por el agua el cólera, fiebre tifoidea, shigella, poliomiелitis, meningitis y hepatitis A y E. Los seres humanos y los animales pueden actuar de huéspedes de bacterias, virus o protozoos que causan estas enfermedades. Millones de personas tienen poco acceso a servicios sanitarios de evacuación de desechos o a agua limpia para la higiene personal (Hinrichsen *et ál.* 1998).

Las sustancias tóxicas que van a terminar al agua dulce son otra causa de enfermedades transmitidas por el agua. Cada vez más se encuentran en los suministros de agua dulce productos químicos para la agricultura, fertilizantes, plaguicidas y desechos industriales. Esos productos químicos, aun en bajas concentraciones, con el tiempo pueden acumularse y, finalmente, causar enfermedades crónicas como cánceres entre las personas que usan esas aguas. Los problemas de salud derivados de los nitratos presentes en las fuentes del agua se están convirtiendo en una seria preocupación en casi todas partes. En

más de 150 países, los nitratos procedentes de los fertilizantes se han filtrado en los pozos de agua, ensuciando el agua para beber. Las concentraciones excesivas de nitratos causan trastornos sanguíneos. Además, los altos niveles de nitratos y fosfatos en el agua estimulan el crecimiento de algas verde-azules, que llevan a la eutrofización. Se requiere oxígeno para el metabolismo de los organismos que sirven de depuradores, descomponiendo la materia orgánica, como los desechos humanos, que contaminan el agua. De allí que la cantidad de oxígeno contenida en el agua sea un indicador clave de la calidad del agua (Hinrichsen *et ál.* 1998).

La filtración de contaminantes tóxicos en los depósitos de agua subterránea o superficial utilizada para beber o para uso doméstico también causa problemas de salud. El agua contaminada con metales pesados, ocasiona altas tasas de mortalidad infantil y de enfermedades diarreicas e intestinales, según casos registrados por ese motivo (Hinrichsen *et ál.* 1998).

Enfermedades de origen hídrico. Son aquellas enfermedades causadas por organismos acuáticos que pasan una parte de su ciclo vital en el agua y otra parte como parásitos de animales. Las enfermedades con base en el agua incluyen el gusano de Guinea, la paragonimiasis, la clonorquiasis y la esquistosomiasis. Estos organismos pueden prosperar tanto en aguas contaminadas como no contaminadas. Como parásitos, generalmente toman forma de gusanos y se valen de vectores animales intermediarios como los caracoles para prosperar, y luego infectan directamente al hombre, penetrando a través de la piel o al ser tragados por éste. Las causantes de estas enfermedades son una variedad gusanos trematodos, tenias, lombrices intestinales y nematodos del tejido, denominados colectivamente helmintos que infectan al hombre. Aunque estas enfermedades normalmente no son mortales, impiden a las personas llevar una vida normal y disminuyen su capacidad para trabajar, pueden ser extremadamente dolorosas e incluso a veces impiden el movimiento. El predominio de enfermedades con base en el agua suele aumentar cuando se construyen presas, pues el agua estancada tras las presas es ideal para los caracoles, huéspedes intermediarios de muchos tipos de gusanos (UNESCO 2003).

Enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua. Son aquellas enfermedades transmitidas por vectores, como los mosquitos y las moscas tse tse, que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas. Millones de personas padecen infecciones transmitidas por estos vectores que infectan al hombre con malaria, fiebre amarilla, dengue, enfermedad del sueño y filariasis. La incidencia de estas enfermedades parece estar aumentando. Hay muchas razones para ello: la gente está desarrollando resistencia a los medicamentos; los cambios medioambientales están creando nuevos lugares de cría; por otra parte, la migración, el cambio climático y la creación de nuevos hábitat provocan que menos gente desarrolle una inmunidad natural a estas enfermedades (UNESCO 2003).

Enfermedades vinculadas a la escasez de agua. Estas enfermedades, que incluyen el tracoma y la tuberculosis, se propagan en condiciones de escasez de agua dulce y sanidad deficiente. Estas enfermedades avanzan sin parar a través del mundo, pero pueden controlarse fácilmente con una mejor higiene, para lo cual es imprescindible disponer de suministros adecuados de agua potable. Las personas pueden evitar infectarse con las enfermedades con base en el agua si lavan las verduras con agua limpia y cocinan bien los alimentos. Se abstendrán también de entrar a los ríos infectados pues muchos parásitos se introducen por los pies y las piernas (UNESCO 2003).

El mejoramiento del saneamiento público y la provisión de agua limpia son los dos pasos necesarios para prevenir la mayoría de las enfermedades transmitidas por el agua y las muertes resultantes (*Cuadro 5*). Habrá que separar al menos los sólidos de las aguas servidas para que estén menos contaminadas. Es importante que el suministro de agua potable se brinde simultáneamente con las instalaciones sanitarias apropiadas puesto que estos dos servicios se refuerzan mutuamente y limitan la propagación de infecciones (Hinrichsen *et ál.* 1998).

**Cuadro 5. Enfermedades causadas por patógenos contaminantes de las aguas
(Echarri 1998)**

Tipo de microorganismo	Enfermedad	Síntomas
Bacterias	Cólera	Diarreas y vómitos intensos. Deshidratación. Frecuentemente es mortal si no se trata adecuadamente
Bacterias	Tifus	Fiebres. Diarreas y vómitos. Inflamación del bazo y del intestino.
Bacterias	Disentería	Diarrea. Raramente es mortal en adultos, pero produce la muerte de muchos niños en países poco desarrollados
Bacterias	Gastroenteritis	Náuseas y vómitos. Dolor en el digestivo. Poco riesgo de muerte
Virus	Hepatitis	Inflamación del hígado e ictericia. Puede causar daños permanentes en el hígado
Virus	Poliomielitis	Dolores musculares intensos. Debilidad. Temblores. Parálisis. Puede ser mortal
Protozoos	Disentería amibiana	Diarrea severa, escalofríos y fiebre. Puede ser grave si no se trata
Gusanos	Esquistosomiasis	Anemia y fatiga continuas

2.3.10 Relación de la cobertura vegetal con la calidad del agua

El agua que emana de los bosques de coníferas en cuya superficie se descomponen los detritos (material suelto, tal como fragmentos de rocas o partículas orgánicas) es generalmente ácida (Wadsworth 2000).

Lo que se disuelve en agua es muy importante; en la naturaleza, el agua nunca se encuentra en forma pura; la más pura es el agua de lluvia que cae después de que el comienzo de un aguacero haya lavado la atmósfera, limpiándola de su acidez. El agua que contiene dióxido de carbono es generalmente ácida; el agua que contiene bicarbonato de calcio es alcalina (Wadsworth, 2000).

El vapor de agua producido por los trópicos húmedos contribuye considerablemente al equilibrio hidrológico mundial. El ciclo hidrológico es la eliminación de la precipitación a través de la vegetación hacia el suelo, los ríos, lagos y océanos, y el retorno de la humedad a la atmósfera mediante la evaporación y transpiración (Wadsworth 2000).

El agua de lluvia disuelve el dióxido de carbono de la atmósfera, convirtiéndose en una débil solución de ácido carbónico antes que llegue a la tierra. Su acidez aumenta al entrar en contacto con el dióxido de carbono que hay en el aire del suelo, e incorpora sustancias orgánicas en la solución. La materia orgánica del suelo (humus) es producida por el agua

de lluvia, la hojarasca humedecida y la exudación de las raíces, por lo que escapa del suelo conteniendo un buen porcentaje de esta (Wadsworth 2000).

En los bosques, la humedad del suelo a más de 1 m de profundidad puede ser menor que sobre terrenos desnudos debido al efecto de la vegetación (Henry y Mohr citados por Wadsworth 2000).

2.4 RELACIÓN CANTIDAD - CALIDAD DE AGUA DE ACUERDO AL SUELO Y LA VEGETACIÓN

Para poder establecer la relación entre la calidad y cantidad de agua, se debe tener presente los conceptos de evaporación, transpiración y evapotranspiración.

La evaporación es una etapa permanente del ciclo hidrológico. Existe en todo momento y en toda superficie húmeda. Considerada un fenómeno físico, es el paso del estado líquido al estado gaseoso; sin embargo, hay otra evaporación provocada por la actividad de las plantas, que recibe el nombre de transpiración (Villón 2004).

Hay factores meteorológicos que afectan a la evaporación son, entre otros, los siguientes: radiación solar, temperatura del aire, presión de vapor, viento y presión atmosférica. De los cuales la radiación solar es el factor más importante. La evaporación varía con la latitud, época del año, hora del día y condición de nubosidad (Villón 2004).

Como se mencionó anteriormente, la evaporación provocada por las plantas o transpiración, es el proceso donde éstas son capaces de formar su propia materia a base de las sustancias que toman del aire y del suelo. La planta absorbe por las raíces el agua y las sales minerales, y por las hojas toma el anhídrido carbónico del aire. Para que la planta se desarrolle normalmente debe existir equilibrio entre el agua absorbida por las raíces y el agua transpirada por las hojas (Fuentes 2002).

De igual manera que en la evaporación, existen factores que influyen en la transpiración. Para evitar desequilibrios entre el agua absorbida por las raíces y el agua transpirada por las hojas, las plantas pueden graduar la apertura de las estomas. Las causas que influyen más sobre los movimientos de apertura y cierre de las estomas son las siguientes: *La intensidad de la luz*.

El proceso de la fotosíntesis se realiza con la energía de la luz solar. A mayor intensidad de la luz solar corresponde una mayor intensidad de la fotosíntesis, con la cual se produce mayor cantidad de savia elaborada, por lo tanto, hay mayor cantidad de agua sobrante, o sea, mayor transpiración. Luego *el calor y el viento* favorecen la evaporación y, por lo tanto, la salida de agua de la planta en forma de vapor.

Además *el grado de humedad del aire*. Con atmósfera seca aumenta la transpiración porque favorece la evaporación del agua. Finalmente *la cantidad de agua contenida en la planta*. Cuando la planta sufre escasez de agua, bien sea por un aprovisionamiento escaso o porque la transpiración es muy grande (días muy cálidos o con mucho viento), los estomas se cierran parcialmente, o incluso por completo, con el fin de disminuir las pérdidas de agua por transpiración (Fuentes 2002).

La cantidad de agua que necesita una planta se utiliza de tres maneras. Agua incorporada, evaporada por la superficie del suelo en donde se asienta y transpirada. El consumo de agua por evaporación y por transpiración se puede considerar prácticamente como el consumo total. Dicho consumo de agua recibe el nombre de evapotranspiración (Fuentes, 2002).

La evapotranspiración que está constituida por las pérdidas totales, es decir: evaporación de la superficie evaporante (del suelo y agua) más la transpiración de las plantas (Villón 2004).

Hay que diferenciar dos formas de evapotranspiración: 1) Evapotranspiración máxima: es la cantidad de agua consumida durante un determinado período de tiempo, en un suelo

cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua (Fuentes 2002). O definida en términos más sencillos como la pérdida total del agua que ocurriría si en un momento existiera deficiencia de agua en el suelo, para el uso de la vegetación (Villón 2004). 2) Evapotranspiración real, que es la cantidad de agua realmente consumida por un determinado cultivo durante el período de tiempo considerado (Fuentes 2002).

Existen además factores que influyen en la evapotranspiración, entre ellos el viento o el aire cuando está caliente y seco, la disponibilidad de agua en el suelo y de la capacidad de las plantas para absorber y para transpirar esa agua contenida en el suelo.

En resumen, los factores que condicionan la evapotranspiración se pueden agrupar de la siguiente forma: 1) Condiciones dependientes del suelo, entre las que se destaca su capacidad de retención del agua. En los suelos que retienen gran cantidad de agua, la evapotranspiración es más intensa que en los que retienen menos caudal. 2) Naturaleza de la vegetación. Las plantas que tienen muchas hojas transpiran más cantidad de agua que aquellas otras que tienen menos cantidad. 3) La fase vegetativa en que se encuentra el cultivo. La evapotranspiración varía a lo largo del ciclo vegetativo.

En las plantas poco desarrolladas la mayor parte del agua se pierde por evaporación en el suelo; pero a medida que el cultivo se desarrolla aumenta la transpiración y disminuye la evaporación, debido a que aumenta el volumen de follaje y éste sombrea la superficie del suelo. 4) Condiciones meteorológicas. La insolación fuerte, las temperaturas elevadas, la sequedad del ambiente y el viento son condiciones meteorológicas que favorecen la evapotranspiración (Fuentes 2002).

2.4.1 El agua en el suelo

Características del suelo

Las plantas absorben por las raíces el agua del suelo. La cantidad de agua contenida en el suelo y su absorción por la planta dependen mucho de algunas características de ese suelo, por lo que resulta necesario conocerlas. La porosidad, ya que el suelo está constituido por partículas sólidas de distinto tamaño, que dejan entre si unos espacios o poros ocupados por aire y agua. Por lo general, el aire ocupa una gran parte del espacio de los poros grandes, mientras que el agua ocupa poros más pequeños. Su valor suele oscilar entre el 40 y el 60% del volumen total del suelo. Textura que es la proporción que tiene el suelo de arena, limo y arcilla. Un suelo franco es aquel que esta formado por una mezcla de estos tres elementos en proporciones equilibradas, es decir no predomina una partícula sobre la otra. Estructura, se le llama así a la forma en que se unen las partículas de arena, limo y arcilla de ese suelo. Un suelo con buena estructura contiene abundancia de poros grandes y pequeños, con lo cual el agua, el aire y las raíces se mueven libremente en el suelo, a la vez que permite que una apreciable cantidad de agua quede retenida en las partículas sólidas. La profundidad del suelo que es explorado por las raíces y que varía cuando existen capas permeables o impermeables.

Fases del agua en el suelo

Con respecto a la cantidad de agua almacenada en el suelo, que varía de una forma constante, se pueden distinguir las siguientes fases:

Suelo saturado. Después de una lluvia copiosa el agua ocupa todos los poros del suelo, tanto los grandes como los pequeños; se dice entonces que el suelo esta saturado.

Capacidad de campo. En un suelo saturado el exceso de agua se elimina por gravedad, es decir, el agua que ocupa una gran parte de los poros grandes cae al subsuelo por su propio peso. A partir del momento de la saturación, y al cabo de un tiempo que dura dos o tres días, el suelo ha eliminado por gravedad la mayor parte del agua sobrante. Se dice entonces que el suelo se encuentra a la capacidad de campo.

Punto de marchitamiento. A partir de la capacidad de campo, el agua del suelo se va perdiendo progresivamente por evaporación y absorbido por las plantas, hasta que llega un momento en el que las plantas ya no pueden absorber más agua y se marchitan. El suelo contiene todavía una cierta cantidad de agua que la planta no puede utilizar.

Suelo seco. A partir del punto de marchitamiento, el suelo pierde agua por evaporación cuando se le deja secar al aire; pero todavía queda una cierta cantidad de agua que sólo se puede sacar sometiendo al suelo a un secado de varias horas en una estufa.

Utilización del agua del suelo

Desde el punto de vista de su utilización por las plantas, el agua del suelo puede ser de tres clases: Agua sobrante. Es el agua que no puede ser retenida por el suelo y cae por su propio peso hacia las capas más bajas. Esta agua no puede ser utilizada por las plantas porque está situada en una región del suelo fuera del alcance de las raíces. Agua disponible. Es el agua retenida por el suelo y que puede ser absorbida por las plantas.

El agua disponible es igual a la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento. El agua que puede ser utilizada por las plantas depende del agua disponible que está contenida en el volumen de tierra ocupado por las raíces (Fuentes 2002).

Movimiento del agua en el suelo

El contenido de agua en el suelo cambia continuamente como consecuencia de los movimientos de agua que ocurren en él. Las principales causas por las cuales se producen estos movimientos son las siguientes:

-La gravedad, por la cual el propio peso del agua hace que ésta tienda a caer hacia las capas inferiores del suelo.

-La capilaridad, mediante la cual el agua tiende a desplazarse por los espacios que forman los poros del suelo. Estos desplazamientos ocurren desde abajo hacia arriba y en todas las inclinaciones posibles (Fuentes 2002).

Infiltración

La infiltración es el movimiento de agua desde la superficie del suelo hacia abajo, que tiene lugar después de una lluvia o de un riego. El agua pasa a través de los poros que dejan entre sí las partículas del suelo. Un gran número de poros y unos poros grandes y continuos favorecen la permeabilidad (Fuentes 2002).

La cantidad de agua que se infiltra en el suelo depende de la velocidad de infiltración que está íntimamente relacionada con la permeabilidad. El agua de infiltración se mueve con rapidez en los suelos más permeables, que tienen los poros grandes y continuos, y con más lentitud en los menos permeables, en donde se reduce el tamaño, la cantidad y la continuidad de los poros (Fuentes 2002). La velocidad de infiltración depende de una serie de factores, entre los que se destacan los siguientes: 1) La textura del suelo. Los suelos que tienen una buena estructura tienen una velocidad de infiltración mayor que los suelos sin estructura o muy compactos. La materia orgánica, que mejora la estructura del suelo, favorece la infiltración del agua. 2) El apelmazamiento del suelo. El impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo deshace su buena estructura, dando como resultado unas partículas finas que taponan los poros y dificultan la infiltración. 3) Las grietas del suelo. Algunos suelos arcillosos se resquebrajan y forman grietas cuando se secan, lo que facilita la penetración del agua en la fase inicial (Fuentes 2002).

Cuando la tierra se ha humedecido de nuevo desaparecen las grietas y se reduce la velocidad de infiltración. En los suelos con un contenido alto de arena la velocidad de infiltración es mucho mayor que en los suelos arcillosos, mientras que en los suelos francos tiene unos valores intermedios entre ambos.

La velocidad de infiltración es máxima al comienzo de la lluvia y va disminuyendo progresivamente a medida que las arcillas se expansionan y taponan parcialmente los poros. La cantidad de agua que se infiltra en un terreno depende también del tiempo de que se dispone para la penetración del agua. En los terrenos arcillosos, con poca velocidad de infiltración, una lluvia suave durante mucho tiempo aporta más agua al suelo que una

lluvia fuerte que dure poco tiempo. El tiempo de infiltración aumenta cuando de alguna forma se mantiene el agua sobre el terreno para que vaya infiltrándose poco a poco (Fuentes 2002).

Pérdida del agua del suelo

Pero no toda el agua procedente de las precipitaciones es aprovechada, sino que se producen pérdidas importantes en muchas ocasiones. Estas pérdidas tienen lugar de distintas formas: 1) Pérdidas superficiales. Cuando se produce una lluvia intensa, muchos suelos no son capaces de absorber toda el agua caída en tan poco tiempo. Si el terreno está en pendiente, el agua sobrante escurre por la superficie y arrastra las partículas del suelo. 2) Pérdidas por percolación. El agua que no puede retener el suelo pasa por su propio peso a zonas más profundas, fuera del alcance de las raíces. 3) Pérdidas por evaporación. El agua sube por capilaridad por los espacios que forman los poros del suelo hasta que llega a la superficie o a zonas próximas a ella, en donde se evapora y pasa a la atmósfera. El ascenso capilar es mucho más rápido en las zonas próximas a la superficie que en las zonas más alejadas, por cuyo motivo las capas superficiales se secan con mayor rapidez que las zonas más profundas (Fuentes 2002).

2.4.2 Agua y cobertura vegetal

Como parte del ciclo hidrológico, el agua que cae sobre el follaje de los árboles puede evaporarse allí mismo sin llegar nunca al suelo. Este volumen se conoce como “agua de intercepción”, término que no debe confundirse con el proceso mediante el cual la neblina es colectada por la vegetación en los bosques montanos o nublados (Cavelier y Goldstein citado por Cavelier y Vargas 2002). El porcentaje de intercepción de lluvias es una función de la frecuencia de la precipitación, así como de las características estructurales del dosel, como por ejemplo el índice de área foliar y la biomasa de las epífitas.

Algo importante de mencionar en esta relación es que, en lugares con lluvias cortas, frecuentes y de baja intensidad, como por ejemplo en los bosques montanos, el total anual de intercepción será mayor que en los bosques donde se dan eventos de lluvias largos, poco frecuentes y de gran intensidad, típicos de localidades tropicales de tierras bajas. Por otra parte, la mayor biomasa de epífitas presente en los bosques montanos tropicales parece ser una de las causas de la mayor intercepción que se observa en este tipo de bosques (Pócs citado por Cavelier y Vargas 2002). Mientras que el drenaje del agua de una masa de epífitas puede durar más de una hora (Veneklaas y van Ek citados por Cavelier y Vargas 2002), el drenaje de las copas de los árboles ocurre en cuestión de minutos.

Independientemente del porcentaje de intercepción, este volumen de agua nunca llega al suelo para ser transpirada por las plantas o pasar a niveles profundos del suelo y formar parte de la escorrentía. En este sentido, el retorno del agua de intercepción a la atmósfera se considera una pérdida. Como el producto del proceso de conversión de bosques a pastizales, el volumen de agua de intercepción disminuye debido a la reducción de la biomasa aérea y en particular del índice de área foliar. El volumen de agua que no es interceptado por el follaje del bosque pasa al suelo y se considera una ganancia (Cavelier y Vargas 2002).

Flujo del follaje y flujo caulinar. En los bosques neotropicales, el volumen de agua que llega al suelo a través de los espacios entre las ramas o que se escurre desde las hojas representa, en promedio, un 82,2% de las lluvias (Gash citado por Cavelier y Vargas 2002). El volumen de agua que se escurre por los troncos (flujo caulinar) en los bosques neotropicales representa, en promedio, el 2,1% de las lluvias.

Las gotas de lluvia que llegan al suelo escurriéndose desde el follaje son, en general, más grandes que las gotas de lluvia y, por lo tanto, tienen un potencial erosivo mayor (Vis y Brant citados por Cavelier y Vargas 2002). Sin embargo, la velocidad de caída de las gotas de agua dentro del bosque es menor, lo que parece compensar el poder erosivo que les da a éstas su gran tamaño. Dado que estos dos factores se compensan, existe un tercer factor que parece gobernar la erosión potencial del suelo del bosque: la cobertura de hojarasca (Wiersum citado por Cavelier y Vargas 2002). Este es un factor importante para los planes de conservación y manejo, pues uno de los grandes problemas de la tala de los bosques es, además de la alteración del balance hídrico y la pérdida de biodiversidad, la pérdida de suelos (Cavelier y Vargas 2002).

Capacidad de retención de agua en el dosel. La capacidad de retención de agua del dosel es la precipitación promedio que se requiere para humedecer todo el dosel antes que el agua empiece a escurrirse al sotobosque. La mediana de los valores de la capacidad de retención de agua del dosel en los bosques neotropicales es de 1,3 mm (Gash citado por Cavelier y Vargas 2002). La capacidad de retención de agua del dosel es menor en los bosques de tierras bajas que en los bosques montanos, especialmente cuando estos últimos están cargados de epífitas. El agua retenida en el dosel regresa de nuevo a la atmósfera, ya sea a través de la evaporación o a través de la transpiración de las plantas epífitas cuando estas están presentes (Cavelier y Vargas 2002).

La relación entre pérdidas reales y pérdidas potenciales de agua varía de la estación lluviosa a la seca. Durante la estación de lluvias, cuando hay una fuente ilimitada de agua, las pérdidas de ésta desde el dosel (intercepción + transpiración) ocurren a la tasa impuesta por la radiación solar (Cavelier y Vargas 2002).

Infiltración y escorrentía. Cuando el agua llega a la superficie del suelo escurriéndose desde el follaje o a lo largo de los troncos, pasa de nuevo a la atmósfera (por transpiración) o sirve para alimentar el caudal de quebradas y ríos. Los suelos de los bosques tropicales de tierras bajas son tan permeables que permiten un rápido drenaje, incluso durante fuertes periodos de lluvias. La tasa de infiltración de bosques primarios es tan alta que menos del 1% de la precipitación se escurre por encima de la superficie del suelo. Probablemente esa tasa sea mayor en los bosques que en los pastizales por los cambios que tienen lugar en las propiedades hidráulicas del suelo (Vis citado por Cavelier y Vargas 2002).

Una vez que el agua entra al suelo, se mueve verticalmente hasta encontrar un obstáculo (como los mantos de rocas) y allí empieza a correr en dirección de la pendiente. Este flujo debajo de la superficie del suelo es por lo general muy lento y es el encargado de alimentar los bordes de quebradas y ríos, y de mantener su caudal aun en épocas de sequía (Cavelier y Vargas 2002).

Cuencas hidrográficas

Una de las formas más directas de evaluar el papel de la cobertura vegetal en el balance hídrico es midiendo los cambios en el rendimiento hídrico de las cuencas, las cuales pueden obedecer a una disminución (deforestación) o un aumento (aforestación) de la cobertura boscosa. El análisis estadístico de los resultados obtenidos en un estudio de varias cuencas experimentales señaló las siguientes conclusiones respecto a los efectos que el cambio de cobertura vegetal produce en el caudal de las cuencas:

Una reducción en la cobertura de bosques resulta en un incremento en el rendimiento hídrico anual, en algunos casos, porque también se ha observado una disminución, ya que esto depende de las características propias de cada cuenca. El restablecimiento de la cobertura de bosques trae como consecuencia una disminución en el rendimiento hídrico (Bosh y Hewlett citados por Cavelier y Vargas 2002).

El tipo de cobertura vegetal afecta de manera significativamente diferente el rendimiento hídrico de los bosques. Un cambio de un 10% en la cobertura de bosque de *Pinus* trae un cambio de 20 – 25 mm (Sahin y Hall citados por Cavelier y Vargas 2002) a 40 mm (Bosh y Hewlett citados por Cavelier y Vargas 2002) en el rendimiento hídrico de la cuenca, mientras que, el mismo cambio en un bosque de *Eucalyptus* implica un cambio de 6 (Sahin y Hall citados por Cavelier y Vargas 2002) a 40 mm (Bosh y Hewlett citados por Cavelier y Vargas 2002) en el rendimiento hídrico.

En contraste, un cambio igual en la cobertura de un bosque latifoliado trae como resultado un cambio de 25 mm en el rendimiento hídrico (Bosh y Hewlett, Sahin y Hall citados por Cavelier y Vargas 2002), y un cambio en la cobertura de arbustos resulta en un cambio de solo 5 (Sahin y Hall citados por Cavelier y Vargas 2002) a 10 mm (Bosh y Hewlett citados por Cavelier y Vargas 2002) en la producción de agua. Si bien es cierto estos datos son producto de experimentos realizados en su mayoría en bosques templados. Es importante aclarar que el aumento que se produce en el caudal a causa de la deforestación se mantiene, siempre y cuando la precipitación local no disminuya. Esta disminución podría ocurrir si las lluvias locales son de tipo convectivo; es decir, si dependen, en gran medida, de los procesos de evapotranspiración del bosque (Cavelier y Vargas 2002).

El aumento que se produce en el caudal de los ríos al deforestar o al convertir un bosque a pastizal (o a otro tipo de cultivo) puede explicarse en función del efecto que tiene el dosel de la vegetación sobre los componentes del balance hídrico. El agua en el bosque se pierde a la atmósfera por evapotranspiración, en los pastizales (con menores índices de área foliar y pérdidas por evapotranspiración) pasa directamente al suelo para alimentar la escorrentía. Si esta salida de agua aumenta, al tiempo que disminuyen la vegetación y el contenido de agua del suelo, el retorno de agua a la atmósfera por evapotranspiración local disminuirá (en el largo plazo), y, por ende, disminuirá también la precipitación, especialmente cuando ésta es de tipo convectivo (Cavelier y Vargas 2002).

Estacionalidad en las cuencas hidrográficas. En contraste con el efecto de la deforestación sobre el rendimiento hídrico anual, durante la época de sequía se puede presentar tanto un aumento como una disminución en el caudal de los ríos (Bruijnzeel citado por Cavelier y Vargas 2002). La disminución en el caudal parece obedecer a efectos originados en las propiedades físicas e hidráulicas de los suelos. Cuando se deforesta, por lo general hay un aumento en la densidad aparente de los suelos y una disminución concomitante en su conductividad hidráulica, especialmente si éstos han sido perturbados (Lal citado por Cavelier y Vargas 2002).

En conclusión, la observación de que los regímenes hídricos de los ríos se ven deteriorados por la deforestación no es en realidad el resultado mismo de la deforestación, sino el reflejo de un cambio en las propiedades del suelo, lo cual afecta, directamente, la velocidad y la dirección del flujo de agua. Las modificaciones del balance hídrico a escala local y en el corto plazo, deben ser consideradas en escalas de tiempo y espacio mucho más amplias, a fin de entender las implicaciones globales y de largo plazo de los procesos de deforestación sobre el ciclo del agua (Cavelier y Vargas, 2002).

Características del reciclaje de nutrientes en los bosques montanos

Los bosques nublados, son los bosques del trópico húmedo que tienden a estar cubiertos de nubes o neblina. Tal condición hace que estos bosques reciban humedad adicional a la de las lluvias – debido a la captura o condensación de agua (precipitación horizontal)-, lo cual influye en su régimen hidrológico, su balance energético y en numerosos parámetros climáticos, edafológicos y ecológicos (Stadmuller citado por Montagnini y Jordan 2002). En general, los bosques nublados se encuentran en las grandes cordilleras continentales y a elevaciones superiores a los 1500 m.

La productividad primaria de los bosques nublados es menor que la de bosques de bajura situados en las mismas latitudes. También son menores su tasa de reciclaje de nutrientes y la concentración de N y/o P en el follaje (Montagnini y Jordan 2002).

Recientemente, Bruijnzeel y Veneklaas, citados por Montagnini y Jordan (2002) hicieron un análisis de los factores que se han sugerido como los responsables de la corta estatura y la baja productividad primaria de los bosques nublados.

Entre ellos figuran:

1. La escasez de agua, especialmente en suelos someros o rocosos (a pesar de la frecuente presencia de nubes).
2. Suelos saturados de agua (lo que limita la respiración de las raíces).
3. Tasas de fotosíntesis más bajas (debido a una radiación solar menos intensa y a las bajas temperaturas del aire).
4. Toma de nutrientes limitada (a causa de una menor tasa de transpiración, suelos ácidos, y una también baja descomposición y mineralización de nutrientes),
5. Exposición constante a vientos fuertes.
6. Una alta concentración de compuestos fenólicos en el follaje.

Bruijnzeel y Veneklaas, citados por Montagnini y Jordan (2002) llegaron a la conclusión de que el único factor común a todos estos bosques es la presencia casi constante de nubes a nivel del suelo, y que ninguno de los factores antes mencionados controla, de manera aislada, ni la estructura, ni el funcionamiento del bosque. Dichos autores sugieren que la baja productividad de los bosques nublados obedece, en parte, al clima, y en parte a la estructura y longevidad de las hojas, además que el ecosistema invierte una porción muy elevada del carbono fotosintético en el mantenimiento de una estructura de raíces relativamente grande (causada por las condiciones desfavorables del suelo) (Montagnini y Jordan, 2002).

Los factores edáficos y la distribución de las plantas. La capacidad de un determinado suelo para mantener plantas depende, en parte, de su estructura física. La cantidad de arcilla presente y sus características físico-químicas definen la capacidad del suelo de retener agua y nutrientes (Jordan y Logan citados por Clark 2002).

El flujo del agua en los árboles del dosel. El agua que no es interceptada puede llegar al suelo, ya sea como flujo caulinar (es decir, escurriéndose a través de la superficie de las ramas y los troncos) o por conducto del dosel. Una vez en el suelo, el agua puede acumularse (salvo en áreas con pendientes muy pronunciadas o con suelos muy delgados e impermeables), ser absorbidas por las raíces, filtrarse hasta la capa freática o perderse por transpiración (Goldstein *et al.* 2002).

Las distintas formas de crecimiento y el ciclo hidrológico

La proporción de especies siempreverdes y de especies caducifolias depende de la distribución estacional de la precipitación: mientras más se prolongue el periodo seco, mayor será el número de especies caducifolias que pierde sus hojas al comienzo de la estación seca. Curiosamente, estas especies presentan una abscisión foliar temprana - durante el periodo de transición entre la estación de lluvias y la época seca-lo que parece contradecir la idea de que los reservorios de agua sirven para amortiguar las fluctuaciones en la disponibilidad de agua del suelo (Goldstein *et al.* 2002).

Las epífitas pueden interceptar una pequeña parte del agua de lluvia, pero al no estar enraizadas al suelo no afectan mayormente la dinámica del agua edáfica. Las hemiepífitas, especies que comienzan su ciclo de vida como epífitas o en el suelo, desde el punto de vista de la administración del agua presentan características muy especiales: en la primera etapa de sus ciclo de vida dependen del agua de lluvia (o de la neblina que puedan interceptar); en la otra, sus raíces entran en contacto con el suelo, lo que les permite acceder a una fuente de humedad más grande y más estable y llegar a convertirse en árboles grandes (con lo cual pueden contribuir en forma más significativa al ciclo hidrológico del bosque) (Goldstein *et al.* 2002).

Los reservorios hídricos de las plantas y las fluctuaciones diarias en el uso del agua. Las plantas, en general, y los árboles en particular, pueden presentar tejidos en los que se acumula agua en forma transitoria, por periodos cortos o largos dependiendo del tipo de planta y de las condiciones ambientales. Estos reservorios pueden servir para amortiguar el déficit hídrico, diario o estacional a que se ven sometidas las plantas.

Cuando un árbol pierde agua por transpiración (específicamente las hojas del dosel) no puede reemplazarla inmediatamente por agua del suelo, porque el agua fluye a una velocidad de alrededor de 0,1 a 5 m por hora (en árboles tropicales) (Granier, Dye y Zang citados por Goldstein *et al.* 2002).

En los árboles de clima templado, particularmente en las coníferas, la contribución de las reservas internas de la planta al consumo diario de agua oscila entre un 6 y un 50% de las pérdidas totales de agua por transpiración. La contribución relativa de los reservorios internos a la demanda transpiratoria no es, sin embargo, un valor fijo. Por ejemplo, cuando la disponibilidad de agua en el suelo es alta, los reservorios internos de *Pinus pinaster* pueden aportar hasta un 12% del agua transpirada diariamente; pero cuando se presenta un periodo prolongado de sequía esa contribución puede ascender a un 25% (Loustau citado por Goldstein *et ál.* 2002). Otros estudios indican que la magnitud de las contribuciones internas puede cubrir hasta el 50% del agua transpirada diariamente (Waring y Running 1978, Waring *et ál.* citados por Goldstein *et al.* 2002).

La capacidad de los reservorios aumenta exponencialmente con el tamaño de los árboles, lo que sugiere que esa agua se vuelve proporcionalmente más importante conforme aumenta la altura del árbol.

Las coníferas de clima templado, por ejemplo, producen albura únicamente durante el verano; de ahí que ésta sea menos voluminosa que la de los árboles de los bosques tropicales, los cuales crecen durante todo el año. La longevidad también constituye un factor significativo. Las coníferas de clima templado tienen un ciclo de vida más largo que los árboles del dosel de los bosques tropicales. Pareciera, entonces, que la limitación hidráulica que podría suponer una mayor altura no es necesariamente una verdad universal, y que los árboles de los bosques tropicales y los de climas templados podrían estar sujetos a presiones selectivas diferentes en cuanto al efecto de la resistencia hidráulica en su crecimiento (Goldstein *et al.* 2002).

Bosque latifoliado

El bosque latifoliado nublado esta especializado tanto para captar el agua directamente de las nubes y neblina como el agua de las torrenciales lluvias típicas de los países tropicales. Con el ascenso de las nubes que se ven forzadas a hacerla, al encontrarse con las faldas de la montaña, la temperatura de las mismas disminuye abruptamente, estos cambios de temperatura condensan el agua de las nubes formando gotitas que se adhieren a las plantas epifitas y en los árboles desde donde caen lentamente sobre la superficie del suelo.

Las hojas anchas de los árboles disminuyen la fuerza de la lluvia provocando que las gotas caigan suavemente sobre el terreno. Este mecanismo evita la erosión tanto del suelo como de la hojarasca. El agua penetra en la capa orgánica de hojarasca formando un manto vegetal saturado de agua. Cuando el manto esta saturado el exceso de agua se filtra a través del suelo o forma pequeñas escorrentías que eventualmente formarán parte del Río Grande o Choluteca. Esta es la razón de por que este bosque nublado produce agua (AMITIGRA 2005).

2.5 ACUEDUCTOS Y SUS COMPONENTES

Los sistemas rurales de agua potable sirven a poblaciones concentradas o dispersas, pudiendo estar administradas local o regionalmente, en forma autónoma o dependiente de una organización superior. Generalmente, son operados por personal local.

Los sistemas pueden funcionar a gravedad, bombeo o pueden ser mixtos. En un sistema a gravedad el agua circula desde la captación hasta la distribución aprovechando la pendiente natural del terreno. Un sistema por bombeo requiere de equipo electromecánico para el abastecimiento del agua. Un sistema mixto requiere para que el agua circule, tanto de equipo electromecánico como de la pendiente natural del terreno (OMS 2001).

Los componentes básicos de un acueducto rural son cuatro:

1. Captación: puede realizarse para diferentes estructuras, de diferentes materiales, revestidos o sin revestimiento, con sistemas de bombeo y derivaciones.
2. Conducción: que consta de tubos de conducción, tanques y pasos de quebradas. Estas estructuras a la vez pueden ser hechos de diferentes materiales, y en el caso de las tuberías pueden ser colgantes o subfluviales, con longitudes variables.
3. Almacenamiento: realizado en uno o varios tanques de tamaño variable y contruidos de diferentes materiales. Puede o no requerir desinfección.
4. Distribución: consta de tubos de distribución, tanques repartidores, conexiones domiciliarias con o sin medidores. Los tubos pueden ser de PVC o polietileno con longitud variable (OMS 2001).

2.5.1 Criterios que debe cumplir un sistema de abastecimiento de agua

El SANAA (2003) ha establecido una serie de normas para el diseño y buen funcionamiento de los acueductos rurales, los cuales se resumen a continuación:

1. La distancia de la fuente escogida debe estar determinada por un estudio económico que incluya una adecuada relación beneficio-costos y que asegure la funcionalidad del proyecto.

2. En cuanto a calidad del agua, que su apariencia no sea turbia, carezca de mal olor, no arrastre muchos sedimentos y que no esté contaminada. El dueño del terreno escogido para hacer la obra toma debe dar su aprobación, en caso que la fuente no se encuentre en un área protegida o terreno ejidal donde se solicita la construcción a quien corresponda. No debe haber viviendas aguas arriba, ni actividades agrícolas mayores en el sitio de obra de toma escogida. El caudal mínimo aforado debe de cubrir las necesidades mínimas de consumo de la comunidad y el mismo no deberá ser menor que la siguiente ecuación:

Caudal mínimo de aforo

$$Q_{\min} = 0,025P_a$$

Donde: Q_{\min} : Caudal mínimo de aforo.

P_a : Población actual.

3. El sistema preferiblemente debe ser por gravedad, o sea, el sitio de la obra de toma debe quedar más alto que la comunidad a una altura moderada, para evitar presiones altas con las cuales podrían tener problemas con la resistencia de la tubería PVC, HG, obligando a usar tanques rompecargas o tuberías extra fuertes.

4. El sitio escogido para el tanque deberá quedar en un punto alto de la comunidad para poder distribuir el agua por gravedad, cubriendo por lo menos el 90% del total de las viviendas.

5. Que los habitantes de la comunidad deseen y muestren interés para trabajar en la construcción de dicho acuerdo y a la vez que tengan capacidad económica.

6. Ser accesibles en época seca.

7. Se servirán comunidades rurales con una población mínima de 200 habitantes y máxima de 2.000 habitantes. Para la población urbana aplican otros criterios de consumo.

8. La comunidad debe estar motivada y debidamente informada de su participación en la construcción, operación y mantenimiento del acueducto.

9. El diámetro de la tubería no debe ser mayor de 4 pulgadas (tanto de PVC, como de HG).

Normas de diseño

Los sistemas de abastecimiento rural requieren de una metodología, para lo cual se han elaborado las siguientes normas de acuerdo con las necesidades del medio rural de Honduras y su realidad socioeconómica. La finalidad de estas normas es la de uniformar los criterios para facilitar la labor de los ingenieros que intervienen en dichas obras. Cabe decir que estas normas no son rígidas y podrán modificarse con el avance de la técnica.

Parámetros de diseño

Período de diseño. Tomando en cuenta la durabilidad y vida útil de las tuberías, accesorios, materiales de construcción y el período que conlleva el diseño y la construcción, se ha determinado un período de diseño de 22 años para todas las partes del sistema. Aquellos sistemas que ya cumplieron con su periodo, es decir 22 años o más y que requieran mejoras en todas las partes del sistema, se considerará como acueducto nuevo.

Índice de crecimiento. Se tomará como índice de crecimiento anual 3%, el cual representa el promedio a nivel nacional según datos recabados por la Dirección General de Censos y Estadísticas. Si la Comunidad ha tenido un desarrollo inusitado, este índice podrá ser calculado tomando en cuenta censos anteriores suficientes como para pronosticar su tendencia futura. Criterios considerados cuando no exista un índice de crecimiento específico para la comunidad o municipio (SANAA 2003).

Cálculo de la población. El diseño de los acueductos se debe hacer de acuerdo con la población y número de viviendas resultante del levantamiento topográfico, cuando éstas sean mayores que lo reportado en la encuesta, la cual se considera como el último censo realizado y así evitar la confusión de que el número de conexiones sea mayor que el número de viviendas de la encuesta preliminar. De no tener una encuesta se calculará la población actual multiplicando la cantidad de viviendas por seis habitantes por casa.

Dotaciones. La dotación generalizada para poblaciones menores de 2.000 habitantes será de 25 gppd. En las comunidades de poblaciones mayores de 2.000 habitantes las dotaciones deberán satisfacer todas las necesidades de: a) Consumo doméstico, b) Consumo industrial y comercial, c) Consumo público, y d) Consumo pérdida y desperdicios.

Coficiente y variación de consumo. Básicamente, existen tres tipos de consumo:

- a.) Consumo medio diario: demanda promedio requerida para satisfacer las necesidades.
- b.) Consumo máximo diario: valor de la demanda máxima diaria durante el año.
- c.) Consumo máximo horario: valor del consumo máximo horario en el día de máxima demanda del año.

Fórmula para el cálculo del caudal medio

$$Q_m = P (\text{hab}) * d (\text{lppd}) / 86400 \text{ s/d}$$

$$Q_{mh} = Q_m * K_1 * K_2$$

Donde: Q_m : caudal medio diario

P (hab): población

d (lppd): dotación en lppd

Q_{mh} : caudal medio horario

K_1 : coeficiente de variabilidad diaria

K_2 : coeficiente de variabilidad horaria

Fuentes de abastecimiento. Según su origen las fuentes de abastecimiento de agua se pueden catalogar tres formas principales: agua superficial, subterránea y lluvia.

Estas tres alternativas se deben estudiar basándose en capacidad, examen físico-químico, examen bacteriológico y análisis beneficio-costos. Además de los requisitos anteriores se debe considerar el aspecto económico.

Características del lugar para obras de captación. Para protección de la estructura y calidad del agua, el lugar escogido deberá reunir las siguientes condiciones.

a.) La elevación de la obra de captación sobre el pueblo deberá ser suficiente para asegurar buenas presiones en la red.

b.) Aguas arriba del lugar escogido no existirá ninguna forma de contaminación, ya sea animal, humana, industrial, mineral, etc.

c.) El lugar escogido deberá estar bien reforestado así como el resto de la cuenca.

d.) Se escogerá un tramo recto de la quebrada evitando las curvas y con pendiente suave. De preferencia hacerse en alguna garganta del río (SANAA 2003).

e.) Los taludes a ambos lados del río no deberán ser verticales pues esto favorece los derrumbes, sino más bien, con una inclinación suave que permita el empotramiento cuando se construya una presa. Si tal empotramiento puede hacerse en roca, mucho mejor.

f.) Se le dará preferencia a los manantiales ya que estos nos garantizan una mejor calidad de las aguas.

g.) La cuenca debe tener problemas mínimos de erosión y el cauce debe ofrecer estabilidad en una distancia considerable aguas arriba y aguas abajo del sitio de toma.

Tipo de obra

De acuerdo con la fuente escogida se construirá la obra de toma que más se adapte a nuestras necesidades. Básicamente se utilizarán dos tipos de estructuras: caja colectora y presa; con menos frecuencia, dependiendo de las características del sitio y la fuente, pozos.

Presa. Para la captación en quebradas se construirán preferentemente presas de derivación con caja toma bajo el vertedero de rebose. En el dimensionamiento de dicha presa intervendrán varios factores entre ellos: la producción de la fuente, ancho del lecho y características del terreno.

Línea de conducción. Preferiblemente funcionará por gravedad y estará diseñada para un caudal mínimo igual al consumo máximo diario. Los conductos deben ser cerrados y trabajar a presión. Llevará todas las obras necesarias para su protección como ser válvulas de limpieza y aire, anclajes y rompecargas.

Tipo de tubería. Las tuberías que se usan con más frecuencia son de PVC y HG en todos los diámetros comerciales. La selección del material de tubería a utilizarse dependerá de la topografía del lugar y la clase del terreno (SANAA 2003).

Tanque de almacenamiento. El tanque debe estar colocado en un lugar con suficiente altura que permita una presión mínima de 10 m en el punto más desfavorable de la red. Además de preferencia en una área grande, plana y a una distancia que facilite el mantenimiento del mismo. Dentro de las mejoras cuando se necesite complementar la capacidad del tanque existente, la ubicación de éste será preferiblemente a la par, si la topografía lo permite para que las tuberías de entrada y salida estén al mismo nivel. En caso contrario se colocará lo más próximo a él, para no alterar las presiones existentes en la red y llevará una válvula “check” en la tubería de salida la cual será independiente de la salida del tanque existente al igual que la tubería de entrada y ambos tanques tendrán sus respectivas tuberías de limpieza y rebose.

Los tanques podrán ser circulares, rectangulares y cuadrados, construidos de ladrillo rañón reforzados, bloques de concreto-concreto armado y de mampostería y según su ubicación podrán ser elevados, superficiales, semienterrados y enterrados. El material que se escoja para construir los tanques depende de la disponibilidad que exista en el sitio considerándose los aspectos económicos. En cuanto al volumen de almacenamiento se ha determinado que la capacidad del tanque representará de un 30% a 40% del consumo medio diario en los sistemas por gravedad.

Desinfección

La desinfección del agua se hará utilizando hipoclorito de calcio (HTH), el cual se aplicará al agua almacenada a través de un hipoclorador construido sobre el tanque.

Período de contacto. Se ha establecido un mínimo de 30 minutos para que se verifique las acciones mutuas entre el cloro y el agua y lograr una desinfección eficaz. Se deberán obtener un cloro residual en la red de 0,2 mg/l (SANAA 2003).

Cantidad de solución. Dependerá de las aguas tratadas. Para aguas turbias se probará una dosis inicial de 1,6 mg/l de HTH y para aguas claras 1 mg/l.

Deberá agregarse también una cantidad adicional, como cloro residual, para cualquier contaminación posterior. En todo caso se recomienda efectuar un análisis previo de la demanda de cloro. La cantidad de HTH para un período específico y basándose en la cantidad de agua a tratarse se calculará así:

Cálculo de la cantidad de cloro HTH

$$G = \frac{CMD}{f}$$

Donde:

G: Cantidad de cloro HTH en gramos.

C: Grado de concentración deseada de cloro en el agua tratada en mg/l.

M: Cantidad de agua a tratar en m³.

D: Número de días que durará la solución (no mayor de 7 días).

f: Factor de concentración primaria del cloro HTH.

Dimensionamiento del hipoclorador. El volumen del hipoclorador tipo es de 384 litros. Será rectangular y se construirá sobre el tanque, llevará ciertos dispositivos que ajustarán el goteo calculado. La cantidad mínima de solución debe alimentar el sistema por ocho días consecutivos (SANAA 2003).

2.6 ZONAS DE RECARGA

El agua dulce que utilizamos proviene de dos fuentes: agua superficial y agua subterránea (mantos freáticos). Al agua de la precipitación que no se infiltra en el suelo o que regresa a la atmósfera, por evaporación o transpiración, se conoce como agua superficial (Lomeli *et ál.* 2005).

Las cuencas hidrológicas o colectoras, también llamadas cuencas de captación, son aquellas áreas de tierra que captan y llevan el agua de escurrimiento hasta las denominadas masas de agua superficial. Al agua que fluye por la superficie de la tierra hasta los cuerpos o masas de agua en la superficie se le conoce como escurrimiento superficial (Lomeli *et ál.* 2005).

Según Rodríguez citado por Vega (2001) el propósito de la determinación de un balance de humedad de suelos es la de establecer y analizar las entradas, salidas y cambio de humedad de suelos dentro de un área determinada. La recarga del acuífero es una de las salidas de humedad del suelo que se analiza por medio del balance de humedad de suelos, el cual involucra para su determinación los componentes básicos del ciclo hidrológico (precipitación, evapotranspiración e infiltración), además de los principales grados de humedad del suelo (capacidad de campo y punto de marchitez) y de la profundidad de raíces de las plantas, considerada como la profundidad donde suceden los cambios de humedad (Vega 2001).

Inicialmente se deben analizar los datos meteorológicos de la zona en estudio. En esta etapa del estudio, se analizarán las características de los suelos como parte de los componentes para realizar el balance de humedad de suelos. Para hacer este balance y estimar la recarga por infiltración hay que considerar la geología superficial y el uso actual de la tierra (Vega 2001).

Parte de la precipitación se infiltra en el suelo y llena los poros que hay en el suelo y rocas de la corteza terrestre. A la superficie bajo la tierra en donde todo el suelo y la roca disponibles están llenos de agua se le denomina zona de saturación, y al agua que

llena esos poros se le conoce como agua freática. El nivel de agua freática es la superficie superior de la zona de saturación. Es la línea divisoria entre suelo y roca saturados y no saturados, en donde los poros todavía pueden absorber más agua (Lomeli *et ál.* 2005).

La capacidad del suelo o roca para retener el agua depende de su porosidad y permeabilidad. Las capas porosas y saturadas con agua, arena, grava o lecho de roca, y que pueden rendir una cantidad de agua económicamente significativa, se conocen como mantos freáticos o mantos acuíferos (Lomeli *et ál.* 2005). La permeabilidad ó conductividad hidráulica de una roca es su capacidad de permitir un flujo de agua a través de si. La permeabilidad depende de los tipos de vacíos y las propiedades específicas de ellos. Por ejemplo los vacíos pueden ser poros o grietas, conectados entre sí o no (Eccentrix 2004).

El *cuadro 6* muestra algunas propiedades hidrogeológicas básicas de diferentes rocas. Como "roca" se entiende rocas sólidas, consolidadas (como caliza, arenisca, granito, etc.) y rocas no-consolidadas como suelos y depósitos cuaternarios (Eccentrix 2004).

Cuadro 6. Propiedades hidrogeológicas de las rocas

Tipo de roca	Tipos de vacíos	Porosidad	Permeabilidad	Caudal máximo de manantiales [l/min]	de
Grava	poros	elevada	elevada	3800	
Arena	poros	elevada	elevada	1000	
Arcilla	poros	elevada	muy baja	< 4	
Arenisca poco cementada	poros y fisuras	variable, gral. elevada	Gral. elevada	hasta 800	
Caliza	poros, fisuras y cavernas	muy variable	variable gral. elevada	1700 frecuente; hasta 1.000.000	
Roca Piroclástica poco cementada	Poros	elevada	variable, gral. elevada	hasta 2400	
Basalto	poros, fisuras y cavernas	variable	variable	entre 1700 y 3800 frecuente	
Riolita	poros y fisuras	variable, generalmente baja	variable, generalmente baja	entre 4 y 100 frecuente	
Granito alterado	no fisuras	muy baja (casi nulo)	muy baja	4 - 40 frecuente	
Gneis	fisuras	muy baja (casi nulo)	muy baja	< 40	

(Los datos para el caudal máximo de manantiales son datos aproximados que indican el rango del caudal posible. Estos datos no son aplicables a todos los casos particulares en forma generalizada, pero dan una impresión de la cantidad de agua disponible teóricamente en un terreno formado por la roca correspondiente.)

La mayor parte de los acuíferos se vuelven a llenar de manera natural por la precipitación fluvial que se infiltra por el suelo y roca, es el proceso conocido como recarga natural (Lomeli *et ál.* 2005). Cualquier superficie de tierra que deja pasar el agua hasta que ésta llega a un manto freático se denomina área o superficie de recarga. El agua subterránea va desde el área de recarga, atraviesa un manto freático, y llega a una área de descarga, como parte del ciclo hidrológico. Las áreas de descarga pueden ser pozos, manantiales y ojos de agua, lagos, géiser, corrientes fluviales y océanos (Lomeli *et ál.* 2005).

El agua infiltrada puede, a su vez, seguir estos caminos:

1. Evaporación, se evapora desde el suelo húmedo, sin relación con la posible vegetación (Sánchez 2004a).
2. Transpiración, las raíces de las plantas absorben el agua infiltrada en el suelo, una pequeña parte es retenida para su crecimiento y la mayor parte es transpirada.

La suma de estas dos se estudia conjuntamente, es la evapotranspiración (Sánchez 2004b).

3. Escorrentía subsuperficial o hipodérmica, que tras un corto recorrido lateral antes de llegar a la superficie freática acaba saliendo a la superficie (Sánchez 2004).
4. Si no es evaporada ni atrapada por las raíces, la gravedad continuará llevándola hacia abajo, hasta la superficie freática; allí puede ser atrapada por las raíces de las plantas “freatofitas” de raíces muy profundas, y que a diferencia de otras plantas, buscan el agua del medio saturado (Sánchez 2004b).
5. Finalmente, al agua restante da lugar a la escorrentía subterránea.

La deforestación puede causar cambios significativos en los patrones estacionales de los escurrimientos fluviales (Lomeli *et ál.* 2005).

La dirección del flujo de agua subterránea, de las áreas de recarga a las de descarga, depende de la fuerza de gravedad, presión y fricción. Normalmente el agua subterránea se desplaza de sitios de mayor elevación y presión, a puntos de menor elevación y menor presión. Este movimiento es muy lento (en promedio, un metro por año; raramente 0.3 metros al día). Por esta razón, la mayor parte de los mantos freáticos son como grandes lagos subterráneos de movimiento lento (Lomeli *et ál.* 2005).

El agua se infiltra a través de la superficie del suelo y luego se mueve verticalmente hasta cuando encuentra una capa impermeable que no permite el paso y obliga a la formación de un almacenamiento de agua en los espacios vacíos del suelo. El límite superior de este almacenamiento se denomina nivel freático (Silva 2004).

El agua de las precipitaciones que no es evaporada ni infiltrada, escurre superficialmente, pudiendo una buena parte ser evaporada, desde la superficie de ríos, lagos y embalses; también se evapora una pequeña parte (proporcionalmente pequeña, si consideramos el total de una gran cuenca, pero puede ser muy importante en lugares áridos que se abastecen con un embalse). Otra parte puede quedar retenida como nieve o hielo o en los lagos o embalses (escorrentía superficial diferida) y finalmente una parte importante es la escorrentía superficial rápida que sigue su camino hacia el mar (Sánchez 2004).

Así el agua precipitada puede sufrir evaporación y evapotranspiración, escurrir superficialmente, constituir escorrentía subterránea (Sánchez 2004).

En Hidrogeología, la permeabilidad (conductividad hidráulica, k) es un concepto más preciso, definido como la facilidad que un cuerpo ofrece a ser atravesado por un fluido, en este caso el agua. Es la constante de proporcionalidad lineal entre el caudal y el gradiente hidráulico: donde el caudal por unidad de sección es igual a la conductividad hidráulica K multiplicado por el gradiente hidráulico. El gradiente es como la pendiente que obliga al agua a circular a través del medio poroso, y lógicamente, a mayor gradiente, circulará mayor caudal (Sánchez 2005a).

Transmisividad, igual a permeabilidad por espesor. La facilidad del agua para circular horizontalmente por una formación geológica será una combinación de la permeabilidad y del espesor. Transmisividad igual a permeabilidad por espesor, cuyas unidades son m^2/s (Sánchez 2005a).

Se mencionó cómo continúa su camino el agua evaporada y la escurrida superficialmente. El agua ha llegado a la zona saturada circulará por el acuífero siguiendo los gradientes hidráulicos regionales. Esta salida al exterior puede ser por los siguientes caminos, o ser extraído artificialmente, mediante pozos o sondeos. En zonas de topografía plana y superficie freática profunda, la extracción por captaciones constituye casi la única salida del agua subterránea (Sánchez 2004).

Los contextos hidrogeológicos que dan lugar a un manantial son variados, evapotranspiración por plantas freatofitas o si la superficie freática está próxima a la superficie. Como consecuencia, en laderas que cortan la superficie freática se genera una abundante vegetación. Así, también es normal que un río aumente paulatinamente su caudal aguas abajo aunque no reciba afluentes superficiales. (Sánchez 2004).

La personalidad hidrogeológica de cualquier roca o formación geológica está definida por los dos factores:

1. Su capacidad de almacenamiento: de almacenar agua y cederla después (porosidad, coeficiente almacenamiento)
2. Su cualidad de transmisor, de permitir que el agua circule a través de ella (permeabilidad, transmisividad) (Sánchez 2005a).

Como ya se ha mencionado, existe una fuerte relación de la porosidad con la infiltración del agua. Por ello, es importante conocer los tipos de porosidad. Porosidad total: es el volumen de huecos entre el volumen total; puede expresarse en porcentaje, por 1 (en cualquier caso es adimensional). La porosidad eficaz: es el volumen de agua drenada por gravedad entre volumen total y se expresa igual que la porosidad total y por último la retención específica: diferencia entre los dos parámetros anteriores (Sánchez 2005).

El agua en el suelo se distribuye en zonas de humedad, lo que se encuentra por encima de la superficie freática se denomina zona de aireación o zona vadosa. La humedad en ella puede estar distribuida de un modo irregular, pero esquemáticamente podemos distinguir tres subzonas:

- Subzona de evapotranspiración, es la afectada por este fenómeno. Puede tener desde unos pocos cm, si no existe vegetación, hasta varios metros.
- Subzona capilar, sobre la superficie freática. El agua ha ascendido por capilaridad, su espesor es muy variable, dependiendo de la granulometría de los materiales.
- Subzona intermedia, entre las dos anteriores. A veces inexistente, a veces de muchos metros de espesor (Sánchez 2005).

En la zona vadosa puede haber agua gravífica que aún no ha descendido o contener agua por capilaridad. En la subzona capilar, la humedad forma una banda continua, mientras que en el resto estará irregularmente repartida (Sánchez 2005).

El contenido de humedad en el suelo está definido por el grado de humedad (peso de agua en una muestra respecto al peso de muestra seca, expresado en %), capacidad de campo (grado de humedad en el momento en que el suelo ha perdido su agua gravitacional), punto de marchitez (grado de humedad cuando las plantas no pueden absorber más agua) y agua utilizable por las plantas que es la diferencia entre los dos anteriores (Sánchez 2005).

Finalmente la transpiración está en función del poder evaporante de la atmósfera, el grado de humedad del suelo, el tipo de planta, las variaciones estacionales y por último las variaciones interanuales en áreas de bosque donde la ET aumenta con el desarrollo de los árboles (Sánchez 2005).

Desde el punto de vista de la Hidráulica es necesario mencionar conceptos como: *líneas de flujo y superficies equipotenciales*. La línea de flujo es la envolvente de los vectores velocidad en un instante determinado. Trayectorias son los caminos seguidos por las partículas de agua en su recorrido. En régimen variable pueden no coincidir (Sánchez 2004).

Una superficie equipotencial es el lugar geométrico de los puntos del espacio que tienen un mismo potencial hidráulico. Por tanto, el flujo se producirá perpendicularmente a las superficies equipotenciales, buscando el máximo gradiente. Las superficies equipotenciales pueden tener cualquier forma y el flujo se moverá perpendicularmente a estas superficies (Sánchez 2004).

Por supuesto que todo esto son conceptos exclusivos de la Hidráulica Subterránea, sino que son análogos a otros campos de la Física: flujo eléctrico, térmico, etc.

2.6.1 Redes de flujo

Una red flujo es una representación esquemática del flujo en un plano mediante líneas de flujo y líneas equipotenciales. Las líneas equipotenciales son de traza de las superficies equipotenciales al ser cortadas por el plano que dibuja la red de flujo. El flujo siempre es tridimensional, así que las redes de flujo, en un plano, pueden trazarse en un plano horizontal o en un corte vertical.

En ocasiones, una red de flujos permite calcular cuantitativamente el caudal circulante, simplemente aplicando la Ley de Darcy (Sánchez 2004).

2.6.2 Flujo descendente y ascendente: áreas de recarga y descarga

Cuando el flujo presenta una componente vertical importante se presentan en cortes verticales. En un caso real, lo normal es que no se disponga del esquema de la red de flujo que existe bajo los pies. Para saber si nos encontramos en una zona de recarga (flujo con componente vertical descendente), de descarga (flujo ascendente) o bien si el flujo subterráneo es horizontal, hay que medir el nivel en dos próximos abiertos a diferente profundidad (Sánchez 2004).

El deterioro de las zonas de recarga de las cuencas hidrográficas, la baja eficiencia del uso del recurso, la contaminación de ríos, fuentes y reservorios de agua, están causando una acelerada reducción de la disponibilidad de las fuentes de agua para usos múltiples. El grado de deterioro de las zonas de recarga está determinado por el grado de erosión de los suelos y la deforestación, sobre todo en zonas de pendientes muy inclinadas. Esta situación está siendo causada por la intervención del hombre para desarrollar actividades agrícolas, extracción de leña y de construcción de viviendas. Estas características evidencian la necesidad de proteger los reservorios subterráneos y superficiales (Pelayo 2003).

2.6.3 Modelación de fuentes de agua

Relacionando parámetros de calidad del agua superficial medidos en diferentes puntos con el uso de la tierra, prácticas culturales y algunas características biofísicas, se puede modelar de qué forma la actividad productiva afecta la calidad del recurso hídrico en las zonas específicas de la cuenca (Villegas *et ál.* 1995).

La selección de estos puntos de toma de muestra es importante considerar simultáneamente aspectos como orden de cauce, representatividad, accesibilidad, uniformidad, y referencia de datos previos (Villegas *et ál.* 1995).

La recolección de la información contempla básicamente en desarrollar un perfil biofísico y socioeconómico a través de entrevistas o talleres con los pobladores, y visitas de campo, en dependencia si es un estudio completo o únicamente biofísico para ciertas zonas (Guillén *et ál.* 2004).

Es destacable mencionar que mediante un recorrido *in situ* se deben identificar los manantiales a fin de caracterizarlos y ubicarlos en un mapa haciendo uso de GPS y posteriormente del SIG con el programa Arcview, tomando como herramienta los mapas de uso del suelo y pendientes, para analizar la influencia de las actividades antropogénicas en los manantiales (Córdoba *et ál.* 2004).

Finalmente nos se puede olvidar la influencia que representan para un estudio así los mapas de modelo de elevación digital, drenajes principales, textura, uso del suelo y cobertura, límites de cuenca y ubicación de estaciones meteorológicas (Rivera *et ál.* 2004).

2.7 DATOS POBLACIONALES

Este cálculo se hace en base a la población y número de viviendas, cuando éstas sean mayores al valor reportado en la encuesta considerada como el último censo realizado. En el caso de no contar en la encuesta con un dato de población, se calcula la misma multiplicando la cantidad de viviendas por seis habitantes por casa (SANAA 2003).

Conociendo los factores que condicionaron el crecimiento de la comunidad es posible estimar su población futura. Para hacer tal cálculo se utilizará el método aritmético y con menos frecuencia, el método geométrico. Y si está bien definida el área de la comunidad se podrá considerar el cálculo de la población por el método de saturación (SANAA 2003).

2.7.1 Método aritmético

El método supone una variación lineal de la población en el tiempo. Se utiliza la siguiente fórmula:

Cálculo de población de diseño

$$P_f = P_o \left[1 + \frac{kt}{100} \right]$$

Donde:

P_f: Población futura

P_o: Población actual

k: Tasa de crecimiento anual

t: Período de diseño

2.7.2 Método geométrico

Este método se utilizará preferiblemente para poblaciones de más de 2.000 habitantes. La fórmula a aplicarse será:

Cálculo de población de diseño

$$P_f = P_o (1 + r)^t$$

Donde:

P_f: Población futura

P_o: Población actual

r: Tasa de crecimiento anual

t: Período de diseño

Determinación de la tasa de crecimiento anual

$$r = \sqrt[\Delta t]{[P(t_2)/P(t_1) - 1]}$$

Donde:

Δt : Período intercensal entre “*t₁*” y “*t₂*” (= *t₂*-*t₁*)

P(t₁): Población en el tiempo “*t₁*”

P(t₂): Población en el tiempo “*t₂*”

2.7.3 Método de población de saturación

Este método se utilizará preferiblemente es poblaciones cuya área esta perfectamente delimitada, con límites establecidos. Y si la comunidad esta creciendo siguiendo un orden urbanístico (bloques, lotes y cuadras) que permita un orden en el crecimiento demográfico (Vallejo 2003).

Para determinar la población futura con el método de población de saturación se siguen algunos pasos:

1. Cálculo del número de bloques (**n**)
2. Cálculo del número de lotes (**nxL**)
3. Determinar la densidad de ocupación **d** (habitantes por lote)
4. Cálculo de la población de saturación (**nxLxd**)

3. METODOLOGÍA

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río la Soledad abarca en su mayoría territorio del Municipio de Valle de Ángeles, y en menor extensión territorios del Distrito Central y del Municipio de Santa Lucía. Todos pertenecientes al Departamento de Francisco Morazán, Honduras (Figura1). Ubicándose esta microcuenca en la subcuenca del río Yeguaré, parte alta de la cuenca del río Choluteca. Su área se extiende entre las coordenadas UTM al Norte 492,777.91 E - 1, 568,445.48 N, al Sur 495,887.55 E - 1, 564,239.08 N al Este 497,845.49E-1, 566,826.42 N y al Oeste 491,280.13 E - 1, 567,501.29 N; en escala 1:50000 (FOCUENCAS II 2005).

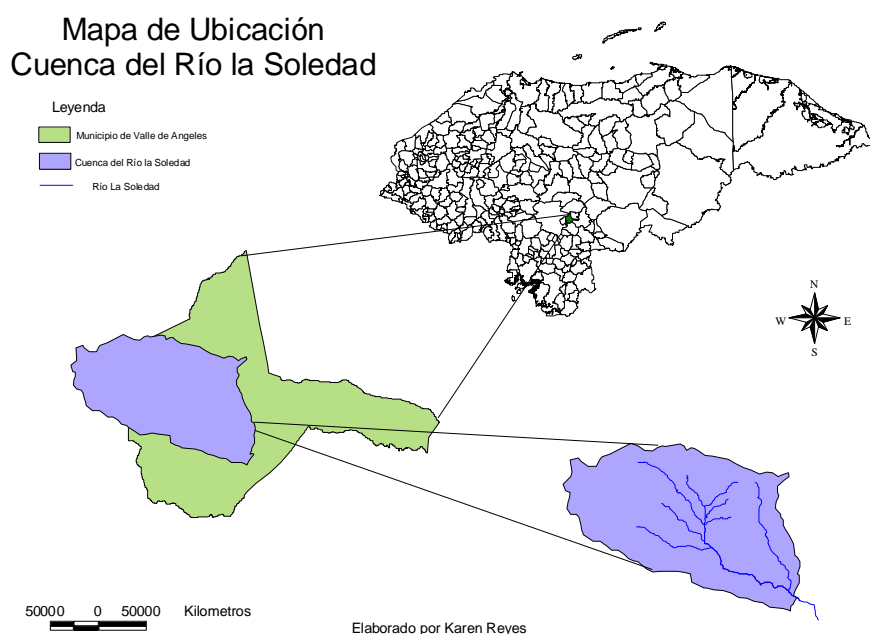


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río La Soledad

La cuenca sufre procesos de degradación de sus recursos naturales, que amenazan la disponibilidad de agua en calidad y cantidad. La desocupación de la población se incrementa día con día y el potencial eco turístico no se aprovecha adecuadamente (FOCUENCAS II 2005).

La cuenca limita con varias subcuencas, al norte con la de San Juan de Flores, El Palillal y San Francisco, al sur con la del río Salado y del río El Cobre (parte baja de río Salado); al este con la de Quebrada Grande; y por el oeste con la del río Chiquito. El área total de la microcuenca es de 4603 ha y gran parte de su territorio se encuentra en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional La Tigra, área productora de agua, de la cual se abastece en parte de agua potable, a la ciudad capital, Tegucigalpa (FOCUENCAS 2001).

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.2.1 Uso del suelo

La dinámica del uso de la tierra ha generado procesos de usos en zonas inapropiadas, considerando que la vocación de la cuenca es de protección forestal. La microcuenca tiene más del 43% de su territorio en situación de área protegida (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 (FOCUENCAS II 2005).

Consecuentemente 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. La erosión se produce por la falta de utilización de prácticas conservacionistas y por el sobreuso, esto influye en la inestabilidad de terrenos. La intensidad de la erosión forma canales y cárcavas que luego sin cobertura forestal desarrollan movimientos masivos de suelos, en épocas lluviosas para generar los deslizamientos (FOCUENCAS II 2005).

3.2.2 Red hídrica

La red hídrica principal está compuesta por microcuencas menores, tal como se detalla en el *Anexo 3*. El sistema principal de drenaje de la microcuenca lo constituyen, el río La Soledad y la Quebrada Agua Amarilla. Esta última fuente, desde su nacimiento hasta su confluencia con el río La Soledad posee una extensión de 5,6 km, cruzando el

casco urbano de la ciudad de Valle de Ángeles y posteriormente pasa a formar parte del sistema de drenaje del río La Soledad. Desde ese punto hasta la salida de la cuenca, este río posee una longitud estimada en 6,7 km. Un tercer sistema de drenaje y no menos importante es el de la quebrada San Francisco, esta posee una longitud de cauce estimada en 2,5 km. Esta quebrada reviste especial importancia debido a que abastece de agua potable al 100% de la población urbana de Valle de Ángeles (FOCUENCAS II 2005). En el *Anexo 3* se puede apreciar el resumen de las microcuencas cuyo uso específico es para consumo de la población del municipio.

3.2.3 Climatología

El clima de la zona es agradable y se pueden distinguir dos estaciones muy marcadas, la lluviosa, de mayo a octubre y la seca, de noviembre a abril. La precipitación media anual varía entre 1500 a 2500 mm (Rivera, 2002). La temperatura promedio anual es de 18 °C (FOCUENCAS, 2001) e igualmente, la humedad relativa promedio es de 84% con una evapotranspiración potencial promedio de 55 mm por mes (CONACH 1992). El flujo predominante de los vientos es del cuadrante Nordeste con variaciones al Norte y Noroeste, entre octubre y febrero y del Sudeste en cortos lapsos en los meses de mayo, junio y septiembre (FOCUENCAS II 2005).

3.2.4 Geología

La formación Valle de Ángeles está compuesta por depósitos sedimentarios, que incluyen lutitas, limonitas, areniscas, conglomerados de cuarzo y clastos metamórficos, volcánicos y de caliza; con un color rojo claro o marrón, hasta café claro. Son capas planas con zonas de estratificación cruzada y capas graduadas, depositadas en un ambiente de abanicos aluviales, de edad Cretácica, muy potentes de un espesor que puede llegar a los 1.000 m. Estos sedimentos consisten en arena, grava y guijarros de fragmentos de lutita, arenisca, tobas y otros materiales volcánicos. También existen algunas tobas de riolita a lo largo del río La Soledad y el río de Tatumbula (Rogers y O'Conner 1990).

3.2.5 Características socioeconómicas

Demografía

La totalidad de la población del municipio de Valle de Ángeles que llega aproximadamente a 13.400 habitantes. Diferenciada por área (urbana 44,6% y rural 55,4%), por género (51% hombres y 49% mujeres), por grupo de edad (de 0 a 14 años un 40%, de 15 a 64 años un 56% y de 65 años a más el 4%), por condición de analfabetismo (17,4%) y por población económicamente activa (ocupados 98,6% y desocupados 1,4%).

Valle de Ángeles presenta una densidad de población de 106 habitantes por kilómetro cuadrado, con una tasa de crecimiento intercensal de población de 3,6%, siendo el municipio con mayor tasa de crecimiento a nivel del país (INE 2001).

Al interior el municipio se divide en siete sectores: Valle de Ángeles, Cerro Grande, El Guanacaste, El Liquidambal, La Sabaneta, Las Cañadas y Río Abajo o Playas.

Valle de Ángeles, casco urbano, comprende los barrios: El Centro, Sunteco, Arriba, Abajo, Tablón Abajo, Tablón Arriba, El Carmelo, La Esperanza, La Leona, El Zarzal, El Cantón, La Quinta, La Cimbra, Miravalle, El Molino, Los Lirios, La Pozona, Piedra de Afilas, La Escondida, Las Golondrinas, Pinares del Valle, La Sucia, Las Quebraditas, Buena Vista y Colonia el Banco.

El sector de Cerro Grande comprende las comunidades de: Las Tres Rosas, Valle Verde, Paso del ganado, Cerro Grande, El Retiro, Pie del pichingo, Macuelizo, La Rastra, El Amatillo y Los Corrales. El Guanacaste comprende las comunidades de: Las Guayabillas, Guanacaste, El Guayabo, y Jocomico.

El sector de El Liquidambal comprende las comunidades de: El Socorro, El Portillo, El Liquidambal. La Sabaneta comprende las comunidades de: Chinacla, Chiquistepe, El Manteado y Sabanetas. Las Cañadas comprende las comunidades de: Chaguitio, Las Cañadas, El Sauce, Altos de la Cañada y Quebrada Honda. Y Río Abajo o Playas comprende las comunidades de Río Abajo y Plan Grande (DCVA 2004).

Salud

El municipio de Valle de Ángeles cuenta con dos centros de salud pública, un hospital y varias clínicas de carácter privado. Las causas de consulta por la que más se asiste la población menor de cinco años a las unidades de salud son: enfermedades respiratorias, parasitosis, diarrea, control de embarazo y el control de crecimiento y desarrollo de los menores.

Cultura

El municipio cuenta con una casa de la cultura, local para eventos culturales y artísticos.

Religión

En Valle de Ángeles se profesa la religión católica en su mayoría, pero existen diversos templos de otras sectas religiosas.

Servicios municipales

Las autoridades municipales brindan el servicio de tren de aseo para la recolección de desechos sólidos, aunque su cobertura no abarca todo el municipio. Existe un terreno para botadero, pero no se brinda tratamiento a la basura. Además se brinda el servicio de alcantarillado en un sector del casco urbano (FOCUENCAS II 2005).

Mercado

En el municipio de Valle de Ángeles existe un mercado municipal donde se abastece la población además de las pulperías y minimercados que existen en el territorio, aunque hay quienes viajan a la ciudad capital para abastecerse.

Actividades productivas

Dentro del municipio se desarrollan diversas actividades productivas; al nivel del casco urbano se dedican al comercio (artesanías, tiendas), servicios domésticos, agricultura, construcción, servicios varios (oficinistas, meseros, domésticos) y telecomunicaciones. En las comunidades rurales se dedican a la agricultura, cría de especies menores, comercio en pequeña escala y la actividad artesanal (FOCUENCAS II 2005).

Medios de comunicación

En el casco urbano de Valle de Ángeles se cuenta con radio, televisión, internet, teléfono, correo, telégrafo, fax, servicio de transporte interurbano y periódicos de la capital; en el área rural se tiene radio, televisión y telefonía celular en algunos casos. En cuanto a vías de comunicación, la ciudad de Valle de Ángeles se encuentra a 22 km de la ciudad capital Tegucigalpa y su acceso se realiza por una carretera asfaltada, en buen estado, todo el año (FOCUENCAS II 2005).

Gobierno local

El principal gobierno local en la cuenca es la Alcaldía de la Municipalidad de Valle de Ángeles. Además como soporte y de trabajo mancomunado existen comités y organizaciones locales de apoyo a la labor de la alcaldía (bomberos, grupos de artesanos, cooperativas). El 4 de octubre de 1997 mediante decreto legislativo 184-96 se otorga la categoría de Ciudad Turística al Municipio de Valle de Ángeles (FOCUENCAS II 2005).

Escolaridad

En Valle de Ángeles, el caso urbano y los sectores de Cerro Grande y las Cañadas se tiene un nivel de escolaridad de 5% al nivel universitario, 20% nivel medio, 1% artesanos calificados, 40% primaria completa, 34% primaria incompleta. En el resto de las comunidades un 90% no ha concluido la primaria (FOCUENCAS II 2005).

3.3 UNIDADES DE ESTUDIO

3.3.1 Población

La población la constituyen las 18 fuentes de agua, tanto las que se encuentran dentro de la microcuenca como fuera de la misma, categorizándolas en cuanto a ubicación, condiciones biofísicas y antropogénicas, uso de la tierra y finalmente de acuerdo al uso, calidad y cantidad de recurso hídrico.

3.3.2 Unidad muestral

La unidad muestral la constituyeron los 22 acueductos que son abastecidos por las 18 principales fuentes de agua. Tomando este tamaño de muestra en consideración que el estudio realizado fue específico y no general.

Inicialmente se comenzó el estudio de calidad y cantidad de agua de acuerdo a su ubicación geográfica. Es decir se sectorizaron de acuerdo a la cercanía entre acueductos. Para la selección de los puntos donde se midió caudal se consideró la toma de captación y la tubería de entrada al tanque de almacenamiento del acueducto.

Además para monitorear la calidad del agua se consideró un punto de muestreo de acuerdo a la influencia de la zona de recarga. En la mayoría de los casos se realizó en la presa u obra de captación.

3.3.3 Recolección de datos

Los datos recolectados proceden de dos tipos de fuentes de información: primaria y secundaria. Se hizo una revisión de la información existente que fue tomada como base y verificada en campo. Cabe mencionar que debido a esta verificación se pudo complementar y rescatar información valiosa. Los datos primarios que sirvieron de base para el actual estudio en todas las fuentes de agua de este municipio fueron estudios anteriores hechos sobre calidad de agua.

Además datos socioeconómicos, problemas y debilidades, uso del suelo y actividades productivas.

Los datos secundarios que se consideraron para llevar a cabo el estudio fueron la identificación de los grupos organizados para el manejo del recurso hídrico, a nivel local y municipal. Agregando a esta la revisión de documentos de estudios hechos para la microcuenca como ser tesis, informes y reportes. Incluyendo a esto consulta a mapas y hojas cartográficas y ortofotos.

3.4 PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS

3.4.1 Calidad de agua

Para la determinación de la calidad del agua en las fuentes fue preciso realizar la toma de una muestra, para ser sometida a análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.

Los análisis hechos se realizaron combinando el estudio de parámetros de tres de las cuatro etapas de control de calidad establecida por la “Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable” de la República de Honduras.

Los elementos que se consideraron de la primera etapa o análisis básico fueron la presencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes (fecales), turbiedad, temperatura y pH. De la segunda etapa o análisis normal se estudio parámetros como los nitratos. Y por último de la tercera etapa que corresponde a un programa de análisis avanzado del agua potable se observó la presencia de sólidos totales disueltos, desinfectantes y sustancias orgánicas de significado para la salud.

Además, considerando el ICA, que es un estándar en la calidad del agua y que sugiere el estudio de parámetros como: DBO, OD, coliformes totales, nitratos, pH, cambio de temperatura, sólidos totales disueltos, fosfatos y turbiedad; se revisó y seleccionó cuidadosamente los parámetros a estudiar, considerando que se quiere analizar si el agua es apta para consumo humano y adecuada para la vida de diversos ecosistemas.

Específicamente fueron analizados parámetros bacteriológicos (coliformes), organolépticos (turbiedad), fisicoquímicos (DBO, OD, DQO, pH, fosfatos, temperatura, sólidos disueltos y suspendidos) y sustancias no deseadas (nitratos).

El procedimiento a seguir en la toma de muestras consistió inicialmente en la preparación del equipo y materiales a utilizar.

Dentro del equipo se puede mencionar el potenciómetro (medidor de pH), el termómetro, el lector de oxígeno disuelto, una hielera y un reloj. Los materiales requeridos fueron recipientes plásticos de dos litros de capacidad, bolsas plásticas estériles, libreta de anotaciones, lápiz, agua destilada y frascos de vidrio especiales para medir el oxígeno disuelto.

El primer paso fue la desinfección de los frascos plásticos, ya que se utilizaron embases de refrescos. La dosis de sustancias con las que se desinfectó fue: agua/detergente/agua/agua/agua destilada. Tratando de utilizar detergentes biológicos de los que se encuentran en el mercado local y asegurándose de enjuagarlos varias veces con la misma agua de la cual se va a tomar la muestra para el análisis.

El segundo paso fue la toma de datos de referencia para el laboratorio, es decir, el registro de la temperatura ambiente del agua, hora de la toma, medición del pH y oxígeno disuelto. Para la medición de la temperatura se introdujo el termómetro al agua y se hizo la lectura de la columna de mercurio que indica los grados centígrados. El valor del oxígeno disuelto se determinó con un medidor portátil, colocando la punta del medidor dentro del

agua por espacio de un minuto, esperando que se estabilice para hacer la lectura. Además de indicar con etiquetas en los frascos la procedencia de la muestra, fecha, origen en la fuente (presa, tanque, tubería) si es de río, quebrada, pozo, agua cruda o tratada, y finalmente aclarar que tipo de estudio se quiere si es bacteriológico, fisicoquímico, ambos o de algún parámetro en especial.

Una vez registrada la información de la muestra se procedió a tomar la muestra en los recipientes respectivos, colocando las muestras bacteriológicas, es decir la de las bolsitas, en la hielera a 10° C aproximadamente, y conservando los frascos a temperatura ambiente.

El tercer paso fue entregar la muestra de agua al laboratorio para su respectivo análisis. Para ello fue necesario recolectar la muestra cumpliendo con las condiciones del laboratorio. Estas consistieron básicamente en llevar una cantidad no menor de 1,5 litros de agua para ser examinada y procurar que la muestra para análisis fisicoquímico se hubiese conservado a temperatura ambiente y no pasar después de 36 horas de recolectada en llegar al laboratorio. Y además que la muestra para el estudio bacteriológico llegará en su respectiva bolsa estéril, y en cantidad no inferior a 100 mililitros. Conservada en condiciones de refrigeración desde su toma hasta su análisis y no exceder las 24 horas después de tomada en llegar al laboratorio.

Para cada parámetro observado fue necesario un método diferente, para mencionar algunos tenemos el método de filtro membrana para el estudio de coliformes, el nefelométrico para analizar la turbiedad, electrométrico para determinar el valor del pH.

Para tal análisis comparativo se planteó el siguiente modelo estadístico:

Modelo lineal matemático

$$Y_1 - Y_n = \mu + E + \varepsilon_{1-n} \quad \text{donde;}$$

$Y_1 - Y_n$: variables de respuesta de la calidad del agua a la época

μ : es la media general

E : es el efecto de la época

ε_{1-n} : es el error experimental $\sim N(0, \sigma^2)$

Para orientar el análisis se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis planteadas

H_0 = La calidad del agua de los acueductos de acuerdo a la época es estadísticamente igual

H_1 = Al menos dos épocas son estadísticamente diferentes.

Para comparar las medias de los parámetros analizados durante las tres épocas, se realizó un análisis de la varianza multivariado, cuyos resultados se muestran en otra sección.

3.4.2 Cantidad de agua

La medición de la cantidad de agua consistió básicamente en la realización de aforos en las fuentes de agua. Los dos tipos de aforo realizados fueron el volumétrico y con flotadores de acuerdo a las condiciones específicas de cada una.

El más utilizado fue el volumétrico que consistió en medir en un recipiente de volumen conocido, el tiempo tardado en llenarse. Para esto se requirió únicamente de un cronómetro, un recipiente de volumen conocido, lápiz y papel. Esta medición se realizaba mínimo tres veces para promediar el caudal y que resultará lo más aproximado posible. Esto porque en los lugares donde el agua se midió en tubería pudiesen contener partículas de aire.

El otro método utilizado fue la medición del caudal a través de flotadores, para lo que fue necesario utilizar una cinta métrica, cronómetro y un flotador, para el caso se usaron pedazos de corcho. Al igual que el método anterior se realizó, al menos, tres veces para promediar el caudal resultante.

3.4.2.1 Frecuencia en la toma de muestras

La toma de muestras se realizó en tres épocas del año, coincidiendo estas con el cambio de la época seca a la lluviosa. Las tres épocas durante las cuales se hizo el muestreo fueron seca (marzo), transición (mayo – junio) e inicios de la lluviosa (julio – agosto).

Para cada sistema estudiado se tomaron tres muestras en cada una de las diferentes épocas climáticas; 21 de los 22 sistemas fueron evaluados en las tres épocas, uno de ellos solamente en dos épocas (transición e invierno), debido a que no existía registro del mismo y a medida que avanzó el estudio se evidenció su importancia.

El primer periodo ocurrió en marzo, haciendo una toma de muestra fisicoquímica y bacteriológica, además de la medición del caudal en cada uno de los sistemas. La segunda toma se realizó a mediados de mayo y principios de junio, evaluando nuevamente calidad y

cantidad de agua en los sistemas. Finalmente el tercer muestreo se realizó desde finales de julio y principios de agosto, repitiendo el mismo proceso en cada sistema.

Para tal análisis comparativo es planteó el siguiente modelo estadístico:

Modelo lineal matemático

$$Y_{ij} = \mu + E_i + \varepsilon_{ij}, \quad \text{donde}$$

Y_{ij} : es la j-ésima respuesta de la cantidad de agua en la i-ésima época

μ : es la media general

E_{ij} : es el efecto de la i-ésima época

ε_{ij} : es el error experimental $\sim N(0, \sigma^2)$

Para orientar el análisis se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis planteadas

H_0 = La cantidad de agua de los acueductos de acuerdo a la época es estadísticamente igual.

H_1 = Al menos dos épocas son estadísticamente diferentes.

Para comparar las medias de los parámetros analizados durante las tres épocas, se realizó un análisis de la varianza, cuyos resultados se muestran en más adelante.

3.4.3 Cálculo de la oferta y la demanda actual y futura de los usuarios de acueductos en la cuenca del río La Soledad

El cálculo de la oferta actual de los sistemas de abastecimiento se hizo por medio de la medición de caudales en las fuentes que son usadas para consumo humano. El cálculo oferta futura no fue posible plasmarlo ya que no se cuenta con la información necesaria. Es decir, registros de la variación en la cantidad de agua mensual por lo menos de 10 años atrás; en otras palabras no existe un balance hídrico (datos de precipitación, evapotranspiración, escorrentía, etc.), ni se registra el tipo de suelos en cada microcuenca, condiciones geológicas particulares, usos y cambio de uso del suelo, deforestación y urbanización, factores influyentes en el volumen de agua para cada fuente.

La demanda actual fue calculada en base a datos poblacionales aproximados (*Anexo 6*), y la demanda futura acorde a la población calculada por método aritmético y el índice de crecimiento poblacional para el municipio (3,6%).

El censo poblacional existente fue realizado en el año 2001, por lo que no se tiene información actual y oficial de población para el municipio. Debido a esto los datos poblacionales fueron obtenidos con base en la información manejada por las juntas de agua, que en su mayoría registran únicamente el número de viviendas. Es por ello que se consideró el utilizar el valor promedio de seis personas por vivienda que se usa en las Normas de Diseño para Acueductos, tratando de esta forma de aproximarse a un dato poblacional más real.

Se hizo la comparación de la oferta ideal y la oferta real del acueducto, determinando si hay déficit o si se cumple la demanda de acuerdo cantidad de usuarios de cada sistema. Comparación válida para oferta y demanda actual y futura. Es importante mencionar que la oferta real esta dividida en dos tipos, la total, que es la cantidad de agua que hay en la fuente, y la neta, que es el volumen que es captado en realidad.

Seguidamente este dato de oferta de agua brindada por el sistema fue comparado con el caudal de diseño del acueducto, para establecer el término de comparación entre la cantidad de agua que entrega el sistema y la cantidad que debería brindar de acuerdo el número de usuarios con los que cuenta. Para calcular este caudal de diseño se utiliza la fórmula de caudal de diseño con base en dotación y factores de variación del caudal, concluyendo de esta forma, si se cumple o no, con la demanda de la población.

Esta demanda no es más que el estándar de cantidad de agua necesaria por persona por día establecida en las normas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, con dotaciones de 200 lppd (OMS) en el área urbana, y 95 lppd en el área rural.

Para el cálculo de la demanda futura se utiliza la tasa de crecimiento poblacional del municipio en periodos de 5, 10 y 20 años, proyectando la tendencia de la demanda será satisfecha o habrá déficit.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. REALIZAR UN ESTUDIO DETALLADO DE LAS FUENTES DE AGUA QUE ABASTECEN A LA COMUNIDAD Y QUE SON ADMINISTRADAS POR JUNTAS DE AGUA

4.1.1 Localización de los sistemas de abastecimiento de agua potable

Se realizó el proceso de georeferenciación de los sistemas de agua para consumo humano, comprendiendo principalmente la ubicación de las obras de captación (*Anexo 4*) y almacenamiento (*Anexo 5*) con el propósito de tener un panorama general de la localización de estos acueductos en torno al municipio. Adicionalmente se tomó algunos componentes de siete sistemas, donde fue posible recibir la señal clara del GPS (*Anexo 6*).

Este proceso se hizo además para conocer aproximadamente la ubicación geográfica de los acueductos y las fuentes dentro y fuera del municipio, para poderles dar monitoreo y seguimiento. Como resultado de este trabajo se obtuvieron dos mapas de ubicación geográfica de los dos componentes más relevantes en un sistema de abastecimiento de agua. Estas son las obras de captación (*Figura 2*) y las de almacenamiento (*Figura 3*). También se puede observar en el *Anexo 7* la ubicación de las obras de captación, cuya fuente abastecedora se encuentra dentro del Parque Nacional La Tigra.

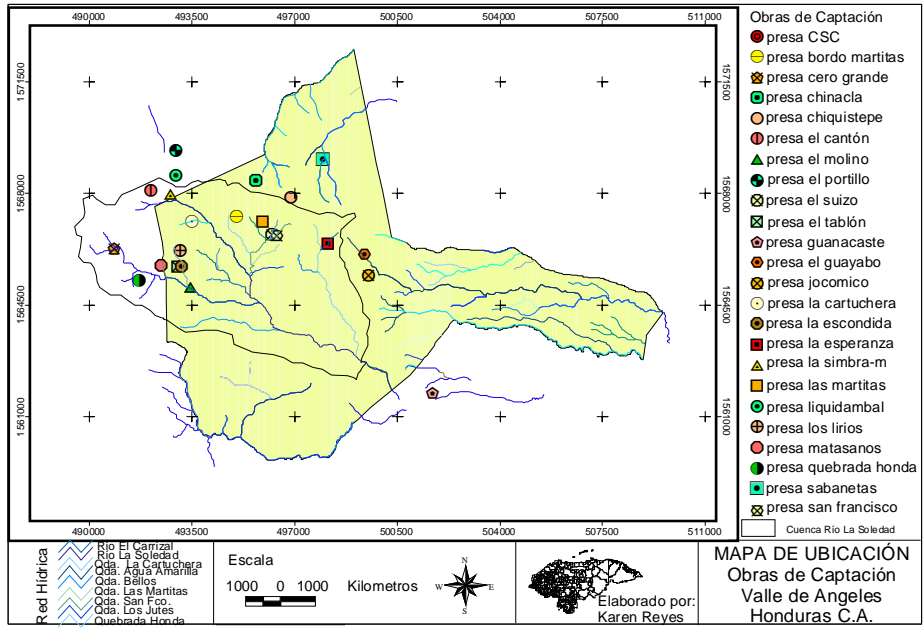


Figura 2. Ubicación de las obras de captación de agua para consumo domiciliario, dentro y fuera de la cuenca del río La Soledad, Honduras

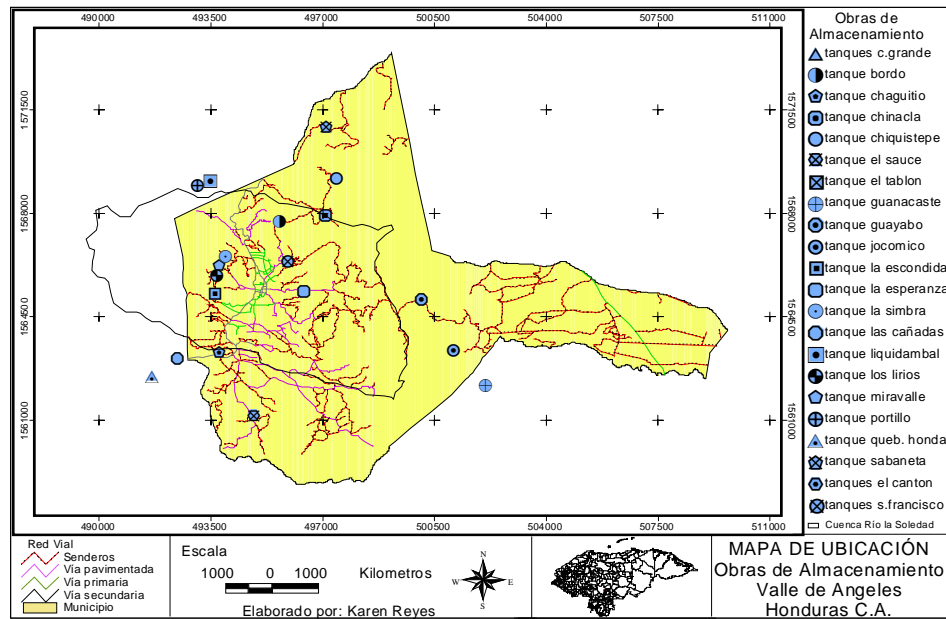


Figura 3. Ubicación de las obras de almacenamiento de agua para consumo domiciliario, dentro y fuera de la cuenca del río La Soledad, Honduras

4.1.2 Caracterización de fuentes de agua para consumo humano

Dentro de la cuenca Soledad se encuentran 22 sistemas de agua potable, seis de ellos urbanos y los restantes 16 de carácter rural. Los sistemas urbanos los constituyen los sistemas del Tablón, San Francisco, El Suizo, Las Martitas, La Cimbra y El Molino, administrados por la Alcaldía Municipal, con excepción de El Molino, que es administrado por el Patronato de la comunidad, que a la vez, desempeña las labores de una Junta de Agua.

Los sistemas rurales son manejados por organizaciones comunitarias denominadas Juntas Administradoras de Agua; éstos son: Bordo las Martitas, El Cantón, CSC (Chaguitio, Sauce y Cañadas), Chiquistepe, Chinacla, Sabanetas, Jocomico, Guayabo, Guanacaste, La Escondida, La Esperanza, El Liquidambal, El Portillo, Los Lirios, Quebrada Honda y Cerro Grande. En el caso de Cerro Grande, su Junta Administradora es reciente y en la actualidad se encuentran construyendo su sistema, ya que esta comunidad, la más grande del municipio, recibe agua del sistema del SANAA. Pero debido a que esta no es apta para el consumo humano, han decidido cambiar la fuente de abastecimiento y la administración de la misma.

Tanto los sistemas de agua rural como urbano, se abastecen de cursos permanentes de agua, complementando en algunos casos su demanda con cursos intermitentes. Los cursos permanentes de agua los constituyen las quebradas: Carrizal, Los Jutes, Matasanos, Bellos, La Chanchera, La Cartuchera, Las Golondrinas, Las Manzanas, La Pelona, Buena Vista, Las Escaleras, San Francisco, El Suizo, Las Martitas, Escobales, El Encinal, Cedros, Chiquistepe y Agua Amarilla. Los sistemas que toman agua de fuentes intermitentes son El Liquidambal y El Encinal.

Además algunos sistemas hacen uso de fuentes de agua subsuperficiales o nacientes de agua, tal es el caso de la fuente de Cedros, El Guayabo, El Encinal y Los Zarcos. Se excluyen pequeños manantiales que cubren la demanda de algunos sistemas con escasez de agua.

De los 22 sistemas, 13 hacen uso de una sola fuente de agua para abastecer a sus usuarios. Estos son: Sabanetas, Chiquistepe, Chinacla, Jocomico, Guayabo, Guanacaste, Quebrada Honda, Las Martitas, El Suizo, San Francisco, La Esperanza, Bordo Las Martitas y El Portillo. Hay seis acueductos que cubren su demanda con dos fuentes: El Cantón, La Cimbra, Cerro Grande, Liquidambal, El Tablón y La Escondida. Tres sistemas se abastecen de más de dos fuentes: Los Lirios y El Molino que se abastecen de tres fuentes cada uno y CSC (Chaguitio, Sauce y Cañadas) que lo hace de cuatro fuentes.

Es importante mencionar que además de los 22 acueductos estudiados, existen otros pequeños sistemas utilizados para consumo humano. Tal es el caso de los sistemas de los Barrios Gracias a Dios, El Socorro, La Fuente de Don Antonio y varios pozos, que no fueron incluidos en el estudio porque son sistemas que abastecen a una o muy pocas viviendas y no cuentan con una organización formal que lo administre.

También se excluyeron del estudio fuentes de agua para consumo humano que va para otros municipios y la que administra el SANAA.

4.1.3 Caracterización de fuentes de agua para riego

Durante el estudio se hizo el aforo de las fuentes que aportan agua para consumo humano y riego, dividiendo el municipio en sectores de acuerdo a las zonas de cultivos.

El primero es el Sector A que comprende las comunidades de Las Martitas (arriba), El Bordo Las Martitas y Chinacla. En estas comunidades se cultiva únicamente durante la época lluviosa. Son muy pocos los que cultivan en la época seca y si lo hacen, utilizan fuentes que no se usan para consumo humano.

El Sector B comprende Las Martitas (abajo), donde los agricultores toman agua para riego de la quebrada las Martitas, un caudal de 0,68 litros por segundo, durante 8 horas al día. Ese caudal se utiliza en el riego de hortalizas; principalmente repollo, chile y tomate.

El sector C comprende un tanque que abastece principalmente el Barrio Zarzal, el cual recibe un caudal de 3,785 l/s, que es empleado en el riego de jardines, hortalizas y viveros. En este sector se incluye un vivero del grupo Plantar, que consume un caudal directamente de la quebrada de las Golondrinas de 0,43 l/s.

El sector D comprende toda la comunidad de Buena Vista. En este sector hay 21 fuentes de agua (nacientes), de las cuales algunas son utilizadas para consumo y riego (3 no son utilizadas). De la totalidad de nacientes existentes en este sector, una de ellas, abastece al sistema de La Esperanza, utilizado exclusivamente para consumo humano; las otras son utilizadas para ambos fines por cada familia.

El caudal que no se utiliza es de 36,7 litros por segundo, por lo que se cree que dándole tratamiento, se podría captar para ser aprovechada en un sistema de abastecimiento u otro fin.

El sector F incluye las comunidades de Sabanetas, Chiquistepe y El Liquidambal, donde hacen uso del agua para ambos propósitos pero que no causan mayor impacto, ya que la cantidad de agua utilizada para riego es poca.

4.1.4 Condiciones actuales de los acueductos en la cuenca del río La Soledad


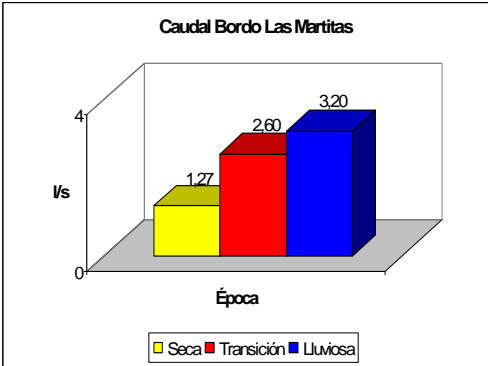
El municipio de Valle de Ángeles está ubicado a 22 km de la cabecera departamental de Francisco Morazán, es una región que posee una densa vegetación y condiciones climáticas muy agradables. Históricamente el municipio ha logrado suministrar el recurso para consumo humano a sus pobladores y visitantes; es precisamente por sus visitantes y nuevos pobladores que la demanda de agua ha crecido sustancialmente; lo que implica mejorar la administración del recurso y garantizar su abastecimiento actual y futuro.

Por esta razón se hizo una compilación de los sistemas de abastecimiento de agua en el municipio. Se realizó un inventario de las fuentes de agua en la cuenca del río La Soledad destinadas para consumo humano, describiendo detalles de las condiciones biofísicas de las microcuencas, físicas de los acueductos y socioeconómicas de las comunidades que se benefician e interactúan con las mismas.

Esta descripción contempla datos generales de cada acueducto obtenidos a través de fuentes primarias y secundarias de información. Principalmente recorridos de campo, informantes claves y reuniones.

La descripción particular de cada acueducto se resume en una serie de cuadros, los cuales se muestran a continuación; y si se quiere analizar el comportamiento de la calidad del agua estadísticamente puede revisarse los anexos (Anexo 8).

Cuadro 7. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Bordo Las Martitas, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto Bordo Las Martitas	01	Categoría: Rural																																																																					
	Fuente subsuperficial: Manantial Cobertura vegetal La vegetación característica consta de: liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>) y pino (<i>Pinus oocarpa</i>) principalmente. El área de influencia tiene muy buena cobertura vegetal.	Calidad del agua																																																																					
	Cantidad de agua Se presentó un aumento considerable en la cantidad de agua presente en la fuente que lo abastece, indicando que ha medida que se desarrollaba la intensidad de las lluvias el caudal crecía paralelamente. Aumentó 1,33 litros por segundo más de la época seca a la de transición y 0,60 litros por segundo más de la época de transición a la lluviosa, con un caudal promedio de 2,4 litros por segundo por año.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ÉPOCA</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>27</td> <td>25</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>5,57</td> <td>5,4</td> <td>5,71</td> </tr> <tr> <td>Turbiedad (NTU)</td> <td>5</td> <td>3,44</td> <td>1,03</td> <td>1,23</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,1</td> <td>0,12</td> <td>0,13</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,33</td> <td>0,4</td> <td>0,04</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>5,7</td> <td>7,7</td> <td>7,6</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>3,7</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>SS. (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>6,5</td> <td>6,5</td> <td>6,5</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>80</td> <td>78</td> <td>276</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C)	...	27	25	19	pH	6,5-8,5	5,57	5,4	5,71	Turbiedad (NTU)	5	3,44	1,03	1,23	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,1	0,12	0,13	Nitratos (mg/l)	50	0,33	0,4	0,04	OD (mg/l)	6,0-8,0	5,7	7,7	7,6	DBO5 (mg/l)	5	0	3,7	1	DQO (mg/l)	20	2	2	0,8	SS. (mg/l)	10	0	0	0	STD (mg/l)	500	6,5	6,5	6,5	CTO (UFC/100ml)	0	80	78	276	CTER (UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																			
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																						
Temperatura (°C)	...	27	25	19																																																																			
pH	6,5-8,5	5,57	5,4	5,71																																																																			
Turbiedad (NTU)	5	3,44	1,03	1,23																																																																			
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,1	0,12	0,13																																																																			
Nitratos (mg/l)	50	0,33	0,4	0,04																																																																			
OD (mg/l)	6,0-8,0	5,7	7,7	7,6																																																																			
DBO5 (mg/l)	5	0	3,7	1																																																																			
DQO (mg/l)	20	2	2	0,8																																																																			
SS. (mg/l)	10	0	0	0																																																																			
STD (mg/l)	500	6,5	6,5	6,5																																																																			
CTO (UFC/100ml)	0	80	78	276																																																																			
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																			
Aspectos generales Ubicación tanque 1567419 N y 495911 O. Construido por la comunidad en el año 2005 con ayuda de la Unión europea, PRACAGUA y AMITIGRA. Abastecerá a la comunidad Bordo Las Martitas. Sistema que funcionará por gravedad. Componentes del sistema: 1 tanque, 6 rompecargas, 7 válvulas, 1 hipoclorador, tubería de PVC de diferentes diámetros, por lo que falta únicamente la obra de captación. Actualmente no se desinfecta el agua. Se abastecerían 42 viviendas y 23 terrenos tienen acceso a conexión. El área de la microcuenca está en propiedad privada. El agua es administrada por una Junta Administradora de Agua. Fuentes de información: miembros de la junta de agua de Bordo las Martitas, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.		<p>Seca: se observó que el parámetro de pH (5,57) no cumple con la norma de calidad. En lo referente a los coliformes totales (80UFC/100ml) se debe dar desinfección al agua.</p> <p>Transición: se presentó una mejora en cuanto a los valores de turbidez (1,03 NTU) y OD (7,7mg/l). Sin embargo se mantiene la presencia de coliformes totales (78 UFC/100ml). También se registro un valor importante de sólidos disueltos (6,5 mg/l) lo que demuestra la continua presencia de materia orgánica.</p> <p>Lluviosa: resultó un ligero aumento en al valor del pH (5,71) y permanece fuera de lo permitido. Resultó un aumento en la turbidez del agua (1,23NTU) y la cantidad de fosfatos presentes (0,13 mg/l). Permaneció constante el número de sólidos disueltos (6,5 mg/l), y se presentó un descenso en la cantidad de nitratos (0,04 mg/l). El total de coliformes totales presentes (276 UFC/100ml) revela que la contaminación bacteriológica no es reciente.</p>																																																																					
	Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones.	Recomendación: construir la obra de captación.																																																																					

Condiciones observadas

Manejo: la comunidad tiene agua algunas horas del día, tanto en la época seca como en la lluviosa. El agua es utilizada en su mayoría para consumo humano, a excepción de los usos que le da el dueño del terreno donde se encuentra la naciente.

La junta administradora del agua cuenta con reglamento interno y están en proceso para obtener personería jurídica. Esta organización busca obtener el permiso para construir una obra de captación en el manantial del que se están abasteciendo actualmente a través de mangueras.

Cantidad: se observó una acentuación gradual en la cantidad de agua en la microcuenca (de tener 1,27 litros por segundo en marzo, a tener 3,20 litros por segundo en mayo que es casi el triple), lo que nos muestra que las condiciones de vegetación y del suelo lo permiten; y que no retienen gran parte del agua lluvia. Este comportamiento hace suponer que este sistema debe tener un componente de almacenamiento de agua capaz de retener el mayor caudal, aprovechando así las condiciones presentadas por esta fuente, con un caudal promedio de 2,4 litros por segundo.

Calidad: En general, se puede apreciar que el pH (media 5,7) es ácido, lo que indica la influencia del bosque de coníferas sobre la calidad del agua. Siendo el parámetro que se sale de la norma el de coliformes totales (media 144 UFC/100ml). Como se ha mencionado antes, existe influencia del bosque de coníferas donde se encuentra la fuente para este sistema, además la presencia de materia orgánica es muy fuerte y explican la cantidad de coliformes totales encontradas, aunque se sabe que este no es un parámetro indicador de contaminación del agua, y que puede ser fácilmente controlado. Además, el porcentaje de oxígeno disuelto es muy bueno, lo que facilita la descomposición de la materia orgánica de forma natural.

Los acueductos se construyen con el propósito de brindar el servicio de agua a un grupo de usuarios, por ello cada componente del mismo cumple una función específica, dichos componentes son tanto los elementos físicos como administrativos del mismo. Por ello, para cada sistema se describe de forma global su funcionamiento.

Funcionamiento del acueducto Bordo Las Martitas

Captación: no existe una obra para tal fin, el agua que consume la población se capta por medio de tubería de poliducto, esto debido al conflicto generado debido a que la fuente está dentro de una propiedad privada.

Transporte: se efectúa por medio de tubería de poliducto; aunque se tiene los componentes adecuados como tubería de PVC, no se utiliza por la población porque aún no cuentan con el permiso para usar esa fuente para el consumo humano en la comunidad.

Almacenamiento: existe un tanque de 10.000 litros de capacidad para recoger el caudal que proviene de la fuente, pero que aún no es utilizado debido al problema de derecho de uso; este componente del sistema se encuentra en excelentes condiciones.


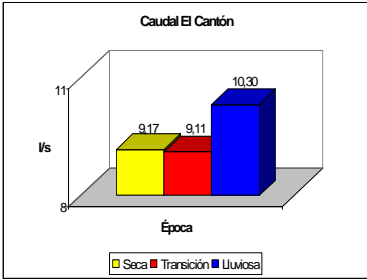
Distribución: en la actualidad los usuarios reciben su dotación de agua por medio de tubería de poliducto, pero ya cuentan con una red de distribución de tubería de PVC en buen estado y una serie de rompecargas y válvulas para el control de ésta.

Tratamiento: existe el componente en el acueducto para llevar a cabo el tratamiento pero actualmente no se realiza ya que el mismo no es utilizado.

Administración: a cargo de la Junta Administradora del Agua que por el momento realiza actividades para lograr el permiso para la construcción de su obra de captación y poder finalmente dar operatividad al acueducto.

Mantenimiento: no hay personal asignado hasta ahora para realizar esta función, debido a que el acueducto aún no es utilizado.

Cuadro 8. Descripción del sistema de abastecimiento de agua El Cantón, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto El Cantón	02	Categoría: Rural																																																																					
	Fuente superficial: Quebrada la Chanchera	Calidad del agua																																																																					
	<p align="center">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación consta de: pino llorón (<i>Pinus maximinoii</i>), liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), pino ocote (<i>Pinus oocarpa</i>), roble (<i>Quercus skinneri</i>), encino (<i>Quercus sapotifolia</i>), pinabete (<i>pinus pseudostrobus</i>), aguacatillos (<i>Persea spp.</i>), helechos (<i>Pteridium aquilinum</i>), pacaya (<i>Geonoma sp.</i>) y helecho arborescente (<i>Cyathea sp.</i> y <i>Lophosoria quadripinnata</i>, <i>Dicksonia gigantea</i>).</p> <p align="center">Cantidad de agua</p> <p>El caudal permaneció muy estable (9,5 litros por segundo promedio anual). Situación observada al obtener un caudal de 9,17 en época seca, bajando 0,06 litros por segundo en transición y aumentando 1,13 litros por segundo en la lluviosa. Se puede afirmar entonces que el suelo retiene el agua de las primeras lluvias y después de quedar saturado permite que progresivamente aumente el caudal de esta fuente.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ÉPOCA</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>15</td> <td>21</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>6,53</td> <td>5,62</td> <td>5,73</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>0,87</td> <td>4,43</td> <td>1,45</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,42</td> <td>0,31</td> <td>0,17</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,01</td> <td>0,12</td> <td>0,01</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>7,6</td> <td>7,8</td> <td>6,8</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>6,7</td> <td>24,4</td> <td>9,2</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>1,6</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>SS. (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD. (mg/l)</td> <td>500</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>CTO. (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>32</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>CTER.(UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C)	...	15	21	18	pH	6,5-8,5	6,53	5,62	5,73	Turbidez (NTU)	5	0,87	4,43	1,45	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,42	0,31	0,17	Nitratos (mg/l)	50	0,01	0,12	0,01	OD (mg/l)	6,0-8,0	7,6	7,8	6,8	DBO5 (mg/l)	5	6,7	24,4	9,2	DQO (mg/l)	20	0	1,6	8	SS. (mg/l)	10	0	4	0	STD. (mg/l)	500	12	12	10	CTO. (UFC/100ml)	0	0	32	90	CTER.(UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																			
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																						
Temperatura (°C)	...	15	21	18																																																																			
pH	6,5-8,5	6,53	5,62	5,73																																																																			
Turbidez (NTU)	5	0,87	4,43	1,45																																																																			
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,42	0,31	0,17																																																																			
Nitratos (mg/l)	50	0,01	0,12	0,01																																																																			
OD (mg/l)	6,0-8,0	7,6	7,8	6,8																																																																			
DBO5 (mg/l)	5	6,7	24,4	9,2																																																																			
DQO (mg/l)	20	0	1,6	8																																																																			
SS. (mg/l)	10	0	4	0																																																																			
STD. (mg/l)	500	12	12	10																																																																			
CTO. (UFC/100ml)	0	0	32	90																																																																			
CTER.(UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																			
<p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1568078 N y 492503 O. Construido por el FHIS en el año 1991. Abastece a la comunidad del Barrio el Cantón. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: obra de captación, 3 rompecarga (1 en desuso), 1 obra toma, 2 tanques de 15 y 25 mil litros, tubería de PVC en su totalidad, una válvula de aire y 6 válvulas de distribución. Actualmente no se desinfecta el agua. Se abastecen 60 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca está dentro del Parque Nacional La Tigra. Es administrada por una Junta Administradora de Agua.</p>		<p>Seca: en el primer monitoreo las condiciones de este acueducto resultaron muy buenas. Solamente el parámetro de sólidos disueltos (12 mg/l) presentó ligera presencia en el agua, situación que se soluciona con la desinfección.</p> <p>Transición: en el siguiente muestreo se presentó una disminución en el valor del pH (5,62). Se notó un aumento en el valor de turbidez (4,43 NTU) y la presencia de sólidos disueltos (12 mg/l) y en suspensión (2 mg/l). Además hay presencia de coliformes totales (32 mg/l) que indican presencia de materia orgánica.</p> <p>Lluviosa: para el último muestreo se observó que el valor del pH (5,73) permanece bajo. Resultó significativa la disminución en los valores de turbidez (1,45 NTU), fosfatos (0,17 mg/l), nitratos (0,01 mg/l), OD (6,8 mg/l), DBO₅ (9,2 mg/l) y sólidos disueltos (10 mg/l) presentes. Resultó además un aumento importante en la cantidad de coliformes totales (90 UFC/100ml), lo que indica que en la época de lluvias se debe desinfectar.</p> <p><small>Fuentes de información: miembros de la junta de agua de El Cantón, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</small></p>																																																																					
<p>Recomendaciones: mejorar las condiciones de captación y conducción del agua. Poner válvulas de aire, para evitar la pérdida de agua.</p>	<p>Vulnerabilidad. No hay problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones.</p>																																																																						

Condiciones observadas

La comunidad tiene agua algunas horas del día, dependiendo de si es época seca o lluviosa. Durante la época seca tienen una fuente de agua alterna para cumplir con los requerimientos de los usuarios.

En periodo seco utilizan el agua de la Quebrada de las Golondrinas. El agua no se clora, debido a la confianza que le tienen a la calidad de esta agua.

La junta administradora del agua cuenta con reglamento interno pero no tienen personería jurídica.

Cantidad. El escenario de este sistema resultó diferente al anterior, ya que debido a las condiciones de vegetación y tipo de suelo (fuente dentro de área protegida) el caudal permaneció muy estable, presentando un caudal promedio de 9,5 litros por segundo anual. Además el tipo de vegetación presente admite que las gotas de lluvia pasen fácilmente a través de sus raíces, facilitando así el proceso de saturación del suelo y evapotranspiración de las plantas.

Calidad. El pH es ácido debido a la influencia del bosque de coníferas, situación que al parecer también se relaciona con el alto número de coliformes totales. Otro elemento que resultó interesante fue la cantidad de DBO₅ el cual está por arriba de lo permitido en la Norma Técnica para la Calidad del agua potable (5 mg/l), lo que indica que el agua puede estar contaminada con excesiva materia orgánica. Como se sabe cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesita sus microorganismos para oxidarla o degradarla. Aunque por otro lado, la cantidad de oxígeno es muy buena y puede favorecer a la rápida degradación de la materia orgánica. Como ya se mencionó con anterioridad, la presencia de materia orgánica en el agua puede ser controlada al dar un fácil tratamiento a la misma. Dentro de esos tratamientos los más comunes y sencillos son hervir el agua o clorarla (SANAA 2003).

Funcionamiento del acueducto de El Cantón

Captación: se hace en la obra de captación o presa, la cual se encuentra en buenas condiciones, pero no hace uso de la rejilla y la ventana de inspección; estos elementos están siendo subutilizados.

Transporte: se efectúa por medio de la tubería de conducción que es de PVC en su totalidad y se halla en buenas condiciones, excepto aquellos tramos perforados con agujeros para el control de presiones y burbujas de aire en la tubería, que se traducen en enormes pérdidas de agua para el sistema.

Almacenamiento: existen dos tanques donde se almacena el agua, uno de 15 y otro de 25 mil litros, observándose condiciones de limpieza y mantenimiento muy buenas.


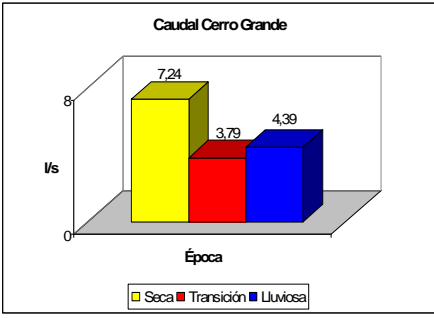
Distribución: se realiza por tubería de PVC, en buenas condiciones en su totalidad.

Tratamiento: no se realiza ningún tipo de tratamiento al agua, ya que el acueducto no tiene hipoclorador.

Administración: efectuada por los miembros de la comunidad a través de sus representantes en la Junta Administradora de Agua, los que están realizando acciones para mejorar el funcionamiento del acueducto y se encargan del cobro a los usuarios.

Mantenimiento: lo realiza el fontanero asignado por la Junta de Agua. Esta persona hace la apertura y cierre de válvulas, controla la dotación, hace la limpieza de los componentes del sistema, repara daños y reporta problemas serios que tiene el mismo y requiere apoyo. El aspecto por mejorar en cuanto al mantenimiento, es el control de presiones y burbujas en la tubería con métodos más adecuados para evitar tanta pérdida de agua.

Cuadro 9. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Cerro Grande, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto Cerro Grande	03	Categoría: Rural																																																																									
	<p align="center">Fuente superficial: Quebrada Carrizal</p>	<p align="center">Calidad del agua</p>																																																																									
	<p align="center">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación consta de: pino llorón (<i>Pinus maximinoii</i>), liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), pino ocote (<i>Pinus oocarpa</i>), encino (<i>Quercus sapotifolia</i>), pinabete (<i>pinus pseudostrobus</i>), roble (<i>Quercus skinneri</i>), helechos (<i>Pteridium aquilinum</i>), pacaya (<i>Geonoma sp.</i>), aguacatillo (<i>Persea spp.</i>) y helecho arborescente (<i>Cyathea sp.</i> y <i>Lophosoria quadripinnata</i>, <i>Dicksonia gigantea</i>).</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ÉPOCA</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>14</td> <td>16</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>5,63</td> <td>3,91</td> <td>4,05</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>0,35</td> <td>3,29</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,05</td> <td>0,13</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,18</td> <td>0,07</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6,7</td> <td>7,1</td> <td>6,2</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>3,6</td> <td>0,4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>2,4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SS. (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD. (mg/l)</td> <td>500</td> <td>7</td> <td>34</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>34</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>CTER(UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C)	...	14	16	17	pH	6,5-8,5	5,63	3,91	4,05	Turbidez (NTU)	5	0,35	3,29	0,6	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,05	0,13	0,1	Nitratos (mg/l)	50	0,18	0,07	0,02	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,7	7,1	6,2	DBO5 (mg/l)	5	3,6	0,4	0	DQO (mg/l)	20	0	2,4	0	SS. (mg/l)	10	0	0	0	STD. (mg/l)	500	7	34	22	CTO (UFC/100ml)	0	0	34	120	CTER(UFC/100ml)	0	0	0	0
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																							
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																										
Temperatura (°C)	...	14	16	17																																																																							
pH	6,5-8,5	5,63	3,91	4,05																																																																							
Turbidez (NTU)	5	0,35	3,29	0,6																																																																							
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,05	0,13	0,1																																																																							
Nitratos (mg/l)	50	0,18	0,07	0,02																																																																							
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,7	7,1	6,2																																																																							
DBO5 (mg/l)	5	3,6	0,4	0																																																																							
DQO (mg/l)	20	0	2,4	0																																																																							
SS. (mg/l)	10	0	0	0																																																																							
STD. (mg/l)	500	7	34	22																																																																							
CTO (UFC/100ml)	0	0	34	120																																																																							
CTER(UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																							
<p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1566059 N y 491258 O. Construido por la comunidad con apoyo del Consejo de Cuencas, AMITIGRA y el FHIS en el año 2006. El agua que actualmente llega a las casas es administrada por el SANAA, pero a raíz del problema de calidad de agua, ya que el agua no es apta para consumo humano; se está construyendo este nuevo acueducto que será administrado por la Junta de Agua. El sistema abastecerá a la comunidad de Cerro Grande y Las Cañadas. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 2 obra de captación, 1 caja colectora, tubería de HG y PVC de diferentes diámetros y falta por construir el tanque. Se abastecerán 1270 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca está dentro del Parque Nacional La Tigra.</p>	<p align="center">Cantidad de agua</p> <p>En época seca se tienen 7,24 litros por segundo, en transición este caudal disminuye en 3,45 litros por segundo y en inicios del periodo de lluvias (julio-agosto) disminuye en 2,85 litros por segundo. El caudal del periodo lluvioso aumentó 0,60 litros por segundo más que el de transición. Con un caudal anual de 5,1 litros por segundo.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ÉPOCA</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>14</td> <td>16</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>5,63</td> <td>3,91</td> <td>4,05</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>0,35</td> <td>3,29</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,05</td> <td>0,13</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,18</td> <td>0,07</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6,7</td> <td>7,1</td> <td>6,2</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>3,6</td> <td>0,4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>2,4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SS. (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD. (mg/l)</td> <td>500</td> <td>7</td> <td>34</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>34</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>CTER(UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Seca: en el primer periodo de muestreo se encontró que el valor del pH (5,63) está bajo, es decir es un pH ácido. Se presentó una ligerísima presencia de sólidos disueltos (7 mg/l) aunque es tan bajo el valor que no representa preocupación. Transición: en el segundo monitoreo resultó un descenso de el pH (3,91) que hace que salga de la norma e indica la influencia de las lluvias. Se encontró un aumento en la presencia de sólidos disueltos (34 mg/l) y coliformes totales (34 UFC/100ml). Lluviosa: en esta época se observó un leve aumento en el valor del pH (4,05). Resultó también una disminución en la turbidez (0,6 NTU) del agua y la cantidad de fosfatos (0,1 mg/l), nitratos (0,02 mg/l) y sólidos totales disueltos (22 mg/l) presentes en ella. También un incremento de coliformes totales contenidos por cada 100 mililitros (120 UFC), lo que indica hacer la desinfección previo consumo.</p>				ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C)	...	14	16	17	pH	6,5-8,5	5,63	3,91	4,05	Turbidez (NTU)	5	0,35	3,29	0,6	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,05	0,13	0,1	Nitratos (mg/l)	50	0,18	0,07	0,02	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,7	7,1	6,2	DBO5 (mg/l)	5	3,6	0,4	0	DQO (mg/l)	20	0	2,4	0	SS. (mg/l)	10	0	0	0	STD. (mg/l)	500	7	34	22	CTO (UFC/100ml)	0	0	34	120	CTER(UFC/100ml)	0	0	0	0
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																							
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																										
Temperatura (°C)	...	14	16	17																																																																							
pH	6,5-8,5	5,63	3,91	4,05																																																																							
Turbidez (NTU)	5	0,35	3,29	0,6																																																																							
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,05	0,13	0,1																																																																							
Nitratos (mg/l)	50	0,18	0,07	0,02																																																																							
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,7	7,1	6,2																																																																							
DBO5 (mg/l)	5	3,6	0,4	0																																																																							
DQO (mg/l)	20	0	2,4	0																																																																							
SS. (mg/l)	10	0	0	0																																																																							
STD. (mg/l)	500	7	34	22																																																																							
CTO (UFC/100ml)	0	0	34	120																																																																							
CTER(UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																							
	 <table border="1"> <caption>Caudal Cerro Grande</caption> <thead> <tr> <th>Época</th> <th>Caudal (l/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Seca</td> <td>7,24</td> </tr> <tr> <td>Transición</td> <td>3,79</td> </tr> <tr> <td>Lluviosa</td> <td>4,39</td> </tr> </tbody> </table>	Época	Caudal (l/s)	Seca	7,24	Transición	3,79	Lluviosa	4,39	<p>Recomendación: debería de involucrarse a todos los miembros de la comunidad en la construcción de este nuevo acueducto, para que ellos se apropien y para que participen en la solución de conflictos.</p>																																																																	
Época	Caudal (l/s)																																																																										
Seca	7,24																																																																										
Transición	3,79																																																																										
Lluviosa	4,39																																																																										
	<p>Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones. Fuentes de información: miembros de la junta de agua de Cerro Grande, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad...</p>																																																																										

Condiciones observadas

Según estudios realizados en la zona la comunidad tiene agua con alto contenido de metales pesados como consecuencia de los cambios físicos sufridos en la fuente por remoción de sustancias durante el Huracán Mitch; por lo que, el agua llega a una planta de tratamiento y aún así no es apta para consumo humano, razón por la cual la población compra agua purificada para beber y cocinar.

Si bien la calidad del agua de la Quebrada Carrizal es buena es necesario clorarla en ciertos meses del año, debido a la presencia de materia orgánica o coliformes termotolerantes.

La Junta administradora del agua cuenta con reglamento interno, pero no cuentan con personería jurídica.

Cantidad. Se observó una disminución considerable en la cantidad de agua presente en la fuente, indicando que las condiciones de descenso en la temperatura, radiación solar, cobertura vegetal y tipo de suelo en esta zona de abastecimiento repercuten directamente en la cantidad de agua. Al parecer en esta fuente las condiciones ambientales, procesos de evapotranspiración y clima están estrechamente ligados, por lo que debe tenerse en cuenta que en el período de transición e inicios del lluvioso se presenta un periodo crítico para la disponibilidad de agua, y tendrán que tomarse las medidas pertinentes de almacenamiento.

Calidad. En la comunidad de Cerro Grande, donde se está haciendo un cambio de fuente de abastecimiento, resulta importante el muestreo de la calidad del agua que consumirá, lo que indica que la contaminación bacteriológica no es reciente, haciéndose necesario la desinfección previo al consumo. Al igual que en los sistemas anteriores, esta fuente presenta la influencia de los bosques de coníferas y la fuerte influencia de las condiciones naturales de un bosque nublado. Dicha influencia permite la alta presencia de coliformes totales que se dan naturalmente en el ambiente y por si mismos no constituyen un peligro para la salud (EPA 2006).

Funcionamiento del nuevo acueducto de Cerro Grande

Captación: se ha construido hasta el momento la presa u obra de captación, cuya ubicación es la adecuada y cuenta con una rejilla para evitar la entrada de materiales, pero requerirá limpieza periódica.

Transporte: se realizará con tubería de HG por tramos y PVC mayoritariamente, comprendiendo algunos rompecargas en el trayecto para el control de presiones.

Almacenamiento: se construirá un tanque de gran dimensión para solventar la demanda, el acueducto actual tiene dos tanques en muy buenas condiciones de operación pero no se tiene certeza de lo que sucederá con ellos al cambiar la administración del servicio.


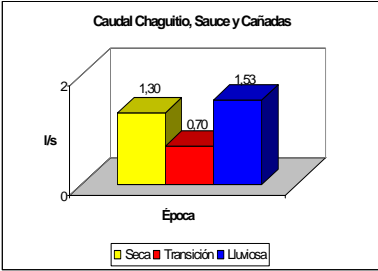
Distribución: se realizará con tubería de PVC que tiene la red existente en la comunidad y que se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento.

Tratamiento: cuando se construya el tanque se hará su respectivo hipoclorador para dar tratamiento al agua; actualmente se realiza en la planta de tratamiento instalada.

Administración: está a cargo del SANAA, pero en el nuevo acueducto que se está construyendo lo construye la Junta Administradora del Agua que formó la comunidad; por tal motivo se encuentran gestionando ayudas económicas para la finalización de este proyecto.

Mantenimiento: debido a que el acueducto está en construcción aún no se asigna al encargado de realizar el respectivo mantenimiento.

Cuadro 10. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Chaguitio, Sauce y Cañadas, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto Chaguitio, Sauce y Cañadas		04		Categoría: Rural																																																																									
	Fuentes superficiales: Quebrada Carrizal y las Manzanas Fuentes subsuperficiales: Los Sarcos 1 y 2			Calidad del agua																																																																									
	Cobertura vegetal Consta de: pino llorón (<i>Pinus maximinoii</i>), liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), pino ocote (<i>Pinus oocarpa</i>), encino (<i>Quercus sapotifolia</i>), pinabete (<i>Pinus pseudostrobus</i>), roble (<i>Quercus skinneri</i>), helechos (<i>Pteridium aquilinum</i>), pacaya (<i>Geonoma sp.</i>), aguacatillo (<i>Persea spp.</i>) y helecho arborescente (<i>Cyathea sp.</i> y <i>Lophosoria quadripinnata</i> , <i>Dicksonia gigantea</i>).			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ÉPOCA</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>5,43</td> <td>6,49</td> <td>5,81</td> </tr> <tr> <td>Turbiedad (NTU)</td> <td>5</td> <td>1,58</td> <td>1,26</td> <td>1,46</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,26</td> <td>0,13</td> <td>0,19</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,19</td> <td>0,02</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>8,2</td> <td>7,2</td> <td>8,2</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>17</td> <td>2,7</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>186</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SS(mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD(mg/l)</td> <td>500</td> <td>17</td> <td>17</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>CTO(UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>24</td> <td>276</td> </tr> <tr> <td>CTER(UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C)	...	15	20	18	pH	6,5-8,5	5,43	6,49	5,81	Turbiedad (NTU)	5	1,58	1,26	1,46	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,26	0,13	0,19	Nitratos (mg/l)	50	0,19	0,02	0	OD (mg/l)	6,0-8,0	8,2	7,2	8,2	DBO5 (mg/l)	5	17	2,7	12	DQO (mg/l)	20	186	0	0	SS(mg/l)	10	0	0	0	STD(mg/l)	500	17	17	14	CTO(UFC/100ml)	0	0	24	276	CTER(UFC/100ml)	0	0	0	0
	ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																								
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																												
Temperatura (°C)	...	15	20	18																																																																									
pH	6,5-8,5	5,43	6,49	5,81																																																																									
Turbiedad (NTU)	5	1,58	1,26	1,46																																																																									
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,26	0,13	0,19																																																																									
Nitratos (mg/l)	50	0,19	0,02	0																																																																									
OD (mg/l)	6,0-8,0	8,2	7,2	8,2																																																																									
DBO5 (mg/l)	5	17	2,7	12																																																																									
DQO (mg/l)	20	186	0	0																																																																									
SS(mg/l)	10	0	0	0																																																																									
STD(mg/l)	500	17	17	14																																																																									
CTO(UFC/100ml)	0	0	24	276																																																																									
CTER(UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																									
Cantidad de agua El caudal de época seca (1,30 litros por segundo) baja 0,60 litros por segundo para el período de transición (0,70 litros por segundo), se nivela y aumenta 0,23 litros por segundo en la época lluviosa (1,53 litros por segundo). Pasa de una época difícil a un interesante ascenso, llegando de 0,70 a 1,53 litros por segundo, subiendo 0,83 litros por segundo, que presenta un poco más del doble en la época de transición. Resulta en un caudal promedio anual de 1,2 litros por segundo.			<p>Seca: en el primer monitoreo se observó que el valor del pH (5,43) está bajo la norma. Además resultó levemente afectado por la presencia de sólidos disueltos (17 mg/l), y muy alto el valor de DBO (17 mg/l) y DQO (186 mg/l).</p> <p>Transición: en la segunda toma de muestras mejoró el valor del pH (6,49) y se encuentra dentro de la norma. Continuó el mismo valor de sólidos disueltos (17 mg/l) y los demás parámetros están dentro de la norma. El agua resultó ligeramente afectada por la presencia de coliformes totales (24 UFC/100ml), lo cual se puede controlar a través de la desinfección del agua.</p> <p>Lluviosa: para este periodo resultó un descenso del pH (5,81), el cual sale de la norma permitida. Se observó un ligero aumento en la turbidez del agua (1,46 NTU) y la cantidad de fosfatos (0,19 mg/l) y sólidos disueltos presentes en ella (14 mg/l). Resultó, además, un considerable incremento en la cantidad de coliformes totales (276 UFC/100ml), por lo tanto se debe desinfectar.</p> <p><small>Fuentes de información: miembros de la junta de agua de Chaguitio, Sauce y Cañadas, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</small></p>																																																																										
Aspectos generales Ubicación 1566568 N y 491275 O. Construido por la comunidad con apoyo de AMITIGRA y PRACAGUA en 1992. El sistema abastece a tres comunidades, Chaguitio, El Sauce y un sector de Las Cañadas. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 6 tanques, 2 presas, 7 obra toma, 3 inyecciones a las obras, 1 caja colectora, 1 cámara de distribución. La tubería HG y PVC de diferentes diámetros y sectores de poliducto. Se abastecen 120 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca está dentro del Parque Nacional La Tigra. El agua es administrada por una Junta de Agua. Funciona de manera integral con actores de las tres comunidades. Actualmente no se da desinfección al agua.																																																																													
Recomendación: tratar el tema de la distribución equitativa de algunas fuentes con los agricultores que están diezmando la cantidad de agua.			Vulnerabilidad. El acueducto presenta problemas de vulnerabilidad a incendios forestales, y la Junta de agua está tratando de controlar los factores que la ocasionan.																																																																										

Condiciones observadas

Las comunidades suministradas por este sistema tienen agua algunas horas cada dos días, dependiendo estas horas de la cantidad de agua existente por causa de la época; es menor en periodo seco y mayor en periodo lluvioso.

El agua se clora durante todo el año para controlar la presencia de materia orgánica.

La Junta administradora del agua cuenta con personería jurídica, aunque no con reglamento interno, por lo que se rigen con el reglamento nacional de Juntas Administradoras de Agua.

Cantidad. El acueducto de estas tres comunidades presenta una situación similar a uno de los casos anteriores. El caso del acueducto del Cantón, donde se presenta un crecimiento gradual entre épocas.

Variabilidad que refleja que las condiciones de vegetación, radiación solar, viento, temperatura, tipo de suelo y cambio climático afectan temporalmente la cantidad de agua en el periodo de cambio o transición entre el periodo seco y el lluvioso.

Calidad. En el primer monitoreo del agua realizado en tres periodos climáticos diferentes durante el año se puede apreciar que las características del bosque de coníferas condicionan al agua a tener un pH ácido y alto contenido de materia orgánica e inorgánica, reflejada en los altos valores de DBO, DQO y coliformes totales. En relación a los valores promedios de DBO, DQO y coliformes totales, se puede interpretar que la actividad bacteriológica por causa de la materia orgánica es bastante fuerte, ya que los valores resultantes de estos parámetros se salen de la norma permitida, situación que se podría controlar con alta presencia de oxígeno disuelto en el caso de materia orgánica, y desinfección del agua para el control de las coliformes.

Funcionamiento del acueducto del Chaguitio, Sauce y Cañadas

Captación: que se efectúa en diversos componentes del sistema: en las bocatomas y la presa principal.

Transporte: se realiza por medio de tubería de poliducto para la conducción hasta el sistema de almacenamiento o de control de presiones, lo que hace que el sistema sea vulnerable por la poca durabilidad de este tipo de material.

Almacenamiento: este se hace en tres tanques diferentes, ubicados estratégicamente en cada una de las poblaciones que es beneficiada. Actualmente se está construyendo un tanque adicional por cada comunidad, aumentando así su capacidad de almacenamiento para las épocas críticas.


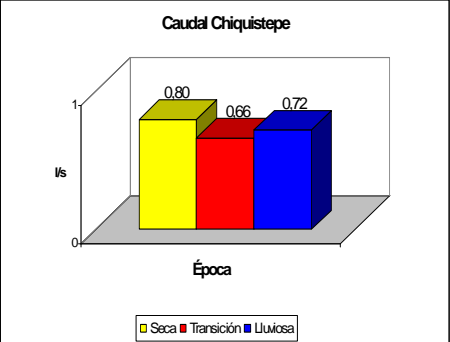
Distribución: se hace por medio de tubería de HG y PVC, la que se encuentra en buenas condiciones, pero está expuesta a daños en ciertos tramos.

Tratamiento: no se da tratamiento al agua actualmente, pero sí se cuenta en cada tanque con el dispositivo para ello.

Administración: está a cargo de la Junta Administradora de Agua, que controla la funcionalidad del sistema, asigna funciones y maneja gastos. Esta junta coordina y trabaja muy bien.

Mantenimiento: es realizado por separado por un fontanero para cada sistema: del tanque a la distribución; y lo realizan los miembros de la Junta Administradora de Agua desde la captación hasta la conducción, con acciones tales como reparación de fallas, limpieza y control de válvulas principalmente.

Cuadro 11. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Chiquistepe, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto Chiquistepe	05	Categoría: Rural																																																																								
	Fuente subsuperficial: Manantial	Calidad del agua																																																																								
	<p align="center">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación característica consta de: liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), álamo (<i>Trichilia hirta</i>), tatascán de montaña (<i>Perymenim grande</i>), pino (<i>Pinus oocarpa</i>) y palmeras (<i>Chamaedorea nubium</i>).</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ÉPOCA</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>22</td> <td>18</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>6,51</td> <td>5,43</td> <td>6,61</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>4,6</td> <td>2,6</td> <td>5,02</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,14</td> <td>0,33</td> <td>0,62</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,07</td> <td>0,13</td> <td>0,01</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6,2</td> <td>6</td> <td>5,6</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>17,7</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>15</td> <td>2</td> <td>1,6</td> </tr> <tr> <td>SS.(mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>8,5</td> <td>13</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>250</td> <td>350</td> <td>136</td> </tr> <tr> <td>CTER(UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C)	...	22	18	19	pH	6,5-8,5	6,51	5,43	6,61	Turbidez (NTU)	5	4,6	2,6	5,02	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,14	0,33	0,62	Nitratos (mg/l)	50	0,07	0,13	0,01	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,2	6	5,6	DBO5 (mg/l)	5	17,7	0	0	DQO (mg/l)	20	15	2	1,6	SS.(mg/l)	10	0	0	4	STD (mg/l)	500	8,5	13	10	CTO (UFC/100ml)	0	250	350	136	CTER(UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																						
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																									
Temperatura (°C)	...	22	18	19																																																																						
pH	6,5-8,5	6,51	5,43	6,61																																																																						
Turbidez (NTU)	5	4,6	2,6	5,02																																																																						
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,14	0,33	0,62																																																																						
Nitratos (mg/l)	50	0,07	0,13	0,01																																																																						
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,2	6	5,6																																																																						
DBO5 (mg/l)	5	17,7	0	0																																																																						
DQO (mg/l)	20	15	2	1,6																																																																						
SS.(mg/l)	10	0	0	4																																																																						
STD (mg/l)	500	8,5	13	10																																																																						
CTO (UFC/100ml)	0	250	350	136																																																																						
CTER(UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																						
<p align="center">Cantidad de agua</p> <p>En este caso resultó que el caudal de época seca de 0,80 litros por segundo disminuyó 0,14 litros por segundo en transición y 0,08 litros por segundo a inicios de la lluviosa. Además el aumento gradual que se presenta del periodo de transición al lluvioso, creciendo 0,06 litros por segundo, lo que indica que hay factores naturales que se presentan, pero que no afectan la cantidad de agua disponible. Con un promedio anual fue de 0,7 l/s.</p>	<p>Seca: en el primer monitoreo el valor del parámetro pH (6,51) está dentro de la norma establecida. Además se encuentra ligeramente afectada por sólidos disueltos (8,5 mg/l). Se observó un alto valor de coliformes totales (250 UFC/100ml) lo que indica que se requiere desinfección, y alto valor de DBO (17,7) que señala una fuerte actividad bacteriológica en el agua.</p>																																																																									
<p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1567856 N y 497271 O. Construido por el proyecto ALA 86-20 y la comunidad en 1993. El sistema abastece a la comunidad de Chiquistepe. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 1 obra de captación, 2 rompecargas, 2 válvulas de limpieza, 2 válvulas de aire, 1 tanque y tubería HG y PVC de diferentes diámetros. Se abastecen 45 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca fue cedida a la comunidad. El agua es administrada por una Junta de Agua. Actualmente no se hace desinfección del agua. Fuentes de información: miembros de la junta de agua de Chiquistepe, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</p>		<p>Transición: en el segundo muestreo el valor del parámetro pH (5,43) resultó fuera de la regla. Hubo un crecimiento significativo en la cantidad de fosfatos (0,33 mg/l) aunque siempre se encuentra dentro de la norma. Se observó un leve aumento en los sólidos disueltos (13 mg/l) y un incremento en la cantidad de coliformes totales (350 UFC/100ml). Por lo tanto se debe hacer la desinfección.</p> <p>Lluvioso: para esta etapa aumentó considerablemente el valor del pH (6,61) y entra al valor permitido por la norma. Resultó un aumento en la turbidez del agua (5,02 NTU) y la cantidad de fosfatos (0,62 mg/l) y sólidos suspendidos (4 mg/l) presentes en ella. Y se observó un descenso en el número de sólidos disueltos (10 mg/l) y coliformes totales (136 UFC/100ml), por lo que debe seguirse la desinfección del agua previo a su consumo.</p>																																																																								
<p>Recomendaciones: dar limpieza permanente a la obra de captación, ya que está expuesta a ser contaminada. Además necesita ser lavada, al menos una vez al mes, para eliminar sedimentos.</p>	<p>Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones.</p>																																																																									

Condiciones observadas

La comunidad tiene agua permanentemente las 24 horas del día, tanto en época seca como en época lluviosa.

Se advirtió la presencia de renacuajos dentro de la obra de captación del acueducto. Además es usada también como bebedero de ganado.

Se debería clorar el agua ya que es alta la cantidad de materia orgánica presente.

La Junta Administradora del Agua cuenta con reglamento interno y tienen personería jurídica.

Cantidad. Las características de variación en la cantidad de agua en este sistema son muy positivas ya que se aproxima a una condición de estabilidad, situación representada en los valores resultantes de los aforos hechos. Estos pequeños cambios parecen indicar que el caudal se estabiliza conforme se incrementen las lluvias, pudiendo incluso aumentar. Según el tipo de árboles y vegetación observada en la zona de recarga de este acueducto, se puede concluir que las condiciones ambientales no repercuten fuertemente en la disponibilidad de agua para esta fuente.

Calidad. Valores fuera de la norma fueron pH y coliformes totales. La cantidad de coliformes totales es muy alta, y dicho valor permaneció durante todo el año, condición que puede ser provocada por varios motivos, específicamente por la cantidad de materia orgánica presente en esa zona y la falta de limpieza del acueducto. La hipótesis en este caso es, considerar que la causa del alto contenido de coliformes totales en la muestra se debe a las condiciones naturales del área de recarga de la fuente que abastece el sistema, o por la falta de higiene en la obra de captación; para ello se debe seguir con el monitoreo de esta fuente.

Funcionamiento del acueducto de Chiquistepe

Captación: se efectúa en una obra denominada presa, que presenta problemas de higiene, interior y exterior; no tiene rejilla de protección pero su área perimetral está cercada.

Transporte: la tubería de conducción es en cierto tramo de HG y el resto es de PVC y se encuentra en condiciones aceptables de operación.

Almacenamiento: se realiza en un tanque u obra para almacenar, que se encuentra en buenas condiciones, pero requiere limpieza periódica.


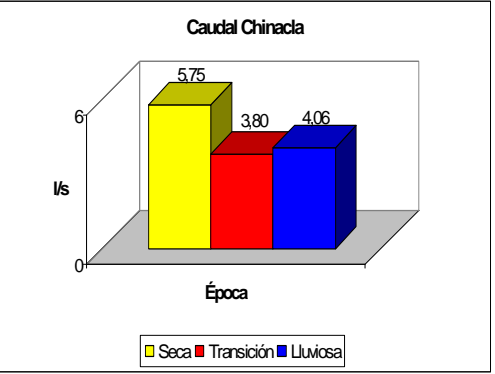
Distribución: se realiza por tubería de PVC, se controla la presión en los rompecargas y válvulas de aire, hasta llegar a la población. Se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento.

Tratamiento: no se hace el tratamiento del agua, aunque se cuenta con los medios para efectuarse.

Administración: la lleva a cabo la comunidad a través de su Junta Administradora de agua, la cual toma decisiones en cuanto a la persona que asignan para controlar el adecuado funcionamiento, el cobro a los usuarios y las mejoras y cambios que se realizan.

Mantenimiento: está a cargo de un fontanero nombrado por la Junta Administradora; esta persona da operatividad al sistema y repara daños, pero ha descuidado la limpieza de los componentes del sistema.

Cuadro 12. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Chinacla, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto Chinacla	06	Categoría: Rural																																																																								
	Fuente subsuperficial: Manantial Cedros	Calidad del agua																																																																								
	Cobertura vegetal La vegetación característica consta de: cedros (<i>Cedrela odorata</i>), palmeras (<i>Chamaedorea nubium</i>), helechos (<i>Pteridium aquilinum</i>), encino (<i>Quercus sapotifolia</i>), álamo (<i>Trichilia hirta</i>), roble (<i>Quercus skinneri</i>), liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), pacaya (<i>Geonoma sp.</i>). Forman parte de un bosque primario.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ÉPOCA</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>22</td> <td>17</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>6,32</td> <td>6,14</td> <td>6,24</td> </tr> <tr> <td>Turbiedad (NTU)</td> <td>5</td> <td>4,72</td> <td>1</td> <td>2,37</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,08</td> <td>0,36</td> <td>0,76</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,43</td> <td>0,02</td> <td>0,09</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>5,7</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>1,5</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>51</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>12,5</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>230</td> <td>490</td> <td>258</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C)	...	22	17	17	pH	6,5-8,5	6,32	6,14	6,24	Turbiedad (NTU)	5	4,72	1	2,37	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,08	0,36	0,76	Nitratos (mg/l)	50	0,43	0,02	0,09	OD (mg/l)	6,0-8,0	6	6	5,7	DBO5 (mg/l)	5	1,5	1	0	DQO (mg/l)	20	51	0	0	SS (mg/l)	10	0	0	0	STD (mg/l)	500	10	9	12,5	CTO (UFC/100ml)	0	230	490	258	CTER (UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																						
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																									
Temperatura (°C)	...	22	17	17																																																																						
pH	6,5-8,5	6,32	6,14	6,24																																																																						
Turbiedad (NTU)	5	4,72	1	2,37																																																																						
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,08	0,36	0,76																																																																						
Nitratos (mg/l)	50	0,43	0,02	0,09																																																																						
OD (mg/l)	6,0-8,0	6	6	5,7																																																																						
DBO5 (mg/l)	5	1,5	1	0																																																																						
DQO (mg/l)	20	51	0	0																																																																						
SS (mg/l)	10	0	0	0																																																																						
STD (mg/l)	500	10	9	12,5																																																																						
CTO (UFC/100ml)	0	230	490	258																																																																						
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																						
Cantidad de agua En periodo seco se midió un caudal de 5,75 litros por segundo, mismo que disminuyó 1,95 litros por segundo en transición y 1,69 litros por segundo en el lluvioso, y un aumento de 0,26 litros por segundo entre las épocas de transición y lluviosa (entre mayo y agosto), dando un promedio anual de 0,2 litros por segundo.	<p>Seca: se observó que el valor del pH (6,32) está dentro de la norma establecida para consumo humano. La muestra resultó levemente afectada con la presencia de sólidos disueltos (10 mg/l). Y altamente perturbada con la presencia de coliformes totales (230 UFC/100ml), lo que indica que se requiere desinfección. Finalmente un alto contenido de DQO (51 mg/l) que señala la presencia de un metal pesado influyendo en el agua.</p> <p>Transición: se observó una leve disminución en el valor del pH (6,14), aunque se encuentra cerca del valor mínimo permitido. Resultó además un considerable aumento en la cantidad de coliformes totales (490 UFC/100ml), porque lo que se debe hacer desinfección del agua.</p> <p>Lluvioso: para esta última toma de muestras resultó que el pH (6,24) ascendió ligeramente y permanece dentro de lo permitido. Se presentó un considerable aumento en la turbidez del agua (2,37 NTU) y la cantidad de fosfatos (0,76 mg/l), nitratos (0,09 mg/l) y sólidos disueltos (12,5mg/l) presentes en ella. Resultó además una disminución en el número de coliformes totales por cada 100 mililitros (258 UFC), aunque es importante seguir la desinfección.</p>																																																																									
Aspectos generales Ubicación 1568445 N y 496066 O. Construido en 1999. El sistema abastece a la comunidad de Chinacla. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: una obra de captación, 1 tanque de 3000 galones, 3 válvulas y tubería de PVC de diferentes diámetros. Se abastecen 13 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca está dentro de una zona ejidal, un bosque primario protegido. El agua es administrada por una Junta de Agua. Actualmente no se hace desinfección del agua. <small>Fuentes de información: miembros de la junta de agua de Chinacla, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</small>																																																																										
Recomendación: no permitir el acceso a más conexiones debido a que la capacidad del acueducto no podrá satisfacer más demanda de la actual.	Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones.																																																																									

Condiciones observadas

La comunidad tiene agua algunas horas del día, todos los días, dependiendo si es época seca o época lluviosa.

Si bien la cantidad de agua existente satisface la demanda actual no podrá cubrir la demanda futura, ya que gran parte va a otro tanque dedicado a ganadería y riego.

No se clora, ya que las condiciones de la microcuenca son muy buenas.

La Junta Administradora del Agua no cuenta con reglamento interno y personería jurídica. Las decisiones las toma el presidente.

Cantidad. Este acueducto presentó la misma variabilidad en la cantidad de agua, que la del acueducto de Cerro Grande, observando condiciones de descenso del caudal en la época de transición y aumento del mismo en el invierno. Al igual que el caso anterior, se presume que esta tendencia se debe a las condiciones climáticas, tipo de suelo, características de la vegetación, la radicación solar y el viento, factores necesarios en el proceso natural de evapotranspiración, que directamente influyen en la escorrentía superficial y subsuperficial (Sánchez a 2005).

Calidad. En promedio, los valores fuera de la norma fueron el pH y coliformes totales. En el caso del pH, si bien en promedio está ligeramente bajo la norma aceptable para consumo humano y no representa problemas para la salud. En cuanto a la cantidad de coliformes totales presentes en esta fuente, se considera bastante alta, pero se justifica dicha presencia por las condiciones particulares de su área de influencia, que como se mencionó con anterioridad, es un bosque sin intervención. Además, considerando que el contenido de coliformes totales no es un indicador fuerte de contaminación, y en condiciones como estas obedece principalmente a la cantidad de materia orgánica, que es degradada por el oxígeno disuelto en el agua, para dicho caso es un buen porcentaje

Funcionamiento del acueducto de Chinacla

Captación: se realiza en la presa que actualmente se encuentra en buenas condiciones, pero que se debería tener una rejilla para evitar la acumulación de hojas que pueden obstruir la tubería, o en su defecto, darle limpieza periódica a la misma.

Transporte: la tubería de conducción es de PVC y se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento.

Almacenamiento: se efectúa en el tanque de almacenamiento con capacidad de 3.000 galones, que cuenta con cercado perimetral y ventana de inspección asegurada.


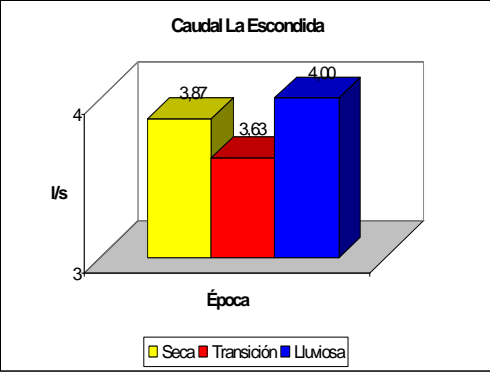
Distribución: se lleva a cabo con tubería de PVC, que está en buenas condiciones, contándose además, con válvulas de control de dotación del agua.

Tratamiento: este acueducto tiene hipoclorador pero no se usa, por ende no se da ningún tratamiento al agua.

Administración: la Junta Administradora de Agua como grupo de la comunidad beneficiada por el acueducto es la que procura el mantenimiento y operatividad del acueducto, asignando alguien para que cumpla estas labores a diario. Se observó que no hay representatividad de la comunidad en la Junta, por lo que muchos pobladores no están contentos con su labor y se muestran renuentes al pago del servicio.

Mantenimiento: esta labor la realiza el fontanero, quien hace limpieza, control, reparación y vigilancia en general del acueducto, cumpliendo oportunamente sus funciones.

Cuadro 13. Descripción del sistema de abastecimiento de agua La Escondida, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto La Escondida	07	Categoría: Rural																																																																					
	Fuente superficial: Quebrada Los Jutes	Calidad del agua																																																																					
	<p align="center">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación predominante es el pino (<i>Pinus oocarpa</i>) y pinabete (<i>pinus pseudostrobus</i>).</p> <p align="center">Cantidad de agua</p> <p>El caudal fue de 3,87 litros por segundo en la época seca, disminuyó a 3,63 litros por segundo en la de transición (redujo 0,24 litros por segundo) y resultó de 4 litros por segundo en la de lluviosa (aumento 0,13 litros por segundo), valores que representan el cambio que experimenta dicho caudal de una época a otra. El caudal promedio anual fue de 3,8 litros por segundo.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ÉPOCA</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> <tr> <th>Parámetro</th> <th>Norma</th> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>27</td> <td>18</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>7,18</td> <td>6,93</td> <td>7,02</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>3,59</td> <td>3,51</td> <td>8,82</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,09</td> <td>0,45</td> <td>0,09</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,02</td> <td>0,02</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6,6</td> <td>5,1</td> <td>5,9</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>3,5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>50</td> <td>6</td> <td>2,4</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>33</td> <td>30</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>250</td> <td>1100</td> <td>238</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	Parámetro	Norma				Temperatura (°C)	...	27	18	20	pH	6,5-8,5	7,18	6,93	7,02	Turbidez (NTU)	5	3,59	3,51	8,82	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,09	0,45	0,09	Nitratos (mg/l)	50	0,02	0,02	0	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,6	5,1	5,9	DBO5 (mg/l)	5	5	3,5	0	DQO (mg/l)	20	50	6	2,4	SS (mg/l)	10	0	4	0	STD (mg/l)	500	33	30	22	CTO (UFC/100ml)	0	250	1100	238	CTER (UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																			
Parámetro	Norma																																																																						
Temperatura (°C)	...	27	18	20																																																																			
pH	6,5-8,5	7,18	6,93	7,02																																																																			
Turbidez (NTU)	5	3,59	3,51	8,82																																																																			
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,09	0,45	0,09																																																																			
Nitratos (mg/l)	50	0,02	0,02	0																																																																			
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,6	5,1	5,9																																																																			
DBO5 (mg/l)	5	5	3,5	0																																																																			
DQO (mg/l)	20	50	6	2,4																																																																			
SS (mg/l)	10	0	4	0																																																																			
STD (mg/l)	500	33	30	22																																																																			
CTO (UFC/100ml)	0	250	1100	238																																																																			
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																			
<p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1567555 N y 494988 O. Construido por la comunidad con apoyo de la Alcaldía Municipal. El sistema abastece a la comunidad de La Escondida. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 1 obra de captación, 1 caja colectora, 1 tanque de 2500 galones y tubería de HG y PVC de diferentes diámetros. Se abastecen 80 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca está en terreno ejidal. El agua es administrada por una Junta de Agua. Además de la Quebrada los Jutes se abastecen de un pequeño manantial cercano a la obra de captación. Actualmente no se da desinfección al agua. Fuentes de información: miembros de la junta de agua de La Escondida, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</p>		<p>Seca: en el primer período de monitoreo resultó que el valor del pH (7,18) está dentro de la norma establecida. Se observó además una alta cantidad de coliformes totales (250 UFC/100ml), por lo que se requiere desinfección del agua.</p> <p>Transición: en el segundo período de muestreo se observó una leve baja en el valor del pH (6,93) aunque esta dentro de la norma. Hubo también un considerable aumento de DBO (73,5 mg/l) y disminución de DQO (6 mg/l) y OD (5,1 mg/l). Lo más significativo fue el excesivo incremento de coliformes totales (1100 UFC/100ml), lo que indica que es urgente la desinfección.</p> <p>Lluviosa: para el último monitoreo el parámetro del pH (7,02) se encuentra dentro de la norma. Se observó una disminución en los valores de fosfatos (0,09 mg/l), nitratos (0 mg/l), DBO5 (0 mg/l), DQO (2,4 mg/l), sólidos suspendidos (0 mg/l), sólidos disueltos (22 mg/l) y coliformes totales (238 UFC/100ml). Además resultó elevado el parámetro de turbidez (8,82 NTU).</p>																																																																					
<p>Recomendación: dar limpieza a la presa con mayor regularidad, al menos una vez al mes.</p>	<p>Vulnerabilidad. Muestra vulnerabilidad a incendios forestales y la deforestación. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de deslizamientos o inundaciones</p>																																																																						

Condiciones observadas

La comunidad tiene agua durante varias horas al día, con menor cantidad en época seca y mayor en el periodo lluvioso.

Recolectan en su obra de captación el caudal que deja escapar la obra del Tablón.

El agua no se está clorando, aunque la presencia de materia orgánica y renacuajos en la presa indiquen que debe hacerse.

La Junta Administradora del Agua no cuenta con reglamento interno, ni tiene personería jurídica.

Cantidad. El panorama de la variabilidad de la cantidad de agua en este sistema es la misma que se observó en el acueducto CSC, valores que representan el cambio que experimenta dicho caudal de una época a otra. Este cambio se presenta debido a la influencia de diversos factores, principalmente aquellos relacionados al contexto biofísico. Particularmente la deforestación que se está experimentando, y acentúa la erosión del suelo y por lo tanto, afecta la transpiración vegetal. Aunque la variación en la cantidad de agua no es tan grande, en la actualidad todas las condiciones climáticas y ambientales podrían jugar un papel importante en la futura disponibilidad de líquido para este acueducto.

Calidad. Al promediar los resultados obtenidos en las tres épocas y analizar el comportamiento anual de los parámetros, se observó que: los parámetros fuera de la norma fueron turbidez, DBO y coliformes totales, valores que tienen su razón de ser al estudiar las características biofísicas que influyen la calidad de agua de esta fuente. En primer lugar por la cantidad de materia orgánica que recibe, que indica la actividad bacteriológica para degradar la materia, evidenciada por el porcentaje de DBO, turbidez y oxígeno disuelto. Un elemento muy positivo encontrado fue el valor del potencial de hidrógeno (en promedio es casi neutro) adecuado para la salud.

Funcionamiento del acueducto La Escondida

Captación: es realizada en una presa que presenta problemas de higiene; hay mucho sedimento, hojas y ramas. También se capta agua por medio de tubería de poliducto y se agrega al sistema en la presa.

Transporte: se efectúa por medio de tubería de HG y PVC que está en buenas condiciones de funcionamiento.

Almacenamiento: hay un tanque de 2.500 galones de capacidad, en regulares condiciones físicas, pues se requiere de mejoras en el mismo.


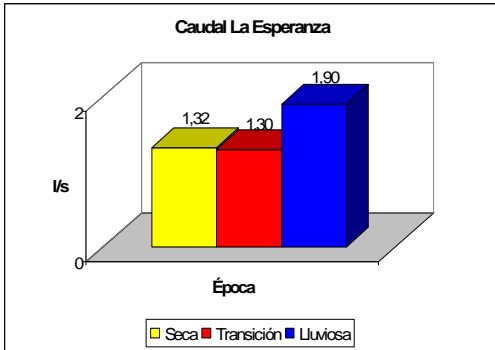
Distribución: se lleva a cabo a través de tubería de PVC, en un sistema que funciona por gravedad.

Tratamiento: existe el hipoclorador en el tanque, pero no se hace ningún tipo de tratamiento al agua en este acueducto.

Administración: para el manejo de este sistema de abastecimiento de agua existe una Junta Administradora de Agua, cuya función actual es el cobro por el servicio, proveer de agua a la población, asignando y remunerando económicamente a una persona para que opere el acueducto.

Mantenimiento: esta labor la realiza el fontanero o persona asignada por la Junta Administradora para que se encargue de la apertura y cierre de válvulas, controle la dotación diaria de agua para los usuarios y repare daños en el sistema.

Cuadro 14. Descripción del sistema de abastecimiento de agua La Esperanza, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto La Esperanza	08	Categoría: Rural																																																																					
	Fuente superficial: Queb. Buena Vista Cobertura vegetal La vegetación característica consta de: pino (<i>Pinus oocarpa</i>), liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), cartucho, variedad de sotobosque y bastantes helechos (<i>Pteridium aquilinum</i>). La zona de recarga por tener un bosque de álamo (<i>Trichilia hirta</i>). En la zona del bosque ripario se encuentra mozotillo, malanga y cartucho.	Calidad del agua																																																																					
	Cantidad de agua Resultó altamente significativo el aumento de caudal de la época de transición a la lluviosa que fue de 0,60 litros por segundo, valor casi similar al comparar el caudal de periodo seco con lluvioso que difieren en 0,58 litros por segundo. El caudal promedio fue de 1,5 litros por segundo.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÉPOCA</th> <th>Norma</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C) in situ</td> <td>...</td> <td>18</td> <td>18</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>6,89</td> <td>7,09</td> <td>6,42</td> </tr> <tr> <td>Turbiedad (NTU)</td> <td>5</td> <td>0,94</td> <td>1,03</td> <td>1,71</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,09</td> <td>0,16</td> <td>0,01</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,05</td> <td>0,04</td> <td>0,01</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>7,1</td> <td>7,2</td> <td>7,7</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>8</td> <td>0,8</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>24</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>25,5</td> <td>29</td> <td>11,5</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>40</td> <td>104</td> <td>126</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C) in situ	...	18	18	19	pH	6,5-8,5	6,89	7,09	6,42	Turbiedad (NTU)	5	0,94	1,03	1,71	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,09	0,16	0,01	Nitratos (mg/l)	50	0,05	0,04	0,01	OD (mg/l)	6,0-8,0	7,1	7,2	7,7	DBO5 (mg/l)	5	0	8	4	DQO (mg/l)	20	8	0,8	0	SS (mg/l)	10	24	0	0	STD (mg/l)	500	25,5	29	11,5	CTO (UFC/100ml)	0	40	104	126	CTER (UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa																																																																			
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																						
Temperatura (°C) in situ	...	18	18	19																																																																			
pH	6,5-8,5	6,89	7,09	6,42																																																																			
Turbiedad (NTU)	5	0,94	1,03	1,71																																																																			
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,09	0,16	0,01																																																																			
Nitratos (mg/l)	50	0,05	0,04	0,01																																																																			
OD (mg/l)	6,0-8,0	7,1	7,2	7,7																																																																			
DBO5 (mg/l)	5	0	8	4																																																																			
DQO (mg/l)	20	8	0,8	0																																																																			
SS (mg/l)	10	24	0	0																																																																			
STD (mg/l)	500	25,5	29	11,5																																																																			
CTO (UFC/100ml)	0	40	104	126																																																																			
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																			
Aspectos generales Ubicación 1566202 N y 498533 O. Construido por la comunidad con apoyo de la Alcaldía Municipal. El sistema abastece a tres comunidades, La Esperanza, El Carmelo y La Leona. Hay problemas de escasez en las tres comunidades. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: una obra de captación, 1 tanque, hipoclorador, 2 rompecargas (1 en desuso), válvulas y tubería de PVC de diferentes diámetros. Se abastecen 65 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca se encuentra en la comunidad de Buena Vista y es propiedad ejidal. El agua es administrada por una Junta de Agua. Actualmente no se hace desinfección del agua. Hay cultivos en las áreas cercanas a la obra de captación. <small>Fuentes de información: miembros de la junta de agua de La Esperanza, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</small>		Seca: en el primer monitoreo el parámetro del pH (6,89) cumple con la norma. Se observó también valores significativos de sólidos suspendidos (24 mg/l) y disueltos (25,5 mg/l). El valor de coliformes totales (40 UFC/100 ml) no cumple con la norma. Transición: en el siguiente muestreo se presentó un aumento en los parámetros de sólidos disueltos (29 mg/l), coliformes totales (104 mg/l), y DBO (8 mg/l), por lo tanto se requiere desinfección. Lluviosa: para esta época resultó una disminución en el valor del pH (6,42), aunque permanece dentro de lo aceptado. Se redujo la cantidad de fosfatos (0,01 mg/l), nitratos (0,01 mg/l) y sólidos disueltos (11,5 mg/l) presentes; se observó un aumento en la turbidez del agua (1,71 NTU), y un incremento significativo en el número de coliformes totales (126 UFC/100ml).																																																																					
	Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones, salvo eventos extremos.	Recomendaciones: poner válvulas de aire para controlar la presencia de burbujas de aire en la tubería y evitar que esta se dañe. No permitir el acceso a más conexiones, ya el sistema es insuficiente para la demanda actual.																																																																					

Condiciones observadas

La comunidad tiene agua durante algunas horas del día. En época seca menor cantidad que en época lluviosa.

Por un acuerdo hecho con la comunidad de Buena Vista, el agua no puede ser utilizada para riego.

El agua se clora durante todo el año para controlar la presencia de materia orgánica.

El agua recogida en la obra de captación no entra al sistema, solamente la que se hace entrar por tubería, lo que representa una deficiencia en el sistema.

La junta de agua cuenta con personería jurídica.

Cantidad. La situación de este sistema es interesante porque se aprecia que el cambio de época seca al de transición no representa mayor variabilidad en el caudal, ya que éste disminuyó solamente 0,02 litros por segundo. Este comportamiento permite aproximarse a un periodo de estabilidad del caudal durante estas dos épocas, lo sugiere que no hay factores ambientales que condicionen una gran variabilidad entre éstas, como se vio en casos anteriores.

Calidad. La zona del sistema de la Esperanza comprende tres barrios que dependen de la calidad de agua que este proporciona. Por ello fue importante monitorear la calidad del agua en esta fuente.

Los resultados obtenidos fueron muy positivos, en relación al potencial de hidrógeno, condición que se considera es influenciada por el bosque mixto de pino y liquidambal que rodea la fuente. Solamente el valor de coliformes totales en promedio estuvo fuera de la norma, lo que se justifica por las condiciones particulares de la zona de captación, que recibe gran cantidad de hojas. Dicha situación se traduce en una fuerte actividad bacteriológica en el agua.

Funcionamiento del acueducto de La Esperanza

Captación: se efectúa en la presa u obra que capta el agua de la fuente y que no entra en su totalidad al sistema, porque está mal empleada, ya que no se aprovecha el agua retenida en la misma, solo entra la que se inyecta por tubería.

Transporte: se lleva a cabo con tubería de PVC y HG, e incluso las inyecciones se hacen con poliducto; la tubería PVC y HG está en buen estado.

Almacenamiento: se almacena el agua en un tanque cuyas condiciones actuales son buenas.


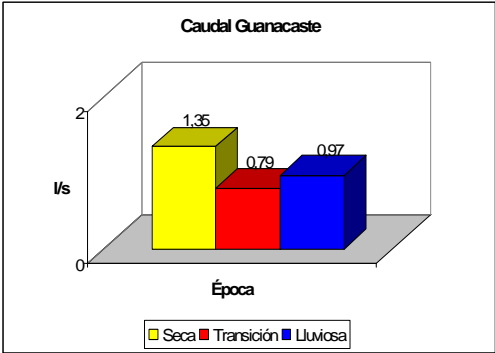
Distribución: se hace con por medio de tubería de PVC, que se encuentra en buenas condiciones y es principalmente de 0,5 pulgadas de diámetro.

Tratamiento: se realiza en el tanque, utilizando el hipoclorador que tienen, aunque en los últimos meses se ha descontinuado esta acción.

Administración: está a cargo de la Junta Administradora del Agua de la comunidad, grupo bien organizado, que cuenta incluso con personería jurídica, que les permite tomar decisiones con respecto a su acueducto, orientando su funcionamiento y asignando personal para su operación.

Mantenimiento: es realizado por el fontanero que designa la Junta y que realiza funciones como la apertura y cierre de válvula, control y manejo del tanque, la presa y el rompecargas, y se tiene descuidado el tratamiento del agua y limpieza del acueducto.

Cuadro 15. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Guanacaste, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto Guanacaste	09	Categoría: Rural																																																																						
	<p align="center">Fuente superficial: Quebrada La Pelona</p> <p align="center">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación característica consta de: guama (<i>Inga edulis</i>), pino (<i>Pinus oocarpa</i>), roble (<i>Quercus oleoides</i>), cetico, almendras, ciruelo, charral, y una vieja huerta de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>).</p> <p align="center">Cantidad de agua</p> <p>Al comparar los caudales, en época seca resultó ser de 1,35 litros por segundo, 0,56 litros por segundo menor fue el de transición con 0,79 litros por segundo, y el lluvioso 0,18 litros por segundo mayor que el de transición. Escenario que tiende a señalar un aumento gradual en el caudal, conforme se incrementen las precipitaciones, pero que deja finalmente un caudal promedio de 1 l/s. se debe fundamentalmente a características particulares de las zonas de recarga de cada una de las fuentes.</p>	<p align="center">Calidad del agua</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ÉPOCA</th> <th>Norma</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>7,87</td> <td>7,53</td> <td>7,78</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>0,19</td> <td>0,44</td> <td>1,49</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,27</td> <td>0,22</td> <td>0,27</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0</td> <td>0,03</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8,7</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>1,5</td> <td>12,4</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>2,4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>80</td> <td>70</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>260</td> <td>800</td> <td>220</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C)	...	20	25	24	pH	6,5-8,5	7,87	7,53	7,78	Turbidez (NTU)	5	0,19	0,44	1,49	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,27	0,22	0,27	Nitratos (mg/l)	50	0	0,03	0,02	OD (mg/l)	6,0-8,0	8	8	8,7	DBO5 (mg/l)	5	1,5	12,4	13	DQO (mg/l)	20	0	2,4	0	SS (mg/l)	10	0	0	0	STD (mg/l)	500	80	70	65	CTO (UFC/100ml)	0	260	800	220	CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0
ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa																																																																				
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																							
Temperatura (°C)	...	20	25	24																																																																				
pH	6,5-8,5	7,87	7,53	7,78																																																																				
Turbidez (NTU)	5	0,19	0,44	1,49																																																																				
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,27	0,22	0,27																																																																				
Nitratos (mg/l)	50	0	0,03	0,02																																																																				
OD (mg/l)	6,0-8,0	8	8	8,7																																																																				
DBO5 (mg/l)	5	1,5	12,4	13																																																																				
DQO (mg/l)	20	0	2,4	0																																																																				
SS (mg/l)	10	0	0	0																																																																				
STD (mg/l)	500	80	70	65																																																																				
CTO (UFC/100ml)	0	260	800	220																																																																				
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																				
<p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1560941 N y 502092 O. Construido por el proyecto ALA 86-20 en 1994. Y reconstruido en 1999. El sistema abastece a las comunidades de Guanacaste (Valle de Ángeles) y Quebrada Grande (Moroceli). Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: una obra de captación, 1 tanque de dos secciones, hipoclorador, 3 rompecargas, 1 desarenador, válvulas de aire y tubería de HG y PVC de diferentes diámetros. Se abastecen 35 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca fue cedida a la comunidad. El agua es administrada por una Junta de Agua. Actualmente se hace desinfección del agua (cloración).</p>		<p>Seca: en el primer muestreo se observó que el valor del pH (7,87) cumple con lo establecido en la norma. Resultó ligeramente afectado con la presencia de sólidos disueltos (80 mg/l). Además se observó un alto contenido de coliformes totales (260 UFC/100ml), lo que indica que se requiere desinfección.</p> <p>Transición: en el siguiente monitoreo se presentó un leve aumento en el contenido de nitratos (0,03 mg/l), pero dentro de la línea. Resultó muy significativo el aumento de coliformes totales (800 UFC/100 ml) y de DBO (12, 4 mg/l) porque que es necesario la desinfección, ya sea hervir o clorar el agua.</p> <p>Lluviosa: para este último periodo de muestreo resultó que el pH (7,78) se elevó ligeramente, y permanece dentro de la norma. Se observó un aumento en la turbiedad del agua (1,49 NTU) así como en la cantidad de fosfatos (0,27 mg/l), y resultó un considerable descenso en la cantidad de sólidos disueltos (65 mg/l), y coliformes totales (220 UFC/100 ml); aunque es necesaria la desinfección. Y se observó que permanece alto el valor de DBO (13 mg/l).</p>																																																																						
<p>Recomendación: preparar un sistema de protección para los componentes de su sistema en caso de un deslizamiento, o un evento extremo.</p>	<p>Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones, salvo eventos extremos.</p>	<p>Fuentes de información: miembros de la junta de agua de Guanacaste, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</p>																																																																						

Condiciones observadas

La comunidad tiene agua permanentemente, las 24 horas del día tanto en época seca como en época lluviosa.

Cada dos meses se hace la limpieza de la presa, correspondiéndole de forma alterna a cada una de las comunidades: Guanacaste y Quebrada Grande de Moroceli.

El agua se clora durante todo el año para controlar la presencia de materia orgánica.

La Junta Administradora del Agua cuenta con reglamento interno y no tienen personería jurídica. Este acueducto es muy bien administrado.

Cantidad. Los datos medidos señalan una serie de cambios debidos a que las condiciones de zona de recarga, clima y características de vegetación y suelos están interviniendo en la total de agua aprovechable; para aclararlo basta solamente comparar los volúmenes de caudales aforados. Como ya ha discutido anteriormente, la variabilidad en los caudales de periodo de transición y lluvioso, comparado con el seco se debe fundamentalmente a características particulares de las zonas de recarga de cada una de las fuentes; mismas que muestran una tendencia de crecimiento de caudal a medida que las precipitaciones se intensifiquen.

Calidad. La comunidad se ubica en la zona más seca del municipio, monitoreada en tres periodos del año, para este sistema las condiciones ambientales varían debido a la influencia del bosque latifoliado que forma parte del área de recarga de la fuente que le abastece, dicha influencia se evidencia en el valor promedio del pH, que resultó básico pero dentro del rango de 6,5 y 8,5 que se permite. Sin embargo el parámetro de coliformes totales en promedio resultó fuera de la norma; valor que se justifica por la cantidad alta de hojas que llega a esta fuente; y se comprueba por el valor resultante de DBO fuera de la norma (5 mg/l).

Funcionamiento del acueducto de Guanacaste

Captación: se hace en una presa conservada bajo buenas condiciones de operación e incluso se le da limpieza continua mensual. La presa tiene una rejilla pequeña, tubería de limpieza en buen estado y válvulas de aire para controlar la presión.

Transporte: se realiza a través de tubería de HG en tramos aéreos y de PVC en el resto; se conserva en excelentes condiciones debido entre otras razones a que se da control de presiones en el caudal en los rompecargas y el desarenador.

Almacenamiento: se realiza en un tanque con doble tubería de salida que se encuentra en excelentes condiciones físicas y de limpieza, aquí se administra el agua para ambas comunidades beneficiadas.


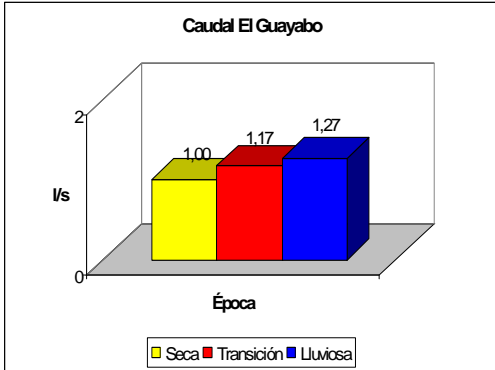
Distribución: se efectúa por dos vías por medio de la tubería de salida del tanque, una para cada comunidad usuaria y con tubería de PVC.

Tratamiento: en el tanque se encuentra el hipoclorador donde se hace el tratamiento del agua por cloración.

Administración: es coordinada por la Junta Administradora del Agua para la comunidad de Guanacaste, en conjunto con la Junta de Morocelí, pero es la primera la que se ocupa del manejo del sistema, cobro a los usuarios y asignación del encargado para el mantenimiento del mismo.

Mantenimiento: lo realiza el fontanero asignado por la Junta Administradora. Esta persona opera las válvulas, hace la limpieza de los componentes y repara las fallas que se presentan.

Cuadro 16. Descripción del sistema de abastecimiento de agua El Guayabo, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto El Guayabo	10	Categoría: Rural																																																																											
	Fuente subsuperficial: Manantial Guayabo	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="background-color: #d9ead3;">Calidad del agua</th> </tr> <tr> <th>ÉPOCA</th> <th></th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C) in situ</td> <td>...</td> <td>20</td> <td>23</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>4,41</td> <td>4,42</td> <td>4,69</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>0,32</td> <td>0,22</td> <td>0,42</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,18</td> <td>0,11</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,19</td> <td>0,07</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6-8</td> <td>5,3</td> <td>5,9</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>0,3</td> <td>0</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SS(mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>14</td> <td>13,5</td> <td>13,5</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>800</td> <td>176</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Calidad del agua					ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C) in situ	...	20	23	22	pH	6,5-8,5	4,41	4,42	4,69	Turbidez (NTU)	5	0,32	0,22	0,42	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,18	0,11	0,2	Nitratos (mg/l)	50	0,19	0,07	0,02	OD (mg/l)	6-8	5,3	5,9	6	DBO5 (mg/l)	5	0,3	0	14	DQO (mg/l)	20	0	0	0	SS(mg/l)	10	0	0	0	STD (mg/l)	500	14	13,5	13,5	CTO (UFC/100ml)	0	0	800	176	CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0
	Calidad del agua																																																																												
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																									
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																												
Temperatura (°C) in situ	...	20	23	22																																																																									
pH	6,5-8,5	4,41	4,42	4,69																																																																									
Turbidez (NTU)	5	0,32	0,22	0,42																																																																									
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,18	0,11	0,2																																																																									
Nitratos (mg/l)	50	0,19	0,07	0,02																																																																									
OD (mg/l)	6-8	5,3	5,9	6																																																																									
DBO5 (mg/l)	5	0,3	0	14																																																																									
DQO (mg/l)	20	0	0	0																																																																									
SS(mg/l)	10	0	0	0																																																																									
STD (mg/l)	500	14	13,5	13,5																																																																									
CTO (UFC/100ml)	0	0	800	176																																																																									
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																									
<p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1564776 N y 500361 O. Construido por la comunidad con apoyo del Zamorano y PRRAC Unión Europea. El sistema abastece a la comunidad de El Guayabo. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 1 obra de captación, 1 rotoplast de 10,000 litros que funciona de tanque, tubería de conducción de poliducto y tubería de distribución de PVC de diferentes diámetros y válvulas (resta la caja de la válvula principal). Se abastecen 25 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca está en terreno ejidal. El agua es administrada por una Junta de Agua. Actualmente no se hace desinfección del agua.</p>	<p align="center">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación característica consta de: bosque primario de robles (<i>Quercus skinneri</i> y <i>Quercus tomentocaulis</i>) (en su mayoría) y pino (<i>Pinus oocarpa</i>).</p> <p align="center">Cantidad de agua</p> <p>En primera instancia, resultó un incremento de 0,17 litros por segundo de la época seca a la de cambio llamada de transición. Luego se presentó un nuevo aumento de esta etapa de cambio, de 0,10 litros por segundo, a la de época de lluvias, lo que deja un caudal anual de 1.1 litros por segundo en promedio.</p> <div style="text-align: center;">  <table border="1"> <caption>Caudal El Guayabo</caption> <thead> <tr> <th>Época</th> <th>Caudal (l/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Seca</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Transición</td> <td>1,17</td> </tr> <tr> <td>Lluviosa</td> <td>1,27</td> </tr> </tbody> </table> </div>	Época	Caudal (l/s)	Seca	1,00	Transición	1,17	Lluviosa	1,27	<p>Seca: en el primer muestreo se observó que pH (4,41) se encuentra fuera de la norma, resultando ser el agua acida. Los valores de turbidez (0,32 NTU), fosfatos (0,18 mg/l), nitratos (0,19 mg/l), sólidos suspendidos (0 mg/l) y coliformes totales-termotolerantes (0 UFC/100 ml) están dentro de lo permitido, únicamente resultó levemente afectada por la cantidad de sólidos disueltos (14 mg/l).</p> <p>Transición: en esta época se manifestó que el valor del pH (4,42) sigue bajo la norma. Además se observó una disminución en la turbidez (0,22 NTU), fosfatos (0,11 mg/l), nitratos (0,07 mg/l) y sólidos disueltos (13,5 mg/l). y resultó significativo el aumento de la cantidad de coliformes totales presentes (800 UFC/100ml).</p> <p>Lluviosa: se observó que le pH (4,69) se elevó ligeramente, aunque sigue fuera de la pauta. Resultó un aumento de fosfatos y nitratos. La cantidad de sólidos disueltos (0 mg/l) y suspendidos (13,5 mg/l) se mantuvo igual al periodo de transición, aumento la DBO (14 mg/l) y finalmente se detectó una disminución en el número de coliformes totales (176 UFC/100 ml), por lo que se requiere la desinfección previo consumo.</p>																																																																			
Época	Caudal (l/s)																																																																												
Seca	1,00																																																																												
Transición	1,17																																																																												
Lluviosa	1,27																																																																												
<p>Recomendación: hacer un cambio de la tubería, sustituyendo la de poliducto por PVC. Fuentes de información: miembros de la junta de agua de Guayabo, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</p>	<p>Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones.</p>																																																																												

Condiciones observadas

La comunidad tiene agua permanentemente, las 24 horas del día tanto en época seca como lluviosa.

El agua es utilizada para riego, aunque dicho uso no afecta la cantidad demandada para consumo humano; cada agricultor de esta comunidad distribuye el agua para los cultivos y su hogar.

El tanque está protegido con una casita de bloques, la cual cuenta con una caseta de inspección.

La Junta Administradora del Agua no tiene reglamento interno ni personería jurídica; este acueducto es bien administrado.

Cantidad. El panorama se presenta de forma diferente a lo que se ha discutido anteriormente ya que se presenta un importante aumento gradual en la cuantía de recurso disponible. Este escenario parece alentador ya que indica que las condiciones propias de la zona de recarga no afectan la disponibilidad del recurso conforme se presenta un cambio de estación y mayores precipitaciones.

Calidad. Al promediar el pH y coliformes totales resultó fuera de la norma, en relación al potencial de hidrogeno se considera que dicho valor se debe a las condiciones de la zona de recarga de esta fuente; las que presentan un bosque muy bien conservado y suelos arcillosos. El inconveniente con este pH ácido es, la posible repercusión en la salud dental de la población o la presencia de metales en el agua. Por otro lado, la cantidad de coliformes totales esta fuera de la norma (0 UFC/100 ml) y puede deberse al contenido de hojas que posee la fuente. Obviamente y como se ha mencionado con anterioridad este no es un indicador de una contaminación fuerte, representa más bien indicios de una pequeña contaminación que no es reciente (denotado además por el valor de DBO), que puede ser controlado por métodos sencillos como la cloración (OMS 2004)

Funcionamiento del acueducto del Guayabo

Captación: se efectúa en una toma construida convencionalmente, pero que cumple con su función, captando buena parte del potencial de recurso de la fuente.

Transporte: el agua se traslada desde la obra de captación hasta el tanque a través de poliducto, la tubería es de material frágil y poco duradero, lo que hace que el acueducto sea vulnerable.

Almacenamiento: se realiza en un recipiente de 10.000 litros de capacidad, que se encuentra protegido en una caseta de bloques con ventana de inspección, cuyo único inconveniente es que la válvula principal no tiene caja de protección.


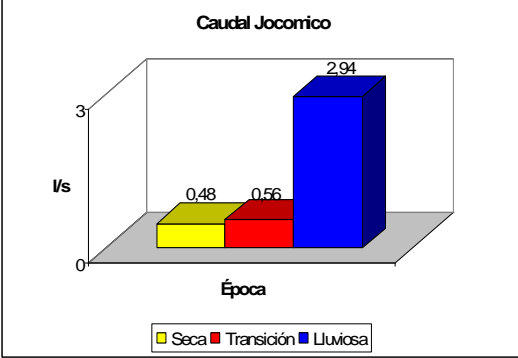
Distribución: se lleva a cabo a través de tubería de PVC, que está en buenas condiciones de funcionamiento y cuenta con válvula de control por casa para un mejor control y dotación.

Tratamiento: no se realiza tratamiento del agua, ya que no existe un elemento para ello.

Administración: está a cargo de la Junta Administradora de Agua, grupo que actualmente trabaja por el bienestar de la comunidad, procurando el adecuado funcionamiento del acueducto; haciendo mejoras, mantenimiento y operando el mismo.

Mantenimiento: esta labor la realizan los miembros de la Junta de Agua, turnándose entre ellos, ya que no han asignado a una persona exclusivamente para la limpieza, control, reparación y funcionamiento en general del acueducto, lo que hace vulnerable el sistema en caso de presentarse un daño, porque no existe alguien que actúe de forma inmediata.

Cuadro 17. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Jocomico, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto Jocomico	11	Categoría: Rural																																																																					
	Fuente superficial: Quebrada Escaleras	Calidad del agua																																																																					
	<p align="center">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación característica consta de: zacate, cordoncillo y pino (<i>Pinus oocarpa</i>) principalmente. En sus cercanías hay cultivos de hortalizas y granos básicos</p> <p align="center">Cantidad de agua</p> <p>En periodo seco se midió un caudal de 0,48 litros por segundo, en transición aumentó 0,08 litros por segundo y fue de 0,56 litros por segundo, y el más significativo resultó el aumento de 2,38 litros por segundo de esta segunda al lluvioso que fue de 2,94 litros por segundo. Dando un promedio anual de 1,3 litros por segundo. Lo que permite considerar que las condiciones de la zona de recarga de este acueducto son muy favorables para la disponibilidad de agua.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ÉPOCA</th> <th></th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C) in situ</td> <td>...</td> <td>19</td> <td>21</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>7,56</td> <td>7,93</td> <td>8,12</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>1,45</td> <td>0,4</td> <td>2,25</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,14</td> <td>0,12</td> <td>0,22</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0</td> <td>0,01</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6,1</td> <td>6,4</td> <td>6,5</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>2,4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>160</td> <td>160</td> <td>130</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>1000</td> <td>1200</td> <td>460</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C) in situ	...	19	21	20	pH	6,5-8,5	7,56	7,93	8,12	Turbidez (NTU)	5	1,45	0,4	2,25	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,14	0,12	0,22	Nitratos (mg/l)	50	0	0,01	0,1	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,1	6,4	6,5	DBO5 (mg/l)	5	1	2,4	0	DQO (mg/l)	20	0	0	0	SS (mg/l)	10	0	8	8	STD (mg/l)	500	160	160	130	CTO (UFC/100ml)	0	1000	1200	460	CTER (UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																			
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																						
Temperatura (°C) in situ	...	19	21	20																																																																			
pH	6,5-8,5	7,56	7,93	8,12																																																																			
Turbidez (NTU)	5	1,45	0,4	2,25																																																																			
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,14	0,12	0,22																																																																			
Nitratos (mg/l)	50	0	0,01	0,1																																																																			
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,1	6,4	6,5																																																																			
DBO5 (mg/l)	5	1	2,4	0																																																																			
DQO (mg/l)	20	0	0	0																																																																			
SS (mg/l)	10	0	8	8																																																																			
STD (mg/l)	500	160	160	130																																																																			
CTO (UFC/100ml)	0	1000	1200	460																																																																			
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																			
<p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1565089 N y 499913 O. Construido por la comunidad con apoyo de la Alcaldía municipal. El sistema abastece a la comunidad de Jocomico, sector de la Aldea Guanacaste. Componentes del sistema: 1 obra de captación, 1 rotoplast de 5000 litros que funciona de tanque, tubería de PVC de diferentes diámetros, y 5 válvulas de control. Sistema que funciona por gravedad. Se abastecen 17 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca está dentro de propiedad privada. El agua es administrada por una Junta de Agua. Actualmente no se da desinfección al agua.</p>		<p>Seca: se observó que el parámetro pH (7,56); esta dentro de la norma. Además los parámetros: turbidez (1,45 NTU), fosfatos (0,14 mg/l), nitratos (0 mg/l), OD (6,1 mg/l), DBO (1 mg/l), DQO (0 mg/l) y coliformes termotolerantes (0 mg/l) están dentro de lo permitido. Resultó importante la cantidad de sólidos disueltos (160 mg/l) y coliformes totales (1000 UFC/100 ml), lo que indica que se debe desinfectar.</p> <p>Transición: en esta época resultó que el parámetro del pH (7,93) aumentó, y se encuentra dentro de la norma; se observó también una disminución en la turbidez (0,4 NTU) y fosfatos (0,12 mg/l) presentes en el agua y además se mantuvo estable la cantidad de sólidos disueltos (160 mg/l) y aumentó la de coliformes totales (1200 UFC/100ml), lo que indica que la desinfección es básica.</p> <p>Lluviosa: para esta época el pH (8,12) resultó ligeramente más alto y permanece dentro de la pauta. Se observó un aumento en la turbidez del agua (2,25 NTU) y cantidad de fosfatos (0,22 mg/l) presentes, finalmente resultó un descenso de sólidos disueltos (130 mg/l) y coliformes totales (460 UFC/100ml). Fuentes de información: miembros de la junta de agua de Jocomico, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</p>																																																																					
<p>Recomendaciones: dar tratamiento al agua en el tanque, ya sea cambiando el actual por uno de ladrillo y cemento con hipoclorador, o creando las condiciones para clorar en el rotoplast con que cuentan.</p>	<p>Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones.</p>																																																																						

Condiciones observadas

La comunidad tiene agua permanentemente, las 24 horas del día tanto en época seca como en la época lluviosa.

Se hizo un cambio de la tubería, la de poliducto fue sustituida totalmente por tubería de PVC.

Antes del cambio de tubería, el caudal que entraba al tanque era mucho menor que el captaba la presa, lo que significa que había demasiada pérdida en el trayecto de conducción.

La Junta Administradora del Agua no tiene reglamento interno ni personería jurídica, este acueducto es muy bien administrado.

Cantidad. Un contexto parecido al sistema de El Guayabo se presenta en este acueducto, debido a que en las dos primeras épocas se presentó un aumento gradual en el caudal, pero en la última época establecida este incremento fue muy elevado; lo que permite considerar que las condiciones de la zona de recarga de este acueducto son muy favorables para la disponibilidad de agua, y que probablemente la evapotranspiración no juegue un papel decisivo en la cantidad del recurso, como se ha visto en otros casos.

Calidad. Este sistema se ubica en la zona seca del municipio, en promedio la muestra resultó con pH básico, al igual que el sistema de Guanacaste; lo que evidencia la fuerte influencia del clima y el bosque; sumado además, los altos valores de coliformes totales, cantidad que excede la norma técnica permitida (0 UFC/100 ml) y que seguramente se debe a las condiciones particulares de la fuente y la obra de captación. Ya que en este caso, hay presencia de cultivos en áreas aledañas a la fuente y la presa, por lo que, el alto contenido de coliformes puede deberse a esta causa, y asociado a ello se puede incluir el contenido de sólidos totales disueltos, que si bien es cierto esta dentro de lo permitido, pero cuyo valor justifica la presencia de coliformes.

Funcionamiento del acueducto de Jocomico

Captación: se realiza en una presa, cuyas condiciones actuales son muy buenas, mostrando únicamente el inconveniente que no tiene ningún tipo de protección, sea rejilla o cercado.

Transporte: recientemente fue cambiada la tubería de conducción, pues era toda de poliducto, sustituyéndose por PVC que es un material mucho más resistente y duradero.

Almacenamiento: se cuenta con un recipiente de 5,000 litros de capacidad, donde se almacena el agua, éste se encuentra cercado y protegido.


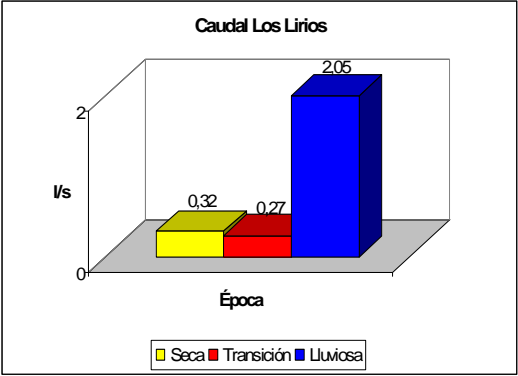
Distribución: para esta función se cuenta con tubería PVC de 0,5 pulgadas de diámetro, la cual se encuentra en buenas condiciones de operación.

Tratamiento: se cuenta con un elemento para el almacenamiento, pero no con uno para dar tratamiento al agua, esta es una debilidad del acueducto.

Administración: está a cargo de la Junta Administradora de Agua, grupo que actualmente trabaja por el bienestar de la comunidad, haciendo mejoras en el acueducto y asignando una persona para dar mantenimiento y operatividad al mismo.

Mantenimiento: esta labor la realiza el fontanero que fue asignado por la Junta Administradora de Agua, y se encarga de la limpieza, control, reparación y funcionamiento en general de cada componente del acueducto, reportando cambios y daños en el sistema.

Cuadro 18. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Los Lirios, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto Los Lirios	12	Categoría: Rural																																																																								
	Fuente superficiales: Quebrada Cartuchera Quebrada intermitente EL Encinal Fuente subsuperficial: Encinal (2 nacientes)	Calidad del agua																																																																								
	Cobertura vegetal La vegetación característica consta de: pino (<i>Pinus oocarpa</i>), encino (<i>Quercus sapotifolia</i>), pinabete (<i>pinus pseudostrubus</i>) y sotobosque.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">ÉPOCA</th> <th></th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C) in situ</td> <td>...</td> <td>28</td> <td>18</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>6,32</td> <td>6,63</td> <td>6,32</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>121</td> <td>13,5</td> <td>121</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,26</td> <td>0,16</td> <td>0,26</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,08</td> <td>0,09</td> <td>0,08</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6,8</td> <td>5,9</td> <td>6,8</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>12</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>9</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>20</td> <td>19,5</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>1040</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C) in situ	...	28	18	28	pH	6,5-8,5	6,32	6,63	6,32	Turbidez (NTU)	5	121	13,5	121	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,26	0,16	0,26	Nitratos (mg/l)	50	0,08	0,09	0,08	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,8	5,9	6,8	DBO5 (mg/l)	5	12	3	12	DQO (mg/l)	20	19	9	19	SS (mg/l)	10	0	8	0	STD (mg/l)	500	20	19,5	20	CTO (UFC/100ml)	0	20	1040	20	CTER (UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																						
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																									
Temperatura (°C) in situ	...	28	18	28																																																																						
pH	6,5-8,5	6,32	6,63	6,32																																																																						
Turbidez (NTU)	5	121	13,5	121																																																																						
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,26	0,16	0,26																																																																						
Nitratos (mg/l)	50	0,08	0,09	0,08																																																																						
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,8	5,9	6,8																																																																						
DBO5 (mg/l)	5	12	3	12																																																																						
DQO (mg/l)	20	19	9	19																																																																						
SS (mg/l)	10	0	8	0																																																																						
STD (mg/l)	500	20	19,5	20																																																																						
CTO (UFC/100ml)	0	20	1040	20																																																																						
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																						
Cantidad de agua Resulta un volumen de 0,32 litros por segundo en época seca, decreciendo 0,05 litros por segundo en transición, resultando un volumen de 0,27 litros por segundo y finalmente experimentando un aumento de 1,78 litros por segundo entre la lluviosa y la época anterior, pues el último caudal fue de 2,05 litros por segundo. Con un promedio anual de 0,9 litros por segundo.	<p>Seca: en esta época se observó que el pH (6,32) en el agua se encuentra dentro de la norma. El agua presentó un alto valor de turbidez (121 NTU), y los fosfatos (0,26 mg/l), nitratos (0,08 mg/l), OD (6,8 mg/l), DBO (12 mg/l), DQO (19 mg/l), sólidos suspendidos (0 mg/l) y coliformes termotolerantes (0 mg/l) resultaron dentro de la norma. Además resultó alto el valor de sólidos disueltos (20 mg/l) y coliformes totales (20 UFC/100 ml).</p> <p>Transición: en el segundo periodo el pH (6,63) permanece dentro de la norma. Hay una disminución en la turbidez (13,5 NTU) y la cantidad de fosfatos (0,16 mg/l) y sólidos disueltos presentes (19,5mg/l). Además se observó un aumento en la cantidad de coliformes totales (1040 UFC/100 ml), por lo que se debe desinfectar.</p> <p>Lluviosa: para esta época el valor resultante del pH (6,78) permanece dentro de la norma. Se vio un aumento en la turbidez (26,3NTU), DBO (12 mg/l) valor fuera de lo permitido, y un descenso en la cantidad de fosfatos (0,13 mg/l), nitratos (0,04 mg/l) y sólidos suspendidos (0 mg/l), y resultó significativo el valor de coliformes totales (210 UFC/100 ml) y termotolerantes (48 UFC/100 ml).</p>																																																																									
Aspectos generales Ubicación 1565967 N y 493508 O. Construido por la comunidad en el 2000. El sistema abastece a la comunidad de Los Lirios, sector de Miravalle. Componentes del sistema: 1 obra de captación, 2 rotoplast de 5000 litros que funcionan de tanque, 2 obras tomas, tubería de poliducto, HG y PVC de diferentes diámetros y válvulas de control. Se abastecen 28 viviendas y hay 23 en espera de conexión a este sistema. Sistema que funciona por gravedad. El área de la microcuenca está en zona de protección por ser de influencia para el Parque Nacional La Tigra. El agua es administrada por una junta de agua. Actualmente no se hace desinfección del agua.																																																																										
Recomendaciones: dar limpieza a la obra de captación al menos una vez al mes, o en su defecto dar tratamiento al agua en el tanque. Mantener la vigilancia en la zona de recarga del Encinal para evitar la tala de árboles.	Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de deslizamientos o inundaciones. Fuentes de información: miembros de la junta de agua de Los Lirios, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.																																																																									

Condiciones observadas

La comunidad tiene agua algunas horas, día de por medio en época seca y diariamente en época lluviosa.

Presenta problemas por causa de incendios forestales y deforestación incontrolada.

La inyección de caudal al sistema que se hizo últimamente proviene de la Quebrada Cartuchera que es utilizada por otro sistema, pero no es afectado.

La Junta Administradora del Agua cuenta con reglamento interno, pero no tienen personería jurídica; la junta directiva se cambió en el año 2006.

Cantidad. La tendencia que presenta, referente al descenso de caudal durante la transición y el crecimiento en periodo lluvioso, para este sistema se debe a la suma de caudal de una fuente intermitente o de invierno como también se le conoce; aclaración válida porque pudiese parecer exagerado el cambio experimentado. Observándose una tendencia de un crecimiento gradual conforme siga el periodo de lluvias, y el alcance de un caudal máximo, mismo que variara de acuerdo a las condiciones climáticas para este año del estudio con respecto a monitoreos posteriores.

Calidad. El parámetro de turbidez se encuentra excesivamente alto, por lo que, se ve alterado el color del agua; además representa la presencia de partículas en suspensión, o por los sedimentos producto de la erosión; por lo apreciado en el campo, se cree justamente que la segunda causa ocasiona esta alta turbidez. Si bien es cierto el principal efecto de una alta turbidez es principalmente la reducción del oxígeno disuelto en el agua y por ende una mayor presencia de bacterias que no son degradadas; además del efecto estético del agua. La cantidad de coliformes totales no cumple con la norma, y el agua para consumo humano no debe contener ninguna de estas bacterias. Finalmente lo que resulta más significativo es la presencia de coliformes termotolerantes, que se ha visto resulta del arrastre de sustancias al agua por la escorrentía.

Funcionamiento del acueducto de Los Lirios

Captación: se efectúa en una presa, cuya base no está repellada; el agua erosiona continuamente el suelo, permitiendo que mucho sedimento entre en la tubería.

Transporte: la conducción del agua se realiza por medio de poliducto, tubería que hace vulnerable el sistema porque es frágil y no está enterrado ni protegido contra la acción antrópica; además la tubería fue puesta de tal forma en algunos tramos que el sistema presenta problemas al funcionar por gravedad.

Almacenamiento: se recibe el volumen de agua en dos recipientes de 5,000 litros de capacidad cada uno, que se encuentran semienterrados y protegidos con cerca de malla ciclón, un problema es que no tienen la limpieza adecuada.


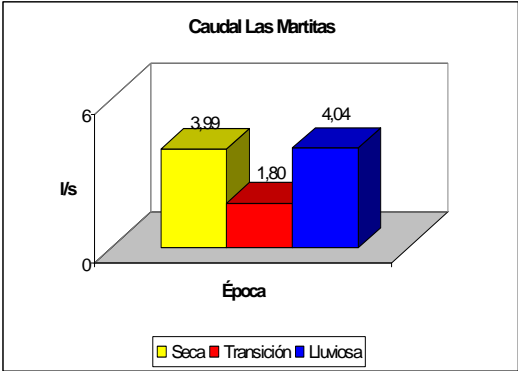
Distribución: la tubería que utiliza para este fin es de PVC y en ciertos tramos de HG, la misma está en buenas condiciones de operación.

Tratamiento: no existe un dispositivo para realizar el tratamiento del agua en este acueducto.

Administración: está a cargo de la Junta Administradora de Agua, la cual hace mejoras, mantenimiento y opera el acueducto; a través de una persona encargada de esas tareas.

Mantenimiento: esta labor fue asignada al fontanero, quien debería hacer la limpieza, control, reparación y vigilancia en general del acueducto, pero actualmente realiza estas acciones con poca regularidad.

Cuadro 19. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Las Martitas, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto Las Martitas		13		Categoría: Urbano																																																																								
	Fuente subsuperficial: Queb. Las Martitas			Calidad del agua																																																																								
	<p align="center">Cobertura vegetal</p> <p>Mano de león, plátano, caimirin, guajiniquil (<i>Inga vera</i>), guama (<i>Inga edulis</i>), pino (<i>Pinus oocarpa</i>), achotío (<i>Bixa orellana</i>), suyate, café, aguacate mico, helechos (<i>Pteridium aquilinum</i>), bien teveo, cafecito.</p> <p align="center">Cantidad de agua</p> <p>En el primer aforo resultó un caudal de 3,99 litros por segundo para la época seca, 1,80 litros por segundo en transición y 4,04 litros por segundo en la lluviosa. Al hacer comparaciones entre épocas resultó un descenso de este de 2,19 litros por segundo en las primeras dos, donde interviene los agentes climáticos y ambientales. Luego resultó una diferencia de 2,24 litros por segundo en las dos ultimas, debido a la presencia de las lluvias que incremento el total del volumen. Dando un promedio anual de 3,3 l/s.</p>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #d9ead3;">ÉPOCA</th> <th></th> <th style="background-color: #d9ead3;">Seca</th> <th style="background-color: #d9ead3;">Transición</th> <th style="background-color: #d9ead3;">Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;"><i>Parámetro</i></td> <td style="background-color: #d9ead3;"><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C) in situ</td> <td>...</td> <td>25</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>5,62</td> <td>5,4</td> <td>5,23</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>0,43</td> <td>0,41</td> <td>1,04</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,07</td> <td>0,1</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,33</td> <td>0,4</td> <td>0,33</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6,9</td> <td>7,1</td> <td>6,5</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>4,8</td> <td>7,7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>6</td> <td>6,5</td> <td>7,5</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C) in situ	...	25	19	19	pH	6,5-8,5	5,62	5,4	5,23	Turbidez (NTU)	5	0,43	0,41	1,04	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,07	0,1	0,15	Nitratos (mg/l)	50	0,33	0,4	0,33	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,9	7,1	6,5	DBO5 (mg/l)	5	4,8	7,7	8	DQO (mg/l)	20	0	3	0	SS (mg/l)	10	0	0	0	STD (mg/l)	500	6	6,5	7,5	CTO (UFC/100ml)	0	20	3	3	CTER (UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																								
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																											
Temperatura (°C) in situ	...	25	19	19																																																																								
pH	6,5-8,5	5,62	5,4	5,23																																																																								
Turbidez (NTU)	5	0,43	0,41	1,04																																																																								
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,07	0,1	0,15																																																																								
Nitratos (mg/l)	50	0,33	0,4	0,33																																																																								
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,9	7,1	6,5																																																																								
DBO5 (mg/l)	5	4,8	7,7	8																																																																								
DQO (mg/l)	20	0	3	0																																																																								
SS (mg/l)	10	0	0	0																																																																								
STD (mg/l)	500	6	6,5	7,5																																																																								
CTO (UFC/100ml)	0	20	3	3																																																																								
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																								
<p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1567005 N y 496298 O. Construido por la Alcaldía Municipal. El sistema abastece tres barrios del casco urbano de Valle de Ángeles, El Edén, La Lomita y El Zarzal. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 1 obra de captación con dos cámaras y está cercada, tubería de HG y PVC de diferentes diámetros, válvulas de control y no hay tanque. Se abastecen 139 viviendas con este sistema y en conjunto con el sistema de la Quebrada El Suizo. El área de la microcuenca está en terreno ejidal. El agua es administrada por autoridades municipales. Actualmente no se hace desinfección del agua.</p>					<p>Seca: en el primer monitoreo de calidad se observó que se cumple con los valores de la norma en su mayoría; el valor del pH (5,62) esta bajo, y se encontró la presencia de coliformes totales (20 UFC/100 ml) para cuyo control se requiere desinfección por cloración o ebullición del agua.</p> <p>Transición: en la segunda toma de muestras se presentó un valor bajo del pH (5,4), demostrándose además que se requiere dar tratamiento es a la ligera presencia de coliformes totales (3 UFC/100 ml) y sólidos disueltos (6,5 mg/l), para ello la desinfección, hubo también una mejoría en cuanto a la presencia de OD (7,1 mg/l) y subió el valor de DBO (7,7).</p> <p>Lluviosa: para este periodo de muestreo el valor del pH (5,23) continua siendo bajo, se observó un leve aumento en la cantidad de fosfatos (0,15 mg/l) y nitratos (0,33 mg/l), aunque los valores permanecen dentro de la norma; resultó además que coliformes totales (3 UFC/100 ml) y coliformes termotolerantes (0UFC/100 ml) se mantienen igual, no así el valor de DBO (8 mg/l) que subió un poco y se sale de la norma.</p>																																																																							
<p>Recomendaciones: dar limpieza a los exteriores de la obra de captación. Cambiar alguna tubería que se encuentra en muy mal estado.</p>		<p>Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones.</p>			Fuentes de información: autoridades municipales, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad																																																																							

Condiciones observadas

Al parecer esta es una fuente subsuperficial que va emergiendo en diferentes tramos de su trayectoria.

El agua de este sistema se une con la del sistema de la quebrada El Suizo y va directamente a la tubería de distribución, no funciona un sistema de almacenamiento (tanque), por lo que si se rompe una tubería, la población se queda sin agua; y debido a la forma en que funciona el sistema no es posible clorarla.

La presa esta en buenas condiciones y está cerrada; en cuanto a la tubería se requiere reparar alguna que se encuentra fisurada.

Cantidad. El ambiente de variación para este sistema de abastecimiento de agua es similar a los que anteriormente se han expuesto en lo referente a que experimento dos cambios marcados, un descenso de la cantidad en la época de transición y un aumento significativo en el periodo lluvioso; se puede apreciar también que entre los caudales de periodo seco y lluvioso, una vez superada la canícula, se presenta una diferencia de 0,05 litros por segundo, con tendencias claras a un crecimiento gradual hasta que termine la temporada de lluvias.

Calidad. En general las condiciones de este acueducto son muy positivas, lo que se ve reflejado en los resultados obtenidos, únicamente tres de los doce parámetros en estudio resultaron fuera de la norma nacional; coliformes totales cuando la norma señala la no presencia de las mismas y un pH ácido cuando lo permitido es entre el rango de 6,5 a 8,5 y finalmente la cantidad de DBO que fue superior a 5 mg/l. Con respecto a la cantidad de coliformes, se puede señalar que puede deberse a la cantidad de hojas y humus presentes; presencia confirmada por el valor de DBO resultante, y que no representa mayor problema ya que no es indicador fuerte de alta contaminación. En cuanto al porcentaje del potencial de hidrogeno podría reflejarse en problemas de salud dental en la población o la presencia de metales en el agua.

Funcionamiento del acueducto Las Martitas

Captación: se realiza en una obra o presa de dos secciones, con ventana de vigilancia debidamente cerrada con tapaderas metálicas. En esta obra se recolecta buena parte del agua que se tiene la fuente; dicha presa se encuentra en buenas condiciones y está cercado con maya ciclón por lo que su acceso es restringido.

Transporte: la tubería de conducción es de PVC y está en regulares condiciones; el agua va directamente a la tubería de distribución. La tubería se encuentra en malas condiciones con agujeros para el control de presiones, tiene tubería de diámetros variables (4, 3,2 pulgadas).

Almacenamiento: no hay un elemento físico para el almacenamiento del agua.


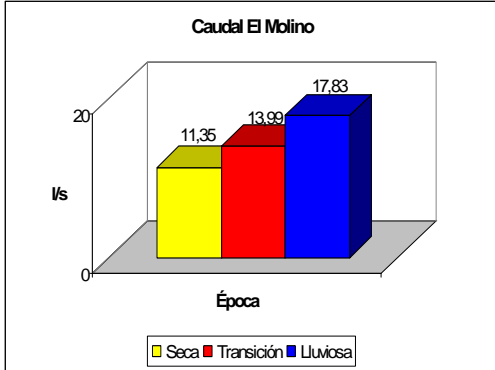
Distribución: el agua pasa directamente a esta tubería, por lo que se utilizan sistemas convencionales para el control de burbujas de aire en la misma; lo que favorece que ésta se dañe con facilidad.

Tratamiento: debido a que no existe una obra para el almacenamiento del agua, no hay forma de darle el tratamiento necesario.

Administración: en este caso son las autoridades municipales quienes se encargan de la dirección de este acueducto, asignando personal para su funcionamiento.

Mantenimiento: el encargado del control de este acueducto es uno de los fontaneros municipales, quien se encarga de la reparación de daños en el sistema y de distribuir el recurso a los usuarios. Esta persona abre y cierra válvulas de control a diario, para dotar a la población de su dotación de acuerdo a la temporada, ya que en época seca él hace racionamientos, tratando de dosificar el agua equitativamente entre los usuarios.

Cuadro 20. Descripción del sistema de abastecimiento de agua El Molino, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto El Molino	14	Categoría: Urbano																																																																						
	Fuentes superficiales: Quebrada Carrizal y Quebrada los Jutes	Calidad del agua																																																																						
	Cobertura vegetal La vegetación característica consta de: pino llorón (<i>Pinus maximinoii</i>), liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), pino ocote (<i>Pinus oocarpa</i>), encino (<i>Quercus sapotifolia</i>), pinabete (<i>pinus pseudostrobus</i>) y roble (<i>Quercus skinneri</i>).	Cantidad de agua 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #e0e0e0;">ÉPOCA</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Norma</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Seca</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Transición</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>4,5</td> <td>7,43</td> <td>7,29</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>3,34</td> <td>3,65</td> <td>14,9</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,12</td> <td>0,19</td> <td>0,08</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,03</td> <td>0,02</td> <td>0,01</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>5,9</td> <td>7,3</td> <td>6,8</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>9</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>7</td> <td>1,7</td> <td>1,6</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>65</td> <td>34</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>144</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>					Temperatura (°C)	...	18	19	24	pH	6,5-8,5	4,5	7,43	7,29	Turbidez (NTU)	5	3,34	3,65	14,9	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,12	0,19	0,08	Nitratos (mg/l)	50	0,03	0,02	0,01	OD (mg/l)	6,0-8,0	5,9	7,3	6,8	DBO5 (mg/l)	5	0	9	0	DQO (mg/l)	20	7	1,7	1,6	SS (mg/l)	10	0	0	0	STD (mg/l)	500	65	34	14	CTO (UFC/100ml)	0	0	144	32	CTER (UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa																																																																				
<i>Parámetro</i>																																																																								
Temperatura (°C)	...	18	19	24																																																																				
pH	6,5-8,5	4,5	7,43	7,29																																																																				
Turbidez (NTU)	5	3,34	3,65	14,9																																																																				
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,12	0,19	0,08																																																																				
Nitratos (mg/l)	50	0,03	0,02	0,01																																																																				
OD (mg/l)	6,0-8,0	5,9	7,3	6,8																																																																				
DBO5 (mg/l)	5	0	9	0																																																																				
DQO (mg/l)	20	7	1,7	1,6																																																																				
SS (mg/l)	10	0	0	0																																																																				
STD (mg/l)	500	65	34	14																																																																				
CTO (UFC/100ml)	0	0	144	32																																																																				
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	4																																																																				
Aspectos generales Ubicación 1564643 N y 493842 O. Construido por la comunidad en el año 1996. El sistema abastece a la comunidad de El Molino, barrio del casco urbano. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 1 obra de captación, 1 caja colectora, tubería de PVC de diferentes diámetros y válvulas de control. Se abastecen 60 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca fue cedida a la comunidad. El agua es administrada por un Patronato que funciona como Junta de agua. No se hace desinfección del agua en el sistema, pero los usuarios lo hacen en su casa (cloración). <small>Fuentes de información: miembros del patronato de El Molino, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</small>	Cantidad de agua Mostrando un crecimiento escalonado de 2,64 litros por segundo entre las dos primeras épocas (seca y transición), y de 3,84 litros por segundo entre las dos últimas (transición y lluviosa). Presentándose un aumento significativo entre los meses de marzo y agosto, periodo durante el cual el caudal creció 6,48 litros por segundo. Siendo anualmente un caudal de 14,4 litros por segundo en promedio.	<p>Seca: en época el pH (4,5) se encontró fuera de la norma. Se observó que los parámetros turbidez (3,34 NTU), fosfatos (0,12 mg/l), nitratos (0,03 mg/l), sólidos suspendidos (0 mg/l) y coliformes totales (0 mg/l) y termotolerantes (0 mg/l) están dentro de la norma. Solo resultó significativa la cantidad de sólidos totales disueltos (65 mg/l), lo que indica que se debe desinfectar.</p> <p>Transición: para este periodo resultó relevante el aumento en el pH (7,43), resultando dentro de la regla. Se observó un incremento para los parámetros de turbidez (3,65 NTU), fosfatos (0,19 mg/l), OD (7,3 mg/l) y DBO (9 mg/l). Además resultó una disminución de la cantidad de sólidos disueltos (34 mg/l) y el aumento de coliformes totales (144 UFC/100 ml).</p> <p>Lluviosa: en esta época el pH (7,29) se encuentra dentro del rango de 6,5 a 8,5, se manifiesta un aumento en la turbidez del agua (14,9 NTU) y un descenso de fosfatos (0,08 mg/l) y nitratos (0,01 mg/l), sigue la disminución en la cantidad de sólidos disueltos (14 mg/l) y se da un descenso de coliformes totales (32 UFC/100 ml) y la presencia de coliformes termotolerantes (4 UFC/100 ml).</p>																																																																						
Recomendaciones: cercado o medida de protección para la obra de captación que se encuentra expuesta a la acción antrópica. Dar tratamiento al agua.	Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de deslizamientos o inundaciones.																																																																							

Condiciones observadas

La comunidad tiene agua permanentemente tanto en época seca como de lluvias.

Durante el periodo de lluvias utilizan el agua de la fuente Los Jutes ya que la Quebrada Carrizal en su parte baja, de donde se abastecen mayoritariamente es muy turbia durante este periodo.

El agua se trata en las cisternas o pilas de cada hogar, ya que no existe una obra de almacenamiento (tanque) donde hacerlo.

Este patronato tiene personería jurídica, pero no cuenta con reglamento interno.

Cantidad. Se presenta el mismo caso de otros sistemas analizados anteriormente (Bordo las Martitas, Guayabo y Jocomico) donde el volumen de agua va en incremento escalonado, este es el sistema que cuenta con el mayor caudal aforado durante las tres épocas del estudio.

Calidad. Este es otro de los acueductos de carácter urbano que fue muestreado en cuanto a calidad del agua, resultando valores para tres periodos del año.

Al igual que en sistemas anteriores en promedio resultó un pH ácido (6,41) pero que ha la vez esta muy cercano al rango permitido que es entre 6,5 y 8,5. La presencia de coliformes totales fue bastante alta, justificando dicha presencia por las condiciones específicas de este acueducto ya que recibe el agua en la parte baja de la quebrada Carrizal, el excedente de la presa del Túnel y mezclada con aguas de otra fuente, lo que justifica además el alto valor de turbidez, cuando lo permitido es de 5 NTU.

Lo que resultó preocupante fue la leve presencia de coliformes termotolerantes, que señalan un posible foco de contaminación, que si no se trata a tiempo puede alterar significativamente la calidad del agua servida.

Funcionamiento del acueducto de El Molino

Captación: se efectúa en la presa (bocatoma) que está levemente protegida con alambre de púas, pero que requiere una mayor protección.

Transporte: se hace en tubería de PVC en la totalidad de los tramos del sistema, y actualmente está en buenas condiciones de operación.

Almacenamiento: no hay obras para almacenar agua en el acueducto, pero la población lo hace con diversos medios en su hogar.


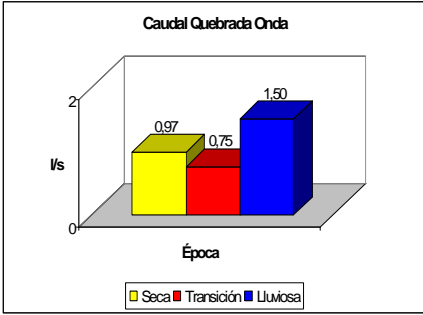
Distribución: el agua se distribuye desde la obra de captación a la tubería de conducción y luego directo a la tubería de distribución, que en su totalidad es de PVC, y que está en buenas condiciones de operación.

Tratamiento: no se da tratamiento al agua ya que no hay un componente del sistema destinado a ello, pero cada familia lo hace en su hogar.

Administración: es realizada por los miembros de la comunidad que forman el patronato, organización local que trabaja por mejorar las condiciones de vida de esta comunidad y que se encarga del control y adecuado funcionamiento del acueducto, así como la asignación de una persona para su mantenimiento.

Mantenimiento: que hace el fontanero designado por el patronato y consiste básicamente en el control de válvulas, reparación de fallas y limpieza.

Cuadro 21. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Quebrada Honda, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto Quebrada Honda	15	Categoría: Rural																																																																									
 <p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1564887 N y 492101 O. Construido por la comunidad con ayuda de AMITIGRA y PRACAGUA en 1998. El sistema abastece a la comunidad de Quebrada Honda. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 1 obra de captación, 2 rompecarga (1 en mal estado), 1 tanque, hipoclorador (en mal estado), tubería de HG y PVC de diferentes diámetros, y válvulas de control. Se abastecen 53 viviendas con este sistema. Aunque inicialmente se construyó para abastecer a 32. El área de la microcuenca está dentro del Parque Nacional la Tigra. El agua es administrada por una junta de agua. La población recibe agua a diario. Actualmente no se hace desinfección del agua. Fuentes de información: miembros de la junta de agua de Quebrada Honda, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</p>	Fuente superficial: Quebrada Manzanas	Calidad del agua																																																																									
	Cobertura vegetal	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÉPOCA</th> <th>Norma</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>16</td> <td>23</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>4,4</td> <td>4,82</td> <td>4,41</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>0,54</td> <td>0,76</td> <td>1,06</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,14</td> <td>0,15</td> <td>0,19</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,1</td> <td>0,12</td> <td>0,03</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6,6</td> <td>6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>5,2</td> <td>0,7</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>28</td> <td>8</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>16</td> <td>15</td> <td>16,5</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>50</td> <td>44</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>					Temperatura (°C)	...	16	23	22	pH	6,5-8,5	4,4	4,82	4,41	Turbidez (NTU)	5	0,54	0,76	1,06	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,14	0,15	0,19	Nitratos (mg/l)	50	0,1	0,12	0,03	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,6	6	6	DBO5 (mg/l)	5	5,2	0,7	0	DQO (mg/l)	20	0	4	0	SS (mg/l)	10	28	8	0	STD (mg/l)	500	16	15	16,5	CTO (UFC/100ml)	0	0	50	44	CTER (UFC/100ml)	0	0	2	0
	ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa																																																																						
<i>Parámetro</i>																																																																											
Temperatura (°C)	...	16	23	22																																																																							
pH	6,5-8,5	4,4	4,82	4,41																																																																							
Turbidez (NTU)	5	0,54	0,76	1,06																																																																							
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,14	0,15	0,19																																																																							
Nitratos (mg/l)	50	0,1	0,12	0,03																																																																							
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,6	6	6																																																																							
DBO5 (mg/l)	5	5,2	0,7	0																																																																							
DQO (mg/l)	20	0	4	0																																																																							
SS (mg/l)	10	28	8	0																																																																							
STD (mg/l)	500	16	15	16,5																																																																							
CTO (UFC/100ml)	0	0	50	44																																																																							
CTER (UFC/100ml)	0	0	2	0																																																																							
Cantidad de agua	<p>En marzo, mes establecido para la medición del volumen de época seca, el caudal fue de 0,97 litros por segundo. Luego en junio fue de 0,75 litros por segundo, disminuyendo 0,22 litros por segundo en comparación al mes anteriormente mencionado. Y finalmente en el mes de agosto este fue de 1,50 litros por segundo, 0,75 litros por segundo lo que representa el doble del existente en junio. Dando un promedio de 1,1 l/s anual.</p> <div style="text-align: center;">  </div>																																																																										
<p>Vulnerabilidad. No presenta problemas por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones.</p>		<p>Seca: en esta época el pH (4,4) resultó bajo la norma. Se observó que los parámetros turbidez (0,54 NTU), fosfatos (0,14 mg/l), nitratos (0,1 mg/l), OD (6,6 mg/l), DBO (5,2 mg/l), DQO (0 mg/l), coliformes totales (0 UFC/100 ml) y termotolerantes (0 UFC/100ml) si la cumplen. Resultando significativo los sólidos disueltos (16 mg/l) y suspendidos (28 mg/l). Transición: en este periodo aumentó el pH (4,82) pero sigue bajo. Se presentó un aumento de fosfatos (0,15 mg/l), nitratos (0,12 mg/l), turbidez (0,76 NTU), sólidos suspendidos (8 mg/l) y sólidos disueltos (15 mg/l). Resultó significativa la presencia de coliformes totales (50 UFC/100ml) y termotolerantes (2 UFC/100 ml). Lluviosa: aquí el pH (4,41) resultó más bajo y fuera de la norma. Se observó un aumento en la turbidez del agua (1,06 NTU), de fosfatos (0,19 mg/l) y sólidos suspendidos (0 mg/l). Y resultó un descenso de nitratos (0,03 mg/l) y coliformes totales (44 UFC/100 ml).</p> <p>Recomendaciones: no permitir el acceso a más conexiones, para evitar la escasez en los próximos años. Implementar el hipoclorador para dar el tratamiento debido al agua.</p>																																																																									

Condiciones observadas

Se presentan problemas en la cantidad de agua que llega, ya que hay aire en la tubería por falta de válvulas de aire que controlen esta situación.

La comunidad radica en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional la Tigra, por lo que AMITIGRA ayudó a la construcción de este proyecto para un total de 32 viviendas, pero por la falta de control en la venta de conexiones hasta la fecha ya son más de 50 viviendas.

La Junta Administradora del Agua tiene reglamento interno, pero no cuenta con personería jurídica.

Cantidad. En esta ocasión, se repitió nuevamente el patrón encontrado en los acueductos de La Esperanza, La Escondida, Cantón, Las Martitas y CSC, donde se presentó un leve descenso entre el caudal de periodo seco y el de transición, y luego se manifestó un aumento en el caudal del periodo lluvioso; concluyéndose que son significativas las condiciones ambientales bajo las que se encuentra la zona de recarga de este acueducto, ubicada precisamente en un parte del área del Parque Nacional La Tigra (PNLT), área protegida muy importante desde el punto de vista de producción de fuentes de agua para consumo humano.

Calidad. El sistema de Quebrada Honda fue objeto también del estudio de calidad de agua realizado en el municipio durante los tres muestreos anuales. El valor del pH ácido es el característico de ambientes de bosques de coníferas, con la leve presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes durante el periodo lluvioso. Si bien es cierta la presencia de coliformes puede ser controlada, el valor de pH obtenido es muy ácido y puede representar un problema para la salud dental de la población; pero como ya se ha mencionado este valor de pH ácido es característico de un ambiente de coníferas, donde las condiciones de vegetación y del suelo repercuten en la calidad del agua.

Funcionamiento del acueducto de Quebrada Honda

Captación: esta se realiza en una presa que se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento, pero requiere limpieza periódica.

Transporte: se hace por medio de tubería de PVC, pero se tiene problema con el control de presiones así como con las burbujas de aire ya que el caudal no sube en su totalidad en tramos donde la pendiente no lo permite y uno de los rompecargas no esta en uso.

Almacenamiento: se realiza en un tanque ubicado en la parte alta de la comunidad, la cual se encuentra en buenas condiciones, pero requiere el cercado perimetral para su protección, además se requiere la reparación de la tapadera de la caja de control.


Distribución: se hace a través de una tubería de PVC, que está en buenas condiciones de funcionamiento.

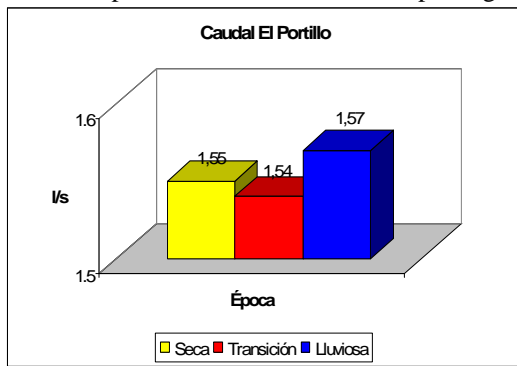
Tratamiento: existe un hipoclorador pero está dañado y requiere cambiar un dispositivo del mismo para poder tratar al agua.

Administración: está a cargo de la Junta Administradora del Agua que actualmente gestiona recursos para la compra de un hipoclorador, hace el cobro a los usuarios y paga los servicios del fontanero. Un problema encontrado en la administración de esta Junta es la venta excesiva de conexiones, pues el sistema fue construido par abastecer 35 casas y se ha dado conexión a 50, comprometiendo la demanda futura.

Mantenimiento: actualmente el fontanero hace la reparación de daños a la tubería, limpieza del tanque y apertura y cierre de válvulas.

Cuadro 22. Descripción del sistema de abastecimiento de agua El Portillo, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto El Portillo		16	Categoría: Rural																																																																								
	Fuente superficial: Quebrada Escobales 1		Calidad del agua																																																																								
	<p align="center">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación característica consta de: pino llorón (<i>Pinus maximinoii</i>), liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), pino ocote (<i>Pinus oocarpa</i>), roble (<i>Quercus oleoides</i>), encino (<i>Quercus sapotifolia</i>), pinabete (<i>pinus pseudostrobus</i>), aguacatillos (<i>Persea spp.</i>), helechos (<i>Pteridium aquilinum</i>), orquídeas (<i>Sobralia macrantha</i>), pacaya (<i>Geonoma sp.</i>) y helecho arborescente (<i>Cyathea sp.</i>).</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ÉPOCA</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>15</td> <td>21</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>6,09</td> <td>6,37</td> <td>5,32</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>0,53</td> <td>1,13</td> <td>1,62</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,11</td> <td>0,05</td> <td>0,17</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,17</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6,5</td> <td>7,8</td> <td>6,5</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>5</td> <td>1,6</td> <td>4,8</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>6,5</td> <td>7,5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>80</td> <td>108</td> <td>142</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C)	...	15	21	16	pH	6,5-8,5	6,09	6,37	5,32	Turbidez (NTU)	5	0,53	1,13	1,62	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,11	0,05	0,17	Nitratos (mg/l)	50	0,17	0,1	0,1	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,5	7,8	6,5	DBO5 (mg/l)	5	0	6	7	DQO (mg/l)	20	5	1,6	4,8	SS (mg/l)	10	20	0	4	STD (mg/l)	500	6,5	7,5	6	CTO (UFC/100ml)	0	80	108	142	CTER (UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																							
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																										
Temperatura (°C)	...	15	21	16																																																																							
pH	6,5-8,5	6,09	6,37	5,32																																																																							
Turbidez (NTU)	5	0,53	1,13	1,62																																																																							
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,11	0,05	0,17																																																																							
Nitratos (mg/l)	50	0,17	0,1	0,1																																																																							
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,5	7,8	6,5																																																																							
DBO5 (mg/l)	5	0	6	7																																																																							
DQO (mg/l)	20	5	1,6	4,8																																																																							
SS (mg/l)	10	20	0	4																																																																							
STD (mg/l)	500	6,5	7,5	6																																																																							
CTO (UFC/100ml)	0	80	108	142																																																																							
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																							
<p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1569514 N y 493355 O. Construido por la comunidad con ayuda de AMITIGRA y PRACAGUA en el año 2005. El sistema abastece a la comunidad del Portillo. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 1 obra de captación, 1 desarenador, 1 tanque de 5000 galones, 3 rompecarga (1 en desuso), 3 válvulas, 2 válvulas de limpieza, 1 hipoclorador (no se usa), 1 válvula de control y tubería de HG y PVC de diferentes diámetros. Se abastecen 22 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca está dentro del Parque Nacional la Tigra. El agua es administrada por una Junta de Agua. Actualmente no se hace desinfección del agua.</p>		<p align="center">Cantidad de agua</p> <p>El volumen del periodo lluvioso fue de 1,57 litros por segundo, 0,03 mayor al de transición y 0,02 superior al de verano. Cantidades relativamente bajas entre épocas lo que resulta muy interesante desde el punto de vista de las características particulares de la zona de recarga para este acueducto. Ya que resulta un caudal promedio anual de 1,6 litros por segundo.</p>		<p>Seca: en el primer muestreo el valor del pH (6,09), los valores de turbidez (0,53 NTU), nitratos (0,17 mg/l), fosfatos (0,11 mg/l), OD (6,5 mg/l) y coliformes termotolerantes (0 UFC/100ml) siguen la norma, además, la muestra resultó afectada por la presencia de sólidos suspendidos (20 mg/l) y disueltos (6,5 mg/l), es así que la presencia de coliformes totales (80 mg/l) indica que se debe desinfectar.</p> <p>Transición: en esta época aumentó el valor del pH (6,37), y permanece en la norma, se presentó además un leve incremento en la turbidez (1,13 NTU) pero sigue en lo permitido. Se observó una disminución de sólidos suspendidos (0 mg/l) y un aumento en los sólidos disueltos (7,5 mg/l) y DBO (6 mg/l); resultó finalmente un crecimiento de coliformes totales (108 mg/l), por eso es necesaria la desinfección.</p> <p>Lluviosa: aquí se encontró que el pH (5,32) bajo, adicionalmente decrecen los valores de OD (6,5 mg/l) y sólidos suspendidos (6 mg/l) y suben los valores de turbiedad (1,62 NTU), fosfatos (0,17 mg/l), DBO (7 mg/l), DQO (4,8 mg/l) y coliformes totales (142 UFC/100 ml). Se debe seguir con la desinfección.</p>																																																																							
<p>Recomendación: hacer un cambio de la Junta Directiva, fortaleciendo la integración de otros miembros de la comunidad.</p>		<p>Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones.</p>		<p>Fuentes de información: miembros de la junta de agua de El Portillo, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</p>																																																																							



Condiciones observadas

La comunidad tiene agua las 24 horas del día, tanto en época seca como en época lluviosa.

El sistema fue creado para abastecer 66 casas, y actualmente tiene 22 viviendas, por lo que de seguir con este número de conexiones se garantiza abastecer la demanda futura.

La Junta Administradora del Agua cuenta con reglamento interno, pero no tienen personería jurídica.

El excedente que deja escapar la obra de captación es aprovechada por la comunidad de San Juancito.

Cantidad. Nuevamente se repite en este sistema la condición de descenso y aumento en la cantidad de agua aforada, como ha apreciado en seis situaciones anteriores, pero en esta ocasión aunque sigue la tendencia se relaciona específicamente con el acueducto de La Escondida; si bien sigue la directriz ya discutida, los valores con los que difieren los tres caudales comparados son bastantes bajos, por lo que se acercan a seguir una tendencia de estabilidad en la disponibilidad de agua.

Calidad. En promedio durante las tres etapas de muestreo resultó un pH ácido y la considerable presencia de coliformes totales propia de un ambiente de coníferas; como ya se ha mencionado en ocasiones anteriores las características propias de los bosques nublados, y con coníferas como en este caso, presentan condiciones de suelo y vegetación, que influyen directamente en la cantidad de minerales en el ambiente, los cuales a la vez alteran el agua, y un pH ácido como el de esta fuente representa particularmente problemas en los dentales, ya sea a corto o largo plazo.

Funcionamiento del acueducto de El Portillo

Captación: se realiza en una presa que se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento, pero que requiere limpieza periódica.

Transporte: se efectúa por medio de tubería de HG en algunos tramos aéreos y PVC en su mayoría. Se encuentra en buenas condiciones, se hace el control de presiones con válvulas de aire.

Almacenamiento: se hace en un tanque de 5.000 galones de capacidad que está en buenas condiciones de operación.


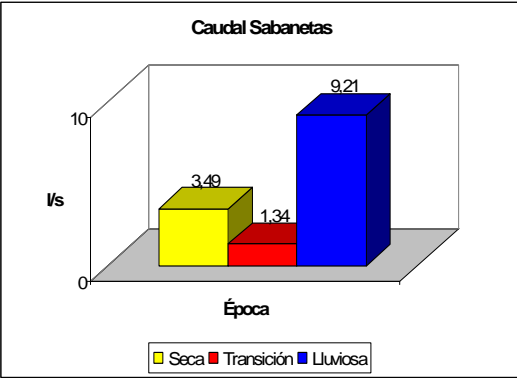
Distribución: se realiza a través de tubería de PVC en toda la red, se encuentra en buenas condiciones ya que se da respuesta pronta a fallos en la misma.

Tratamiento: hay un hipoclorador en el tanque, pero no se hace tratamiento del agua.

Administración: está se encuentra a cargo de la Junta Administradora del Agua que se formó en la comunidad, cuyas principales funciones actualmente es cumplir con las demandas de los usuarios, gestión de recursos económicos y asignación de personal para el manejo del acueducto.

Mantenimiento: lo efectúa el fontanero asignado por la Junta, esta persona se encarga de la limpieza de los componentes del sistema, manejo de la dotación diaria y reparación de daños en el mismo.

Cuadro 23. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Sabanetas, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto Sabanetas	17	Categoría: Rural																																																																								
	Fuente superficial: Quebrada Bellos	Calidad del agua																																																																								
	<p style="text-align: center;">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación consta de: pino (<i>Pinus oocarpa</i>), liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), aguacate de monte (<i>Persea spp.</i>), encino (<i>Quercus sapotifolia</i>), roble (<i>Quercus skinneri</i>) y chichicaste, café (<i>Coffea arabica</i>) producto de la polinización y bosque ribereño.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">ÉPOCA</th> <th></th> <th style="text-align: center;">Seca</th> <th style="text-align: center;">Transición</th> <th style="text-align: center;">Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Parámetro</td> <td>Norma</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C) in situ</td> <td>...</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">22</td> <td style="text-align: center;">23</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td style="text-align: center;">6,5-8,5</td> <td style="text-align: center;">6,41</td> <td style="text-align: center;">6,54</td> <td style="text-align: center;">6,9</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">0,54</td> <td style="text-align: center;">3,3</td> <td style="text-align: center;">1,49</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td style="text-align: center;">0,5</td> <td style="text-align: center;">0,06</td> <td style="text-align: center;">0,36</td> <td style="text-align: center;">0,07</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">0,08</td> <td style="text-align: center;">0,01</td> <td style="text-align: center;">0,02</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td style="text-align: center;">6,0-8,0</td> <td style="text-align: center;">6,3</td> <td style="text-align: center;">6,6</td> <td style="text-align: center;">6,6</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">2,4</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">35</td> <td style="text-align: center;">65</td> <td style="text-align: center;">22,5</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">670</td> <td style="text-align: center;">252</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </tbody> </table>				ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	Parámetro	Norma				Temperatura (°C) in situ	...	20	22	23	pH	6,5-8,5	6,41	6,54	6,9	Turbidez (NTU)	5	0,54	3,3	1,49	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,06	0,36	0,07	Nitratos (mg/l)	50	0,08	0,01	0,02	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,3	6,6	6,6	DBO5 (mg/l)	5	0	0	0	DQO (mg/l)	20	6	4	2,4	SS (mg/l)	10	0	0	0	STD (mg/l)	500	35	65	22,5	CTO (UFC/100ml)	0	0	670	252	CTER (UFC/100ml)	0	0	10
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																						
Parámetro	Norma																																																																									
Temperatura (°C) in situ	...	20	22	23																																																																						
pH	6,5-8,5	6,41	6,54	6,9																																																																						
Turbidez (NTU)	5	0,54	3,3	1,49																																																																						
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,06	0,36	0,07																																																																						
Nitratos (mg/l)	50	0,08	0,01	0,02																																																																						
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,3	6,6	6,6																																																																						
DBO5 (mg/l)	5	0	0	0																																																																						
DQO (mg/l)	20	6	4	2,4																																																																						
SS (mg/l)	10	0	0	0																																																																						
STD (mg/l)	500	35	65	22,5																																																																						
CTO (UFC/100ml)	0	0	670	252																																																																						
CTER (UFC/100ml)	0	0	10	0																																																																						
<p style="text-align: center;">Cantidad de agua</p> <p>Se puede observar un descenso entre la época seca y la de transición de 2,15 litros por segundo. Y seguidamente el incremento de 7,87 litros por segundo entre la temporada de transición y lluviosa. Resultando una diferencia entre periodo seco y lluvioso, épocas de interés, de 5,72 litros por segundo. Caudal considerable desde el punto de vista de utilidad que se da. Y dando un promedio anual de 4,7 litros por segundo.</p>	<p>Seca: en el primer periodo de muestreo se observó que el valor del pH (6,41) esta dentro de la norma. Los parámetros de turbidez (0,54 NTU), fosfatos (0,06 mg/l), nitratos (0,08 mg/l), OD (6,3 mg/l), DBO (0 mg/l), DQO (6 mg/l), sólidos suspendidos (0 mg/l), coliformes totales (0 UFC/100ml) y termotolerantes (0 UFC/100ml) cumplen la norma. La muestra resultó levemente afectada por la presencia de sólidos disueltos (35 mg/l).</p>																																																																									
<p style="text-align: center;">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1569217 N y 498386 O. Construido por el SANAA, CARE y la comunidad en 1999. El sistema abastece a la comunidad de Sabanetas y una casa de Chiquistepe. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 1 obra de captación, 1 rompecarga, 1 tanque de 7000 galones de capacidad con hipoclorador, tubería de HG y PVC de diferentes diámetros, válvulas de control y una de aire. Se abastecen 60 viviendas con este sistema. EL área de la microcuenca fue cedida a la comunidad. El agua es administrada por una Junta de Agua. Actualmente se hace desinfección del agua (cloración).</p>		<p>Transición: en este periodo resultó un leve aumento en el pH (6,54), y sigue la norma, resultó además un aumento en los parámetros de turbidez (3,3 NTU) y fosfatos (0,36 mg/l). Valores resultantes y significativos fueron el aumento en la cantidad de sólidos disueltos (65 mg/l), coliformes termotolerantes (10 UFC/100ml) y totales (670 UFC/100 ml), lo que señala que se debe desinfectar.</p> <p>Lluviosa: para esta época de muestreo se presentó un ligero aumento en el valor del pH (6,9) pero sigue la norma. Hubo una disminución en la turbidez del agua (1,49 NTU) y la cantidad de fosfatos (0,07 mg/l), sólidos disueltos (22,5 mg/l) y coliformes totales (252 UFC/100 ml); por ello se debe hacer desinfección previo consumo.</p>																																																																								
<p>Recomendación: preparar un sistema de protección para los componentes de su sistema en caso de un evento extremo. Fuentes de información: miembros de la junta de agua de Sabanetas, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</p>	<p>Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones, salvo eventos extremos.</p>																																																																									

Condiciones observadas

La comunidad tiene agua las 24 horas del día, tanto en época seca como lluviosa.

El agua es utilizada para riego, esta es tomada de la quebrada a través de mangueras y aguas arriba de la obra de captación, aunque dicho uso no afecta la cantidad demandada para consumo humano.

El agua se clora durante todo el año para controlar la presencia de materia orgánica.

La Junta Administradora del Agua cuenta con reglamento interno y tienen personería jurídica, este acueducto es muy bien administrado.

Cantidad. Se ha observado con anterioridad que el medio biofísico de las zonas de recarga hídrica son determinantes para el incremento del mismo, y en este sistema se comprueba esto.

Calidad. En promedio resultó significativa la presencia de coliformes tanto totales como termotolerantes, incumpliendo con lo permitido para consumo humano, que dicta la no presencia de estas bacterias; aunque considerando que el agua de este acueducto se extrae de una fuente superficial y se capta de un sector de la quebrada es lógico suponer que se encuentra expuesta al arrastre de sólidos y sustancias, y en particular de materia orgánica. Situación que justifica en medida la cantidad de coliformes presentes, tanto totales como termotolerantes. Pero que no representa preocupación para la salud de la comunidad porque ellos dan tratamiento al agua que consumen, por medio de la cloración.

Funcionamiento del acueducto de Sabanetas

Captación: la presa es trapezoidal, tiene ventana de inspección con su respectiva tapadera asegurada; se encuentra en buenas condiciones.

Transporte: la tubería es de HG en ciertos tramos y de PVC en su mayoría; está en buenas condiciones de funcionamiento.

Almacenamiento: el acueducto tiene una obra de almacenamiento de 5.000 litros de capacidad, que tiene a su vez ventana de inspección con su respectiva tapadera asegurada, cuenta además con caja de protección para las válvulas y el área donde se encuentra está cercada.


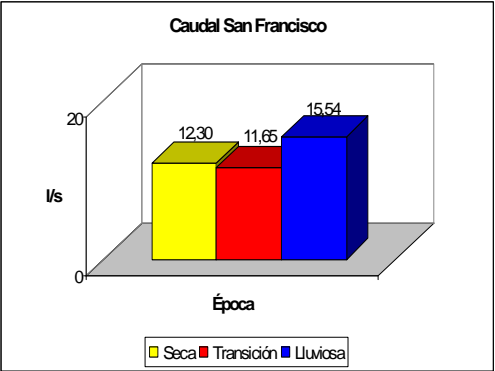
Distribución: se realiza por tubería de PVC que está en buenas condiciones.

Tratamiento: en el tanque existe un hipoclorador donde se da el respectivo tratamiento del agua, el mismo se encuentra en buenas condiciones de operación.

Administración: la realizan miembros de la comunidad agrupados en una junta administradora de agua, quienes actualmente están trabajando de forma apropiada, haciendo buen uso del dinero que administran y velando por el funcionamiento del acueducto, actuando oportunamente al presentarse daños en el sistema y vigilando la fuente que los abastece.

Mantenimiento: esta labor la realiza el fontanero que es asignado por la Junta Administradora de Agua, quien se encarga de la limpieza, control, reparación y funcionamiento en general de cada componente del acueducto.

Cuadro 24. Descripción del sistema de abastecimiento de agua San Francisco, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto San Francisco	18	Categoría: Urbano																																																																					
	Fuente superficial: Queb. San Francisco	Calidad del agua																																																																					
	<p style="text-align: center;">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación característica consta de: liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>) y pino (<i>Pinus oocarpa</i>) en su mayoría, además del bosque ribereño.</p> <p style="text-align: center;">Cantidad de agua</p> <p>La variación entre épocas fue de 0,65 litros por segundo de seca a transición; y de 3,89 litros por segundo entre transición y lluviosa. Y no menos interesante el cambio entre los caudales de periodo seco y lluvioso que resultó ser de 3,24 litros por segundo. El promedio anual resultó ser de 13,2 litros por segundo. Continúa la tendencia de caudales muy importantes con altos volúmenes de agua. Recalcando la significancia del contexto ambiental de la fuente abastecedora.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #e0e0e0;">ÉPOCA</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Norma</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Seca</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Transición</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>23</td> <td>18</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>6,22</td> <td>5,29</td> <td>5,49</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>1,25</td> <td>4,31</td> <td>1,56</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,08</td> <td>0,28</td> <td>0,13</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,3</td> <td>0,07</td> <td>0,06</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6,9</td> <td>6,3</td> <td>6,4</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>4,4</td> <td>1,1</td> <td>8,8</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1,6</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD(mg/l)</td> <td>500</td> <td>12</td> <td>12,5</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>220</td> <td>106</td> <td>110</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>					Temperatura (°C)	...	23	18	20	pH	6,5-8,5	6,22	5,29	5,49	Turbidez (NTU)	5	1,25	4,31	1,56	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,08	0,28	0,13	Nitratos (mg/l)	50	0,3	0,07	0,06	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,9	6,3	6,4	DBO5 (mg/l)	5	4,4	1,1	8,8	DQO (mg/l)	20	0	0	1,6	SS (mg/l)	10	0	0	0	STD(mg/l)	500	12	12,5	14	CTO (UFC/100ml)	0	220	106	110	CTER (UFC/100ml)	0	0	2
ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa																																																																			
<i>Parámetro</i>																																																																							
Temperatura (°C)	...	23	18	20																																																																			
pH	6,5-8,5	6,22	5,29	5,49																																																																			
Turbidez (NTU)	5	1,25	4,31	1,56																																																																			
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,08	0,28	0,13																																																																			
Nitratos (mg/l)	50	0,3	0,07	0,06																																																																			
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,9	6,3	6,4																																																																			
DBO5 (mg/l)	5	4,4	1,1	8,8																																																																			
DQO (mg/l)	20	0	0	1,6																																																																			
SS (mg/l)	10	0	0	0																																																																			
STD(mg/l)	500	12	12,5	14																																																																			
CTO (UFC/100ml)	0	220	106	110																																																																			
CTER (UFC/100ml)	0	0	2	2																																																																			
<p style="text-align: center;">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1566493 N y 496807 O. Construido por las autoridades municipales desde 1960. El sistema abastece la mayoría del casco urbano de Valle de Angeles. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 1 obra de captación, 2 tanques de 62 y 55 mil galones respectivamente, hipoclorador, tubería de HG y PVC de diferentes diámetros y válvulas de control. Se abastecen 60 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca es propiedad municipal. El agua es administrada por la Alcaldía Municipal. Actualmente se hace desinfección del agua (cloración).</p>		<p>Seca: en el primer análisis de calidad de agua se observó que se cumple con la mayoría de los valores permitidos por la norma. Sin embargo resultó un alto valor de presencia de coliformes totales (220 UFC/100 ml) por causa de presencia de materia orgánica y desechos sólidos. Problema que puede ser resuelto con al desinfección.</p> <p>Transición: en el segundo periodo de muestreo resultó una disminución en el valor del pH (5,29) se sale de lo permitido. Se observó también un aumento en el parámetro de turbidez (4,31 NTU), la presencia de sólidos disueltos (12,5 mg/l) y una ligera disminución de coliformes totales (106 UFC/100 ml). Situación que indica que los desechos sólidos y materia orgánica se han disuelto en el agua. La causa es el escurrimiento de materia por la lluvia. Para controlarla se requiere desinfección.</p> <p>Lluviosa: para esta época del año el pH (5,49) aumentó un poco y permanece dentro de la norma, se observó una disminución en los valores de turbidez (1,56 NTU), fosfatos (0,13 mg/l) y nitratos (0,06 mg/l), permanecen dentro de lo permitido; creció la cantidad de OD (6,4 mg/l) en el agua y de sólidos suspendidos (14 mg/l) y finalmente se notó un aumento del valor de DBO (8,8 mg/l).</p>																																																																					
<p>Recomendaciones: reparar las fisuras de la obra de captación. Reparar el techo de uno de los tanques, o en su defecto hacerlo de loza de concreto. Poner válvulas de aire, para evitar la pérdida de agua.</p>	<p>Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones.</p> <p><small>Fuentes de información: autoridades municipales, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</small></p>																																																																						

Condiciones observadas

Los beneficiarios tienen agua varias horas todos los días, tanto en época seca como en época lluviosa, aunque en periodo seco se hacen racionamientos.

La obra de captación tiene varias fisuras que requieren ser reparadas, además que la tapa de la válvula esta dañada.

El agua se clora durante todo el año para controlar la presencia de materia orgánica.

En la zona de influencia de esta fuente se encuentra un área extensa de bosque y una finca de café con un beneficio que es manejado apropiadamente.

Cantidad. En el mes de marzo, donde se definió la época seca, resultó un caudal de 12,30 litros por segundo. Luego en mayo, mes de transición, se midió un volumen de 11,65 litros por segundo. El cual cambio en julio, cuando se encontró un caudal de 15,54 litros por segundo correspondientes al periodo lluvioso.

Calidad. Este es el sistema más importante para la zona urbana del municipio, por ello la relevancia de su monitoreo de calidad de agua.

Los valores promedios de pH, coliformes totales y termotolerantes se manifestaron fuera de lo establecido por la norma, en el caso del valor promedio del potencial de hidrogeno es difícil controlarlo, ya que depende directamente de las condiciones ambientales, pero que conocemos puede repercutir en determinado tiempo en la salud bucal de quien consuma el agua;, por otro lado, esta los valores de coliformes encontrados, que se observó aumenta con la presencia de las lluvias, lo que permite concluir que en la zona hay arrastre de sólidos y materia orgánica, y como se ha manifestado ya, esto se puede controlar con métodos como la cloración. Que se considera particularmente está funcionando en este caso por los bajos índices de enfermedades que se han reportado.

Funcionamiento del acueducto de San Francisco

Captación: se efectúa en una presa u obra donde se capta buena parte del caudal de la fuente, pero que se encuentra con fisuras y presenta problemas de limpieza en las paredes de la presa, recientemente se cercó su perímetro cercano pero debe vigilarse.

Transporte: se realiza con tubería de HG y PVC, la que esta en regulares condiciones de operación, aunque el principal daño observado es la válvula de control en la presa; que no tiene tapadera de protección.

Almacenamiento: hay dos tanques para tal propósito, uno de 62 y 55 mil galones; uno de ellos se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento, pero el otro tiene dañado el techo que protege la entrada material o sustancias al agua de consumo, además las paredes de ambos tanques requieren de limpieza.


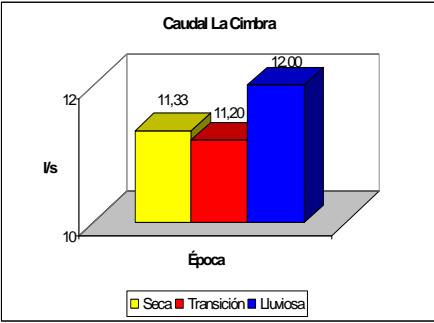
Distribución: se realiza con tubería de PVC, que se encuentra en regulares condiciones de operación porque hay tramos que requieren mejoras.

Tratamiento: actualmente se da tratamiento al agua en el hipoclorador con que se cuenta, este se hace cada semana.

Administración: que para el caso esta a cargo de las autoridades municipales, que cobran por el servicio a los usuarios y son responsables de asignar al personal para que opere el acueducto.

Mantenimiento: el encargado es uno de los fontaneros que tiene contratado el gobierno municipal; esta persona realiza a diario las funciones de apertura y cierre de válvulas, control de la dotación, reparación de daños, registro y reporte de cambios ocurridos al administrador, pero no cumple con la limpieza periódica y haciendo reparaciones con métodos convencionales no recomendados para un sistema de abastecimiento de agua.

Cuadro 25. Descripción de sistema de abastecimiento de agua La Cimbra, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto La Cimbra	19	Categoría: Urbano																																																																					
	Fuentes superficiales: Queb. Cartuchera Quebrada la Chanchera	Calidad del agua																																																																					
	<p align="center">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación consta de: pino llorón (<i>Pinus maximinoii</i>), liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), pino ocote (<i>Pinus oocarpa</i>), roble (<i>Quercus skinneri</i>), encino (<i>Quercus sapotifolia</i>), pinabete (<i>pinus pseudostrobus</i>), helechos (<i>Pteridium aquilinum</i>), orquídeas (<i>Sobralia macrantha</i>), pacaya (<i>Geonoma sp.</i>), aguacatillo (<i>Persea spp.</i>) y palmeras (<i>Chamaedorea nubium</i>).</p> <p align="center">Cantidad de agua</p> <p>En el periodo seco el caudal bajo en 0,13 litros por segundo en la época de transición que fue de 11,20 litros por segundo al comparar la temporada de transición con la lluviosa. Y un promedio de 11,5 l/s.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ÉPOCA</th> <th>Norma</th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>15</td> <td>21</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>7,1</td> <td>5,75</td> <td>5,66</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>1,65</td> <td>0,82</td> <td>4,11</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,25</td> <td>0,09</td> <td>0,21</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,1</td> <td>0,02</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6,7</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>5,3</td> <td>0</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>5,6</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>22,5</td> <td>17</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>62</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>					Temperatura (°C)	...	15	21	19	pH	6,5-8,5	7,1	5,75	5,66	Turbidez (NTU)	5	1,65	0,82	4,11	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,25	0,09	0,21	Nitratos (mg/l)	50	0,1	0,02	0,02	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,7	6	7	DBO5 (mg/l)	5	5,3	0	10	DQO (mg/l)	20	0	0	5,6	SS (mg/l)	10	0	0	0	STD (mg/l)	500	22,5	17	10	CTO (UFC/100ml)	0	0	62	100	CTER (UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa																																																																			
<i>Parámetro</i>																																																																							
Temperatura (°C)	...	15	21	19																																																																			
pH	6,5-8,5	7,1	5,75	5,66																																																																			
Turbidez (NTU)	5	1,65	0,82	4,11																																																																			
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,25	0,09	0,21																																																																			
Nitratos (mg/l)	50	0,1	0,02	0,02																																																																			
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,7	6	7																																																																			
DBO5 (mg/l)	5	5,3	0	10																																																																			
DQO (mg/l)	20	0	0	5,6																																																																			
SS (mg/l)	10	0	0	0																																																																			
STD (mg/l)	500	22,5	17	10																																																																			
CTO (UFC/100ml)	0	0	62	100																																																																			
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																			
<p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1567934 N y 493156 O, 1566992 N y 494893 O.</p> <p>Construido por autoridades municipales y la comunidad.</p> <p>Abastece las comunidades de la Cimbra y Miravalle. Sistema que funciona por gravedad.</p> <p>Componentes del sistema: 2 obra de captación, 1 rompecarga, 2 tanques (el de Miravalle esta en mal estado, no se usa) hipoclorador, tubería de PVC de diferentes diámetros y válvulas de control.</p> <p>Se abastecen 75 viviendas con este sistema.</p> <p>El área de la microcuenca está dentro del Parque Nacional la Tigra.</p> <p>El agua es administrada por la Alcaldía Municipal. Actualmente se hace desinfección del agua (cloración).</p> <p>Vulnerabilidad. No presenta problemas por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones, salvo eventos extremos.</p>		<p>Seca: en el primer periodo de muestreo el parámetro de pH (7,1) se encuentra dentro de la norma. Los valores de turbidez (1,65 NTU), fosfatos (0,25 mg/l), nitratos (0,1 mg/l), OD (6,7 mg/l), DBO (5,3 mg/l), DQO (0 mg/l), sólidos suspendidos (0 mg/l) y coliformes totales (0 UFC/100 ml) y termotolerantes (0 UFC/100ml) cumplen con la norma. Y se observó la presencia de sólidos disueltos.</p> <p>Transición: en esta estación del año se presentó un descenso en el pH (5,75) que está bajo del valor permitido por la norma. Se observó una disminución en la cantidad de fosfatos (0,09 mg/l), nitratos (0,02 mg/l), turbidez (0,82 NTU) y sólidos suspendidos (0 mg/l) y se observó la presencia de coliformes totales (62 UFC/100ml) por lo se debe dar desinfección.</p> <p>Lluviosa: para esta época hubo un descenso en el pH (5,66), y continúa fuera de los valores permitidos; se observó además un considerable aumento en el valor de la turbidez (4,11 NTU), DBO (10 mg/l) y la cantidad de fosfatos (0,21 mg/l), y resultó una pequeña disminución en la cantidad de sólidos disueltos (10 mg/l). Lo más significativo fue el aumento de coliformes totales (100 UFC/100ml), lo que indica lo necesario de la desinfección, ya sea hervir o clorar el agua.</p> <p>Recomendaciones: mejorar la captación ya que las fuentes tienen una buena cantidad de agua, pero la que llega al tanque es muy poca para satisfacer la demanda. Construir un nuevo tanque para el sector de Miravalle, ya que la falta del mismo ocasiona constantes problemas a la tubería. Poner válvulas de aire, para evitar la pérdida de agua por el uso de sistemas más baratos.</p>																																																																					
Fuentes de información: autoridades municipales, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.																																																																							

Condiciones observadas

Los usuarios tienen agua algunas horas al día todos los días, excepto en época seca porque se hacen racionamientos fuertes y a veces les llega el agua día de por medio, dependiendo de la cantidad de agua que llegue.

No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones, salvo eventos extremos.

El agua se clora durante todo el año para controlar la presencia de materia orgánica.

En sus inicios este sistema era administrado por una Junta de Agua que decidió entregar la administración a la Alcaldía Municipal.

Cantidad. Este sistema se presenta la misma variabilidad de los acueductos de El Portillo y La Escondida, y obviamente la tendencia encontrada en diez sistemas ya analizados. Al mencionar que sigue la variación de dichos sistemas se hace referencia al volumen de agua medido que se altera tan poco que se aproxima ser un volumen constante en el tiempo, aún cuando hay factores ambientales que pudieran influir; esto indica que puede darse un aumento gradual en el caudal a medida que se incrementen las lluvias.

Calidad. Los promedios de parámetros como pH, coliformes totales y DBO resultaron fuera de lo permitido durante todo el año, el potencial de hidrogeno es ácido pero mejor que en otros casos analizados por lo que se cree no incide en la salud de los usuarios del sistema; por otro lado, los valores de DBO y coliformes totales se pueden asociar a la fuerte relación que se sabe, existe, entre la presencia de materia orgánica y su proceso de degradación en el agua, y que como es conocido las coliformes totales son controlables por cloración que en este caso si se realiza.

Funcionamiento del acueducto de La Cimbra

Captación: existe en el sistema dos presas donde se capta el agua, correspondiente a cada fuente abastecedora. Dichas estructuras se encuentran en buen estado, pero una de ellas requiere el arreglo de la tapadera de la ventana de inspección.

Transporte: se realiza a través de tubería de PVC y en algunos tramos de tubería de HG la que se encuentra en buenas condiciones, pero por las condiciones del terreno, el transporte se dificulta puesto que en la tubería hay muchas partículas de aire que reducen la libre circulación del agua desde las presas hasta el tanque.

Almacenamiento: el agua que se logra transportar desde las presas llega a un tanque de almacenamiento que se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento y cuenta con su respectiva ventana de inspección y la caja de control está protegida.


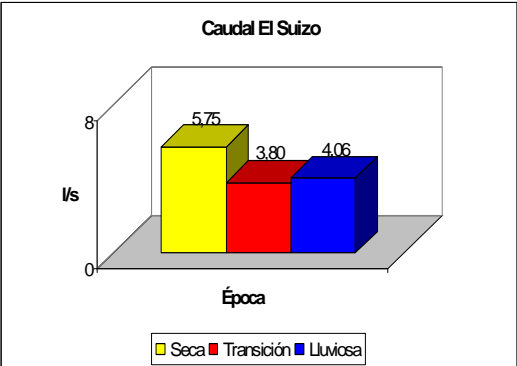
Distribución: se hace con tubería de PVC y se presentan problemas por las fuertes presiones en el agua que pasa por ella, ya que con frecuencia sufre rupturas por esta causa lo que produce pérdidas significativas del líquido por la falta de componentes para la regulación de las mismas.

Tratamiento: se efectúa en el hipoclorador que tiene el tanque de almacenamiento, el cual está en buenas condiciones de operación.

Administración: es realizada por las autoridades municipales que controlan la dotación y el cobro de los usuarios y asignan personal para su manejo.

Mantenimiento: lo realiza el fontanero asignado por el gobierno municipal para que realice la limpieza del sistema, de tratamiento al agua, regule la dotación y repare daños.

Cuadro 26. Descripción del sistema de abastecimiento de agua de El Suizo, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto El Suizo	20	Categoría: Urbano																																																																								
	<p align="center">Fuente superficial: Quebrada El Suizo</p>	<p align="center">Calidad del agua</p>																																																																								
	<p align="center">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación característica consta de: mano de león, guama (<i>Inga edulis</i>), guajiniquil (<i>Inga vera</i>), platanillo (<i>Heliconia spp.</i>), palmeras, álamo (<i>Trichilia hirta</i>), capulín, caimirin y pino (<i>Pinus oocarpa</i>) principalmente.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÉPOCA</th> <th></th> <th>Seca</th> <th>Transición</th> <th>Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td><i>Norma</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>24</td> <td>18</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>6,55</td> <td>5,66</td> <td>6,27</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>0,99</td> <td>1,21</td> <td>2,65</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,08</td> <td>0,48</td> <td>0,19</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,25</td> <td>0,08</td> <td>0,05</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>7</td> <td>6,5</td> <td>6,1</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>1,5</td> <td>6,4</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1,6</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>20</td> <td>18</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>190</td> <td>386</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>				ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>				Temperatura (°C)	...	24	18	19	pH	6,5-8,5	6,55	5,66	6,27	Turbidez (NTU)	5	0,99	1,21	2,65	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,08	0,48	0,19	Nitratos (mg/l)	50	0,25	0,08	0,05	OD (mg/l)	6,0-8,0	7	6,5	6,1	DBO5 (mg/l)	5	0	1,5	6,4	DQO (mg/l)	20	0	0	1,6	SS (mg/l)	10	0	0	0	STD (mg/l)	500	20	18	8	CTO (UFC/100ml)	0	190	386	200	CTER (UFC/100ml)	0	0	8
ÉPOCA		Seca	Transición	Lluviosa																																																																						
<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>																																																																									
Temperatura (°C)	...	24	18	19																																																																						
pH	6,5-8,5	6,55	5,66	6,27																																																																						
Turbidez (NTU)	5	0,99	1,21	2,65																																																																						
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,08	0,48	0,19																																																																						
Nitratos (mg/l)	50	0,25	0,08	0,05																																																																						
OD (mg/l)	6,0-8,0	7	6,5	6,1																																																																						
DBO5 (mg/l)	5	0	1,5	6,4																																																																						
DQO (mg/l)	20	0	0	1,6																																																																						
SS (mg/l)	10	0	0	0																																																																						
STD (mg/l)	500	20	18	8																																																																						
CTO (UFC/100ml)	0	190	386	200																																																																						
CTER (UFC/100ml)	0	0	8	8																																																																						
<p align="center">Cantidad de agua</p> <p>Resultando un caudal de 5,75 litros por segundo durante el periodo seco, 3.80 litros por segundo en transición y de 4,06 litros por segundo en el lluvioso. Difiriendo entre época con volúmenes de 1,95 litros por segundo, de seca a transición, y con 0,26 litros por segundo entre transición y los inicios del lluvioso, destacando que el volumen del periodo lluvioso puede seguir creciendo durante los otros meses de invierno que no pudieron ser evaluados. Pero en promedio se tiene un caudal de 4,5 l/s al año.</p>	<p>Seca: en esta época la calidad de agua se cumple con un 90% de los valores dentro de la norma. Con la excepción de la importante presencia de coliformes totales (190 UFC/100 ml), por causa de materia orgánica y desechos sólidos en el agua. Se requiere desinfección por cloración o ebullición del agua para controlar los desechos y materia orgánica.</p> <p>Transición: en el segundo monitoreo hubo una disminución en el valor del pH (5,66) que sale de lo permitido. Hay cambios significativos en la calidad de agua por el aumento en el valor de sólidos disueltos (18 mg/l) y coliformes totales (386 UFC/100ml) y termotolerantes (8 UFC/100 ml), aunque no hay presencia de heces fecales los valores de coliformes son muy altos, por lo que es necesaria la desinfección.</p> <p>Lluviosa: para esta época del año el valor del pH (6,27) aumentó y cumple con la norma. La turbidez del agua (2,65 NTU) subió considerablemente, al igual que la DBO (6,4 mg/l), no así la presencia de fosfatos (0,19 mg/l), nitratos (0,05 mg/l) y sólidos disueltos (8 mg/l) que disminuyó. Finalmente disminuyó levemente la cantidad de coliformes totales (200 UFC/ 100 ml) y permaneció constante el número de coliformes termotolerantes (8 UFC/ 100 ml) con respecto al periodo anterior. Por ello se debe dar tratamiento al agua.</p>																																																																									
<p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1566549 N y 496616 O. Construido por autoridades municipales. El sistema abastece tres barrios del casco urbano de Valle de Angeles, El Edén, La Lomita y El Zarzal. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 1 obra de captación con dos cámaras y esta cercada, tubería de HG y PVC de diferentes diámetros, válvulas de control y no hay tanque. Se abastecen 139 viviendas con este sistema y el sistema de la Quebrada Las Martitas. El área de la microcuenca está en terreno ejidal. El agua es administrada por la Alcaldía Municipal. Actualmente no se hace desinfección del agua.</p>					<p align="center">Caudal El Suizo</p>  <table border="1"> <caption>Data for Caudal El Suizo</caption> <thead> <tr> <th>Época</th> <th>Caudal (l/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Seca</td> <td>5,75</td> </tr> <tr> <td>Transición</td> <td>3,80</td> </tr> <tr> <td>Lluviosa</td> <td>4,06</td> </tr> </tbody> </table>	Época	Caudal (l/s)	Seca	5,75	Transición	3,80	Lluviosa	4,06																																																													
Época	Caudal (l/s)																																																																									
Seca	5,75																																																																									
Transición	3,80																																																																									
Lluviosa	4,06																																																																									
<p>Fuentes de información: autoridades municipales, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</p> <p>Recomendaciones: dar limpieza al interior y exterior de la obra de captación. Cambiar alguna tubería que se encuentra en muy mal estado.</p>	<p>Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales o inundaciones. Pero si por deslizamientos, especialmente durante el invierno.</p>																																																																									

Condiciones observadas

La obra de captación esta protegida por una rejilla evitando que se depositen hojas y obstruyan la tubería.

El agua de este sistema se junta con la del sistema de la Quebrada Las Martitas y van directamente a la tubería de distribución, no funciona un sistema de almacenamiento (tanque), por lo que si se rompe una tubería la población se queda sin agua.

Debido a la forma en que funciona el sistema no es posible clorarla.

Durante el comienzo del periodo lluvioso del 2006 se presentaron fuertes daños en la tubería por causa de un deslizamiento, situación que dejó a la población sin agua por dos días.

Cantidad. Se manifiesta un considerable descenso en el volumen de agua entre las épocas seca y transición y un lento ascenso a inicios de la lluviosa, reiterando que la situación específica de la zona de captación y recarga de la fuente que lo abastece repercute directamente en la cantidad de agua.

Calidad. El pH en este sistema esta bastante cerca del rango permitido que es de 6,5 a 8,5; por lo que al parecer no repercute en la salud de la población; en cambio, las cantidades de coliformes (tanto totales como termotolerantes) es mucha considerando que la norma señala la no presencia de estas en el agua destinada para consumo humano, y basándose en lo observado en campo se puede determinar que por la escorrentía se arrastran sustancias. Se sabe que la presencia de coliformes es controlable pero en este caso el agua no recibe tratamiento, así que su consumo podría repercutir en la salud de la población principalmente en el periodo lluvioso y de transición.

Funcionamiento del acueducto El Suizo

Captación: la presa se encuentra protegida por una rejilla, evitando que se depositen hojas o elementos que obstruyan la tubería, pero no existe protección del acceso a la captación.

Transporte: el agua va directamente desde la presa a la tubería de conducción y a la de distribución. La tubería utilizada es de hierro galvanizado en parte del tramo y de PVC en la parte restante, tiene diversos diámetros y que se encuentra en condiciones regulares, ya que se utilizan sistemas convencionales como la perforación de agujeros para controlar las presiones y burbujas de aire en la tubería.

Almacenamiento: no existe ninguna obra de almacenamiento para este acueducto, por lo que al dañarse un tubo, los usuarios se quedan sin el servicio hasta que esta sea reparada.


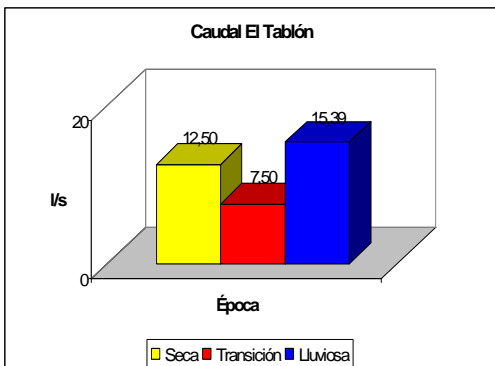
Distribución: el agua llega directamente desde la tubería de conducción, ocasionando problemas en la dotación a la población cuando algún tramo de la tubería es dañado.

Tratamiento: no existe una obra de almacenamiento y por lo tanto no hay un hipoclorador donde se realice el tratamiento del agua.

Administración: las autoridades municipales, quienes hacen el cobro por el servicio a los usuarios y asignan el personal para su funcionamiento.

Mantenimiento: el encargado del control de este acueducto es uno de los fontaneros municipales, quien se encarga de la reparación de daños en el sistema y de distribuir el recurso a los usuarios mediante la apertura y cierre de válvulas.

Cuadro 27. Descripción del sistema de abastecimiento de agua El Tablón, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto El Tablón	21	Categoría: Urbano																																																																						
	Fuentes superficiales: Queb. Jutes Quebrada Matasanos	Calidad del agua																																																																						
	Cobertura vegetal La vegetación característica consta de: pino (<i>Pinus oocarpa</i>), pinabete (<i>pinus pseudostrobus</i>) y sotobosque.	Cantidad de agua Un volumen de agua de 12,50 litros por segundo en la época seca. En la época de transición fue de 7,50 litros por segundo, 5 litros por segundo menos que en la seca. Y el caudal de inicios de la época lluviosa fue de 15,39 litros por segundo, resultando un aumento del 100% con 7,89 litros por segundo de la temporada de transición a la de periodo lluvioso. Dando un caudal promedio anual de 11,8 litros por segundo.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #e0e0e0;">ÉPOCA</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Norma</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Seca</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Transición</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Parámetro</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>27</td> <td>18</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>6,66</td> <td>7,03</td> <td>6,67</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>2,38</td> <td>3,09</td> <td>8,22</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,14</td> <td>0,19</td> <td>0,14</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,02</td> <td>0,03</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>6,8</td> <td>6,5</td> <td>6,8</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>2,1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>2,4</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>38</td> <td>34</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>40</td> <td>620</td> <td>276</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa	Parámetro					Temperatura (°C)	...	27	18	20	pH	6,5-8,5	6,66	7,03	6,67	Turbidez (NTU)	5	2,38	3,09	8,22	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,14	0,19	0,14	Nitratos (mg/l)	50	0,02	0,03	0	OD (mg/l)	6,0-8,0	6,8	6,5	6,8	DBO5 (mg/l)	5	14	2,1	0	DQO (mg/l)	20	5	3	2,4	SS (mg/l)	10	0	4	0	STD (mg/l)	500	38	34	26	CTO (UFC/100ml)	0	40	620	276	CTER (UFC/100ml)	0	0	0
ÉPOCA	Norma	Seca	Transición	Lluviosa																																																																				
Parámetro																																																																								
Temperatura (°C)	...	27	18	20																																																																				
pH	6,5-8,5	6,66	7,03	6,67																																																																				
Turbidez (NTU)	5	2,38	3,09	8,22																																																																				
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,14	0,19	0,14																																																																				
Nitratos (mg/l)	50	0,02	0,03	0																																																																				
OD (mg/l)	6,0-8,0	6,8	6,5	6,8																																																																				
DBO5 (mg/l)	5	14	2,1	0																																																																				
DQO (mg/l)	20	5	3	2,4																																																																				
SS (mg/l)	10	0	4	0																																																																				
STD (mg/l)	500	38	34	26																																																																				
CTO (UFC/100ml)	0	40	620	276																																																																				
CTER (UFC/100ml)	0	0	0	0																																																																				
Aspectos generales Ubicación 1565716 N y 493424 O, 1564959 N y 493279 O. Construido por autoridades municipales. Abastece parte del casco urbano de Valle de Angeles, Barrios el Tablón, la Quinta y un sector del Molino. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 2 obra de captación, 1 tanque de 40,000 galones de capacidad con hipoclorador, tubería de HG y PVC de diferentes diámetros y válvulas de control. Se abastecen 120 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca está en propiedad municipal. El agua es administrada por la Alcaldía Municipal. Actualmente no se hace desinfección del agua.		<p>Seca: en el primer periodo de muestreo se cumple en un 90% con los valores establecidos en la norma, únicamente se observó la ligera presencia de coliformes totales (40 UFC/100 ml) lo que indica que hay materia orgánica en poca cantidad en el agua. Aunque la presencia de coliformes es leve se requiere desinfección ya sea hirviendo el agua o clorándola.</p> <p>Transición: en el segundo análisis se encontró un aumento en el valor del pH (7,03) aunque sigue la norma. Se observó un preocupante aumento en el número de coliformes totales (620 UFC/100 ml) por lo que se recomienda la desinfección urgentemente.</p> <p>Lluviosa: para esta época resultó una pequeña disminución en el pH (6,67) del agua, aunque continúa dentro de lo permitido. Se presentó un aumento significativo en la turbidez del agua (8,22 NTU), saliéndose de la norma establecida; se observó además un considerable descenso en los parámetros de fosfatos (0,14 mg/l), nitratos (0 mg/l), sólidos suspendidos (0 mg/l) y coliformes totales (276 UFC/100 ml). Se requiere dar tratamiento al agua.</p>																																																																						
Recomendaciones: reparar la presa de Matasanos. Dar limpieza a la presa de los Jutes al menos cada mes ya que contiene mucho sedimento. Controlar la tala del bosque aledaño. Poner válvulas de aire.	Vulnerabilidad. No presenta problemas por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones, salvo eventos extremos. Pero si por causa de alta deforestación en esa zona.	Fuentes de información: autoridades municipales, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.																																																																						

Condiciones observadas

La comunidad tiene agua a diario tanto en periodo seco como lluvioso, aunque durante la época seca se dan racionamientos.

Presenta la ventaja de ser abastecida por dos fuentes de agua.

El agua no se clora, aunque el tanque cuenta con hipoclorador.

Hace dos años la presa de la quebrada Matasanos fue dañada por la caída de un árbol y aún no ha sido reparada.

Cantidad. La situación en este acueducto es la misma encontrada en la mayoría de los sistemas estudiados, identificándose aún más con el caso de Quebrada Honda. Donde del periodo de transición al periodo lluvioso el caudal creció el doble de su valor.

Calidad. En general, la mayoría de los parámetros evaluados cumplen con la norma técnica nacional en sus valores promedios anuales, sin embargo, los parámetros que se salen de lo permitido son las coliformes totales presentes (cuando la norma señala su no presencia) y DBO (cuando lo permitido es 5 mg/l), los que se pueden asociar al parámetro de turbidez, que si bien es cierto cumple lo aceptado explica la presencia de elementos en el agua. Finalmente, como ya se ha discutido con anterioridad la presencia de coliformes de este tipo es controlable por métodos accesibles y sencillos.

Funcionamiento del acueducto de El Tablón

Captación: se efectúa en dos presas, la del tablón está en buen estado físico, pero requiere la limpieza de sedimentos; la de Matasanos fue dañada hace dos años con la caída de un tronco y aún no ha sido reparada.

Transporte: se realiza por medio de tubería de HG empotrada sobre bases, pero principalmente por tubería de PVC. En algunos tramos hay agujeros perforados para el control de presiones y burbujas de aire que hacen que se pierda buena parte del caudal.

Almacenamiento: el agua es colectada en un tanque de 50.000 galones donde llegan los dos caudales captados, pero requiere limpieza externa e interna para su mejor funcionamiento; está protegido con un cerco perimetral de malla ciclón.

Distribución: se realiza a través de tubería de PVC, la cual muestra en algunos tramos el problema de pérdidas por agujeros hechos para regulación del caudal.

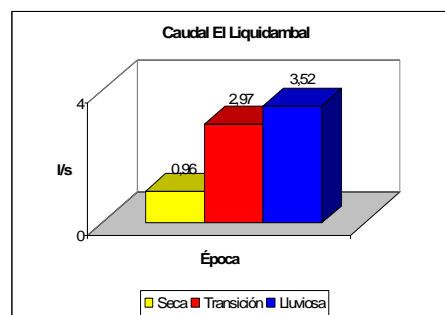
Tratamiento: existe el dispositivo para el tratamiento del agua pero no se realiza.

Administración: realizada por las autoridades municipales que se encargan de la dirección del acueducto en cuanto a la asignación del personal para su operación y mantenimiento, cobro del servicio y ampliación de la cobertura.

Mantenimiento: lo hace el fontanero asignado por el gobierno municipal, quien se encarga de la apertura y cierre de válvulas, control de la dotación, reporte de conexiones ilegales, reparación de fallas en muchos casos se realiza con materiales improvisados y métodos convencionales.

Cuadro 28. Descripción del sistema de abastecimiento de agua Liquidambal, Valle de Ángeles, Honduras

Acueducto El Liquidambal	22	Categoría: Rural																																																							
	Fuente superficial: Quebrada Escobales 2 Fuente subterránea: Pantano	Calidad del agua																																																							
	<p align="center">Cobertura vegetal</p> <p>La vegetación característica consta de: pino llorón (<i>Pinus maximinoii</i>), liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>), pino ocote (<i>Pinus oocarpa</i>), roble (<i>Quercus skinneri</i>), encino (<i>Quercus sapotifolia</i>), pinabete (<i>pinus pseudostrobus</i>), helechos (<i>Pteridium aquilinum</i>), orquídeas (<i>Sobralia macrantha</i>), pacaya (<i>Geonoma sp.</i>), aguacatillo (<i>Persea spp.</i>) y palmeras (<i>Chamaedorea nubium</i>).</p> <p align="center">Cantidad de agua</p> <p>Se diferencia un crecimiento entre épocas de 2,01 litros por segundo de época seca a transición, y, de 0,55 litros por segundo de transición a lluviosa, además de resultar interesante la adición de periodo seco con 0,96 litros por segundo a lluvioso con 3,52 litros por segundo, diferencia de 2,56 litros por segundo, pudiendo promediar un caudal de 2,5 litros por segundo durante el año.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #e0e0e0;">ÉPOCA</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Norma</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Transición</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">Lluviosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Parámetro</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C)</td> <td>...</td> <td>20</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>6,5-8,5</td> <td>6,4</td> <td>6,67</td> </tr> <tr> <td>Turbidez (NTU)</td> <td>5</td> <td>1,14</td> <td>0,99</td> </tr> <tr> <td>Fosfatos (mg/l)</td> <td>0,5</td> <td>0,1</td> <td>0,19</td> </tr> <tr> <td>Nitratos (mg/l)</td> <td>50</td> <td>0,33</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>OD (mg/l)</td> <td>6,0-8,0</td> <td>7,7</td> <td>6,7</td> </tr> <tr> <td>DBO5 (mg/l)</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>8,4</td> </tr> <tr> <td>DQO (mg/l)</td> <td>20</td> <td>2,4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>SS (mg/l)</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>STD (mg/l)</td> <td>500</td> <td>13</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>CTO (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>36</td> <td>136</td> </tr> <tr> <td>CTER (UFC/100ml)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	ÉPOCA	Norma	Transición	Lluviosa	<i>Parámetro</i>				Temperatura (°C)	...	20	18	pH	6,5-8,5	6,4	6,67	Turbidez (NTU)	5	1,14	0,99	Fosfatos (mg/l)	0,5	0,1	0,19	Nitratos (mg/l)	50	0,33	0,1	OD (mg/l)	6,0-8,0	7,7	6,7	DBO5 (mg/l)	5	0	8,4	DQO (mg/l)	20	2,4	4	SS (mg/l)	10	0	0	STD (mg/l)	500	13	13	CTO (UFC/100ml)	0	36	136	CTER (UFC/100ml)	0	0
ÉPOCA	Norma	Transición	Lluviosa																																																						
<i>Parámetro</i>																																																									
Temperatura (°C)	...	20	18																																																						
pH	6,5-8,5	6,4	6,67																																																						
Turbidez (NTU)	5	1,14	0,99																																																						
Fosfatos (mg/l)	0,5	0,1	0,19																																																						
Nitratos (mg/l)	50	0,33	0,1																																																						
OD (mg/l)	6,0-8,0	7,7	6,7																																																						
DBO5 (mg/l)	5	0	8,4																																																						
DQO (mg/l)	20	2,4	4																																																						
SS (mg/l)	10	0	0																																																						
STD (mg/l)	500	13	13																																																						
CTO (UFC/100ml)	0	36	136																																																						
CTER (UFC/100ml)	0	0	0																																																						
<p align="center">Aspectos generales</p> <p>Ubicación 1568616 N y 493344 O. Construido por la comunidad con ayuda del proyecto ALA 86-20 y AMITIGRA. El sistema abastece a la comunidad del Liquidambal, ubicada en la zona núcleo del Parque Nacional la Tigra. Sistema que funciona por gravedad. Componentes del sistema: 1 obra de captación, 1 desarenador, 1 rompecarga (en construcción), 1 tanque de 6,000 galones, hipoclorador (en mal estado), tubería de HG y PVC de diferentes diámetros, válvulas de control y una de aire. Se abastecen 48 viviendas con este sistema. El área de la microcuenca está dentro del Parque Nacional la Tigra. El agua es administrada por una Junta de Agua. Actualmente no se hace desinfección del agua.</p> <p><small>Fuentes de información: miembros de la junta de agua de El Liquidambal, visitas de campo y entrevistas con miembros de la comunidad.</small></p>	<p align="center">Vulnerabilidad. No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones, salvo eventos extremos.</p>	<p>Seca: desafortunadamente en esta época del año no fue posible realizar la toma de muestras de agua para evaluación de parámetros de calidad.</p> <p>Transición: en este periodo del año se hizo el primer muestreo, donde se observó que los valores resultantes están en un 80% dentro de la norma. Resultó la leve presencia de sólidos disueltos (13 mg/l) en el agua así como de coliformes totales (36 UFC/100 ml) por presencia de bacterias, y se requiere la desinfección para controlar la presencia de estas.</p> <p>Lluviosa: para el segundo muestreo no hubo un cambio significativo en cuanto al pH (6,67), y además, se registró una leve disminución en la turbiedad del agua (0,99 NTU), también se observó un aumento significativo en la cantidad de coliformes totales (136 UFC/100 ml) y de DBO (8,4 mg/l) lo que indica que se tiene que desinfectar.</p> <p style="background-color: #c8e6c9;">Recomendaciones: elegir una nueva Junta Directiva. Pedir estado financiero a la anterior. Reparar el hipoclorador.</p>																																																							



Condiciones observadas

La comunidad tiene agua permanentemente tanto en época seca como en la lluviosa.

El agua es utilizada para riego aunque dicho uso no afecta la cantidad demandada para consumo humano.

No presenta problemas de vulnerabilidad por causa de incendios forestales, deslizamientos o inundaciones, salvo eventos extremos.

La Junta Administradora de Agua cuenta con reglamento interno, pero no tienen personería jurídica. Actualmente tiene conflictos porque la organización se ha ido desintegrando y sus miembros se han ido a otras comunidades; además de los problemas administrativos que indican que se presenta vulnerabilidad social y administrativa.

Cantidad. En este escenario se presenta un contexto similar al de los acueductos El Guayabo, El Molino y Bordo las Martitas, mostrándose un ascenso significativo y escalonado en la cantidad de agua. Ascenso justificado por el incremento en las precipitaciones, al igual que otros sistemas, las características particulares del área de recarga y con el agua como termorregulador se tienen condiciones muy favorables para el incremento en la disponibilidad de agua.

Calidad. Este sistema fue evaluado únicamente en dos de los tres muestreos establecidos, al analizar de forma global los parámetros se puede concluir que este acueducto brinda agua de buena calidad; sin embargo, al medir estos promedios con la norma nacional para calidad de agua se observa que el valor de coliformes totales es muy alto y fuera de la norma, pero esto se debe a la cantidad de hojas y humus que hay en la zona, propio de un bosque, y que es fácilmente controlable con el tratamiento del agua con alguno de los métodos que ya ha señalado pues son asequibles para las comunidades rurales.

Funcionamiento del acueducto de El Liquidambal

Captación: se realiza en la presa que colecta las aguas, la cual se encuentra en buenas condiciones, pero tiene algunos detalles que quedaron estéticamente mal en la reciente remodelación realizada.

Transporte: se lleva a cabo por tubería de HG en tramos aéreos y pero la mayoría es de PVC; la misma está en buenas condiciones de funcionamiento.

Almacenamiento: se efectúa en un tanque que requiere ser reparado en su interior y exterior ya que la reciente remodelación estuvo mal hecha; la tapadera de la ventana de inspección esta dañada y el repello exterior se está descascarando.

Distribución: se hace por medio de tubería de PVC en toda la red, la que está en buenas condiciones.

Tratamiento: existe el hipoclorador para este fin, pero está dañado por lo que no se hace tratamiento del agua.

Administración: está a cargo de la Junta Administradora de Agua, la que en la actualidad está desarticula debido a la salida del presidente de la misma, y los restantes miembros quedaron a la expectativa de las acciones que deben de seguir para dar manejo y administración al sistema, resultando en renuencia de los miembros de la comunidad al pago de la cuota mensual por el servicio.

Mantenimiento: lo realiza el fontanero asignado, quien realiza el control de válvulas, limpieza del sistema y reparación de daños.

4.2. EVALUAR LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

4.2.1 Evaluación del caudal de agua en la cuenca del río La Soledad

Fue evaluada la cantidad de agua en la cuenca del río La Soledad, realizando mediciones de caudal en las épocas seca (marzo), transición (mayo-junio) y lluviosa (julio-agosto).

Permitiendo comparar estadísticamente los cambios experimentados. Inicialmente se estudió esta variación en forma global, es decir, los 22 caudales medidos en las tres épocas. Para comparar las medias de los caudales durante las tres épocas, se realizó un análisis de la varianza. Este análisis indica que no hubo diferencias estadísticas entre épocas ($p < 0,4822$) (*Anexo 9*).

Debido a que se acepta la hipótesis nula se concluye que no hay diferencias estadísticas en la cantidad de agua de acuerdo a la época (*Anexo 9*).

Además se puede observar gráficamente esta tendencia estadística en la variación del caudal de los sistemas de abastecimiento de agua en la cuenca del río La Soledad (*Figura 4*).

Variación del caudal de las fuentes de agua, en la cuenca del río La Soledad, de acuerdo a la época

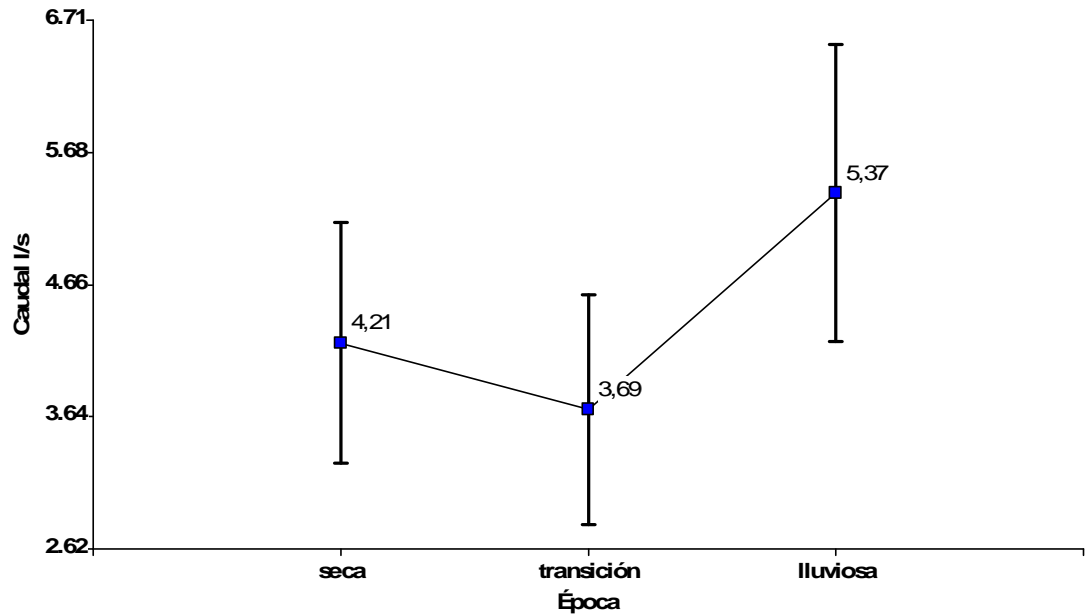


Figura 4. Análisis gráfico de los factores.

Analizando de forma general todos los caudales se pudo encontrar que los cambios experimentados por algunos sistemas no son estadísticamente significativos.

Sin embargo analizando dichos sistemas de forma individual se observó datos interesantes en la variación del caudal.

4.2.1.1 Evaluación del caudal de agua en los acueductos de la cuenca del río La Soledad

Usualmente se piensa que los caudales de periodo seco son los más bajos y que por consiguiente los de periodo lluvioso deben ser superiores. Se ha observado en algunos casos que esto resulta cierto siempre y cuando se realice un monitoreo completo. Pero en base a los resultados obtenidos, y a información estudiada hemos observado que esto esta en dependencia de diversos agentes; principalmente del mes del año en el cual se realice el aforo de la fuente, pues resulta importante tener claramente definida la fecha aproximada donde se presenta el menor y mayor caudal.

Para este estudio, por ejemplo, no se midió el caudal mayor que se presenta en el año, debido a que el periodo de muestreo fue durante algunos meses del año, específicamente en marzo, segunda quincena de mayo, primera quincena de junio, segunda quincena de julio y primera quincena de agosto, quedando vacíos de información en los restantes meses del año, donde se tiene conocimiento se incrementa el periodo de lluvias, que lógicamente representa cambios en la cantidad de agua.

Otro elemento importante de rescatar es que los grupos administradores del agua, están constantemente agregando pequeñas cantidades de agua a sus sistemas ya sea por exigencias en la demanda o por asegurar posibles nuevas conexiones. Lo que representa un cambio en la variabilidad observada durante este año en los acueductos estudiados. Resulta trascendental el cambio estacional entre épocas del año, como se ha apreciado particularmente en la temporada de transición, donde la escorrentía se interrelaciona con otros agentes naturales que la hacen variar, por ende influyen en el volumen de esta que llega a las fuentes.

Por todas estas razones es importante mencionar que este es el primer estudio realizado en todos los sistemas de abastecimiento de agua para el municipio de Valle de Angeles, y que por la ausencia de un balance hídrico representa el inicio de un proceso de monitoreo para esta cuenca.

Variación del caudal de acuerdo la época en los acueductos de la microcuenca del río La Soledad, Honduras

Como se mencionó en el párrafo anterior, se observan tres claras tendencias en los caudales de las fuentes que abastecen los acueductos del municipio, de acuerdo a las tres épocas climáticas que fueron evaluadas.

La primera que se aprecia es la tendencia al aumento del volumen de agua, a medida que se incrementan las lluvias. En esta categoría se encuentran cinco de los 22 sistemas de abastecimiento de agua del municipio; estos son: Bordo las Martitas, El Guayabo, Jocomico, El Molino y El Liquidambal. Que abastecen el 6,5% de la población del municipio (Figura 5).

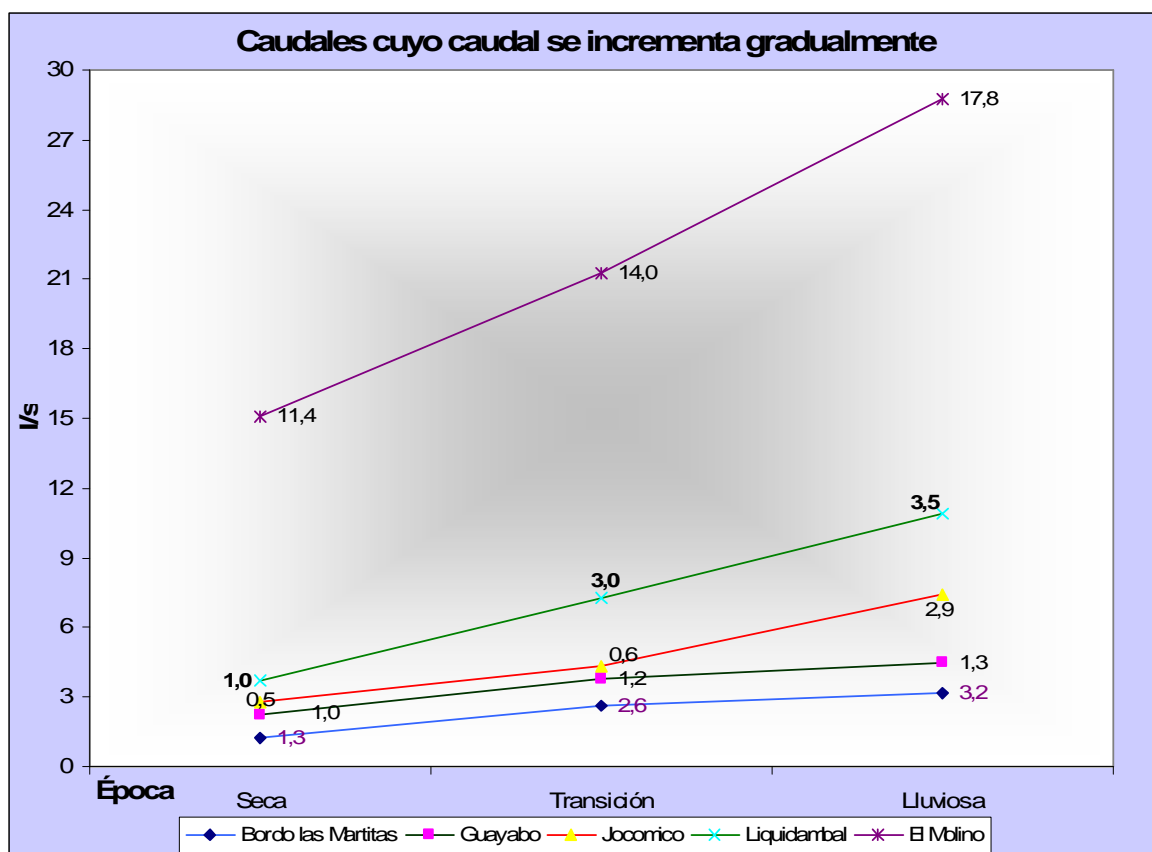


Figura 5. Primera tendencia de caudales en los sistemas de abastecimiento en la cuenca del río la soledad.

La segunda tendencia observada es que el caudal disminuye en el periodo de transición y aumenta considerablemente en la época lluviosa en un corto periodo. Son dos sistemas los que presentan dicha tendencia; El Cantón y Chaguitio, Sauce y las Cañadas, que abastecen el 9% de la población con sistemas de agua formalmente manejado (*Figura 6*).

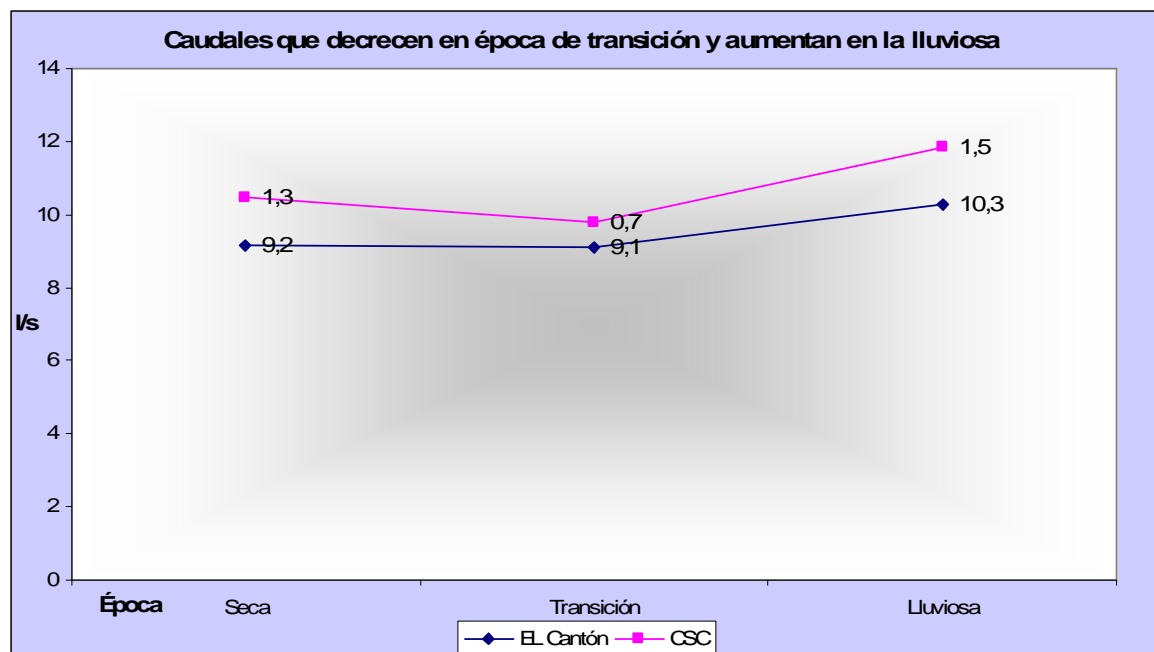


Figura 6. Segunda tendencia de los caudales de los sistemas de abastecimiento en la cuenca del río La Soledad, Honduras.

La tercera y más fuerte tendencia es el caudal que decrece en época de transición y aumenta en época lluviosa, al igual que la anterior pero con la observación de que su caudal crece lentamente y no se llega rápidamente a superar el caudal de verano, sino se considera que lo hará y superará una vez que se intensifiquen las lluvias. En esta tendencia el caudal es variable, aquí se encuentran 15 de los 22 sistemas; Cerro Grande, Chiquistepe, Chinacla, La Escondida, La Esperanza, Guanacaste, Los Lirios, Martitas, Quebrada Honda, El Portillo, Sabanetas, San Francisco, La Cimbra, El Suizo, El Tablón; que abastecen el 68% de la población usuaria de acueductos (*Figura 7*).

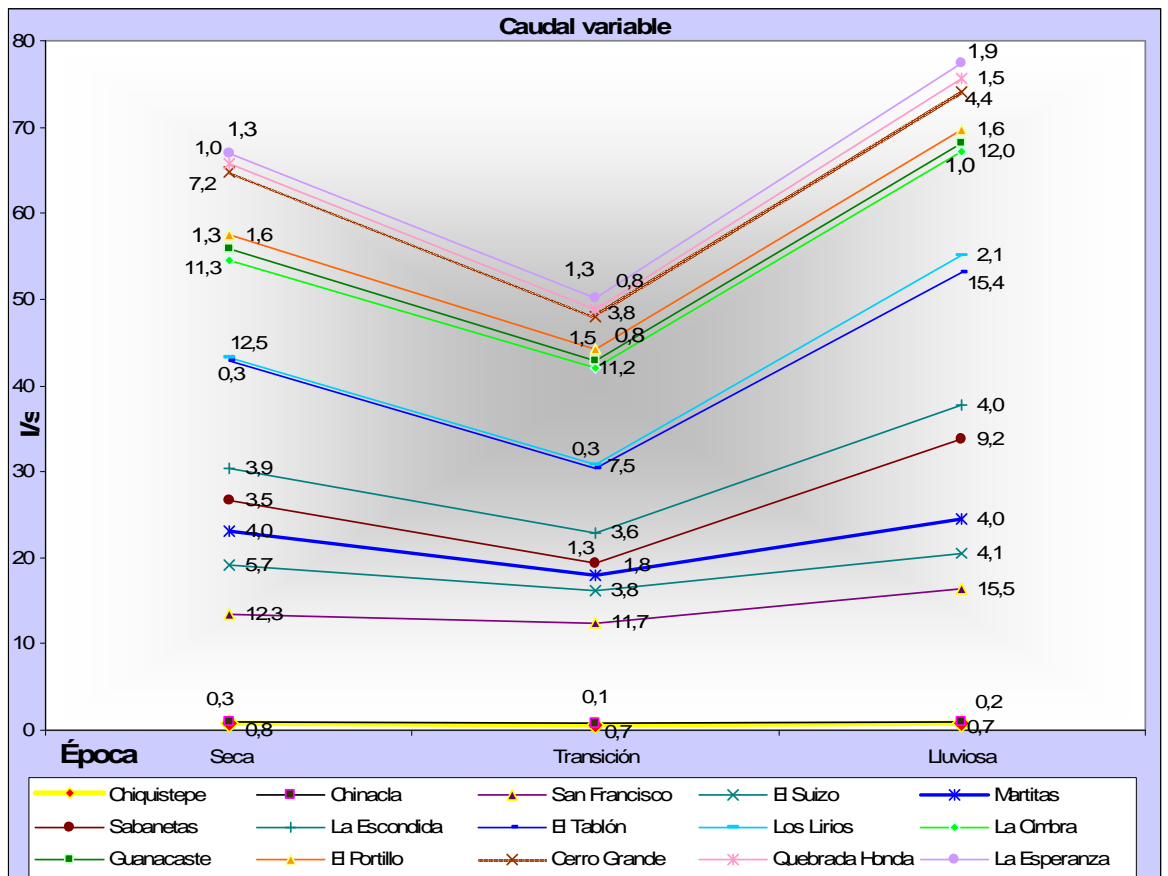


Figura 7. Tercera tendencia de los caudales de los sistemas de abastecimiento en la cuenca del río La Soledad.

4.2.2 Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río la Soledad

Fue evaluada la variación en la calidad de agua en la cuenca del río La Soledad, realizando análisis en el agua durante las épocas seca (marzo), transición (mayo-junio) y lluviosa (julio-agosto). Permitiendo comparar estadísticamente los cambios experimentados. Inicialmente se estudió esta variación en forma global, es decir, los 22 sistemas analizados en las tres épocas.

Debido a que se acepta la hipótesis nula se concluye que hay diferencias estadísticas en la calidad de agua de acuerdo a la época.

Además, al realizar la prueba de Hotelling resultó diferenciado el comportamiento de los parámetros en época seca (A) y transición (B), no así en la lluviosa (AB) con la seca (A) y transición (B) (*Anexo 10*).

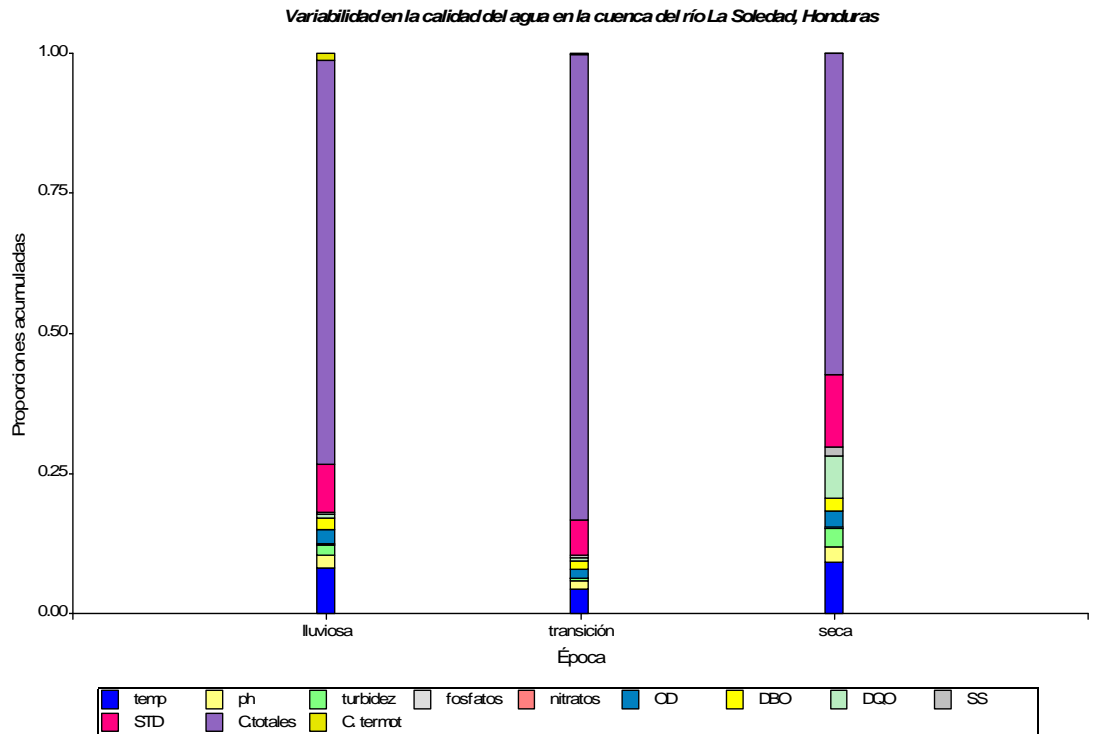


Figura 8. Análisis gráfico de los parámetros de calidad

Gráficamente se observa que los mayores problemas en cuanto a calidad del agua en la cuenca, se debe al alto valor del parámetro de coliformes totales.

Analizando de forma general todos los parámetros se pudo encontrar que los cambios experimentados por algunos sistemas no son estadísticamente significativos. Y permite concluir que el agua de los acueductos es de buena calidad para el consumo humano, con la salvedad de que el mayor problema encontrado fue la cantidad de coliformes totales presentes, que se pueden controlar con la desinfección del agua.

4.2.2.1 Evaluación por parámetro y época de la calidad de agua en los acueductos de la Cuenca del Río La Soledad

En la evaluación antes mencionada se estudió el comportamiento general de los parámetros de calidad del agua que se midieron, pero sin hacer ningún tipo de restricción. En este segmento del documento se analizó el comportamiento de tales parámetros en los tres períodos climáticos pero comparándolo con los valores límites establecidos por la norma técnica nacional de calidad de agua potable de Honduras, determinando cuales sistemas de abastecimiento de agua incumplen los rangos permitidos y en cual época evaluada.

Época seca

Esta fue la primera de las tres épocas evaluadas durante el proceso de monitoreo de calidad de agua, analizando cada valor de los parámetros muestreados con los valores permitidos, indicando que sistemas presentan parámetros fuera de la normativa.

pH: durante esta época 12 de los 22 acueductos no cumplieron con el rango establecido por la norma técnica nacional, que establece valores entre 6,5 y 8, 5. Dichos sistemas son: Bordo Las Martitas (5, 57), Cerro Grande (5,63), CSC (5,43), Chinacla (6,32), Guayabo (4,41), Los Lirios (6,32), Las Martitas (5,62), El Molino (4,3), Quebrada Honda (4,4), El Portillo (6,09), Sabanetas (6,41) y San Francisco (6,22). Resultando aguas ácidas, lo que ocurre en aguas naturales por el CO₂ disuelto desde la atmósfera o por ácidos procedentes de algunos minerales, o del mantillo del suelo. Parámetro importante porque muchas de las formas de vida acuática tienden a ser muy sensibles a este.

Turbidez: en este periodo solamente el acueducto de Los Lirios (121 NTU), rebasó el valor de 5 NTU, valor máximo permitido. Si bien el efecto de alta turbidez en el agua es principalmente estético ayuda además a la adhesión de metales pesados y materiales orgánicos debido a la presencia de partículas en suspensión, que en este caso puede ser por sedimentos procedentes de la erosión.

Fosfatos: este parámetro no fue sobrepasado en su valor permitido de 0,5 mg/l, todos los acueductos estuvieron por debajo de este valor.

Nitratos: la cantidad de estos en los sistemas de abastecimiento estuvo bajo la cantidad permitida en agua para consumo humano de 50 mg/l. Valor que resulta muy positivo ya que en altas concentraciones pueden ser dañinos para la salud ya que afectan la capacidad de las células de sangre roja de llevar oxígeno (metahemoglobinemia) (NSF 2006).

OD: la cantidad de oxígeno en el agua de 20 de los 22 sistemas de abastecimiento cumplió con el rango de 6 a 8 mg/l que establece la norma nacional. Los dos acueductos que presentaron un valor bajo este rango fueron El Guayabo (5,3 mg/l) y Bordo las Martitas (5,7 mg/l). Como se ha investigado que un bajo nivel de oxígeno disuelto indica presencia de materiales orgánicos y microorganismos difíciles de degradar.

DBO: para la demanda bioquímica de oxígeno la normativa permite valores de hasta 5 mg/l, resultando que en esta época seis sistemas sobrepasan tal valor. Dichos sistemas son: El Tablón (14 mg/l), Quebrada Honda (5,2 mg/l), Los Lirios (12 mg/l), Chiquistepe (17,7 mg/l), Cantón (6,7 mg/l) y La Cimbra (5,3 mg/l). Este parámetro es importante porque indica de forma indirecta el contenido de materia orgánica biodegradable. Una alta concentración de DBO indica que se requiere una gran cantidad de oxígeno para descomponer la materia orgánica contenida en el agua (UNAM 2006).

DQO: la mayoría de los sistemas de abastecimiento se encuentra bajo el valor de 20 mg/l que indica la norma técnica. Únicamente los acueductos de CSC (186 mg/l), Chinacla (51 mg/l) y La Escondida (50 mg/l) sobrepasan tal valor. Siendo valioso porque se relaciona con la demanda bioquímica aunque no diferencia entre materia biodegradable y el resto. Y es un indicador de la materia inorgánica y la presencia de metales pesados que pueden influir negativamente en la salud.

Sólidos suspendidos: la norma permite valores de hasta 10 mg/l de partículas sólidas orgánicas o inorgánicas en suspensión en un volumen de agua, pero hubo algunos sistemas que sobrepasaron este valor. Estos fueron El Portillo (20 mg/l), Quebrada Honda (28 mg/l) y La Esperanza (24 mg/l).

Sólidos totales disueltos: al parecer las partículas en suspensión que se sedimentan después de cierto tiempo durante esta época no representan problemas para la calidad del agua porque en ningún lugar se registró valores superiores a los que permita la norma de 500 mg/l, valor menor a 600 mg/l que se considera bueno (OMS 2004).

Coliformes totales: la mayor incidencia se presentó en este parámetro, cuando la norma establece su no presencia es decir 0 UFC/ 100ml; y en varios sistemas se registraron cantidades de estas. Dichos lugares son: El Tablón (40 UFC/ 100ml), El Suizo (190 UFC/ 100ml), San Francisco (220 UFC/ 100ml), El Portillo (80 UFC/ 100ml), Las Martitas (20 UFC/ 100ml), Los Lirios (20 UFC/ 100ml), Jocomico (1000 UFC/ 100ml), Guanacaste (260 UFC/ 100ml), La Esperanza (40 UFC/ 100ml), La Escondida (250 UFC/ 100ml), Chinacla (230 UFC/ 100ml), Chiquistepe (250 UFC/ 100ml), Bordo Las Martitas (80 UFC/ 100ml). Ratificando la presencia de materiales orgánicos que ya se había registrado al medir otros parámetros. Por si mismos, los coliformes no constituyen una amenaza para la salud; se presentan naturalmente en el medio ambiente, su determinación se usa para indicar si pudiera haber presentes otras bacterias posiblemente nocivas (EPA 2006).

Coliformes termotolerantes: aunque hubo presencia de coliformes en el agua en varios de los sistemas de abastecimiento durante la época seca, en cuanto a las coliformes termotolerantes si se cumplió con el límite que marca la norma de 0 UFC/100 ml. Resultado positivo porque la presencia de estas bacterias indica que el agua puede estar contaminada de heces fecales y causar diarreas, retorcijones, náuseas u otros síntomas; y representar un riesgo para la salud de niños pequeños y personas con débiles sistemas inmunológicos (EPA 2006).

Época de transición

El segundo monitoreo de calidad de agua en la cuenca se realizó en la estación o época de transición entre las épocas seca y las lluviosa. Y se continuó con la evaluación de los parámetros mencionados en la época anterior.

PH: con las primeras lluvias nuevamente en esta época de transición se presentó aguas ácidas en los sistemas de abastecimiento de Bordo las Martitas (5,4) Cerro Grande (3,91) CSC (6,49), Chinacla (6,14), Guayabo (4,42), Quebrada Honda (4,82), El Portillo (6,37) San Francisco (5,29), La Cimbra (5,75), Chiquistepe (5,43), El Cantón (5, 62) y El Suizo (5,66). Y de estos 12, los primeros ocho ya presentaban un potencial de hidrógeno bajo el rango de 6,5 y 8,5 que establece la norma durante la época seca.

Turbiedad: la mayoría de los sistemas cumplen con las 5 NTU que permite la normativa y solamente un acueducto no lo cumple, el de Los Lirios (13,5 NTU).

Fosfatos: durante esta época todos los sistemas de abastecimiento permanecen bajo el valor de 0. 5 mg/l que se permite.

Nitratos: al igual que le época anterior los valores se mantienen bajo el límite de 50 mg/l que es indicado para agua de consumo humano.

OD: durante la transición estacional tres de los 22 acueductos incumple el rango de 6 a 8 mg/l que marca la norma nacional. Estos fueron el sistema de La Escondida (5,1 mg/l), Guayabo (5,9 mg/l) y los Lirios (5,9 mg/l).

DBO: seis sistemas no cumplen los 5 mg/l que indica la normativa. El Cantón (24, 4 mg/l), La Esperanza (8 mg/l), Guanacaste (12,4 mg/l), Las Martitas (7,7 mg/l), El Molino (9 mg/l) y El Portillo (6 mg/l). Y solamente el primero de los seis incumplió por segunda vez la norma, el resto la infringió solo durante esta época.

DQO: en este periodo todos los acueductos se mantienen bajo el margen del valor que marca la normativa de 20 mg/l.

Sólidos suspendidos: la cantidad de partículas en suspensión durante esta época es menor a los 10 mg/l que se permite en todos los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.

Sólidos totales disueltos: todos los acueductos cumplen con este parámetro durante este periodo, al igual que la época seca. Permaneciendo bajo los 500 mg/l que se permite.

Coliformes totales: con la presencia de las primeras lluvias en la época de transición, todos los sistemas de abastecimiento de agua incumplen las 0 UFC/100ml que permite la normativa, al registrar la presencia de estas bacterias. Encontrando en El Liquidambal 36 UFC/100ml, Bordo las Martitas 78 UFC/100ml, El Cantón 32 UFC/100ml, Cerro Grande 34 UFC/100ml, CSC 24 UFC/100ml, Chiquistepe 350 UFC/100ml, Chinacla 490 UFC/100ml, la Escondida 1100 UFC/100ml, La Esperanza 104 UFC/100ml, Guanacaste 800 UFC/100ml, Guayabo 900 UFC/100ml, Jocomico 1200 UFC/100ml, Los Lirios 1040 UFC/100ml, Las Martitas 3 UFC/100ml, El Molino 144 UFC/100ml, Quebrada Honda 50 UFC/100ml, El Portillo 108 UFC/100ml, Sabanetas 670 UFC/100ml, San Francisco 106 UFC/100ml, El Suizo 386 UFC/100ml, La Cimbra 62 UFC/100ml, El Tablón 620 UFC/100ml. Situación que se da posiblemente por el arrastre de materiales orgánicos e inorgánicos en las fuentes de agua, ya que se incremento su presencia por causa de las lluvias, y por acción de la escorrentía e infiltración se llegan al agua.

Coliformes termotolerantes: el valor que establece la norma para este parámetro es de 0 UFC/100ml. Sin embargo en esta época resultó quebrantado dicho valor al encontrarse este tipo de coliformes en cuatro sistemas. En los acueductos de Quebrada Honda (2 UFC/100ml), Sabanetas (10 UFC/100ml), San Francisco (2 UFC/100ml) y El Suizo (8 UFC/100ml). Ya que las lluvias aumentan los niveles de contaminación microbiana en las fuentes de agua (OMS 2004).

Época lluviosa

El tercer y último periodo de evaluación de calidad de agua con los parámetros mencionados se hizo en la estación lluviosa. Observándose cambios interesantes con respecto a la norma admitida debido a la intensificación de las lluvias.

PH: al igual que en las épocas anteriores este parámetro es el que más se aleja del rango permitido de 6,5 a 8,5. Infringiendo la norma los sistemas de Bordo las Martitas (5,71), El Cantón (5,73), Cerro Grande (4,05), CSC (5,81), Chinacla (6,24), La Esperanza (6,42), Guayabo (4,69), Las Martitas (5,23), Quebrada Honda (4,41), El Portillo (5,32) San Francisco (5,49), El Suizo (6,27) y La Cimbra (5,66).

Turbiedad: al parecer este parámetro rebasa el valor de 5 NTU permitidos, conforme aumentan las precipitaciones en la zona; al presentarse valores superiores en los acueductos de Chiquistepe (5,02 NTU), La Escondida (8,82 NTU), Los Lirios (26.3 NTU), El Molino (14,9 NTU) y El Tablón (8,22 NTU).

Fosfatos: a diferencia de las estaciones anteriores, en la estación lluviosa se presentan valores mayores a los 0,5 mg/l que se permiten en la normativa. Resultando superiores los valores de los sistemas de Chiquistepe (0,62 mg/l) y Chinacla (0,76 mg/l). Y tendría que considerarse que condiciones permitieron la alteración de este parámetro, que deben ser muy particulares a cada sistema. Por ejemplo la utilización de fertilizantes y detergentes.

Nitratos: este parámetro de la calidad del agua evaluada durante el periodo de lluvias establece un máximo de 50 mg/l, y los 22 acueductos permanecen bajo este valor. Manteniéndose a la vez en el cantidades permitidas para el consumo de la población.

OD: el rango a cumplirse el de 6 a 8 mg/l, según la normativa. Sin embargo los sistemas de Chiquistepe (5,6 mg/l), Chinacla (5,7 mg/l), La Escondida (5,9 mg/l) y Guanacaste (8,7 mg/l) no cumplen tal rango.

DBO: Liquidambal (8,4 mg/l), El Cantón (9, 2 mg/l), Las Martitas (8 mg/l), El Portillo (7 mg/l), La Cimbra (10 mg/l) y El Suizo (6,4 mg/l); son sistemas que presentan valores superiores a los 5 mg/l que se permiten para consumo humano.

DQO: los 20 mg/l que son permitidos de este parámetro de calidad del agua en la normativa nacional son cumplidos por la totalidad de sistemas de abastecimiento de la cuenca.

Sólidos suspendidos: 10 mg/l, es el máximo valor permitido por la norma técnica nacional para agua de consumo humano en Honduras y la totalidad de los sistemas de suministro se mantienen bajo este margen en la época de lluvias.

Sólidos totales disueltos: todos los acueductos monitoreados en esta época resultaron bajo el valor de 500 mg/l, que es el límite establecido.

Coliformes totales: la normativa señala 0 UFC/100ml para agua destinada para el consumo humano. Y en esta época de lluvias ninguno de los sistemas cumple con tal valor. Debido a la presencia de estas en cantidades de: Liquidambal 136 UFC/100ml, Bordo las Martitas 276 UFC/100ml, El Cantón 90 UFC/100ml, Cerro Grande 120 UFC/100ml, CSC 276 UFC/100ml, Chiquistepe 136 UFC/100ml, Chinacla 258 UFC/100ml, La Escondida 238 UFC/100ml, La Esperanza 126 UFC/100ml, Guanacaste 220 UFC/100ml, Guayabo 176 UFC/100ml, Jocomico 460 UFC/100ml, Los Lirios 210 UFC/100ml, Las Martitas 3 UFC/100ml, UFC/100ml, El Molino 32 UFC/100ml, Quebrada Honda 44 UFC/100ml, El Portillo 142 UFC/100ml, Sabanetas 252 UFC/100ml, San Francisco 110 UFC/100ml, La Cimbra 100 UFC/100ml, El Suizo 200 UFC/100ml y El Tablón 276 UFC/100ml. Si bien es cierto este parámetro no es factor determinante de contaminación grave porque es controlable, pero implica dar tratamiento a todos los sistemas en esta y la anterior estación.

Coliformes termotolerantes: las 0 UFC/100ml que marca la norma técnica nacional se cumple en 16 de los 22 acueductos que se estudiaron durante el periodo de lluvias. Y los cuatro que no cumplieron dicha normativa fueron: Los Lirios (48 UFC/100ml), El Molino (4 UFC/100ml), San Francisco (2 UFC/100ml) y El Suizo (8 UFC/100ml). Resultando esos dos últimos sistemas afectados por la presencia de estas coliformes en dos de las épocas monitoreadas.

Finalmente, al comparar entre épocas, se observa la variación en las cantidades de los parámetros analizados en cada uno de los acueductos, resultando la más fuerte tendencia el aumento de coliformes totales por la acentuación gradual de las precipitaciones. Y en general, los pH ácidos por las características biofísicas y medioambientales de la cuenca y por la posible presencia de un metales pesados en el agua.

4.2.2.2 Relación de los resultados obtenidos con las enfermedades transmitidas por causa del agua.

Con el propósito de correlacionar los datos de calidad de agua obtenidos durante este año de monitoreo de las aguas que se brindan para consumo humano, a través de acueductos urbanos y rurales; se consultó en los dos Centros de Salud del municipio sobre las enfermedades registradas con respecto o causa del agua.

Según los registros de salud del Centro de Salud Pública de Valle de Angeles, casco urbano, la incidencia de enfermedades de origen hídrico durante los primeros seis meses del año 2006 que se presentaron fueron principalmente las diarreas.

La mayor frecuencia de casos de diarreas se presentó en el casco urbano de Valle de Angeles que fue de 40 de los 54 que se presentaron en total, los restantes 14 se distribuyeron entre las comunidades de las Cañadas con 4 casos, El Liquidambal con 2, El Sauce con 5, Chaguitio, La Mina y El Portillo con 1. Destacando de entre los 54 casos que en el mes de marzo se dio la mayor frecuencia de casos, afectando principalmente a niños menores de 5 años (CESAMO 2006)

Por otro lado los registros del Centro de Salud de la Aldea Cerro Grande señalan el conteo de 52 casos de diarrea durante los primeros seis meses del año, presentando 29 de los 52 casos durante el mes de junio y afectando principalmente a los niños menores de 5 años (CESAMO 2006)

Considerando que la diarrea es una enfermedad ocasionada por la presencia de virus, bacterias y parásitos en alimentos o el agua; por falta de higiene y además observando que en esta comunidad el agua llega a la población después de pasar por una planta de tratamiento, y la mayoría de la población compra agua para beber; no se puede atribuir el reporte de estos casos por causa de la calidad de agua que se brinda de este acueducto. Por lo que se debe investigar cuidadosamente que motivos ocasionan los casos registrados.

4.3 DETERMINAR LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

4.3.1 Estimación de la oferta y demanda de agua para consumo humano

Para poder determinar la oferta y demanda de agua en la cuenca se debe empezar por categorizar la oferta del recurso hídrico para consumo humano en dos clases: oferta de agua total y oferta de agua neta.

4.3.1.1 Oferta de agua total

Oferta real se le denomina a la cantidad de agua disponible en la cuenca que es brindada por las fuentes de agua para consumo humano, y que en algunos casos no es captada totalmente, o se pierde en el transcurso entre la fuente y la obra de almacenaje.

Como ya se mencionó en otro capítulo, la oferta que se está estudiando no representa la totalidad de agua con la que se cuenta en la cuenca, ya que se desprecian algunos pequeños sistemas que son utilizados para el consumo humano.

Otro elemento importante de considerar es que durante este estudio únicamente se cuenta con tres caudales, hechos en tres de los doce meses del año, por lo que se consideró el promedio de ellos como oferta de agua anual.

El caudal total promedio es de 97,3 litros por segundo equivalente a $0,0973 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.3.1.2 Oferta de agua neta

Se llama oferta de agua neta a la cantidad de la misma que es realmente captada y utilizada para el consumo humano. Se diferencia de la oferta total porque debido a fallas en la captación, la conducción o el almacenaje no brinda la totalidad del recurso del que dispone la fuente.

El caudal promedio neto que es utilizado en esta cuenca es de 69,1 litros por segundo, osea, 28,2 litros menos de lo que está disponible.

4.3.1.3 Oferta total vrs demanda actual

Básicamente es la comparación de caudales totales existentes en las fuentes, con respecto al caudal demandado por la población actual de la cuenca (*Figura 9*). Valores de oferta total encontrados promediando la medición de caudales realizadas en las fuentes y por contraparte la demanda actual calculada al multiplicar el número de viviendas existentes por el valor promedio de seis personas por vivienda (*Anexo 11*).

En la *figura 9* se puede observar que los sistemas que actualmente presentan deficiencia en cuanto a suministro de agua para sus usuarios son los acueductos de Cerro Grande (inferior en 11,3 litros por segundo), CSC (inferior en 0,4 litros por segundo) y La Esperanza (inferior en 2,3 litros por segundo).

En el caso específico de Cerro Grande, es importante considerar que esta fuente es insuficiente para cubrir la demanda de la población que debe abastecer; en el nuevo acueducto deberán construir una obra de almacenamiento de agua que ayude a solventar esta deficiencia; una solución puede ser almacenando la cantidad adecuada de agua durante la noche para cubrir la demanda del día, pero principalmente promover practicas para la protección de la zona de recarga, evitando la tala de árboles, incendios forestales y cambios de uso del suelo.

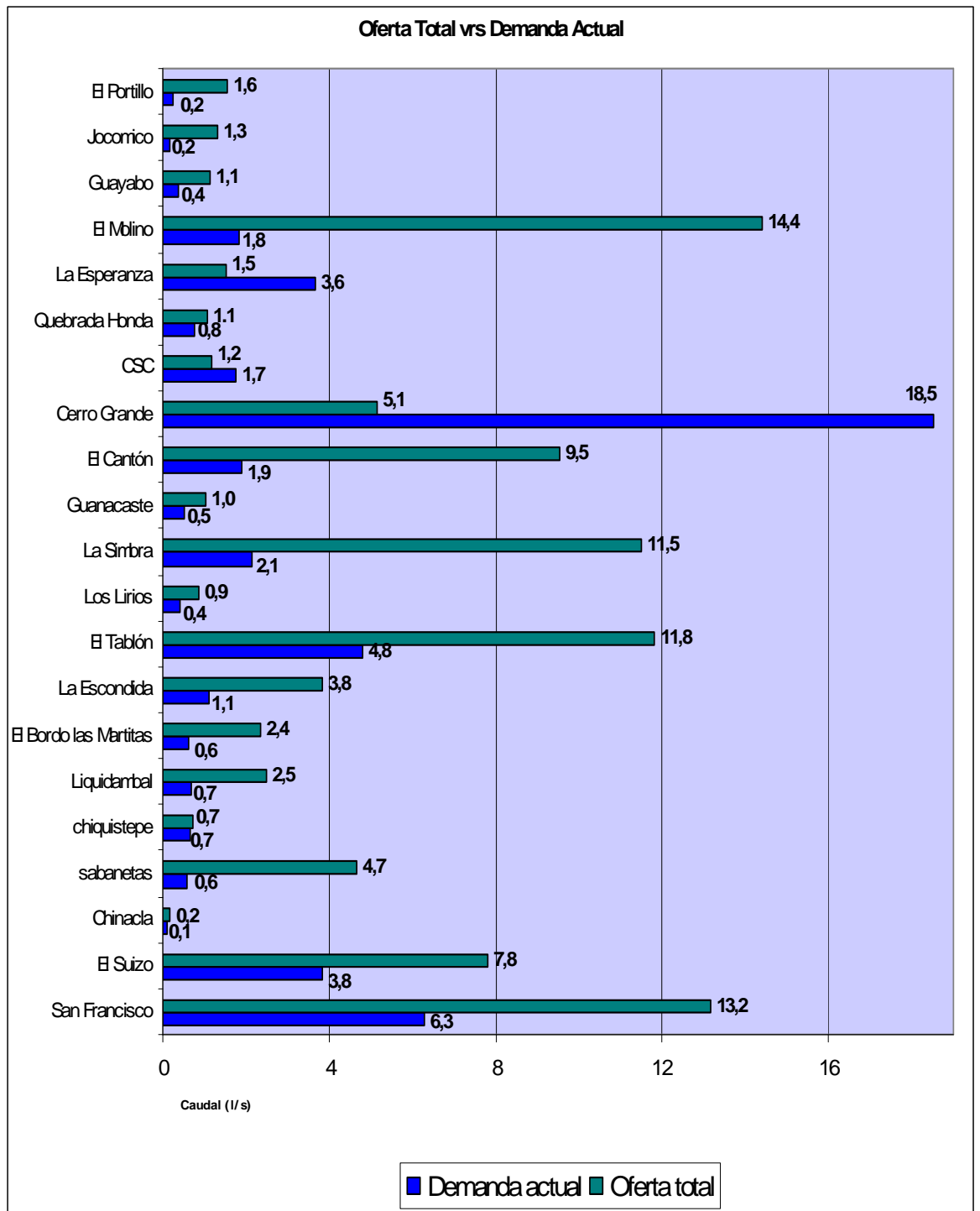


Figura 9. Comparación de oferta total vs demanda actual

4.3.1.4 Oferta neta vrs demanda actual

Esta es la comparación real de disponibilidad de agua en paralelo con el caudal demandado actualmente (*Figura 10*). Determinando la oferta neta al medir el caudal de agua que entra a los sistemas de abastecimiento de agua y que en realidad llega a la población, y comparándolo con el caudal que es exigido por la población actual, que es medida aproximadamente al multiplicar el número de viviendas por un promedio de 6 personas por vivienda (*Anexo 12*).

Según los resultados tres sistemas no cumplen con la demanda actual de agua de la población. Estos son: Cerro Grande (inferior en 13,4 litros por segundo), CSC (inferior en 0,5 litros por segundo) y La Esperanza (inferior en 2,1 litros por segundo). Resultando que los sistemas satisfacen la demanda aún y cuando tienen problemas en la captación del agua.

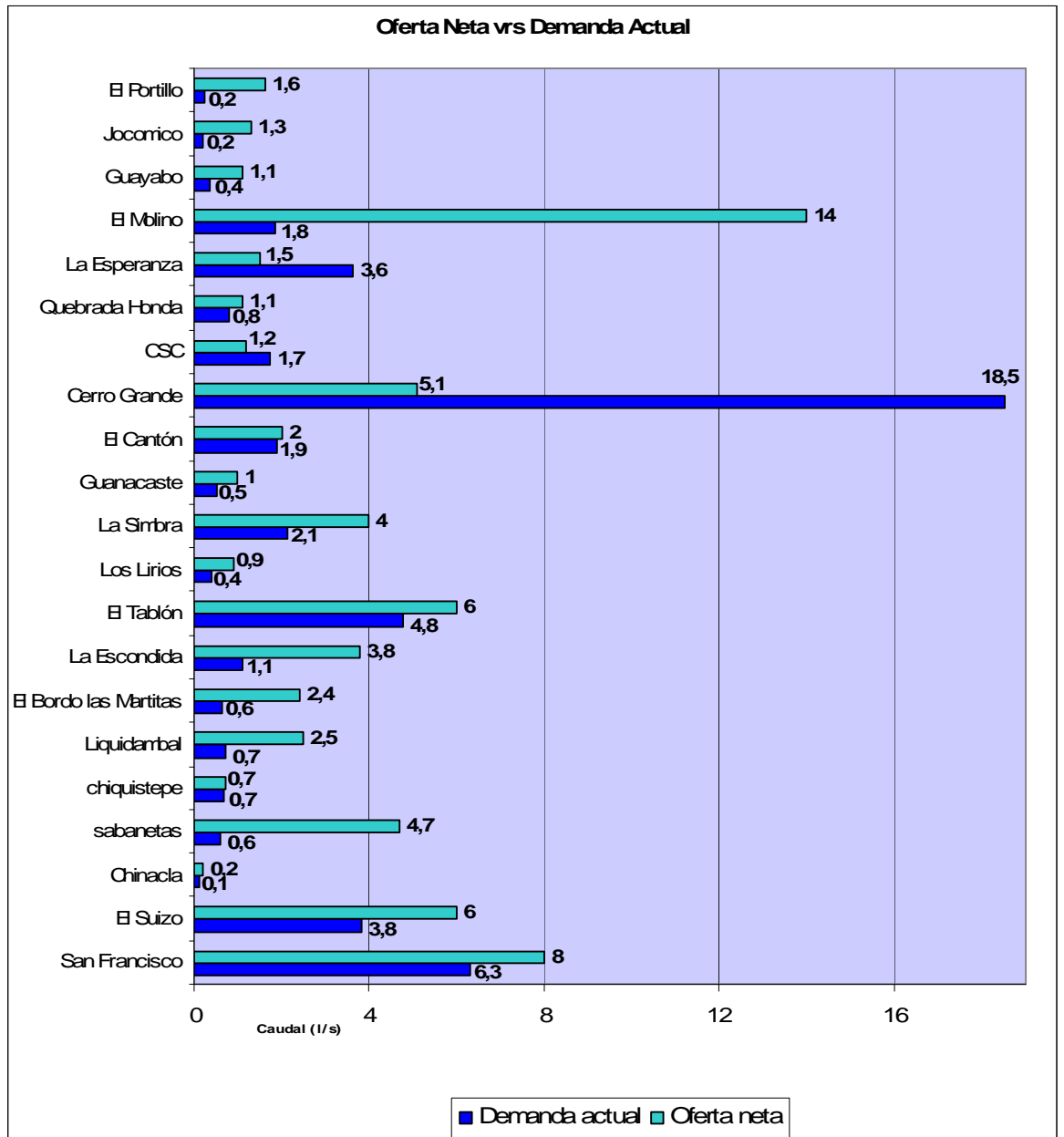


Figura 10. Comparación de la oferta neta vs la demanda actual.

4.3.1.5 Oferta total vrs demanda futura

Al igual que en caso anterior, la oferta total se determinó al medir los caudales de las fuentes destinadas para consumo humano, pero en este caso se compara con la demanda futura (*Anexo 13*), la que se obtiene al hacer uso del método aritmético. Dicho método hace uso de la tasa de crecimiento poblacional del municipio, el periodo de tiempo en el cual se desea conocer la cantidad de habitantes y el dato de población actual. Logrando de esta manera calcular la población futura, de la cual determinamos su demanda de consumo de agua. Es de esta manera que podemos hacer una comparación entre caudales y concluir si habrá satisfacción en el recurso o déficit para los beneficiarios. Y para finalmente lograr tener una tendencia de la demanda futura esta se proyectará en tres periodos de tiempo, calculada dentro de 5 años (*Figura 11*), luego en 10 años (*Figura 12*) y 20 años (*Figura 13*).

En cinco años, como se puede apreciar en la *Figura 11*, si las condiciones de los acueductos continúan igual y no se hacen mejoras, cuatro de los 22 sistemas evaluados presentarán deficiencia en el suministro de agua para sus usuarios, en cuanto a su oferta total; estos son: Chiquistepe, Cerro Grande, Chaguitio y La Esperanza (*Anexo 14*).

En diez años, *Figura 12*, de persistir el manejo y administración actual de los acueductos, los mismos cuatro sistemas antes mencionados serán deficientes en cuanto al cumplimiento de la demanda con su oferta total (*Anexo 15*).

Y finalmente en la proyección a 20 años (*Anexo 16*), y persistiendo las actuales condiciones en los acueductos, resultarán cinco sistemas deficientes en relación a la oferta total: los cuatro anteriores más el de Quebrada Honda (*Figura 13*).

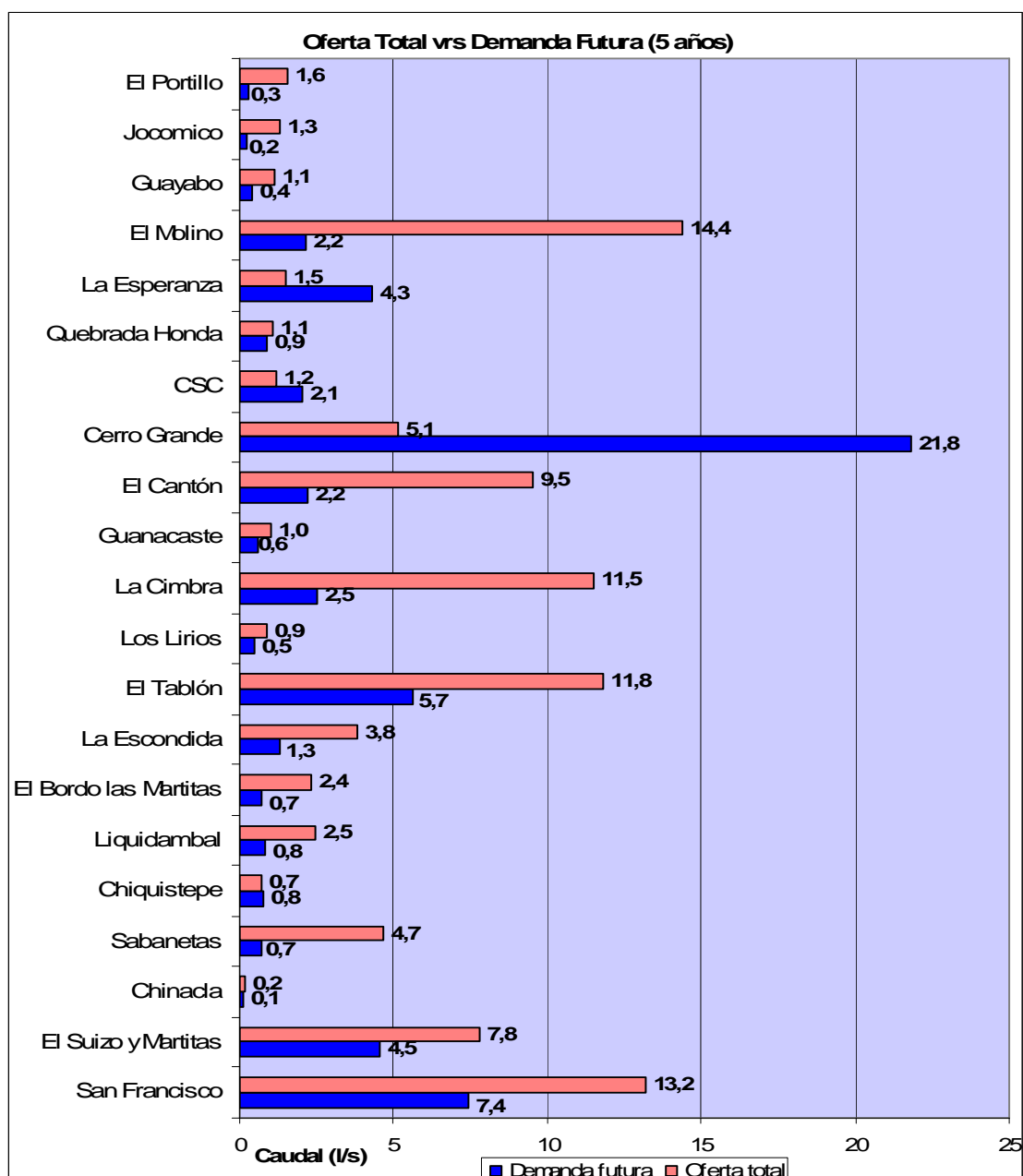


Figura 11. Comparación de la oferta total vs demanda futura a 5 años.

Los sistemas deficientes presentan caudales más bajos con respecto a la demanda; el acueducto de Chiquistepe es menor en 0,07 litros por segundo; Cerro Grande en 16,75 litros por segundo; CSC (Chaguitio, Sauce y Cañadas) en 0,86 litros por segundo y finalmente La Esperanza es inferior en 2,8 litros por segundo.

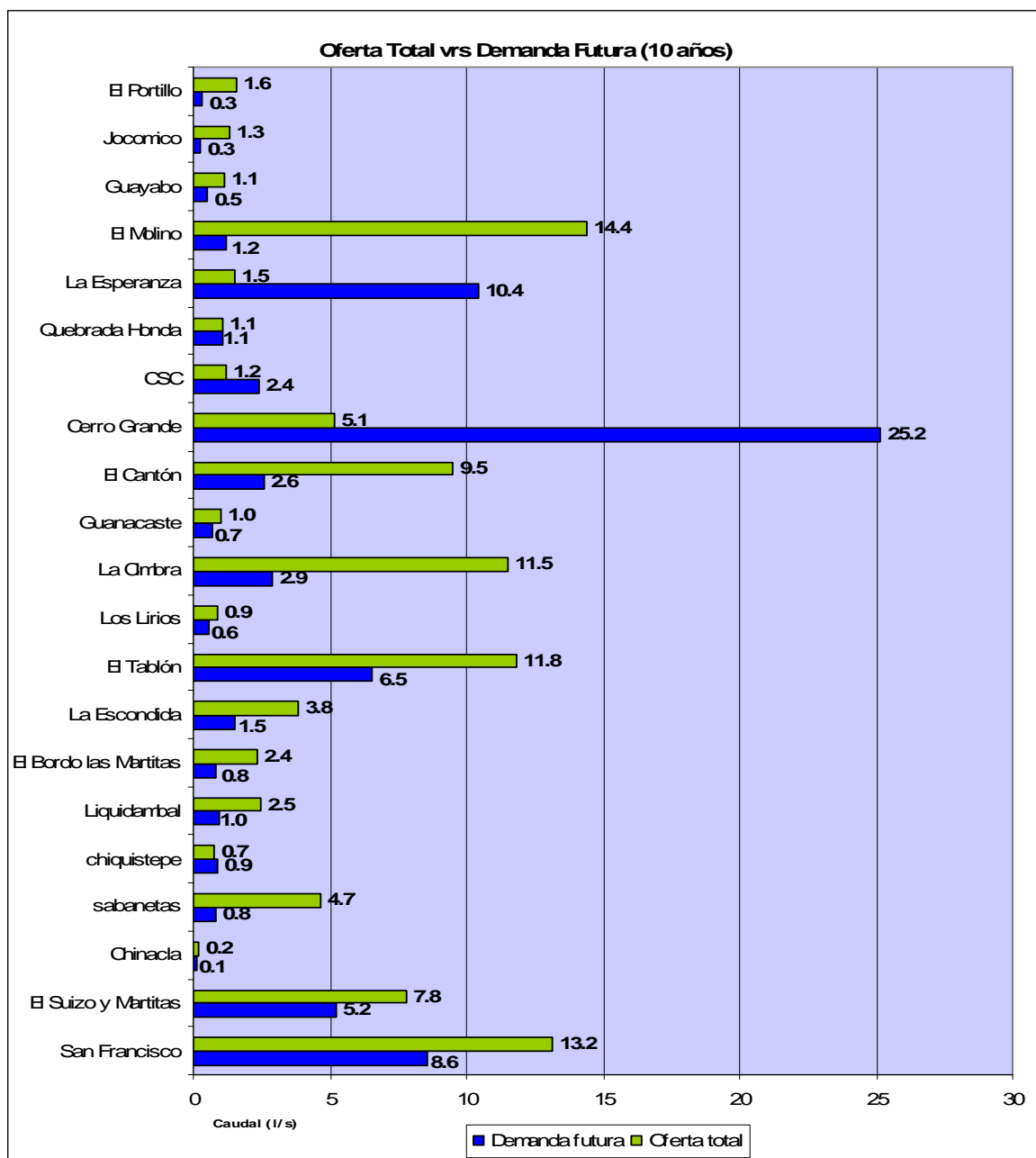


Figura 12. Comparación de la oferta total vrs demanda futura a 10 años

La relación de oferta total con respecto a la demanda futura en cinco años presenta valores diferentes para los sistemas que presentan déficit. En el acueducto de Chiquistepe el caudal no cumple la demanda en 0,19 litros por segundo; en el de Cerro Grande 16,7 litros por segundo; en el de CSC por 1,18 litros por segundo y en el de La Esperanza por 8,94 litros por segundo.

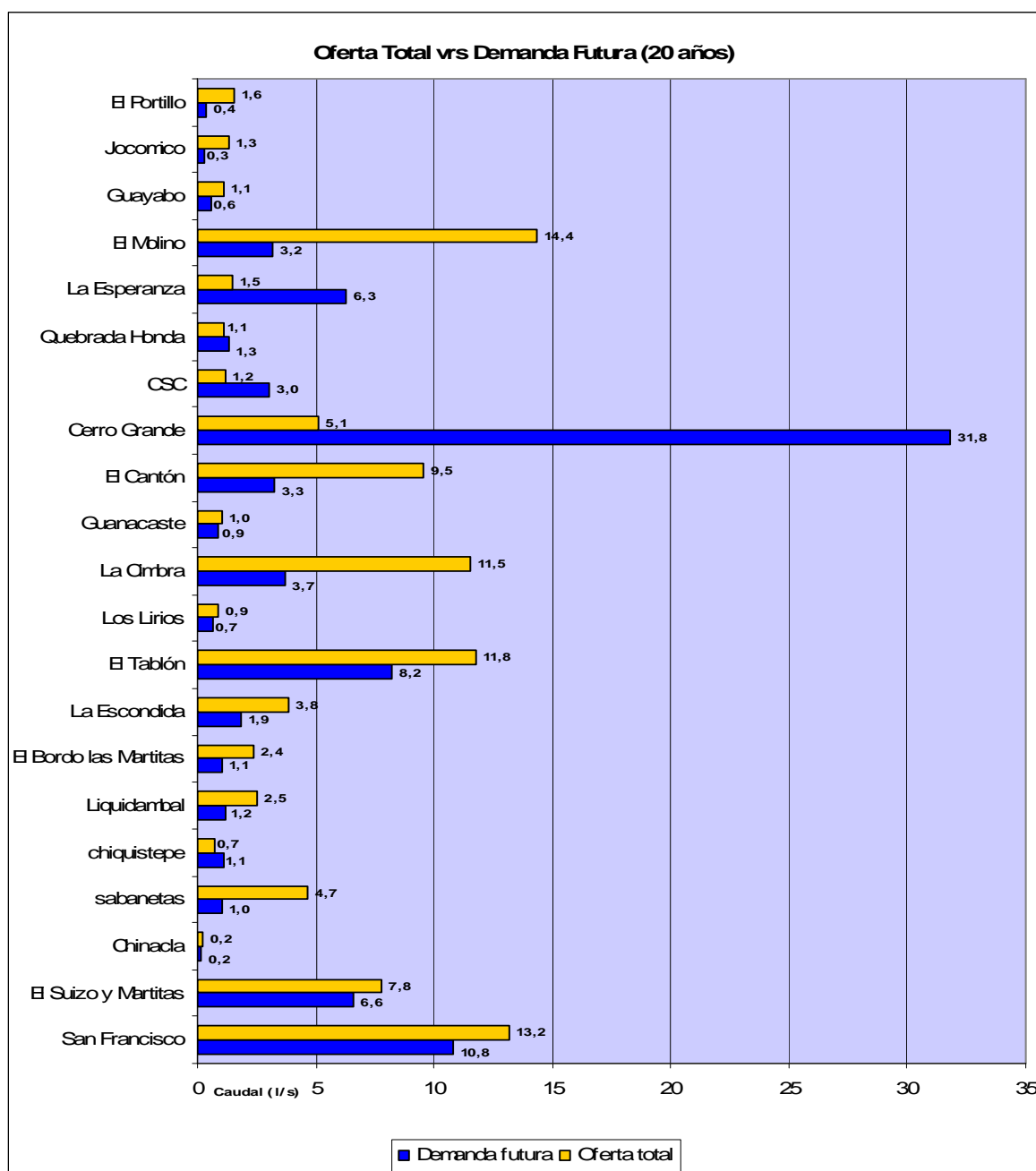


Figura 13. Comparación de la oferta total vs demanda futura a 20 años.

Los resultados indican que la disponibilidad de agua que actualmente se tiene no va a satisfacer la demanda de cinco sistemas; estos son: Cerro Grande (inferior en 26 litros por segundo), CSC (inferior en 1,8 litros por segundo), La Esperanza (inferior en 5,2 litros por segundo) y .Chiquistepe, Quebrada honda (inferior en 0,4 litros por segundo cada una).

4.3.1.6 Oferta neta vrs demanda futura

En estas condiciones se compara la oferta real o neta que se está consumiendo con la cantidad de agua demanda por la población futura. Esta demanda de agua se calcula determinando primeramente la población futura, la que se encuentra al utilizar el método aritmético para proyectar el crecimiento poblacional en cierto periodo de tiempo. Una vez hallado este dato, se calcula la demanda de agua que necesitará esta población, a través de la fórmula de caudal según la población. Se logra observar aproximadamente que sistemas serán deficientes conforme pase el tiempo y no se hagan mejoras a estos (*Figura 14*). Al igual que en el caso anterior, se calculará la demanda en tres periodos de tiempo, en 5, 10 y 20 años.

La proyección de la oferta neta en cinco años (*Figura 15*), indica que si las condiciones de los acueductos continúan igual y no se hacen mejoras, cinco de los 22 sistemas evaluados presentarán deficiencia en el suministro de agua para sus usuarios; estos son: Chiquistepe, Cerro Grande, Chaguitio y La Esperanza y el Cantón.

En diez años, (*Figura 16*) de permanecer el manejo y administración actual de los acueductos, serán siete sistemas deficientes en cuanto al cumplimiento de la demanda con respecto a la oferta neta; estos son: Chiquistepe, Cerro Grande, CSC, La Esperanza San Francisco, el Tablón y el Cantón.

Finalmente, en la proyección a 20 años, y persistiendo las actuales condiciones de captación en los acueductos; resultarán nueve sistemas deficientes: Chiquistepe, Cerro Grande, CSC, La Esperanza, Quebrada Honda, San Francisco, el Suizo, el Tablón, el Cantón (*Figura 16*).

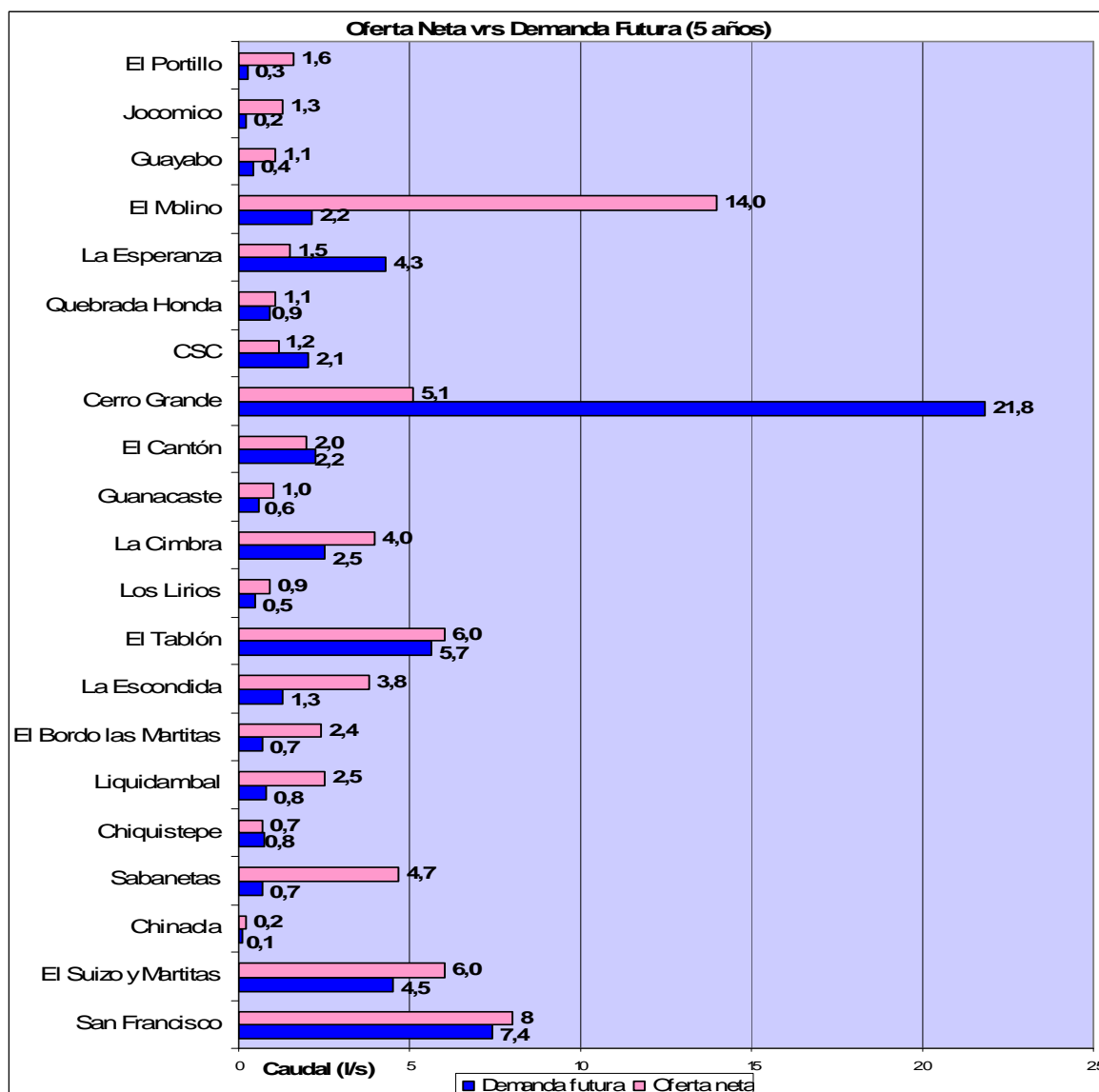


Figura 14. Comparación de la oferta neta vs demanda futura a 5 años

En cuanto a la deficiencia en el suministro con la oferta neta, los sistemas inferiores que no cumplen son: Chiquistepe es menor en 0,07 litros por segundo; Cerro Grande en 16,75 litros por segundo; CSC en 0,86 litros por segundo, La Esperanza es inferior en 2,8 litros por segundo y finalmente el Cantón en 0,24 litros por segundo (Anexo 17).

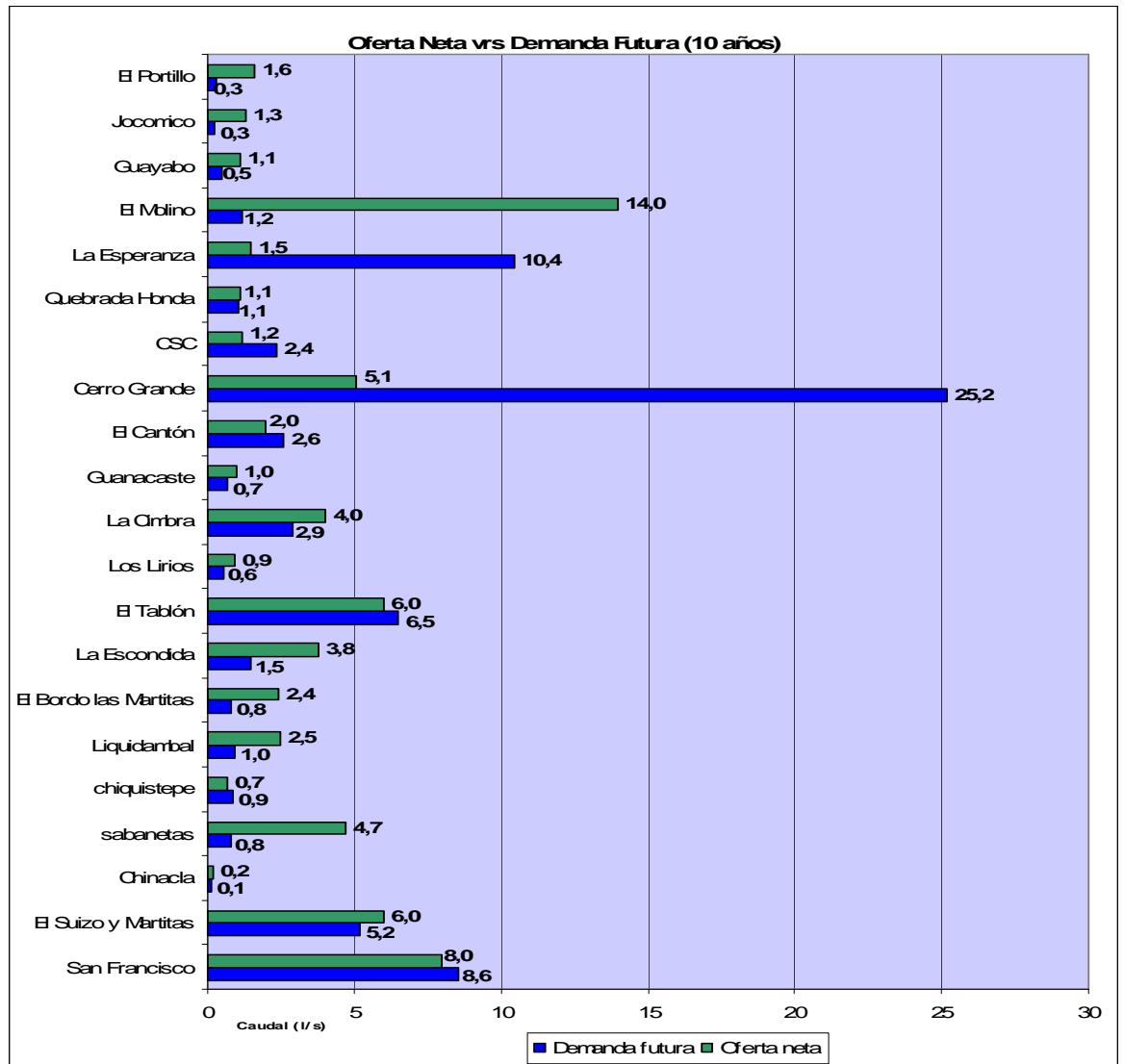


Figura 15. Comparación de la oferta neta vs demanda futura a 10 años

La relación de oferta neta con respecto a la demanda futura en cinco años se presenta en valores diferentes para los sistemas que presentan déficit. En el acueducto de Chiquistepe el caudal no cumple la demanda en 0,19 litros por segundo; en el de Cerro Grande en 16,7 litros por segundo; en el de CSC en 1,18 litros por segundo, en el de La Esperanza por 8,94 litros por segundo, luego en el de El Cantón en 0,58 litros por segundo, en el Tablón en 0,51 litros por segundo y en el de San Francisco en 0,56 litros por segundo (Anexo 18).

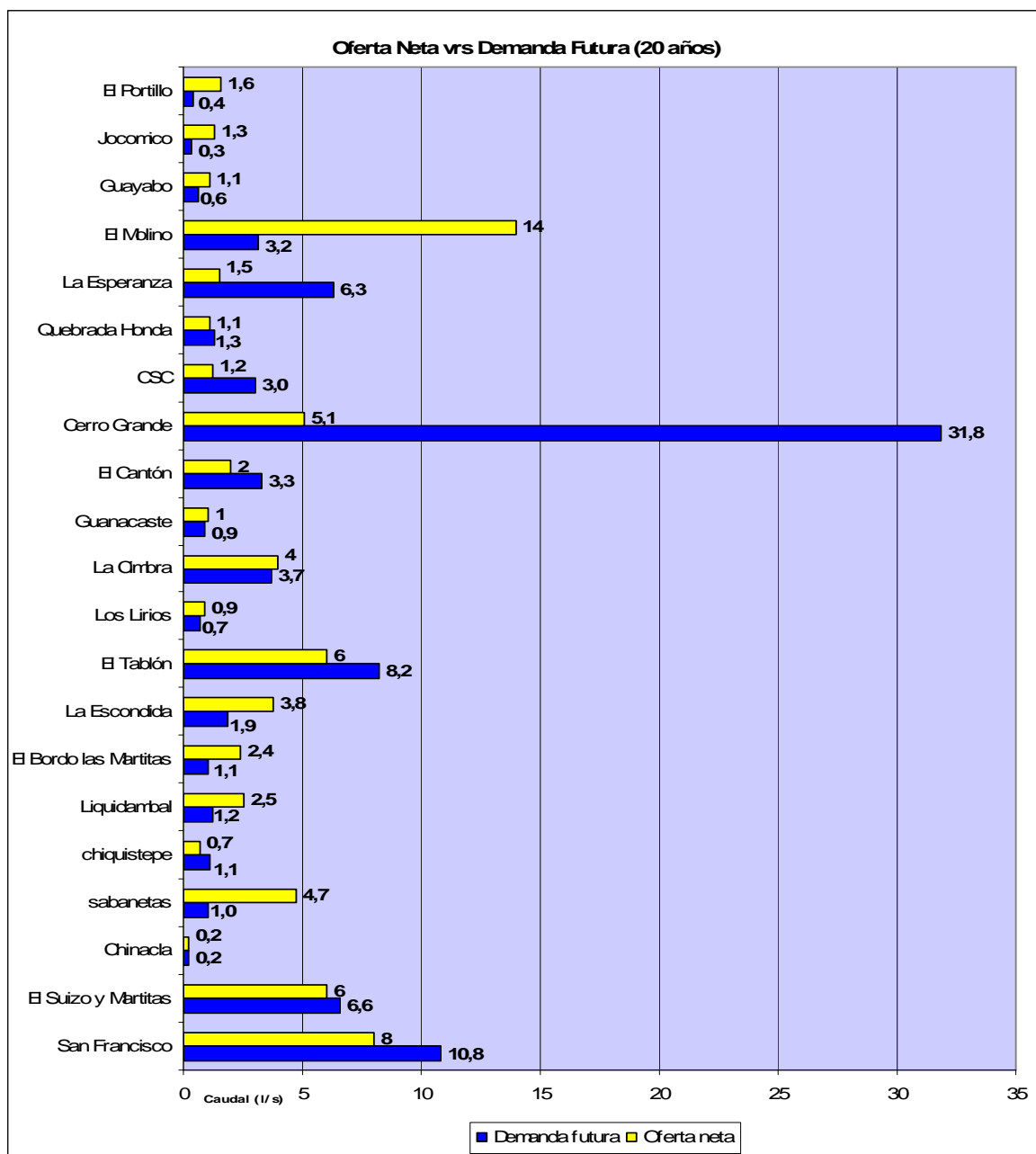


Figura 16. Comparación de la oferta neta vrs demanda futura a 20 años

Finalmente resultó que la demanda futura no será satisfecha en nueve de los sistemas por el caudal neto con que se cuenta. Dichos sistemas son: San Francisco (inferior en 2,82 litros por segundo), El Suizo-Martitas (inferior en 0,6 litros por segundo), Chiquistepe (inferior en 0,43 litros por segundo), El Tablón (inferior en 2,24 litros por

segundo), Cerro Grande (inferior en 26,75 litros por segundo), CSC (inferior en 1,81 litros por segundo), Quebrada Honda (inferior 0,23 litros por segundo) el Cantón (inferior en 1,26 litros por segundo) y La Esperanza (inferior en 5,2 litros por segundo) (*Anexo 19*).

Se observa con preocupación que los sistemas de San Francisco El Suizo-Martitas, Cerro Grande, CSC, La Esperanza, Chiquistepe, Cantón, Tablón y Quebrada Honda tienen déficit de recurso porque la fuente de agua no les abastece su demanda y la captación-almacenaje no es buena. Dicha situación nos ponen en evidencia la necesidad de las acciones encaminadas a conservar la cantidad de las fuentes, evitando que éstas disminuyan, y aquellas en beneficio de un aumento de caudal que complemente la demanda y la misma pueda ser satisfecha a cabalidad.

5. CONCLUSIONES

- ❖ La cantidad de agua que es captada por los acueductos urbanos y rurales, resultó en algunos casos inferior al volumen que posee la o las fuentes que los abastecen, resultando pérdidas de caudal por problemas de captación o en la línea de conducción, cuya implicación es finalmente una oferta menor a la real.
- ❖ El papel que desempeña el Parque Nacional la Tigra, como zona productora de agua para el área de cobertura de la cuenca, es fundamental para garantizar el recurso en cantidad y calidad a doce acueductos de este municipio; brindando el 65% del agua que se consume, por lo que resulta fundamental contribuir con las acciones de conservación y protección del parque, en su área de amortiguamiento, y más aún en el área núcleo.
- ❖ La cobertura vegetal compuesta por un bosque de coníferas, latifoliado o mixto; y sus condiciones particulares, influyen directamente en la calidad del agua que se infiltra y llega a los cauces de quebradas y ríos. Dicha influencia se evidencia principalmente en parámetros como el bajo pH de las aguas, alta cantidad de coliformes totales presentes, así como valores altos de DBO y DQO, que indican la fuerte cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas en el agua.
- ❖ La calidad del agua a nivel fisicoquímico presentó valores aceptables, con excepción del pH que de forma global es en promedio de 6,14 (ácido), presentando un valor mínimo de 3,91 y un máximo de 8,12 (*Anexo 20*). Al nivel bacteriológico, el parámetro que resultó inaceptable fue el de coliformes totales que en promedio global fue de 227 UFC/100 ml, cuando lo recomendable es 0 UFC/ 100 ml, lo que implica la necesidad de tratamiento previo al consumo.

- ❖ Construir los acueductos de acuerdo a criterios técnicos es una forma de garantizar la funcionalidad y vida útil del mismo, respondiendo de esta forma al cumplimiento de la demanda actual y futura, incluyendo además, las mejoras y mantenimiento a los mismos, en dependencia de la población demandante y el crecimiento de la misma.
- ❖ Lo interesante en un proceso de evaluación de sistemas de abastecimiento de agua, además del análisis de los resultados encontrados, es, dar seguimiento a tal proceso, ya que el monitoreo, con su respectivo seguimiento, da más variables de comparación y herramientas para la solución de problemas.
- ❖ La participación de la comunidad, a través de sus grupos organizados, permiten la realización de acciones para la conservación de los recursos naturales, pues son ellos quienes conocen el impacto directo o indirecto de sus actividades sobre la calidad del agua.
- ❖ La cantidad de agua en los diferentes sectores del municipio sufre en su mayoría la demanda actual de la población, pero de continuar con las actuales acciones de manejo de los acueductos, dicha cantidad no podrá suplir la demanda futura de muchos de ellos.
- ❖ En todos los acueductos se deja el caudal ecológico promedio de 0,25 l/s; volumen importante de agua, ya que garantiza la sostenibilidad de los ecosistemas que dependen de él, y porque debe existir un balance entre el bienestar humano y el resto de seres vivos.
- ❖ Factores naturales y antropogénicos influyen en la calidad del agua; los factores naturales son principalmente la cobertura vegetal, la precipitación y el tipo de suelo, y las condiciones antropogénicas más impactantes son el uso del suelo y el sistema de manejo del mismo.

- ❖ De forma general, los acueductos no presentan condiciones de vulnerabilidad a desastres naturales, salvo en eventos extremos, pero en el caso de la zona de la fuente conocida como El Suizo, se debe hacer una investigación minuciosa ya que presenta problemas de deslizamientos.

- ❖ El análisis global de los parámetros de calidad y cantidad señalan condiciones muy favorables al nivel del municipio, pero no indican los problemas particulares de algunos sistemas, que deben tratarse ahora para evitar dificultades en el futuro.

- ❖ El registro de cambios, evolución y disminución del volumen de agua en distintas épocas del año, proporciona a escala local lineamientos para el manejo y atención de problemas actuales o futuros, brindando parámetros de control y constituyendo un historial para la comprensión en los cambios que sucedan.

6. RECOMENDACIONES

- ❖ En la mayoría de los casos el agua de las fuentes cumple con los requerimientos de la norma técnica de calidad de agua para consumo humano en Honduras, pero resulta necesario un tratamiento convencional preventivo para potabilizarla.
- ❖ La variabilidad climática, el periodo de lluvias, las condiciones de suelo y cobertura vegetal definen la cantidad y calidad de agua en las fuentes de agua (*Anexo 21*); sean estas superficiales, subsuperficiales o subterráneas, un motivo por el cual el monitoreo de las fuentes en diversos periodos del año es más representativo.
- ❖ Convendría seguir la administración de los acueductos por parte de las comunidades, a través de las juntas administradoras de agua, debido a que éstas poseen estatutos y reglamentos que orientan sus acciones y procuran el adecuado manejo y funcionamiento del mismo, garantizando la participación de los pobladores.
- ❖ La desinfección del agua en la mayoría de los sistemas de abastecimiento de agua del municipio es básico. Si bien es cierto, que en forma general la calidad del agua es muy buena, es importante el tratamiento convencional del agua destinada para consumo humano en los acueductos por razones de prevención de enfermedades a corto o mediano plazo.
- ❖ El monitoreo mostró un primer diagnóstico del estado actual de calidad de agua para el municipio. Pero se debe considerar el seguimiento del mismo, incorporando más parámetros en dicha evaluación. Es decir se requiere un estudio más profundo, al analizar la presencia de metales pesados, como arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, plomo, antimonio y selenio.

- ❖ Conviene realizar un mayor número de muestreo de parámetros microbiológicos para el control y monitoreo de la calidad del agua, debido a que el análisis de tales parámetros representan un menor costo para la comunidad y permite dar un tratamiento preventivo y no curativo.
- ❖ Se debe tomar la mayor parte del caudal, dejando únicamente el caudal necesario para que el ecosistema sobreviva, y poner mayor atención a la tecnología de captación y distribución, buscando sistemas más eficientes, sin desperdicios.
- ❖ Se debería realizar la inspección sanitaria de todas las condiciones y dispositivos del sistema de distribución de agua, principalmente de las partes relacionadas con la protección del agua, ya que brinda un registro exhaustivo y preciso de los componentes de los pequeños sistemas de abastecimiento de agua.
- ❖ Se debería dar limpieza a las obras de captación y almacenamiento al menos una vez al mes; ya que esto evita obstrucciones de la tubería y reduce la cantidad de sólidos sedimentados.
- ❖ Hacer uso de válvulas de aire para el control de presiones, y principalmente evitar el uso de sistemas convencionales que aumentan la pérdida de agua y dañan las tuberías.

7. LITERATURA CITADA

Arocha, S. 1980. Abastecimiento de agua. Teoría y diseño. Vega. Caracas, Venezuela. Vega, S.R.L. 284 p.

Azpurua, P; Gabaldon, A. 1976. Recursos hidráulicos y desarrollo. O'Donell. Madrid, España. Tecnos, S.A. 444 p.

CADE-IDEPE (Consultores e Ingeniería).2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del Río Bío Bío. Ministerio de obras públicas, Dirección general de aguas. CL. (En línea) Consultado el 11 de nov. 2005. Disponible en http://www.conama.cl/portal/1255/articles-31018_BioBio.pdf

Calidad e índices: Parámetros y su relación. 2005. Córdoba, ES. (En línea) Consultado el 10 de nov. 2005. Disponible en http://www.cordoba.gov.ar/cordobaciudad/principal2/default.asp?ir=35_6_2

Cardona, AJ. 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.

Cavelier, J; Vargas, G. 2002. Procesos hidrológicos. *In* Guariguata, MR; Kattan, GH. comps. Ecología y conservación de bosques neotropicales. 1ª. ed. Cartago, CR. Ediciones LUR. p. 145-165.

CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). s.f. Control y vigilancia de de la calidad del agua de consumo humano. Vargas *et ál.* (En línea). Consultado el 19 de nov. 2006. Disponible en http://www.crid.or.cr/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14581/doc14581.pdf

- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2003. Proyecto e mitigación de desastres naturales PMDN. Análisis de vulnerabilidad, planificación preventiva y plan de capacitación a nivel municipal. Municipio de Valle de Ángeles, Francisco Morazán. Tegucigalpa, HN C.A. 2003. Compendio digital municipal. (1 disco).
- Clark, DB. 2002. Los factores edáficos y la distribución de las plantas. *In* Guariguata, MR; Kattan, GH. comps. Ecología y conservación de bosques neotropicales. 1ª. ed. Cartago, CR. Ediciones LUR. p. 193-221.
- Cinvestav (Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional). 2002. Álvarez *et ál.* Avance y perspectiva: Sistemas de tratamiento de aguas residuales por aplicación al suelo. México, D.F. MX. 21: 333-340. (En Línea). Consultado el 17 de nov. 2006. Disponible en <http://www.cinvestav.mx/publicaciones/avayper/sepoct02/DIOSELINA.PDF>
- Córdoba, A; Ramakrishna, B; Gómez, D. 2004. Calidad del agua y su relación con los usos actuales en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua. *Recursos Naturales y Ambiente* 43: 104- 109.
- DCVA (Departamento de catastro Valle de Ángeles, HN). 2004. Comunidades de Valle de Ángeles. Valle de Ángeles, HN. 1p.
- Dimas, A. 2002. Capital hídrico y usos del agua Honduras. Honduras. 8 p. (En línea) Consultado el 3 de set. 2005. Disponible en: http://www.iai.int/SI/Files/SI01/CD_Material/Presentaciones/Primera%20Semana/Lunes/Max%20Campos/DialogoCentroamericano/Estudios/CapitalHidricoCA/CapitalHidricoHonduras.DOC

- DOH (Washington State Department of Health). 2004. Nitrate in drinking water. Washington, US. (En Línea). Consultado el 16 de nov. 2006. Disponible en http://www.doh.wa.gov/ehp/dw/Publications/331-214_spanish_10-31-06.pdf
- Eccentrix. 2004. Hidrogeología: Una introducción a la ciencia de las aguas subterráneas. (En línea) Consultado el 20 de nov. 2005. Disponible en <http://www.eccentrix.com/members/hydrogeologie/archhtmlsp/09000es.htm>
- Echarri, L. 1998. Ciencias de la tierra y el medio ambiente. Libro electrónico. Ed. Teide. ES. (En línea) Consultado el 10 nov. 2005. Disponible en <http://www.esi.unav.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGral.html>
- EPA (Environmental Protection Agency). Ground water and drinking water: National primary drinking water regulations. (En línea). Consultado el 16 de nov. 2006. Disponible en <http://www.epa.gov/ogwdw000/mcl.html#primary>
- Fair y Geyer. 2001. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. México, D.F. MX. Ed. Limusa. 764 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1997. Ongley, E.D. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio FAO riego y drenaje -55. Cap.1. (En línea). Consultado el 16 de nov. 2006. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s00.htm#Contents>
- FOCUENCAS II. 2005. Plan de cogestión microcuenca la Soledad. Comité de cuencas Valle de Ángeles, HN. 77 p.
- Fuentes, JL. 2002. Curso de riego para regantes. 2ª ed. Madrid, ES. Mundi-Prensa. 159 P.

- García, L. 1999. Medida y evaluación de las extracciones de agua subterránea. *In* Ballester *et al.* Eds. Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario disponible en el mercado. ITGE. ES. p. 21-42. (En línea). Consultado el 29 de oct. 2006. Disponible en <http://aguas.igme.es/igme/publica/pdfart2/teoria.pdf>
- Goldstein, G; Meinzer, FC; Andrade, JL. 2002. El flujo del agua en los árboles del dosel: mecanismos y patrones. *In* Guariguata, MR; Kattan, GH. comps. Ecología y conservación de bosques neotropicales. 1ª. ed. Cartago, CR. Ediciones LUR. p. 251-270.
- Guillén, R; Faustino, J; Velásquez, S; Solís, H. 2004. Modelación de uso de la tierra para orientar el ordenamiento territorial en la subcuenca del Río Copán, Honduras. *Recursos Naturales y Ambiente* 41: 11-22.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2001. XVI Censo de población y V de vivienda. Municipio de Valle de Angeles. Tegucigalpa, HN. Tomo 169. 12 p.
- King, H; Wisler, C; Woodburn, J. 1982. Hidráulica. México D.F. MX. Editorial Trillas. 478 p.
- Lenntech. 2006. FAQ de la contaminación del agua. Purificación del aire y tratamiento del agua. NL. (En línea). Consultado el 16 de nov. 2006. Disponible en <http://www.lenntech.com/espanol/FAQ-contaminacion-agua.html>
- Lloyd , B. 1982. Water quality surveinllance. *Waterlines* 1. UK. 2:19-23.
- Motagnini, F; Jordan, CF. 2002. Reciclaje de nutrientes. *In* Guariguata, MR; Kattan, GH. comps. Ecología y conservación de bosques neotropicales. 1ª. ed. Cartago, CR. Ediciones LUR. p. 167-191.

- NSF (Compañía de seguridad sanitaria). 2006. Índice de la calidad del agua. Consultado 17 de abr. 2006. Disponible en: http://www.nsf.org/consumer/just_for_kids/wqi.asp#calculating
- López, R. 2000. Diseño de acueductos y alcantarillados. 2ª ed. Editorial Escuela colombiana de ingeniería. Bogotá, CO. 388 p.
- OMS (Organización Mundial de la Salud).1993. Guidelines for drinking water quality: Recommendations. 2ed. Geneva, SE 1. 188 p. (En línea). Consultado el 19 de nov. 2006. Disponible en http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol1i.pdf
- _____. 2001. Manual para mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable. 2ª ed. San José, Costa Rica. 89 p. (Serie Mitigación de Desastres).
- _____. 2002. Guía para elaborar normas de calidad del agua de bebida en los países en desarrollo. Solsona, F. Lima, PE. 70 p. (En línea). Consultado el 20 de nov. 2006. Disponible en http://www.crid.or.cr/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14576/doc14576.pdf
- _____. 2004. Regulación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud: Hechos y cifras. (En línea). Consultado el 30 de set. 2006. Disponible en http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/print.html
- _____. 2004. Guidelines for drinking water quality. 3rd ed. Geneva, CH. 1. 515 p.
- Padilla G. Edgardo. 2003. Estado de la diversidad biológica de árboles y bosques de Honduras. Documentos de Trabajo: Recursos genéticos forestales. FGR/51S Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. (Inédito).

Pelayo, A. 2003. Estado de los recursos hídricos, El salvador. Hidrored, ES. Consultado el 25 de nov. 2005. Disponible en <http://tierra.rediris.es/hidrored/basededatos/estarelsalva.html>

PNUD/OMS. (Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo). 1989. Project on control of drinking-water quality in rural areas. Report of a review meeting at the WHO collaborating centre for the protection for drinking-water quality and human health. Robens institute, Guildford, UK. 210 p.

PRRAC (Programa Regional de Reconstrucción para América Central). 2005. Manual de Operación y Mantenimiento de Acueductos Rurales. Tegucigalpa, HN. 51p.

Rivera, L; Solís, H; Jiménez, F; Faustino, J. 2004. Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Recursos Naturales y Ambiente 43: 125- 131.

Rogers, R; O'Conner, E. 1990. Mapa de Geología del Cuadrángulo de Tegucigalpa, Francisco Morazán. Segunda ed Instituto Geográfico Nacional de la Secretaria de Comunicaciones, Obras Públicas y Transporte. 2ª ed. Tegucigalpa, HN. Escala 1:50,000. Color.

SANAA (Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados). 2003. Normas de Diseño para Acueductos Rurales V.1.0. Tegucigalpa, HN. 83 p.

Sánchez, FJ. 2004. Hidráulica Subterránea: Principios Básicos. Universidad de Salamanca, ES. 5p. (En línea) Consultado el 20 de nov. 2005. Disponible en <http://web.usal.es/~javisan/hidro/temas/T090.pdf>

_____. b. 2004. El ciclo hidrológico. Universidad de Salamanca, ES. 9p. (En línea) Consultado el 20 de nov. 2005. Disponible en <http://web.usal.es/~javisan/hidro/temas/T020.pdf>

- _____ a. 2005. Evapotranspiración: Concepto de Evapotranspiración, utilidad unidades. Universidad de Salamanca, ES. 7p. (En línea) Consultado el 20 de nov. 2005. Disponible en <http://web.usal.es/~javisan/hidro/temas/T040.pdf>
- _____ b. 2005. Conceptos Fundamentales de Hidrogeología: Clasificación de las formaciones geológicas según su comportamiento hidrogeológico. Universidad de Salamanca. 8p. (En línea) Consultado el 20 de nov 2005. Disponible en <http://web.usal.es/~javisan/hidro/temas/T075.pdf>
- Sandoval R. 1993. Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad. Care Internacional de Honduras. 156 p.
- SEMERN (Secretaria de Estados de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2001. Norma ambiental sobre calidad de agua y control de descargas. Santo Domingo, DO. 49 p.
- Silva, G. 2004. Estudios Hidrológicos en proyectos de Ingeniería. Bogotá, CO. (En línea) Consultado el 20 nov del 2005. Disponible en <http://www.geocities.com/gsilvam/estudios.html>
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2004. Evaluación de la contaminación del Río Acelhuate a través de la aplicación de un índice de calidad general durante el año 2003. Ministerio de medio ambiente y recursos naturales. Servicio hidrológico nacional, SV. 8p. (En línea) Consultado el 11 de nov. 2005. Disponible en <http://www.snet.gob.sv/Documentos/ICA-2003.pdf>
- _____. 2005. Evaluación de la calidad del agua del Río Acelhuate. Ministerio de medio ambiente y Recursos naturales .San Salvador, SV. 7p. (En Línea). Consultado el 11 de nov. 2005. Disponible en <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/DescontaminacionAcelhuate2005.pdf>

- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2006. CCH. Lomeli *et ál.* Contaminación por materia orgánica y microorganismos. (En línea). Consultado el 16 de nov. 2006. Disponible en http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/16agua.html
- Vallejo, M; Reyes, K. 2003. Proyecto sistema de abastecimiento de agua potable. Universidad José Cecilio del Valle. Tegucigalpa, HN. 40 p.
- Vega, DN. 2001. Caracterización hidrogeológica en la cuenca de los ríos Tapia y Tocumen, Panamá. Tesis Mag.Sc. San José, CR, Universidad de Costa Rica. 158 p.
- Villena, E. 2005. Plan de manejo y desarrollo Parque Nacional la Tigra. AMITIGRA (Fundación Amigos de la Tigra). Tegucigalpa, HN. 167 p.
- Villón, M. 1995. Hidráulica de canales. 1ª ed. Cartago, CR. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 487p.
- _____. 2004. Hidrología. 1ª ed. Cartago, CR. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 474p.
- Wadsworth, FH. 2000. Producción forestal para América tropical: La América tropical, una región forestal. C1. p 1-31. (En línea) Consultado el 11 de oct. 2006. Disponible en http://www.fs.fed.us/research/publications/_producci%3n_forestal_para_am%e9rica_tropical/cap.1.pdf

8. ANEXOS

Anexo 1. Normas de calidad de agua.

Parámetros Bacteriológicos.

<i>Origen</i>	<i>Parámetro (b)</i>	<i>Valor Recomendado</i>	<i>Valor Máximo Admisible</i>	<i>Observaciones</i>
Agua no trata que entra en el sistema de distribución.	Coliformes totales	0	3	En una muestra ocasional pero no en muestras consecutivas.
	Coliformes fecales	0	0	

Acuerdo No. 84

- (a) MP/100 ml, en caso de análisis por tubos múltiples o UFC (Unidades formadoras de colonias)/100 ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la Echerichia Coli. La bacteria coliforme total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de los acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.
- (b) En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al remuestreo y se investiga la presencia de coliformes fecales. Si el remuestreo da resultado negativo no se toma en consideración la muestra positiva, par la valoración de calidad anual. Si el muestreo da positivo se intensifican las actividades del programa de vigilancia sanitaria. Las muestras adicionales, recolectadas cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no se debe ser consideradas para la valoración anual de calidad.
- (c) En los sistemas donde se colectan menos de 20 muestras al año al porcentaje de negatividad debe ser > 90%.

Parámetros Organolépticos.

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor Recomendado</i>	<i>Valor máximo Admisible</i>
Color verdadero	Mg/l (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12°C 3 A 25°C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12°C 3 A 25°C

Parámetros Físicos y Químicos

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor Recomendado</i>	<i>Valor máximo Admisible</i>
Temperatura	°C	18 - 30	
Concentración iones Hidrógeno	Valor de pH	6.5 – 8.5 (a)	
Cloro residual	mg/l	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	Us/cm	400	
Dureza	mg/l Ca Co3	400	
Sulfatos	mg/l	25	250
Aluminio	mg/l	-	0.2
Calcio	mg/l Ca Co3	100	
Cobre	mg/l	1.0	2.0
Magnesio	mg/l Ca Co3	30	50
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l	-	10
Sólidos totales disueltos	mg/l	-	1000
Zinc	mg/l	-	3.0

(a) las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos.

(b) Cloro residual libre.

(c) 5 mg/l con base en evidencias científicas las cuales han demostrado que este valor “residual” no afecta la salud.

Parámetro para sustancias no deseadas.

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor Recomendado</i>	<i>Valor máximo Admisible</i>
Nitratos - NO3	mg/l	25	50
Nitratos – NO2	mg/l		0,1 o 3,0 (1)
Amonio	mg/l	0.05	0,5
Hierro	mg/l		0,3
Manganeso	mg/l	0.01	0,5
Fluoruro	mg/l		0.7 – 1,5 (2)
Sulfuro de Hidrógeno	mg/l		0,05

(1) Nitritos: Valor máximo admisible 0,1 ó 3,0

Si se escoge el valor de 3.0 debe relacionarse el nitrato y nitrito por la fórmula:

$$\frac{[NO_3]}{V.R.NO_3} + \frac{[NO_2]}{V.R.NO_2} < 1$$

Nota: V.R.= valor recomendado.

- (2) 1,5 mg/l T=18 – 12°C
0,7 mg/l T= 25 – 30°C

Parámetros para sustancias inorgánicas con significado para la salud.

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor máximo admisible</i>
Arsénico	mg/l	0,01
Cadmio	mg/l	0,003
Cianuro	mg/l	0,07
Cromo	mg/l	0,05
Mercurio	mg/l	0,001
Níquel	mg/l	0,02
Plomo	mg/l	0,01
Antimonio	mg/l	0,005
Selenio	mg/l	0,01

Anexo 2. Métodos de análisis de parámetros de calidad de agua.

Los métodos de análisis contenidos en esta norma corresponden a la 17^a, última edición traducida al español del Manual de análisis de aguas y aguas de descarga de desecho de la AWWA. Para los parámetros analizados se describen a continuación los métodos utilizados:

<i>Parámetros</i>	<i>Método</i>
Coliforme total	9221 Tubos múltiples de fermentación
	9222 Filtro membrana *
Coliforme fecal	9221 Tubos múltiples de fermentación
	9222 Filtro membrana *
Turbiedad	2130B Nefelométrico
Temperatura	2550B Método de laboratorio y de campo
Valor de pH	4500HB Electrométrico

Anexo 3. Cuencas abastecedoras de agua para consumo humano.

No.	Microcuenca	Abastece
01	El Suizo	La lomita
02	Las Martitas	El Zarzal
03	La San Francisco	El Edén, El Zarzal El Centro, Agua Dulce, Barrio Abajo, El Broquel, El Tablón Abajo, El Banco, La Quinta. El Cantón
04	La Chanchera arriba	Miravalle
05	La Chanchera abajo	El Cantón
06	Las Golondrinas	La Simbra
07	La Cartuchera	El Tablón
08	Matasanos	El Tablón
09	Los Jutes	La Escondida El Molino
10	Queb. Agua Amarilla	La Cañada El Retiro El Empalme Macuelizo Cerro Grande
11	Quebrada de Bellos	Sabanetas
12	Cerro El Hospital (Las Escaleras)	Jocomico
13	Buena Vista	Buena Vista La Esperanza El Carmelo La Leona
14	Chiquistepe verificar	Chiquistepe
15	La Pelona	Guanacaste
16	Las Manzanas	Quebrada Onda Chaguitio, Sauce, Cañadas
17	El Encinal	Los Lirios, Miravalle
18	Escobales 1	El portillo
19	Escobales 2	Liquidambal
20	Carrizal	Chaguitio, Sauce, Cañadas El Molino

Descripción de las obras de captación en la Cuenca del Río La Soledad

<i>N°</i>	<i>Código Acueducto</i>	<i>ID- Condición Área</i>	<i>Descripción</i>	<i>Tipo de fuente</i>	<i>Tipo de fuente(s) adicionales</i>	<i>Coordenadas X</i>	<i>Coordenadas Y</i>
1	BM	PP	Área protegida parcialmente	Permanente	-	495913	1567455
2	EC	PN	Área dentro de Parque Nacional	Permanente	Permanente	492503	1568078
3	CG	PN	Área dentro de Parque Nacional	Permanente	Permanente	491258	1566059
4	CSC	PN	Área dentro de Parque Nacional	Permanente	Permanentes	491179	1565505
5	CT	PGC	Área con pastoreo de ganado cercano	Permanente	-	497271	1567853
6	CH	P	Área protegida parcialmente	Permanente	-	496066	1568445
7	LES	PD	Área propensa a deforestación	Permanente	Permanente	493539	1565388
8	LEZ	PCC	Área con cultivos cercanos	Permanente	-	498533	1566202
9	GN	PFA	Área con presencia de fincas abandonadas	Permanente	-	502092	1560941
10	GY	P	Área protegida parcialmente	Permanente	-	500361	1564776
11	JO	PCC	Área con cultivos cercanos	Permanente	-	499913	1565089
12	LL	PD	Área propensa a deforestación	Permanente	Ambas	493508	1565967
13	LM	GPC	Área con grupo poblacional cercano	Permanente	-	496298	1567005
14	EM	GPC	Área con grupo poblacional cercano	Permanente	Permanentes	493842	1564643
15	QO	PN	Área dentro de Parque Nacional	Permanente	-	492101	1564887
16	EP	PN	Área dentro de Parque Nacional	Permanente	-	493355	1569514
17	SB	PFA	Área con presencia de fincas abandonadas	Permanente	-	498386	1569217
18	SF	PD	Área propensa a deforestación	Permanente	-	496807	1566493
19	LC	PN	Área dentro de Parque Nacional	Permanente	Permanente	493893	1566992*
20	ES	FCC	Área con finca de café cercana	Permanente	-	496616	1566549
21	ET	PD	Área propensa a deforestación	Permanente	Permanente	493424	1565387**
22	EL	PN	Área dentro de Parque Nacional	Permanente	Intermitente	493344	1568616

*Coordenadas segunda obra de captación= 493156 X y 1567934 Y.

**Coordenadas segunda obra de captación= 492841 X y 1565442 Y.

Anexo 4. Ubicación de obras de captación.

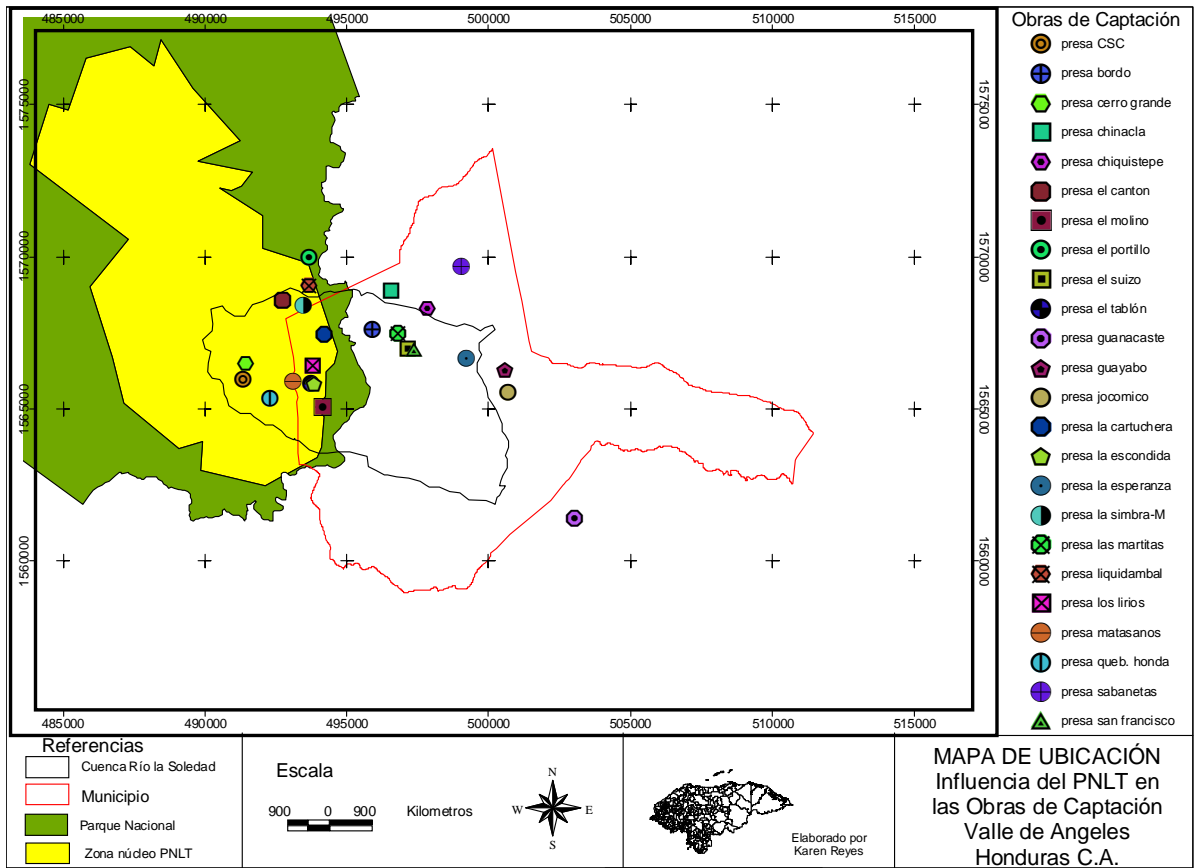
Anexo 5. Ubicación obras de almacenamiento.

Descripción de las obras de almacenamiento en la Cuenca del Río La Soledad					
<i>Número</i>	<i>Código Acueducto</i>	<i>Número de Tanques</i>	<i>Tipo de protección</i>	<i>Coordenadas X</i>	<i>Coordenadas Y</i>
1	BM	1	cercado	495911	1567419
2	EC	2	cercado	494988	1567554
3	CG	2	cercado	494982	1563068
4	CSC	6	cercado	494031	1563029
5	CT	1	ninguna	497690	1568873
6	CH	1	cercado	497350	1567608
7	LES	1	ninguna	493917	1564984
8	LEZ	1	ninguna	496684	1565044
9	GN	1	cercado	502366	1561857
10	GY	1	cercado	500361	1564776
11	JO	1	cercado	501377	1563047
12	LL	2	cercado	493943	1565584
13	LM	0	no aplica	-	-
14	EM	0	no aplica	-	-
15	QO	1	ninguna	491943	1562202
16	EP	1	ninguna	493335	1568606
17	SB	1	cercado	497399	1570600
18	SF	2	ninguna	496170	1566060
19	LC	2 (1 en desuso)	ninguna	494239	1566194
20	ES	0	no aplica	-	-
21	ET	1	cercado	493898	1564745
22	EL	1	ninguna	493762	1568782

Anexo 6. Ubicación geográfica de algunos componentes de 7 sistemas.

Descripción de componentes de los sistemas en la Cuenca del Río La Soledad					
<i>Número</i>	<i>Código Acueducto</i>	<i>Componente</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Coordenadas X</i>	<i>Coordenadas Y</i>
1	GN	Desarenador	1	1560961	502099
2	CSC	Caja colectora	2	1564585	492143
3	CSC	Caja colectora	-	1569782	491983
4	CSC	Tanque adicional	2	1562749	492741
5	CSC	Tanque adicional	2	1560867	495111
6	CSC	Recolector	1	1563289	493176
7	LEZ	Rompecarga	1	1565139	496533
8	ET	Presa complementaria	1	1564959	493279
9	LC	Tanque adicional	1	1565949	494042
10	LC	Presa complementaria	1	1566992	493893
11	EM	Rompecarga	1	1564635	493847
12	QH	Caja colectora	1	1564887	492101

Anexo 7. Influencia del PNLT en las obras de captación para consumo humano en la cuenca del río La Soledad, Honduras



Anexo 8. Resumen de análisis estadísticos de los parámetros de calidad de agua en los acueductos del río La Soledad

1. Bordo las Martitas

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	27	25	19	23.67	11.56	4.16
2. pH	6.5-8.5	5.57	5.4	5.71	5.56	0.02	0.16
3. Turbiedad (NTU)	5	3.44	1.03	1.23	1.9	1.19	1.34
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.1	0.12	0.13	0.12	1.60E-04	0.02
5. Nitratos (mg/l)	50	0.33	0.4	0.04	0.26	0.02	0.19
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	5.7	7.7	7.6	7	0.85	1.13
7. DBO5 (mg/l)	5	0	3.7	1	1.57	2.44	1.91
8. DQO (mg/l)	20	2	2	0.8	1.6	0.32	0.69
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	6.5	6.5	6.5	6.5	0	0
11. C. totales (UFC/100ml)	0	80	78	276	144.67	8624.89	113.74
12. C. termotolerantes (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

2. El Cantón

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	15	21	18	18	6	3
2. pH	6.5-8.5	6.53	5.62	5.73	5.96	0.16	0.5
3. Turbiedad (NTU)	5	0.87	4.43	1.45	2.25	2.43	1.91
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.42	0.31	0.17	0.3	0.01	0.13
5. Nitratos (mg/l)	50	0.01	0.12	0.01	0.05	2.70E-03	0.06
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	7.6	7.8	6.8	7.4	0.19	0.53
7. DBO5 (mg/l)	5	6.7	24.4	9.2	13.43	61.18	9.58
8. DQO (mg/l)	20	0	1.6	8	3.2	11.95	4.23
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	4	0	1.33	3.56	2.31
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	12	12	10	11.33	0.89	1.15
11. C. totales (UFC/100ml)	0	0	32	90	40.67	1387.56	45.62
12. C. termotolerantes (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

Continuación Anexo 8

3. Cerro Grande

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	Seco	Transición	Lluvioso	Estadísticas		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	14	16	17	15.67	1.56	1.53
2. pH	6.5-8.5	5.63	3.91	4.05	4.53	0.61	0.96
3. Turbiedad (NTU)	5	0.35	3.29	0.6	1.41	1.77	1.63
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.05	0.13	0.1	0.09	1.10E-03	0.04
5. Nitratos (mg/l)	50	0.18	0.07	0.02	0.09	4.50E-03	0.08
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6.7	7.1	6.2	6.67	0.14	0.45
7. DBO5 (mg/l)	5	3.6	0.4	0	1.33	2.6	1.97
8. DQO (mg/l)	20	0	2.4	0	0.8	1.28	1.39
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	7	34	22	21	122	13.53
11. C. totales (UFC/100ml)	0	0	34	120	51.33	2550.22	61.85
12. C. termotolerantes (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

4. Chaguitio, Sauce y Cañadas

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	Seco	Transición	Lluvioso	Estadísticas		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	15	20	18	17.67	4.22	2.52
2. pH	6.5-8.5	5.43	6.49	5.81	5.91	0.19	0.54
3. Turbiedad (NTU)	5	1.58	1.26	1.46	1.43	0.02	0.16
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.26	0.13	0.19	0.19	2.80E-03	0.07
5. Nitratos (mg/l)	50	0.19	0.02	0	0.07	0.01	0.1
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	8.2	7.2	8.2	7.87	0.22	0.58
7. DBO5 (mg/l)	5	17	2.7	12	10.57	35.11	7.26
8. DQO (mg/l)	20	186	0	0	62	7688	107.39
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	17	17	14	16	2	1.73
11. C. totales (UFC/100ml)	0	0	24	276	100	15584	152.89
12. C. termotolerante (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

Continuación Anexo 8

5. Chiquistepe

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	22	18	19	19.67	2.89	2.08
2. pH	6.5-8.5	6.51	5.43	6.61	6.18	0.29	0.65
3. Turbiedad (NTU)	5	4.6	2.6	5.02	4.07	1.11	1.29
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.14	0.33	0.62	0.36	0.04	0.24
5. Nitratos (mg/l)	50	0.07	0.13	0.01	0.07	2.40E-03	0.06
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6.2	6	5.6	5.93	0.06	0.31
7. DBO5 (mg/l)	5	17.7	0	0	5.9	69.62	10.22
8. DQO (mg/l)	20	15	2	1.6	6.2	38.75	7.62
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	4	1.33	3.56	2.31
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	8.5	13	10	10.5	3.5	2.29
11. C. totales (UFC/100ml)	0	250	350	136	245.33	7643.56	107.08
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

6. Chinacla

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	22	17	17	18.67	5.56	2.89
2. pH	6.5-8.5	6.32	6.14	6.24	6.23	0.01	0.09
3. Turbiedad (NTU)	5	4.72	1	2.37	2.7	2.36	1.88
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.08	0.36	0.76	0.4	0.08	0.34
5. Nitratos (mg/l)	50	0.43	0.02	0.09	0.18	0.03	0.22
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6	6	5.7	5.9	0.02	0.17
7. DBO5 (mg/l)	5	1.5	1	0	0.83	0.39	0.76
8. DQO (mg/l)	20	51	0	0	17	578	29.44
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	10	9	12.5	10.5	2.17	1.8
11. C. totales (UFC/100ml)	0	230	490	258	490	142.72	142.72
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

Continuación Anexo 8

7. La Escondida

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	27	18	20	21.67	14.89	4.73
2. pH	6.5-8.5	7.18	6.93	7.02	7.04	0.01	0.13
3. Turbiedad (NTU)	5	3.59	3.51	8.82	5.31	6.17	3.04
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.09	0.45	0.09	0.21	0.03	0.21
5. Nitratos (mg/l)	50	0.02	0.02	0	0.01	8.90E-05	0.01
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6.6	5.1	5.9	5.87	0.38	0.75
7. DBO5 (mg/l)	5	5	3.5	0	26.17	1124.39	41.07
8. DQO (mg/l)	20	50	6	2.4	19.47	468.3	26.5
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	4	0	1.33	3.56	2.31
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	33	30	22	28.33	21.56	5.69
11. C. totales (UFC/100ml)	0	250	1100	238	529.33	162854.22	494.25
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

8. La Esperanza

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	18	18	19	18.33	0.22	0.58
2. pH	6.5-8.5	6.89	7.09	6.42	6.8	0.08	0.34
3. Turbiedad (NTU)	5	0.94	1.03	1.71	1.23	0.12	0.42
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.09	0.16	0.01	0.09	0.0038	0.08
5. Nitratos (mg/l)	50	0.05	0.04	0.01	0.03	0.00029	0.02
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	7.1	7.2	7.7	7.33	0.07	0.32
7. DBO5 (mg/l)	5	0	8	4	4	10.67	4
8. DQO (mg/l)	20	8	0.8	0	2.93	12.94	4.41
9. S. suspendidos (mg/l)	10	24	0	0	8	128	13.86
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	25.5	29	11.5	22	57.17	9.26
11. C. totales (UFC/100ml)	0	40	104	126	90	1330.67	44.68
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

Continuación Anexo 8

9. Guanacaste

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	20	25	24	23	4.67	2.65
2. pH	6.5-8.5	7.87	7.53	7.78	7.73	0.02	0.18
3. Turbiedad (NTU)	5	0.19	0.44	1.49	0.71	0.32	0.69
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.27	0.22	0.27	0.25	5.60E-04	0.03
5. Nitratos (mg/l)	50	0	0.03	0.02	0.02	1.60E-04	0.02
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	8	8	8.7	8.23	0.11	0.4
7. DBO5 (mg/l)	5	1.5	12.4	13	8.97	27.94	6.47
8. DQO (mg/l)	20	0	2.4	0	0.8	1.28	1.39
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	80	70	65	71.67	38.89	7.64
11. C. totales (UFC/100ml)	0	260	800	220	426.67	69955.56	323.93
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

10. El Guayabo

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	20	23	22	21.67	1.56	1.53
2. pH	6.5-8.5	4.41	4.42	4.69	4.51	0.02	0.16
3. Turbiedad (NTU)	5	0.32	0.22	0.42	0.32	0.01	0.1
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.18	0.11	0.2	0.16	1.50E-03	0.05
5. Nitratos (mg/l)	50	0.19	0.07	0.02	0.09	0.01	0.09
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	5.3	5.9	6	5.73	0.1	0.38
7. DBO5 (mg/l)	5	0.3	0	14	4.77	42.64	8
8. DQO (mg/l)	20	0	0	0	0	0	0
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	14	13.5	13.5	13.67	0.06	0.29
11. C. totales (UFC/100ml)	0	0	800	176	325.33	117816.89	420.39
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

Continuación Anexo 8

11. Jocomico

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	19	21	20	20	0.67	1
2. pH	6.5-8.5	7.56	7.93	8.12	7.87	0.05	0.28
3. Turbiedad (NTU)	5	1.45	0.4	2.25	1.37	0.57	0.93
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.14	0.12	0.22	0.16	1.90E-03	0.05
5. Nitratos (mg/l)	50	0	0.01	0.1	0.04	2.00E-03	0.06
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6.1	6.4	6.5	6.33	0.03	0.21
7. DBO5 (mg/l)	5	1	2.4	0	1.13	0.97	1.21
8. DQO (mg/l)	20	0	0	0	0	0	0
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	8	8	5.33	14.22	4.62
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	160	160	130	150	200	17.32
11. C. totales (UFC/100ml)	0	1000	1200	460	886.67	97688.89	382.8
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

12. Los Lirios

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	28	18	18	21.33	22.22	5.77
2. pH	6.5-8.5	6.32	6.63	6.78	6.58	0.04	0.23
3. Turbiedad (NTU)	5	121	13.5	26.3	53.6	2298.69	58.72
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.26	0.16	0.13	0.18	3.10E-03	0.07
5. Nitratos (mg/l)	50	0.08	0.09	0.04	0.07	4.70E-04	0.03
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6.8	5.9	6	6.23	0.16	0.49
7. DBO5 (mg/l)	5	12	3	0	5	26	6.24
8. DQO (mg/l)	20	19	9	1.6	9.87	50.84	8.73
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	8	0	2.67	14.22	4.62
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	20	19.5	11	16.83	17.06	5.06
11. C. totales (UFC/100ml)	0	20	1040	210	423.33	196155.56	542.43
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	48	16	512	27.71

Continuación Anexo 8

13. Las Martitas

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	25	19	19	21	8	3.46
2. pH	6.5-8.5	5.62	5.4	5.23	5.42	0.03	0.2
3. Turbiedad (NTU)	5	0.43	0.41	1.04	0.63	0.09	0.36
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.07	0.1	0.15	0.11	1.10E-03	0.04
5. Nitratos (mg/l)	50	0.33	0.4	0.33	0.35	1.10E-03	0.04
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6.9	7.1	6.5	6.83	0.06	0.31
7. DBO5 (mg/l)	5	4.8	7.7	8	6.83	2.08	1.77
8. DQO (mg/l)	20	0	3	0	1	2	1.73
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	6	6.5	7.5	6.67	0.39	0.76
11. C. totales (UFC/100ml)	0	20	3	3	8.67	64.22	9.81
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

14. El Molino

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	18	19	24	20.33	6.89	3.21
2. pH	6.5-8.5	4.5	7.43	7.29	6.41	1.82	1.65
3. Turbiedad (NTU)	5	3.34	3.65	14.9	7.3	28.92	6.59
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.12	0.19	0.08	0.13	2.10E-03	0.06
5. Nitratos (mg/l)	50	0.03	0.02	0.01	0.02	6.70E-05	0.01
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	5.9	7.3	6.8	6.67	0.34	0.71
7. DBO5 (mg/l)	5	0	9	0	3	18	5.2
8. DQO (mg/l)	20	7	1.7	1.6	3.43	6.36	3.09
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	65	34	14	37.67	440.22	25.7
11. C. totales (UFC/100ml)	0	0	144	32	58.67	3811.56	75.61
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	4	1.33	3.56	2.31

Continuación Anexo 8

15. Quebrada Honda

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	16	23	22	20.33	9.56	3.79
2. pH	6.5-8.5	4.4	4.82	4.41	4.54	0.04	0.24
3. Turbiedad (NTU)	5	0.54	0.76	1.06	0.79	0.05	0.26
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.14	0.15	0.19	0.16	4.70E-04	0.03
5. Nitratos (mg/l)	50	0.1	0.12	0.03	0.08	1.50E-03	0.05
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6.6	6	6	6.2	0.08	0.35
7. DBO5 (mg/l)	5	5.2	0.7	0	1.97	5.31	2.82
8. DQO (mg/l)	20	0	4	0	1.33	3.56	2.31
9. S. suspendidos (mg/l)	10	28	8	0	12	138.67	14.42
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	16	15	16.5	15.83	0.39	0.76
11. C. totales (UFC/100ml)	0	0	50	44	31.33	496.89	27.3
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	2	0	0.67	0.89	1.15

16. El Portillo

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	15	21	16	17.33	6.89	3.21
2. pH	6.5-8.5	6.09	6.37	5.32	5.93	0.2	0.54
3. Turbiedad (NTU)	5	0.53	1.13	1.62	1.09	0.2	0.55
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.11	0.05	0.17	0.11	2.40E-03	0.06
5. Nitratos (mg/l)	50	0.17	0.1	0.1	0.12	1.10E-03	0.04
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6.5	7.8	6.5	6.93	0.38	0.75
7. DBO ₅ (mg/l)	5	0	6	7	4.33	9.56	3.79
8. DQO (mg/l)	20	5	1.6	4.8	3.8	2.43	1.91
9. S. suspendidos (mg/l)	10	20	0	4	8	74.67	10.58
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	6.5	7.5	6	6.67	0.39	0.76
11. C. totales (UFC/100ml)	0	80	108	142	110	642.67	31.05
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

Continuación Anexo 8

17. Sabanetas

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	20	22	23	21.67	1.56	1.53
2. pH	6.5-8.5	6.41	6.54	6.9	6.62	0.04	0.25
3. Turbiedad (NTU)	5	0.54	3.3	1.49	1.78	1.31	1.4
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.06	0.36	0.07	0.16	0.02	0.17
5. Nitratos (mg/l)	50	0.08	0.01	0.02	0.04	9.60E-04	0.04
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6.3	6.6	6.6	6.5	0.02	0.17
7. DBO5 (mg/l)	5	0	0	0	0	0	0
8. DQO (mg/l)	20	6	4	2.4	4.13	2.17	1.8
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	35	65	22.5	40.83	318.06	21.84
11. C. totales (UFC/100ml)	0	0	670	252	307.33	76347.56	338.41
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	10	0	3.33	22.22	5.77

18. San Francisco

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	23	18	20	20.33	4.22	2.52
2. pH	6.5-8.5	6.22	5.29	5.49	5.67	0.16	0.49
3. Turbiedad (NTU)	5	1.25	4.31	1.56	2.37	1.89	1.68
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.08	0.28	0.13	0.16	0.01	0.1
5. Nitratos (mg/l)	50	0.3	0.07	0.06	0.14	0.01	0.14
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6.9	6.3	6.4	6.53	0.07	0.32
7. DBO5 (mg/l)	50	4.4	1.1	8.8	4.77	9.95	3.86
8. DQO (mg/l)	200	0	0	1.6	0.53	0.57	0.92
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	12	12.5	14	12.83	0.72	1.04
11. C. totales (UFC/100ml)	0	220	106	110	145.33	2790.22	64.69
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	2	2	1.33	0.89	1.15

Continuación Anexo 8

19. La Cimbra

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	15	21	19	18.33	6.22	3.06
2. pH	6.5-8.5	7.1	5.75	5.66	6.17	0.43	0.81
3. Turbiedad (NTU)	5	1.65	0.82	4.11	2.19	1.95	1.71
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.25	0.09	0.21	0.18	4.60E-03	0.08
5. Nitratos (mg/l)	50	0.1	0.02	0.02	0.05	1.40E-03	0.05
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6.7	6	7	6.57	0.18	0.51
7. DBO5 (mg/l)	5	5.3	0	10	5.1	16.69	5
8. DQO (mg/l)	20	0	0	5.6	1.87	6.97	3.23
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	22.5	17	10	16.5	26.17	6.26
11. C. totales (UFC/100ml)	0	0	62	100	54	1698.67	50.48
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

El Suizo

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	<i>Seco</i>	<i>Transición</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>Estadísticas</i>		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	
1. Temperatura (°C) in situ	...	24	18	19	20.33	6.89	3.21
2. pH	6.5-8.5	6.55	5.66	6.27	6.16	0.14	0.46
3. Turbiedad (NTU)	5	0.99	1.21	2.65	1.62	0.54	0.9
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.08	0.48	0.19	0.25	0.03	0.21
5. Nitratos (mg/l)	50	0.25	0.08	0.05	0.13	0.01	0.11
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	7	6.5	6.1	6.53	0.14	0.45
7. DBO5 (mg/l)	5	0	1.5	6.4	2.63	7.47	3.35
8. DQO (mg/l)	20	0	0	1.6	0.53	0.57	0.92
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	20	18	8	15.33	27.56	6.43
11. C. totales (UFC/100ml)	0	190	386	200	258.67	8123.56	110.39
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	8	8	5.33	14.22	4.62

Continuación Anexo 8

21. El Tablón

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	Seco	Transición	Lluvioso	Estadísticas		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	27	18	20	21.67	14.89	4.73
2. pH	6.5-8.5	6.66	7.03	6.67	6.79	0.03	0.21
3. Turbiedad (NTU)	5	2.38	3.09	8.22	4.56	6.77	3.19
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.14	0.19	0.14	0.16	5.60E-04	0.03
5. Nitratos (mg/l)	50	0.02	0.03	0	0.02	1.60E-04	0.02
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	6.8	6.5	6.8	6.7	0.02	0.17
7. DBO5 (mg/l)	5	14	2.1	0	5.37	38	7.55
8. DQO (mg/l)	20	5	3	2.4	3.47	1.24	1.36
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	4	0	1.33	3.56	2.31
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	38	34	26	32.67	24.89	6.11
11. C. totales (UFC/100ml)	0	40	620	276	312	56714.67	291.67
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

22. El Liquidambal

<i>Parámetro</i>	<i>Norma</i>	Transición	Lluvioso	Estadísticas		
		<i>Resultado</i>	<i>Resultado</i>	<i>Media</i>	<i>Var(n)</i>	<i>D.E.</i>
1. Temperatura (°C) in situ	...	20	18	19	1	1.41
2. pH	6.5-8.5	6.74	6.67	6.71	1.20E-03	0.05
3. Turbiedad (NTU)	5	1.14	0.99	1.07	0.01	0.11
4. Fosfatos (mg/l)	0.5	0.1	0.19	0.15	2.00E-03	0.06
5. Nitratos (mg/l)	50	0.33	0.1	0.22	0.01	0.16
6. OD (mg/l)	6.0-8.0	7.7	6.7	7.2	0.25	0.71
7. DBO5 (mg/l)	5	0	8.4	4.2	17.64	5.94
8. DQO (mg/l)	20	2.4	4	3.2	0.64	1.13
9. S. suspendidos (mg/l)	10	0	0	0	0	0
10. S. totales disueltos (mg/l)	500	13	13	13	0	0
11. C. totales (UFC/100ml)	0	36	136	86	2500	70.71
12. C. termotolerante(UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0

Anexo 9. Análisis de la varianza para estudiar la cantidad de agua en las fuentes de agua para consumo humano en el río La Soledad

Análisis de la varianza:

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Caudal (l/s)	66	0,02	0,00	105,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32,38	2	16,19	0,74	0,4822
Época	32,38	2	16,19	0,74	0,4822
Error	1382,33	63	21,94		
Total	1414,72	65			

Test: Duncan Alfa:=0.05

Error: 21.9418 gl: 63

Época	Medias	n	
Lluviosa	5.37	22	A
Seca	4,21	22	A
Transición	3.69	22	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 10. Análisis de la varianza multivariado para determinar la calidad del agua en la cuenca del río La Soledad

Análisis de la varianza multivariado:

Cuadro de Análisis de la Varianza (Wilks)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Época	0,49	1,80	24	102	0,0228

Cuadro de Análisis de la Varianza (Pillai)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Época	0,58	1,78	24	104	0,0247

Cuadro de Análisis de la Varianza (Lawley-Hotelling)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Época	0,87	1,82	24	100	0,0212

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Época	0,63	2,73	12	52	0,0062

Este análisis indica que no hay diferencias significativas entre épocas con el análisis global de los parámetros ($p < 0,0212$).

Prueba Hotelling Alfa: 0,05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 62

Época	Temp.	ph	tur	fos	ni	OD	DBO	DQO	SS	STD	C.T.	C. Ter.	n	
Lluviosa	19,59	6,13	4,13	0,20	0,05	6,65	4,63	1,75	0,73	21,16	176,41	2,82	22	A B
Seca	20,48	6,18	7,37	0,15	0,14	6,66	4,76	16,86	3,43	29,26	127,62	0,00	21	A
Transic	19,95	6,12	2,39	0,21	0,10	6,73	7,25	2,09	1,64	28,91	374,41	1,00	22	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 11. Oferta total vrs demanda actual

Qdiseño l/s	Qreal l/s	Sistema	Demanda
6,3	13,2	SF	cumple
3,8	7,8	ESM	cumple
0,1	0,2	CN	cumple
0,6	4,7	SB	cumple
0,7	0,7	CT	cumple
0,7	2,5	EL	cumple
0,6	2,4	BM	cumple
1,1	3,8	LES	cumple
4,8	11,8	ET	cumple
0,4	0,9	LL	cumple
2,1	11,5	LC	cumple
0,5	1,0	GN	cumple
1,9	9,5	EC	cumple
18,5	5,1	CG	déficit
1,7	1,2	CSC	déficit
0,8	1,1	QH	cumple
3,6	1,5	LEZ	déficit
1,8	14,4	EM	cumple
0,4	1,1	EG	cumple
0,2	1,3	JO	cumple
0,2	1,6	EP	cumple

Anexo 12. Oferta neta vrs demanda actual

Sistema	Qdiseño l/s	Qreal l/s	Demanda
SF	6.3	8	cumple
ESM	3.8	6	cumple
CN	0.1	0.2	cumple
SB	0.6	4.7	cumple
CT	0.7	0.7	cumple
EL	0.7	2.5	cumple
BM	0.6	2.4	cumple
LES	1.1	3.8	cumple
ET	4.8	6	cumple
LL	0.4	0.9	cumple
LC	2.1	4	cumple
GN	0.5	1	cumple
EC	1.9	2	cumple
CG	18.5	5.1	déficit
CSC	1.7	1.2	déficit
QH	0.8	1.1	cumple
LEZ	3.6	1.5	déficit
EM	1.8	14	cumple
EG	0.4	1.1	cumple
JO	0.2	1.3	cumple
EP	0.2	1.6	cumple

Anexo 13. Datos poblacionales

<i>POBLACIÓN</i>				
<i>Número</i>	<i>Acueducto</i>	<i>Número de viviendas</i>	<i>Total de habitantes</i>	<i>Población Futura (5)</i>
1	San Francisco	440	1230	1451
2	El Suizo y Martitas	139	750	885
3	Chinacla	13	44	52
4	sabanetas	60	241	284
5	chiquistepe	45	270	319
6	Liquidambal	48	288	340
7	El Bordo las Martitas	42	252	297
8	La Escondida	75	450	531
9	El Tablón	156	936	1104
10	Los Lirios	28	168	198
11	La Cimbra	178	878	1036
12	Guanacaste	35	210	248
13	El Cantón	130	780	920
14	Cerro Grande	1270	7620	8992
15	CSC	120	720	850
16	Quebrada Honda	53	318	375
17	La Esperanza	250	1500	1770
18	El Molino	60	360	425
19	Guayabo	25	150	177
20	Jocomico	17	77	91
21	El Portillo	22	96	113

Fórmula utilizada para el cálculo de la población actual:

$$\text{Numero de viviendas} \times 6 = \text{población actual}$$

Fórmula utilizada para el cálculo de la población futura:

$$\text{Método aritmético, ejemplo: } P_f = 96 \left[1 + \frac{3,6 \times 5}{100} \right]$$

$$P_f = 113 \text{ habitantes}$$

Anexo 14. Oferta total vrs demanda futura (5 años)

Sistema	Qdiseño l/s	Qreal l/s	Demanda
SF	7,42	13,2	cumple
ESM	4,53	7,8	cumple
CN	0,13	0,2	cumple
SB	0,69	4,7	cumple
CT	0,77	0,7	déficit
EL	0,83	2,5	cumple
BM	0,72	2,4	cumple
LES	1,29	3,8	cumple
ET	5,65	11,8	cumple
LL	0,48	0,9	cumple
LC	2,52	11,5	cumple
GN	0,60	1,0	cumple
EC	2,24	9,5	cumple
CG	21,85	5,1	déficit
CSC	2,06	1,2	déficit
QH	0,91	1,1	cumple
LEZ	4,30	1,5	déficit
EM	2,17	14,4	cumple
EG	0,43	1,1	cumple
JO	0,22	1,3	cumple
EP	0,28	1,6	cumple

Anexo 15. Oferta total vrs demanda futura (10 años)

Sistema	Qdiseño l/s	Qreal l/s	Demanda
SF	8,56	13,2	cumple
ESM	5,22	7,8	cumple
CN	0,15	0,2	cumple
SB	0,80	4,7	cumple
CT	0,89	0,7	déficit
EL	0,95	2,5	cumple
BM	0,83	2,4	cumple
LES	1,49	3,8	cumple
ET	6,51	11,8	cumple
LL	0,56	0,9	cumple
LC	2,90	11,5	cumple
GN	0,69	1,0	cumple
EC	2,58	9,5	cumple
CG	25,18	5,1	déficit
CSC	2,38	1,2	déficit
QH	1,05	1,1	cumple
LEZ	10,44	1,5	déficit
EM	1,19	14,4	cumple
EG	0,50	1,1	cumple
JO	0,25	1,3	cumple
EP	0,32	1,6	cumple

Anexo 16. Oferta total vrs demanda futura (20 años)

Sistema	Qdiseño l/s	Qreal l/s	Demanda
SF	10,82	13,2	cumple
ESM	6,60	7,8	cumple
CN	0,18	0,2	cumple
SB	1,01	4,7	cumple
CT	1,13	0,7	déficit
EL	1,20	2,5	cumple
BM	1,05	2,4	cumple
LES	1,88	3,8	cumple
ET	8,24	11,8	cumple
LL	0,70	0,9	cumple
LC	3,67	11,5	cumple
GN	0,88	1,0	cumple
EC	3,26	9,5	cumple
CG	31,85	5,1	déficit
CSC	3,01	1,2	déficit
QH	1,33	1,1	déficit
LEZ	6,27	1,5	déficit
EM	3,17	14,4	cumple
EG	0,63	1,1	cumple
JO	0,32	1,3	cumple
EP	0,40	1,6	cumple

Anexo 17. Oferta neta vrs demanda futura (5 años)

Sistema	Qdiseño l/s	Qreal l/s	Demanda
SF	7,42	8	cumple
ESM	4,53	6	cumple
CN	0,13	0,2	cumple
SB	0,69	4,7	cumple
CT	0,77	0,7	déficit
EL	0,83	2,5	cumple
BM	0,72	2,4	cumple
LES	1,29	3,8	cumple
ET	5,65	6	cumple
LL	0,48	0,9	cumple
LC	2,52	4	cumple
GN	0,60	1	cumple
EC	2,24	2	déficit
CG	21,85	5,1	déficit
CSC	2,06	1,2	déficit
QH	0,91	1,1	cumple
LEZ	4,30	1,5	déficit
EM	2,17	14	cumple
EG	0,43	1,1	cumple
JO	0,22	1,3	cumple
EP	0,28	1,6	cumple

Anexo 18. Oferta Neta vrs demanda futura (10 años)

Sistema	Qdiseño l/s	Qreal l/s	Demanda
SF	8,56	8	déficit
ESM	5,22	6	cumple
CN	0,15	0,2	cumple
SB	0,80	4,7	cumple
CT	0,89	0,7	déficit
EL	0,95	2,5	cumple
BM	0,83	2,4	cumple
LES	1,49	3,8	cumple
ET	6,51	6	déficit
LL	0,56	0,9	cumple
LC	2,90	4	cumple
GN	0,69	1	cumple
EC	2,58	2	déficit
CG	25,18	5,1	déficit
CSC	2,38	1,2	déficit
QH	1,05	1,1	cumple
LEZ	10,44	1,5	déficit
EM	1,19	14	cumple
EG	0,50	1,1	cumple
JO	0,25	1,3	cumple
EP	0,32	1,6	cumple

Anexo 19. Oferta Neta vrs demanda futura (20 años)

Sistema	Qdiseño l/s	Qreal l/s	Demanda
SF	10,82	8	déficit
ESM	6,60	6	déficit
CN	0,18	0,2	cumple
SB	1,01	4,7	cumple
CT	1,13	0,7	déficit
EL	1,20	2,5	cumple
BM	1,05	2,4	cumple
LES	1,88	3,8	cumple
ET	8,24	6	déficit
LL	0,70	0,9	cumple
LC	3,67	4	cumple
GN	0,88	1	cumple
EC	3,26	2	déficit
CG	31,85	5,1	déficit
CSC	3,01	1,2	déficit
QH	1,33	1,1	déficit
LEZ	6,27	1,5	déficit
EM	3,17	14	cumple
EG	0,63	1,1	cumple
JO	0,32	1,3	cumple
EP	0,40	1,6	cumple

Anexo 20. Valores promedios de los parámetros estudiados.

Estadística descriptiva

Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	Var(n)	E.E.	CV	Mín	Máx
Nitratos	65	0,10	0,11	0,01	0,01	0,01	118,22	0,00	0,43
OD	65	6,68	0,76	0,57	0,57	0,09	11,34	5,10	8,70
DBO	65	5,56	10,13	102,63	101,05	1,26	182,21	0,00	73,50
DQO	65	6,74	24,33	592,13	583,02	3,02	360,87	0,00	186,00
SS	65	1,91	5,39	29,05	28,61	0,67	282,55	0,00	28,00
STD	65	26,40	32,09	1029,47	1013,63	3,98	121,54	6,00	160,00
C.totales	65	227,66	288,21	83065,91	81787,98	35,75	126,60	0,00	1200,00
C.termot	65	1,29	6,19	38,30	37,71	0,77	478,91	0,00	48,00
pH	65	6,14	1,00	1,00	0,98	0,12	16,27	3,91	8,12
Turbidez	65	4,58	15,21	231,38	227,82	1,89	331,80	0,19	121,00
Temp	65	20,00	3,23	10,41	10,25	0,40	16,13	14,00	28,00
Fosfatos	65	0,19	0,13	0,02	0,02	0,02	71,65	0,01	0,76

Anexo 21. Relación del tipo de cobertura vegetal con el pH.

n	BOSQUE	ÁREA INTERVENIDA	ACUEDUCTO	pH
1	Conifera	-	Bordo	acido
2	Conifera	-	Cantón	acido
3	Conifera	-	Cerro	acido
4	Conifera	-	Chaguitio	acido
5	Conifera	-	Cimbra	acido
6	Conifera	Deforestación	Lirios	acido
7	Conifera	Deforestación	Tablón	acido
8	Conifera	-	Liquidambal	acido
9	Conifera	Asentamientos	Molino	acido
10	Conifera	-	Quebrada	acido
11	Conifera	-	Portillo	acido
12	Conifera	Deforestación	Escondida	neutro
13	Conifera	Cultivos	Esperanza	neutro
-	-	-	-	-
1	Mixto	Ganadería	Chiquistepe	acido
2	Mixto	-	Chinacla	acido
3	Mixto	-	Guayabo	acido
4	Mixto	Finca abandonada	Sabanetas	acido
5	Mixto	Asentamiento	San francisco	acido
6	Mixto	Cultivos	Martitas	acido
7	Mixto	Deforestación	Suizo	acido
8	Mixto	Finca abandonada	Guanacaste	básico
9	Mixto	Cultivos	Jocomico	básico

9. GLOSARIO

Abscisión

Separación de un órgano vegetal determinado por la formación de una capa de separación llamada capa de abscisión.

Aguas blandas

Son las que tienen muy pocos minerales. Producen mucha espuma cuando se les mezcla con el jabón. Las aguas de pozo o aquellas que proceden de aguas superficiales suelen ser aguas blandas. El agua más blanda es el agua destilada que no posee ningún mineral. El agua destilada no es apta para el consumo humano.

Aguas duras

Son las que tienen muchos minerales como el calcio y el magnesio. Esta agua se caracteriza porque produce muy poca espuma cuando se junta con el jabón. Otra de las características de las aguas duras son la cantidad de residuos que dejan en el vaso cuando se evapora o en los cacharros después de hervirla. Estos mismos residuos se incrustan en los lavavajillas o lavadoras y las estropean más que las aguas blandas. Las aguas duras suelen proceder de fuentes subterráneas en las que el agua ha tenido que atravesar diferentes capas de minerales. La disolución y arrastre de estos minerales es lo que le proporciona la dureza.

Agua potable

Es toda agua, que empleada para ingesta humana, no causa daño a la salud y cumple con las disposiciones de valores guías estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos emitidos mediante la presente norma (OPS 1995).

Albura

Parte viva del leño de un tallo, por oposición a duramen. La albura forma toda la sección en tallos jóvenes significados y una corona gruesa en troncos o ramas de suficiente edad, presentando color más claro que el cilindro central de corazón o duramen.

Bacteria coliforme

Bacterias que se encuentran en el intestino humano o en el de otras especies de mamíferos. La más conocida es *Escherichia coli*. Se usan en los análisis de calidad de las aguas pues su presencia indica contaminación con heces. La Organización Mundial de la Salud recomienda un recuento de 0 colonias por cada 100 ml de agua para el consumo humano.

Caulinar

Concerniente o perteneciente al tallo.

Causticidad

Propiedad de quemar o destruir tejidos animales. Mordacidad.

Coníferas

Son árboles o arbustos caracterizados por portar estructuras reproductivas llamadas conos. Las coníferas fueron clasificadas en un tiempo en el orden *Coniferales* dentro de la clase gimnospermas (*Gymnospermae*). En el esquema moderno de la clasificación (véase el reino *Plantae*), el orden ha ascendido a la categoría de filo (o lo que es lo mismo, división). Las reglas de la nomenclatura taxonómica requieren que los taxa lleven el nombre del género tipo (en este caso *Pinus*). De esta manera, el nombre legítimo resulta ser «división *Pinophyta*», aunque el término «conífera» sigue siendo un nombre extensamente usado para las plantas de esta división.

Coliforme fecal

Microorganismos que tienen las mismas propiedades de las coliformes totales pero a temperatura de 44 o 44,5 °C. También se le designa como coliformes termoresistentes o termotolerantes (OPS 1995).

Coliforme total

Bacilo gramnegativo no esporulado, que puede desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos con similares propiedades de inhibición de crecimiento, no

tienen citocromo oxidasa y fermentan la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a 35 o 37 °C, en un período de 24 a 48 horas.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Medida indirecta del contenido de materia orgánica biodegradable, expresada mediante la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica en una muestra de agua, a una temperatura estandarizada de 20° C. Si la medición se realiza al quinto día, el valor se conoce como DBO5. Sus unidades son miligramos de oxígeno disuelto por litro (mg O₂/l) (SEMARN 2003).

Estoma

Abertura en la epidermis de tallos u hojas de una planta que permiten el intercambio de gases con el exterior. Están compuestos por un poro y las dos células oclusivas que lo rodean. En general todas las plantas excepto las Hepáticas tienen estomas en su etapa esporofítica.

Evapotranspiración

Se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo. La evapotranspiración es una característica de un cultivo en particular, en efecto, los diferentes cultivos requieren, para su desarrollo pleno, diferentes cantidades de agua, la que después de ser procesada es evapotranspirada por sus hojas y tallos.

Eutrofización

Un río, un lago o un embalse sufren eutrofización cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes. Podría parecer a primera vista que es bueno que las aguas estén bien repletas de nutrientes, porque así podrían vivir más fácil los seres vivos. Pero la situación no es tan sencilla. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad.

Fenólica

El fenol es una sustancia manufacturada. En forma pura, el fenol es un sólido blanco-incoloro. El producto comercial es un líquido. Tiene un olor repugnantemente dulce y alquitranado.

Foliar

Relativo a las hojas.

Fotosíntesis

Proceso durante el cual las plantas toman dióxido de carbono y, como un sub-producto, liberan oxígeno. Las plantas "respiran" dióxido de carbono, como nosotros respiramos oxígeno.

Fluorapatito

La variedad de este mineral que se presenta se conoce como piedra espárrago. El mineral está asociado con cristales de hematita, variedad martita (Fe_2O_3) y minerales secundarios de calcita y sílice. Constituye la base de la industria de los fertilizantes fosfatados, en la industria química relacionada con las sales del ácido fosfórico y del fósforo. Las variedades puras y con hermosos colores son utilizadas como gemas.

Latifoliados

Se refiere a una vegetación o a un ecosistema con predominancia de plantas con hojas anchas.

Línea de distribución

Es la parte del sistema compuesta por tubería que conduce el agua desde el tanque de distribución o de almacenamiento hasta la entrada de la comunidad en un punto donde comienza lo que llamamos la red de distribución. Esta tubería está capacitada para llevar el agua en las horas de mayor consumo en el día.

Mineralización

Transmisión a una sustancia de las cualidades de un mineral: una buena nutrición consigue la óptima mineralización de los huesos. Referido al agua, adquisición de sustancias minerales: la mineralización y fluoración del agua pueden prevenir enfermedades dentales.

Nitratos

Compuestos químicos utilizados como fertilizantes en la agricultura. Son una fuente importante de contaminación difusa. En concentraciones altas pueden provocar daños a la salud, especialmente a los niños.

Obra de captación

Obra que se construye en la fuente de agua con la finalidad de captar el agua necesaria para abastecer a las comunidades que se benefician del sistema. Pueden ser de dos tipos: abiertas (construidas en ríos o quebradas) y cerradas (construidas en manantiales).

Oxígeno Disuelto (OD)

Es la medida del oxígeno disuelto en el agua, expresado normalmente en ppm (partes por millón) o en porcentaje de saturación. La solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura y de la presión atmosférica: a mayor temperatura y presión menor concentración de oxígeno en el agua. Por otra parte si el agua está contaminada tiene muchos microorganismos y materia orgánica y la gran actividad respiratoria y oxidación de la materia orgánica disminuye el oxígeno disuelto. Un nivel alto de OD indica que el agua es de buena calidad.

pH

Es un número que nos indica la concentración de hidrogeniones de una disolución. Dado un pH cualquiera, por ejemplo, 7, la concentración de iones H_3O^+ será de 10 elevado a - el número de pH, por ejemplo, en este caso: 10^{-7} . Si el pH es 7 la disolución es neutra (igual número de iones H_3O^+ que de iones OH^-). Si el pH es mayor que 7 la disolución es básica, también llamada alcalina; y si el pH es menor que 7 la disolución es ácida.

ppm

Partes por millón. Forma de medir concentraciones pequeñas. 300 ppm equivalen a 0,03%.

Red de distribución

Son las líneas de tubería dentro de la comunidad que distribuyen el agua a todos los sitios que beneficiará el proyecto. Está capacitada para llevar el agua en las horas de mayor consumo en el día.

Sólidos sedimentables:

Es el volumen que ocupan las partículas sólidas contenidas en un volumen definido de agua, decantadas en un tiempo determinado. Se mide en mililitros por litro.

Sólidos suspendidos

Es el peso de las partículas en un volumen de agua, retenidas en papel filtro.

Tanque de almacenamiento o distribución

Es el depósito donde se almacena el agua de manera que nos asegure el consumo o gasto en las horas de mayor necesidad durante el día, además, nos sirve para tener una reserva de agua cuando esta deje de llegar por cualquier razón. Este deberá estar localizado en un lugar arriba de todas las casas de la comunidad y lo más cerca posible del poblado.

Tanque rompe-carga o rompe-presión

Es un depósito de dimensiones pequeñas que se construye en la línea de conducción o en la red de distribución con la finalidad de evitar presiones altas que excedan la capacidad de la tubería, esto ocurre cuando a diferencia de elevación de arriba hacia abajo va aumentando en el recorrido de la tubería.

Tuberías

Una tubería se puede definir como un ducto cerrado a través del cual fluyen líquidos o gases. En hidráulica, se entiende por lo común que las tuberías son ductos de sección

transversal circular que llevan flujo completo. Los ductos que corren parcialmente llenos se consideran como canales abiertos (King *et al.* 1982).

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. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

Tubería de limpieza

Ducto que sirve para que salga el agua cuando se hace la limpieza o desinfección.

Válvula de aire

Es un accesorio que sirve para eliminar el aire que se acumula en la tubería y se encuentra instalada en una caja para su protección.

Válvula de limpieza

Accesorio que sirve para controlar o aislar el agua. Estas se colocan instaladas en una caja para su protección ya que existe la tendencia en los puntos bajos de la tubería a acumular sedimentos.