

**Diagnóstico técnico del estado actual de la  
microcuenca de la “Quebrada Aguja”,  
Güinope, El Paraíso, Honduras**

**Kelvin Alexander Sánchez Morales  
José Fernando Tercero Iglesias**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

ZAMORANO,  
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE

# **Diagnóstico técnico del estado actual de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado  
Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Kelvin Alexander Sánchez Morales**  
**José Fernando Tercero Iglesias**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

# **Diagnóstico técnico del estado actual de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras**

Presentado por:

Kelvin Alexander Sánchez Morales  
José Fernando Tercero Iglesias

Aprobado:

---

Erika Tenorio, M.Sc.  
Asesora principal

---

Arie Sanders, M.Sc.  
Director  
Carrera de Desarrollo Socioeconómico  
y Ambiente

---

Ramón Hernández, Ing.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Gloria Arévalo, M.Sc.  
Asesora

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## RESUMEN

Tercero J; Sánchez K. 2010. Diagnóstico técnico del estado actual de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 61p.

Como parte del compromiso de Zamorano de buscar soluciones a los problemas de calidad y cantidad de agua de la comunidad de San Francisco, en el municipio de San Antonio de Oriente, se desarrolló un diagnóstico técnico del estado actual de la microcuenca de la “Quebrada Aguja” de Junio a Agosto del 2010. El propósito de este estudio fue levantar una línea base que permita la planificación de acciones de mejoras para el abastecimiento de agua para consumo de dicha comunidad. Se realizaron análisis de parámetros de agua, oferta y demanda, y caracterización bio-física de la microcuenca. Se encontró que los valores de fosfatos, coliformes totales y fecales, y turbidez están por encima de las normas establecidas para agua de consumo por parte de instituciones nacionales e internacionales. Además, se pronosticó que según la oferta actual y sobreestimando la tasa de crecimiento, se logrará satisfacer la demanda presente y para los próximos 20 años de dicha comunidad. Al finalizar el estudio, se realizó un taller para exponer los resultados y buscar alternativas de solución a los problemas de agua propuestas por dirigentes de la comunidad. Se concluyó que la microcuenca de la “Quebrada Aguja” se encuentra en mal estado debido a los asentamientos humanos y actividades agropecuarias generadas aguas arriba de la obra de captación. El agua de la microcuenca no es apta para el consumo humano debido a la presencia de indicadores de contaminación fecal. Se recomienda clorar el agua en las viviendas como solución a corto plazo o buscar otras alternativas con el objetivo de lograr una desinfección y garantizar el mejoramiento de la calidad del agua.

**Palabras clave:** Calidad de agua, capacidad de usos del suelo, coliformes fecales y totales, demanda de agua, fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), zonas de vida.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos .....	v
Siglas .....	vii
Abreviaturas y Símbolos.....	viii
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>7. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>47</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Clasificación por capacidad de uso del suelo, según sistema Michaelsen (1977).....	26
2. Clases según capacidad de uso del suelo, sistema Michaelsen (1977).....	26
3. Especies encontradas en la zona de captación de agua para consumo para la comunidad de San Francisco. ....	29
4. Especies recomendadas para restaurar la micro zona de recarga y el bosque ribereño. ....	30
5. Primer análisis bacteriológico.....	34
6. Segundo análisis bacteriológico .....	35
7. Tercer análisis bacteriológico .....	35
8. Análisis bacteriológico por placas petrifilm .....	36
9. Primer análisis de parámetros físico-químicos .....	37
10. Segundo análisis de parámetros físico-químicos.....	37
11. Tercer análisis de parámetros físico-químicos .....	37
12. Análisis de nitratos y fosfatos.....	38
13. Análisis de demanda de cloro.....	38
14. Análisis de turbidez .....	38
15. Caudal total para consumo.....	39
16. Caudal total para riego.....	39
17. Caudal total para riego.....	39
18. Demanda actual y futura de agua para consumo de la comunidad San Francisco. ....	40
19. Variables de consumo de agua de la comunidad de San Francisco.....	40

Figura	Página
1. Ubicación de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.....	20
2. Mapa de suelos según familia textural, de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras. ....	21
3. Mapa de profundidad de suelos microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras. ....	22
4. Mapa de pendientes microcuenca de la de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras. ....	23
5. Porcentaje de principales usos del suelo de la microcuenca “Quebrada Aguja”, de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.....	24

6.	Mapa usos de suelo microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.....	24
7.	Mapa de capacidad de uso del suelo de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras. Según el Sistema Michaelsen (1977).....	27
8.	Mapa de conflicto de uso de suelos de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.....	28
9.	Zonas de vida o ecosistemas existentes en la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras. ....	29
10.	Mapa de red hídrica de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras. ....	32
11.	Análisis bacteriológico método membrana filtrante.....	36

## Anexo

## Página

1.	Barrenaciones de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”.....	51
2.	Descripción de la primera calicata.....	53
3.	Descripción de la segunda calicata.....	54
4.	Coordenadas geográficas de barrenaciones de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”.....	55
5.	Coordenadas geográficas de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras. ....	56

## SIGLAS

ENDESA:	Encuesta Nacional de Demografía y Salud
EPA:	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global
IICA:	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INE:	Instituto Nacional de Estadísticas
NTNCA:	Norma Técnica Nacional de Calidad de Agua
OMS:	Organización Mundial de la Salud
OPS:	Organización Panamericana de la Salud
PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SEMARENA:	Secretaría de Estado de Medioambiente y Recursos Naturales
SIG:	Sistema de Información Geográfica
UNESCO:	Organización de la Naciones Unidad para la Educación, Ciencia y Cultura y la Alimentación.



## ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

°C:	Centígrados
Cl <sub>2</sub> :	Cloro
cm:	Centímetros
DNC:	Demasiado numerosa para contar
<i>E. coli</i> :	<i>Escherichia coli</i>
Ha:	Hectáreas
ID:	Número de puntos
km:	Kilómetros
L:	Litros
L/s:	Litro por segundo
Lppd:	Litros por persona por día
m.s.n.m.:	Metros sobre el nivel del mar
m:	Metros
m <sup>2</sup> :	Metros cuadrados
m <sup>3</sup> :	Metros cúbicos
M1:	Naciente
M2:	En medio de la toma
M3:	Salida agua hacia tubo de distribución
M4:	Canal para riego
M5:	Grifo en viviendas
mg/L:	Miligramo por litro
ml:	Mililitros
mm:	Milímetros
μS/cm:	microsie-mens por centímetros
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :	Nitratos
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> :	Fosfatos
ppm:	Partes por millón
pH:	Concentración de hidrogeno
Q:	Caudal
s:	Segundos
T:	Tiempo
UFC:	Unidades Formadoras de Colonias
UNT:	Unidades Nefelométricas de Turbidez
V:	Velocidad
Vol:	Volumen
X:	Coordenadas eje "X"
Y:	Coordenadas eje "Y"

# 1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes sobre el planeta. Su uso y consumo es indispensable para las personas, animales y plantas, y es el medio que hace posible el desarrollo económico la reducción de la pobreza y una mejor calidad de vida. Existen muchos problemas relacionados con el abastecimiento y uso del agua, los cuales varían según la región, sin embargo tienden a agravarse con el crecimiento de la población (IICA-Costa Rica 1999).

A pesar de los grandes esfuerzos demostrados en décadas pasadas, en Honduras existen deficiencias de los servicios de agua y saneamiento en áreas urbanas y rurales del país, siendo a nivel rural la situación más alarmante. Se estima que la cobertura de agua potable en Honduras es de un 80%, y el saneamiento es de un 78% de la población (ENDESA 2006).

En Honduras, cuatro de cada cinco hogares tienen acceso al agua potable, y el 92% de las viviendas en el área urbana disponen de conexiones directas del servicio en sus domicilios. En el área rural por otro lado, solamente el 67% dispone de conexiones de agua de tubería y un 15% cuenta con fuentes de agua para beber en el interior de la vivienda. Cabe destacar que el 57% de las viviendas no tiene reciben ningún tipo de tratamiento al agua de consumo (ENDESA 2006).

En la comunidad de San Francisco como en muchas otras regiones de Honduras, una de las principales problemáticas, es la mala distribución y baja calidad del recurso agua, viéndose afectada fuertemente por el crecimiento de la población, que contribuye al incremento de la demanda y al deterioro de tan valioso recurso para el sustento de cada una de las personas de la comunidad. En la actualidad las principales fuentes de acceso de agua de la comunidad son manantiales, arroyos y pozos, las cuales se ven afectadas por problemas de contaminación. La estructura de captación actual de agua no cuenta con las condiciones óptimas para obtener agua para consumo, dada su estructura y ubicación. En la parte alta y en los alrededores de la toma se realizan actividades agrícolas y pecuarias que de alguna forma u otra repercuten en la calidad del agua.

## 1.1 ANTECEDENTES

Como solución a los problemas de calidad y cantidad de agua a corto plazo, la comunidad de San Francisco optó por hacer pozos para obtener agua de consumo y necesidades básicas. Sin embargo, Montes de Oca (2009) en un estudio realizado en 31 pozos de la zona de San Francisco, determinó que de los 31 pozos analizados, 23 presentaron

coliformes termotolerantes. Lo anterior demuestra que la comunidad de San Francisco presenta serios problemas de contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

En dicha comunidad, en la que la demanda es mayor que la oferta, gran parte del agua disponible es utilizada para uso agrícola y pecuario, mientras la minoría para uso de la comunidad. Aparte de la baja cantidad, la mala calidad del agua es preocupante para la comunidad, lo que genera conflictos entre las comunidades aledañas para el aprovechamiento de este recurso. La comunidad vecina de Galeras cuenta con agua de muy buena calidad, por lo que la comunidad de San Francisco le solicitó recientemente que se le permitiera obtener agua, pero por conflictos entre miembros de ambas comunidades se le negó el servicio, quedando la comunidad con el actual sistema de distribución que presenta serios problemas de calidad del agua.

El acceso a agua y saneamiento son indispensables para poder tener una mejor calidad de vida y alcanzar el desarrollo. Por esta razón, la siguiente investigación está enfocada en brindar información que permita la toma de decisiones y alternativas de solución a los problemas actuales de conservación y calidad de agua de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, la cual abastece la comunidad de San Francisco, San Antonio de Oriente, Depto. Francisco Morazán.

En vista de la problemática y con el objetivo de encontrar soluciones, la comunidad de San Francisco solicitó a la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano permiso para obtener agua de la toma de agua que utiliza principalmente para riego, ubicada en la microcuenca Santa Inés. Sin embargo, los miembros de esta comunidad se negaron a brindarles agua, lo que generó disgustos por parte de la comunidad, colocando a la institución en un conflicto social con la comunidad vecina. Por este motivo, Zamorano se comprometió a apoyar en la búsqueda de una solución a la problemática.

El Comité de Relaciones Comunitarias de Zamorano le solicitó apoyo a la carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente para realizar un estudio de la situación actual del agua en la comunidad de San Francisco, lo que consistió en realizar un diagnóstico técnico del estado actual de la microcuenca de la “Quebrada Aguja” que permita la planificación de acciones de mejoras y el abastecimiento de agua para consumo de la comunidad de San Francisco.

## **1.2 OBJETIVOS**

El objetivo del presente estudio es realizar un diagnóstico técnico de la microcuenca de la “Quebrada Aguja” que permita la planificación de acciones de mejora en el abastecimiento de agua para consumo de la comunidad de San Francisco.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

- Analizar el estado actual de calidad de agua y obra física de captación en la microcuenca de la “Quebrada Aguja”.
- Identificar los factores que influyen en la calidad del agua de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, considerando los aspectos biofísicos y socioeconómicos.
- Determinar la oferta de agua de la microcuenca de la “Quebrada Aguja” para el abastecimiento de la población actual y futura de San Francisco.
- Identificar los conflictos de los diferentes usos de suelo dentro de la microcuenca de la “Quebrada agua”.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

Una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un cauce principal de agua. Los límites de la cuenca y los parteaguas se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que rodean un río (Ramakrishna 1997). Una cuenca hidrográfica se divide en subcuencas y microcuencas. El área de una subcuenca está definida por los parteaguas ó divisorias de aguas de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen sus aguas. La cuenca es un conjunto de sistemas formados por componentes biofísicos (agua y suelo), biológicos (flora y fauna), antropogénicos (socioeconómicos, culturales e institucionales), que se encuentran interrelacionados entre sí, a tal punto que al afectar uno de ellos, repercute en todo el sistema.

En las cuencas hidrográficas se producen bienes y servicios agrícolas, pecuarios, forestales y recreativos que son demandados primeramente por las poblaciones de aguas abajo. Su comercialización produce ingresos y contribuye al desarrollo (Hernández, 1997). El proceso productivo en cuencas hidrográficas genera un conjunto de subproductos de efectos indeseables, como la erosión, la disminución de la productividad agrícola, efluentes contaminados y la disminución de la biodiversidad, entre otros (Hufschmidt 1986; citado por Hernández 1997).

#### **2.1.1 Características de la gestión eficaz de las cuencas**

De acuerdo con Heathcote (1998) la gestión del agua puede ser considerado eficaz cuando se:

- Permite un suministro adecuado de agua que sea sostenible durante muchos años.
- Mantiene la calidad del agua a niveles que cumplan con los estándares del gobierno y otros objetivos sociales de calidad del agua.
- Permite el desarrollo económico sostenible en el corto y largo plazo.

## **2.2 DIAGNÓSTICO DE CUENCAS Y SUS COMPONENTES**

El diagnóstico es un paso previo los procesos de planificación en cuencas hidrográficas que nos permiten conocer los aspectos biofísicos, socioeconómicos y ecológicos de una determinada microcuenca e identificar la principal problemática a abordar. Visión Mundial (2004) señala que los componentes que se deben conocer para el diagnóstico biofísico y socioeconómico de una microcuenca son:

### **2.2.1 Aspectos biofísicos**

- Suelos: descripción de tipo de suelos (pedología), clase de suelos (agrología), uso actual, conflictos de uso, pendientes, potencial de erosión y pedregosidad.
- Sistemas de producción: Se refiere a las principales actividades productivas que predominen, y sus principales problemas.
- Agua: fuentes de agua, ríos, quebradas y lagos, sus principales fuentes de contaminantes, y porcentaje de hogares con acceso a agua potable.
- Flora: se refiere a las principales especies existentes.
- Clima: se refiere a la temperatura, precipitación.

### **2.2.2 Aspectos socioeconómicos**

- Salud: se refiere a la calidad del servicio de salud.
- Educación: número de centros educativos, años de escolaridad de cada centro y porcentaje de analfabetismo.
- Vivienda: tipos de vivienda (materiales), y porcentaje de viviendas propias.
- Generación de empleo y calidad de vida (pobreza): fuentes de empleo e ingresos, porcentaje de pobreza.

### **2.2.3 Delimitación de cuencas**

La delimitación de las cuencas hidrográficas se realiza a partir de criterios topográficos e hidrográficos (red de drenaje superficial). Como parte del manejo de cuencas, es importante realizar la delimitación de la misma, para ello se puede utilizar el método tradicional delimitación sobre cartas topográficas, y también el método digital con la ayuda del programa de Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta de digitalización (Aguirre *et al.* 2003). Las cuencas hidrográficas constituyen una unidad territorial definida en la naturaleza a partir de interfluvios que constituyen las zonas más altas del terreno, que actúan como parteaguas, son utilizadas como unidades territoriales a los efectos de evaluar los recursos naturales y realizar diagnósticos ambientales territoriales (Úrzula 1991).

De acuerdo con Úrzula (1991) Las cuencas hidrográficas se pueden definir con base a dos criterios:

- Hidrológico: Es el área que vierte agua en dirección a un mismo punto de drenaje durante la precipitación y posterior a la misma.
- Hidro-Geográfico: Es la superficie que utiliza un curso de agua superficial y sus tributarios.

#### **2.2.4 Parámetros morfométricos**

Los parámetros morfométricos son utilizados para la descripción y evaluación de las características generales de las cuencas hidrográficas, según el documento Curso: “Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas” Úrzula (1991) los parámetros morfométricos los podemos resumir en:

- Delineación: Consiste en delimitar las cuencas hidrográficas utilizando cartas topográficas generalmente según la literatura a escalas 1:50000.
- Localización Espacial: Se determinan la altitud, longitud, las coordenadas cartográficas y geográficas de los puntos extremos que establecen el área de la cuenca.
- Geometría de la cuenca: Es el área de drenaje, morfometría lineal (longitud, ancho y perímetro), forma de la cuenca y relieve de la cuenca.

### **2.3 MANEJO DE CUENCAS**

Las actividades productivas realizadas por el hombre con base a los recursos naturales son fundamentales para el manejo de una cuenca. El cual trata de establecer el uso correcto de los recursos naturales en función de la intervención humana y sus necesidades, de manera sostenible, contribuyendo a la calidad de vida, el desarrollo y equilibrio medioambiental, para ello se requiere la participación directa de la comunidad (Faustino 1996).

#### **2.3.1 Monitoreo de una cuenca**

Monitorear la salud de las cuencas es necesario porque muchas de las actividades que las sociedades llevan a cabo mientras crecen y evolucionan, interactúan entre sí y con el medio ambiente. Existen alternativas que se pueden hacer mientras la comunidades van en crecimiento por el ejemplo pavimentamos la cuencas: 1) Hacer estructuras impermeables que reduzcan infiltración; lo que hace que el ciclo del agua sea interrumpido; 2) Crear barreras en los ríos, cambiando las relaciones tróficas impidiendo la migración de las especies acuáticas y cambiando el régimen termal; 3) Para proveer comida para la creciente población deforestamos tierras para dar paso a la agricultura, cosechamos arboles para madera, contaminamos la tierra el agua, el aire con toxinas y otros contaminantes, después trasplantamos especies (Chris 2002).

### **2.3.2 Inventario de las cuencas**

De acuerdo con Heathcote (1998) el propósito de inventario de las cuencas es desarrollar y entender los procesos físicos químicos y biológicos que afectan los procesos de movimiento de agua en un sistema. Los datos, así como los flujos de agua o la calidad, son utilizados solo en descripción de condiciones actuales y estas no pueden ser usadas para predecir cambios en el uso de la tierra a futuro a la situación. Es también necesario entender el proceso de la cuenca y utilizar ese entendimiento para predecir las condiciones en diferentes condiciones. El inventario sirve para dos propósitos: determinar la naturaleza y los extensos impedimentos de la cuenca e identificar las causas de los impedimentos existentes.

## **2.4 PLAN DE MANEJO DE UNA CUENCA**

El plan de manejo de una cuenca, es un instrumento de pautas ordenadas e integradas para el desarrollo óptimo y eficiente de los recursos de una cuenca, encaminadas a las necesidades del hombre. Involucra la forma de utilizar, proteger y conservar los recursos de la cuenca mediante actividades de producción sostenible y amigable con el medio ambiente incluyendo la identificación de conflictos y prioridades (Seminario 1985).

El plan de manejo de una cuenca de acuerdo a la vocación o tipo de aprovechamiento que se le está dando puede tener diferentes énfasis:

- Prevención.
- Mejoramiento.
- Rehabilitación.
- Manejo Integral.
- Protección y conservación.

Un plan formula visiones, establece objetivos y así mismo guía todos los aspectos hacia el manejo. El mismo no se logra de manera inmediata. El tiempo requerido para desarrollar el plan generalmente depende de varios factores como el tamaño de las cuencas, complejidad natural de los factores, patrones de uso dentro de esta y las personas interesadas. Para realizar un plan de manejo debe incluir: la sección de antecedentes que nos muestran los recursos en las cuencas y las problemáticas, la descripción de proceso de planeamiento, los objetivos, acciones de manejo, estrategias e implementación de horarios, un modelo a largo plazo que incluya monitoreo de una estrategia para evaluación y un cronograma para revisar el plan (Chris 2002).

### **2.4.1 Planificación de los recursos hídricos**

Heathcote (1998) indica que la planificación de los recursos incluye:

- Considerar la cuenca como un sistema integrado.
- La planificación como base para la no reacción a la toma decisión.



- Establecimiento de la planificación dinámica procesos que incluyen la revisión periódica y redirección.
- Sostenibilidad de los proyectos más allá de la construcción y explotación inicial.
- Una interfaz más interactiva entre los planificadores y el público.
- Identificación de las fuentes de conflicto como una parte integral de la planificación.
- Justicia, la equidad y la reciprocidad entre las partes afectadas.

## **2.5 CALIDAD DE AGUA**

En los últimos años la FAO, tiene una creciente preocupación con respecto al desarrollo económico negativo, que se da debido al mal uso del agua, en especial en los países en vía al desarrollo; habiendo la necesidad de proteger y brindarle un mejor manejo a los recursos hídricos (FAO 1998).

La definición de calidad de agua es compleja. La misma implica un juicio subjetivo en función del uso e incluye una relación de parámetros físicos, químicos y biológicos que define su composición, grado de alteración y su utilidad (SEMARENA 2001). El agua destinada al consumo humano debe estar libre de contaminantes que atenten contra la salud. Para determinar su calidad es necesario revisar que cumplan con una serie de parámetros y normativas establecidas por instituciones nacionales e internacionales.

Para determinar la calidad del agua es muy importante realizar análisis bacteriológicos, como el de bacterias coliformes totales (incluye los coliformes fecales y *E. Coli*). La presencia de estas bacterias indica que el agua puede estar contaminada por microbios patógenos presentes en heces fecales y pueden implicar un riesgo para la salud humana, principalmente niños pequeños y personas con un sistema inmunológico debilitado (EPA 2009). A continuación se describen los parámetros físicos químicos evaluados en la zona de captación de agua para consumo de la comunidad de San Francisco.

## **2.6 PARÁMETROS FÍSICOS**

### **2.6.1 Turbidez**

Es la dificultad que tiene el agua para dejar pasar la luz a través de ella. Una obstrucción en el paso de la luz es a causa de materiales solubles en suspensión, o mayores niveles de microorganismos patógenos tales como virus, parásitos y algunas bacterias, la mayoría de partículas se pueden encontrar desde forma coloidal hasta gruesas como arcillas, limo, materia en descomposición y organismos plantónicos (PNUMA 2006). La turbidez es utilizada como parámetro para determinar la calidad del agua y se puede medir con un nefelómetro o turbidímetro el cual expresa los resultados en UNT. El valor máximo admisible por la NTNCA 1995 (Norma Técnica Nacional de Calidad de Agua) es 5 UNT en aguas destinadas a consumo humano.

### **2.6.2 Conductividad**

La conductividad eléctrica es la capacidad que tiene el agua de transmitir electricidad, dependiendo de la cantidad de sales solubles o material ionizable presente en el agua. Estas sales disueltas en el agua son las responsables de transmitir electricidad (PNUMA 2006). Las unidades en que se expresa es ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) microsie-mens por cm. y la resistencia eléctrica en ohm. El valor máximo admisible por la Secretaría de salud pública de Honduras, 1995 es 400 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) microsie-mens por cm.

### **2.6.3 Temperatura**

Las aguas estancadas o retenidas debido a la fragmentación de los ríos a causa de la construcción de represas más los depósitos de sedimentos y otros materiales que frenan el curso del agua hace que se caliente, también esto puede suceder cuando las industrias desechan agua y fluidos calientes o superior a la temperatura normal del agua, los efectos más notables es la muerte de las especies o la biodiversidad acuática; ya que no sólo aumenta la temperatura del agua sino que pierde oxígeno imposibilitando así la vida de algunas especies acuáticas (EPA 1986).

### **2.6.4 Oxígeno disuelto**

Este parámetro es muy importante dentro del agua, sirve como agente oxidante de ciertos compuestos solubles o iones insolubles que se precipitan al entrar en contacto con el oxígeno. Este elemento es vital para mantener la biodiversidad especies en los cuerpos de agua y está estrechamente ligada con la temperatura, ya que ésta altera las concentraciones de oxígenos dentro de la misma, causando una relación indirecta (aumento de la temperatura, disminuye el oxígeno). Su ausencia puede producir condiciones anaeróbicas como metano, ácido sulfhídrico y otros gases que causan malos olores (PNUMA 2006).

## **2.7 PARÁMETROS QUÍMICOS**

### **2.7.1 pH**

Se define como el logaritmo negativo base 10 de la concentración de iones de hidrógeno, que varían con pH 1 como valor mínimo y pH 14 como valor máximo, a medida que aumenta la concentración de hidrogeniones disminuye el valor del pH, incrementando la acidificación de los afluentes. El pH afecta la vida acuática, provoca lixiviación de algunos metales como el aluminio y afecta la capacidad de neutralizar ciertos ácidos (FAO 2006). El rango recomendado por la Secretaría de Salud Pública de Honduras, 1995 es de 6.5 a 8.5 unidades de pH.

### **2.7.2 Nitratos**

Son sustancias químicas solubles que pueden generarse de forma natural (materia orgánica, arrastre de suelos en labranzas sin cobertura vegetal), producción ganadera y por uso excesivo de fertilizantes orgánico e inorgánicos (OMS 2003). En la actualidad los nitratos son un serio problema para muchos países a nivel mundial, en cuanto a la calidad del agua, ya que la mayor fuente de nitratos es la agricultura, debido a los plaguicidas (UNESCO 2002).

### **2.7.3 Fosfatos**

Son sales pocos solubles, que se precipitan fácilmente con calcio formando fosfatos de calcio, que es un ácido débil que produce la alcalinidad del agua (PNUMA 2006) estos se encuentran de forma natural (roca mineral, materia orgánica) y en sustancias químicas (jabones y fertilizantes), estos juntos con los nitratos en altas concentración provocan eutrofización, es decir crecimiento de algas en los cuerpos de aguas, acabando con la biodiversidad acuática por completo (FAO 2006). Según PNUMA la concentración de fosfatos en el agua destinada para consumo no debe ser mayor a un mg/l o parte por millón (ppm).

## **2.8 MEDICIÓN DE CAUDAL**

Es muy importante la medición de los cuerpos de agua, ya que nos proporciona información necesaria para tomar decisiones acerca de crear una obra de captación que sirva para una consumo de una comunidad o para riego, principalmente en época seca donde se presentan los peores escenarios de disponibilidad. La medición de caudal la podemos realizar en mediante dos tipos de aforos: directos cuando se afora mediante algún aparato de forma directa en el cuerpo de agua e indirectos cuando se mide la altura del agua de cauce, para después determinar el caudal (FAO 1997).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

El diagnóstico técnico de la microcuenca “Quebrada Aguja”, se desarrolló en las siguientes etapas:

1. Delimitación de la microcuenca: Para tener una idea más clara del tamaño del área a trabajar se realizó la delimitación previa en hojas cartográficas. La misma fue verificada en campo y corregida.
2. Caracterización biofísica del territorio: Se realizaron mapeos de uso de suelo, sistemas productivos, capacidad de uso de suelos y conflictos de uso de suelos.
3. Caracterización de cantidad y calidad del agua: Se evaluaron parámetros físicos químicos y bacteriológicos de interés para el consumo humano, así como oferta de cantidad de agua en la microcuenca.
4. Caracterización socioeconómica: Se llevó a cabo mediante levantamiento de información en campo referente a la población, salud, estado de la toma de agua, tratamiento, cantidad de personas que cuentan con el suministro de agua, calidad y costo con miembros de la junta de agua, centro de salud y patronato de la comunidad de San Francisco. Asimismo se revisaron fuentes secundarias de información.

#### **3.1 DELIMITACIÓN DE LA MICROCUENCA**

La delimitación de la microcuenca “Quebrada Aguja”, se realizó mediante una herramienta de digitalización del programa ArcGis® 9.3 y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Con la ayuda de un GPS Garmin® y la elaboración previa de la delimitación del área en hoja cartográfica, se trazó el límite de la microcuenca en campo, se tomaron las coordenadas geográficas cada cinco metros (5 m), iniciando en la desembocadura de la “Quebrada Aguja” siguiendo el parteaguas, determinado así la localización espacial y geométrica de la microcuenca.

Una vez delimitada la microcuenca se procedió a realizar los mapas de zonas de vida según Holdridge, mapas de pendientes, profundidad, familias texturales, red hídrica, conflictos, usos del suelo actual y potencial, con ayuda de las herramientas de digitalización ArcGis® 9.3, SIG. Para la elaboración de los mapas se utilizó el sistema de coordenadas: Proyección: UTM, Zona 16 N; Datum: NAD1927, Elipsoide: Clarke (1866).

## **3.2 CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA**

### **3.2.1 Mapa de suelo actual**

En campo se identificó el uso actual de suelos de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”. Se utilizaron herramientas de digitalización SIG, como el programa ArcGis® 9.3, GPS Garmin®, hojas cartográficas y ortofotos del año 2001 que se corroboró en campo.

### **3.2.2 Mapa de zonas de vida**

Para la elaboración del mapa de zona de vida, se identificaron en campo los ecosistemas según el sistema de zonas de vida de Holdridge, se utilizaron herramientas de digitalización SIG, como el programa ArcGis® 9.3, hojas cartográficas y ortofotos del año 2001. Holdridge se interesó en estudiar los sistemas de clasificación del clima y la vegetación con el objetivo de relacionar las montañas altas con las zonas bajas, utilizando parámetros como la precipitación media anual y la biotemperatura (Holdridge 1996).

### **3.2.3 Mapa de capacidad de uso y conflicto**

Para la clasificación de los suelos por capacidad de usos, se utilizó el sistema Michaelsen (1977) “Clasificación de tierras por aptitud de uso para tierras, marginales”, que es una aplicación a partir del sistema Cheng (1970). El objetivo del mismo es proporcionar los criterios prácticos para determinar la capacidad de uso y las medidas de conservación del suelo (Richter 1995). El sistema Michaelsen considera seis clases: tres para cultivos en general (C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>), para pastos (P), para árboles frutales (A) y para bosques (F). La distinción se realiza con base en la pendiente y profundidad del suelo (Richter, 1995).

Clases: C<sub>1</sub>: Tierra cultivable con medidas extensivas de conservación de suelo, C<sub>2</sub>: Suelo cultivable con medidas intensivas de conservación de suelos, C<sub>3</sub>: Suelo cultivable a mano con medias intensivas de conservación de suelo, P: Pastos, A/F: Árboles frutales sobre terrazas de huertos, F: Forestal.

El sistema incorpora cuatro categorías pendientes: Plano suavemente ondulado (PSO), moderadamente ondulado (MO), fuertemente ondulado (MFO), empinado (E). Profundidad: Los valores de referencia para profundidad son los siguientes: >90 cm suelos profundos, 50-90 cm: moderadamente profundo, 20-50 cm: poco profundo y <20 cm: muy poco profundo.

Se identificaron en campo los diferentes usos potenciales y los conflictos de usos del suelo. Se utilizaron herramientas de digitalización SIG, como el programa ArcGis® 9.3, GPS Garmin®, hojas cartográficas y ortofotos del año 2001 los mismos se corroboraron y actualizaron en campo.

### **3.3 CARACTERIZACIÓN DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA**

Para efecto de los análisis de calidad de agua se realizaron muestreos en distintos puntos del sistema de captación: Entrada (M1), al interior de la captación (M2) y a la salida del sistema de captación (M3). Adicionalmente, se tomaron muestras en la entrada al canal de agua para riego (M4) y a los grifos de algunas casas (M5) de la comunidad, incluyendo la Escuela Roberto Hasbun, que son abastecidos de dicha fuente. El método de muestreo utilizado se conoce como muestra instantánea.

#### **3.3.1 Muestreo**

Las muestras para análisis de calidad de agua se recolectaron utilizando bolsas estériles Whirl Pack®, botes de plástico de 500 ml y 1000 ml, guantes desechables para no contaminar las muestras, alcohol etílico al 95% para descontaminar los grifos. Las bolsas y botes se rotularon con el nombre del sitio, hora y fecha de recolección. Las muestras se colocaron en hieleras preservándolas a una temperatura de 4°C hasta el momento de analizarlas.

#### **3.3.2 Análisis bacteriológico**

Para identificar la presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes o fecales, se utilizó el método de membrana filtrante y el método de placa petrifilm.

#### **3.3.3 Método de membrana filtrante**

Brevemente se vertió el contenido de una ampolla de ColiBlue® en un plato petri debidamente rotulado con la identificación de la muestra, fecha y hora, luego se filtraron las muestras de agua (50 ml de agua para el primer análisis y 10 ml para los dos siguientes) a través de una membrana estéril sobre la base del sistema de filtración aplicando vacío con la bomba manual Welch Rietshie Thomas. Por último se incubaron las muestras en un horno REVCO® a  $35^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, para posteriormente realizar el conteo de bacterias.

#### **3.3.4 Método placas petrifilm**

Es un método para recuento rápido de bacterias coliformes fecales, utilizando un medio de cultivo VRB (bilis roja violeta) que facilita el crecimiento de las colonias de bacterias. (Industrias 3M 2006). El método consistió en la inoculación de 1 ml de agua de las muestras en una placa de Petrifilm e incubaron en el horno REVCO® por 24 horas a una temperatura de  $35^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . Luego de incubar la muestra se hizo el conteo de colonias de bacterias.

### 3.3.5 Parámetros fisicoquímicos

#### Turbidez

La turbidez del agua se midió con un Turbidímetro LaMotte®, previamente calibrado en un volumen de 10 ml de agua de muestra. Se enjuagó dos veces el frasco con agua de la muestra, para evitar la dilución de la misma, los resultados fueron registrados en UNT.

#### Conductividad eléctrica y pH

Para estos análisis se utilizó el multiparámetro marca OAKION® cuyo fundamento es la medida eléctrica de resistencia al paso de electricidad y el pH del agua, expresando la conductividad eléctrica en microsie-mens ( $\mu\text{s}$ ) y el pH en unidades de pH. Estos análisis se realizaron *in situ* en cada punto de recolección de las muestras de agua para consumo.

#### Oxígeno disuelto (OD)

Para este análisis se utilizó el oxinómetro marca OAKION®, al igual que el análisis de conductividad eléctrica, el OD se midió *in situ* en las cuatro áreas de muestreo, expresando los resultados en mg/L.

#### Nitratos y fosfatos

Para el análisis de nitratos se utilizó un colorímetro HACH DR8600, dos celdas, una probeta, agua destilada y reactivos Nitruver5 de HACH®. Brevemente se enjuagó cada celda del colorímetro, dos veces con agua de la muestra y se colocaron 10 ml de agua de muestra en las celdas del aparato. A una muestra se le agregó el reactivo nitruver5 y se agitó vigorosamente por un minuto, luego se esperó cinco minutos a que ocurriera la reacción, y por último se llenó la otra celda con agua de la muestra para que sirviera de referencia al cambio de color.

Para el análisis de fosfatos se utilizó un colorímetro HACH DR8600, y el mismo protocolo para el análisis de nitratos, con la diferencia que se usaron reactivos diferente el Phosver3. Se agitó vigorosamente por 15 segundos y se esperaron dos minutos a que ocurriera la reacción y por último se llenó una celda con agua de la muestra para que sirva de referencia al cambio de color.

### 3.3.6 Prueba demanda de cloro ( $\text{Cl}_2$ )

Para determinar la cantidad de  $\text{Cl}_2$  necesaria para el tratamiento del agua para consumo de la, se realizaron dos pruebas utilizando diferentes dosificaciones de  $\text{Cl}_2$ , mediante ensayos de demanda de  $\text{Cl}_2$ . Se utilizaron dos muestras tomadas en la salida de la toma de agua. En

el laboratorio se colocaron dos beaker con un litro de agua cada uno. A la primera muestra se le colocó una gota de  $\text{Cl}_2$ , mientras que a la segunda muestra se le colocaron dos gotas de  $\text{Cl}_2$ . Se hicieron pruebas de cloro libre y cloro total utilizando colorímetro Hach Test Kit® Chlorine, Free & Total Cl, para determinar cual dosis resultará más eficiente en un tiempo de 90 minutos (Hilleboe 2006).

### 3.3.7 Estimacion de oferta de agua

Estimar la oferta de agua es importante para la comunidad porque en época seca hay racionamientos de este sistema principalmente en las viviendas ubicadas en mayor elevación. El caudal nos proporciona una mejor idea de la cantidad de agua que se está produciendo en la naciente y la demanda futura que existirá en con la población creciente.

### 3.3.8 Método volumétrico

Para determinar el caudal de salida de la toma de agua, por este método, se utilizó un recipiente cuyo volumen se midió con anterioridad, para el primer aforo realizado el volumen utilizado fue de 6 L y de 14 L para los siguientes. Se tomó el tiempo de llenado, cinco veces y se tomó el promedio de las cinco medidas. Luego se calculó el caudal utilizando la siguiente fórmula:

$$Q \text{ (L/s)} = \text{Vol (L)} / T \text{ (s)} \quad [1]$$

Donde: Q = caudal en (L/s)  
 Vol = volumen en (L)  
 T = tiempo en (s)

### 3.3.9 Método correntómetro

Para determinar el caudal del canal de riego se utilizó un correntómetro, que se basa en medir la velocidad promedio de la corriente del agua y multiplicándola por la velocidad por el área de la sección del canal donde se colocó el correntómetro. Para este cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = V \text{ (m/s)} \times A \text{ (m}^2\text{)} \quad [2]$$

Donde: Q = caudal ( $\text{m}^3\text{/s}$ )  
 V = velocidad (m/s)  
 A = área del canal ( $\text{m}^2$ )



### 3.3.10 Método objeto flotante

Este método se utilizó para determinar el caudal del canal para riego. Se obtuvo el área hidráulica del canal, midiendo la profundidad y ancho del canal en tres partes del mismo. El objeto flotante utilizado fue una pequeña pelota de goma. Con un cronómetro se obtuvo el tiempo que le tomó a la pelota desplazarse de dos puntos con 4 m de separación. A partir de estos datos, se calculó la velocidad de desplazamiento, dividiendo distancia entre tiempo. Para el cálculo de caudal se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = V \text{ (m/s)} \times A \text{ (m}^2\text{)} \quad [3]$$

Donde: Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)  
 V = velocidad (m/s)  
 A = área (m<sup>2</sup>)

## 3.4 CARACTERIZACIÓN SOCIECONÓMICA

### 3.4.1 Datos generales de la comunidad

La comunidad de San Francisco se encuentra ubicada a 6 km al sureste de Zamorano, municipio de San Antonio de Oriente, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. Tiene una población de 1622 habitantes y cuenta con un Centro de Salud y una Escuela primaria. Las principales actividades de producción son la ganadería y agricultura.

Actualmente la comunidad cuenta con un servicio de agua, cuya fuente se encuentra ubicada en la microcuenca de la “Quebrada Aguja”. El servicio de distribución es administrado por la junta de agua local.

### 3.4.2 Estimación de demanda de agua

Para determinar la demanda de agua actual y futura se utilizó una tasa de crecimiento poblacional en zonas urbana de 6%, la cual es utilizada por el centro de salud de la comunidad de San Francisco. Según el centro de salud de la comunidad la población actual es de 1,622 habitantes sin tomar en cuenta la población flotante (inmigración y migración). Para el cálculo de la población a futuro, se utilizaron los criterios básicos para la implementación de sistemas de agua y saneamiento en los ámbitos rurales y pequeñas ciudades según la OPS (2006).

$$P^{t+n} = P^t (1 + tcaa)^n \quad [4]$$

Donde: P<sup>t+n</sup> = población futura  
 P<sup>t</sup> = población actual  
 n = números de años  
 tcaa = tasa de crecimiento poblacional

Luego de calcular la población a futuro se multiplicó por la dotación de agua, en este caso de 100 litros por persona por día y después se dividió la demanda en Lppd entre los segundos por día (86400), obteniendo así la demanda en L/s.

### 3.4.3 Variaciones de consumo

El cálculo de variación de consumo se realizó utilizando las siguientes fórmulas según lo describe la OPS (2006).

#### Consumo promedio diario anual

$$Q_p = (\text{Dot} \times P_f) / 86\,400 \quad [5]$$

Donde:  $Q_p$  = caudal promedio (L/s)

Dot = dotación (lt/hab/día)

$P_f$  = población futura (hab)

#### Consumo máximo diario

Se refiere al día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año.

Para el cálculo de consumo máximo diario, se considerará un valor de 1.3 veces del consumo promedio diario anual como lo indica la OPS (2006).

$$Q_{md} = 1.3 \times Q_p \quad [6]$$

Donde:  $Q_{md}$  = caudal máximo diario (L/s)

$Q_p$  = caudal promedio (L/s)

#### Consumo máximo horario

Se define como la hora de máximo consumo de una serie de registros observados durante las 24 horas del día.

Para el cálculo de consumo máximo horario, se considerará un valor de dos veces el consumo promedio diario anual.

$$Q_{mh} = 2.0 \times Q_p \quad [7]$$

Donde:  $Q_{mh}$  = caudal máximo horario (L/s)

$Q_p$  = caudal promedio (L/s)

### **Caudal de bombeo**

Para el caudal de bombeo se considerará un valor de  $24/N$  veces el consumo máximo diario, siendo  $N$  el número de horas de bombeo.

$$Q_b = Q_{md} \times 24/N \quad [8]$$

Donde:  $Q_b$  = caudal bombeado en (Litros/segundo)  
 $Q_{md}$  = caudal máximo diario en (Litros/segundo)  
 $N$  = número de horas de bombeo

#### **3.4.4 Caracterización participativa de la comunidad San Francisco**

Se realizó un taller participativo el 2 de Octubre de 2010 en la Escuela Roberto Hasbun de la comunidad San Francisco, en el cual se explicó los resultados obtenidos del estudio y se les involucró en la toma de decisiones para que sean ellos los principales agentes de cambios. Para realizar el taller se necesitó identificar las personas claves de la comunidad como ser la junta de agua, patronato municipal, los representantes de salud, el gremio magisterial y los líderes de la comunidad. Se les explicó la importancia de protección de la microcuenca, las causas que provocan la disminución y contaminación del agua y los efectos que producen estos problemas a la comunidad. En el taller se utilizaron como técnicas participativas: el árbol de problemas y las lluvias de ideas para generar soluciones (Chevalier 2006).

Árbol de problema y lluvia de ideas fueron las técnicas participativas utilizadas para identificar los principales problemas, causas del problema, efectos del problema, posibles soluciones.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MICROCUENCA**

#### **4.1.1 Aspectos biofísicos**

Como se mencionó anteriormente los aspectos evaluados en la microcuenca fueron: ubicación y límites, altitud, clima, delimitación de la microcuenca, uso de suelo actual, zonas de vida, uso potencial y de conflicto en el uso del suelo, vegetación, geología y zona de recarga hídrica. A continuación se detalla cada aspecto:

#### **4.1.2 Ubicación y límites**

La microcuenca de la “Quebrada Aguja”, se encuentra ubicada en el municipio de Güinope, departamento de El Paraíso, Honduras, se localiza a una distancia de 7.8 km al sureste de Zamorano, carretera que conduce hacia Güinope y a 1 km al sureste del centro de la comunidad de San Francisco, San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán (Figura 1).

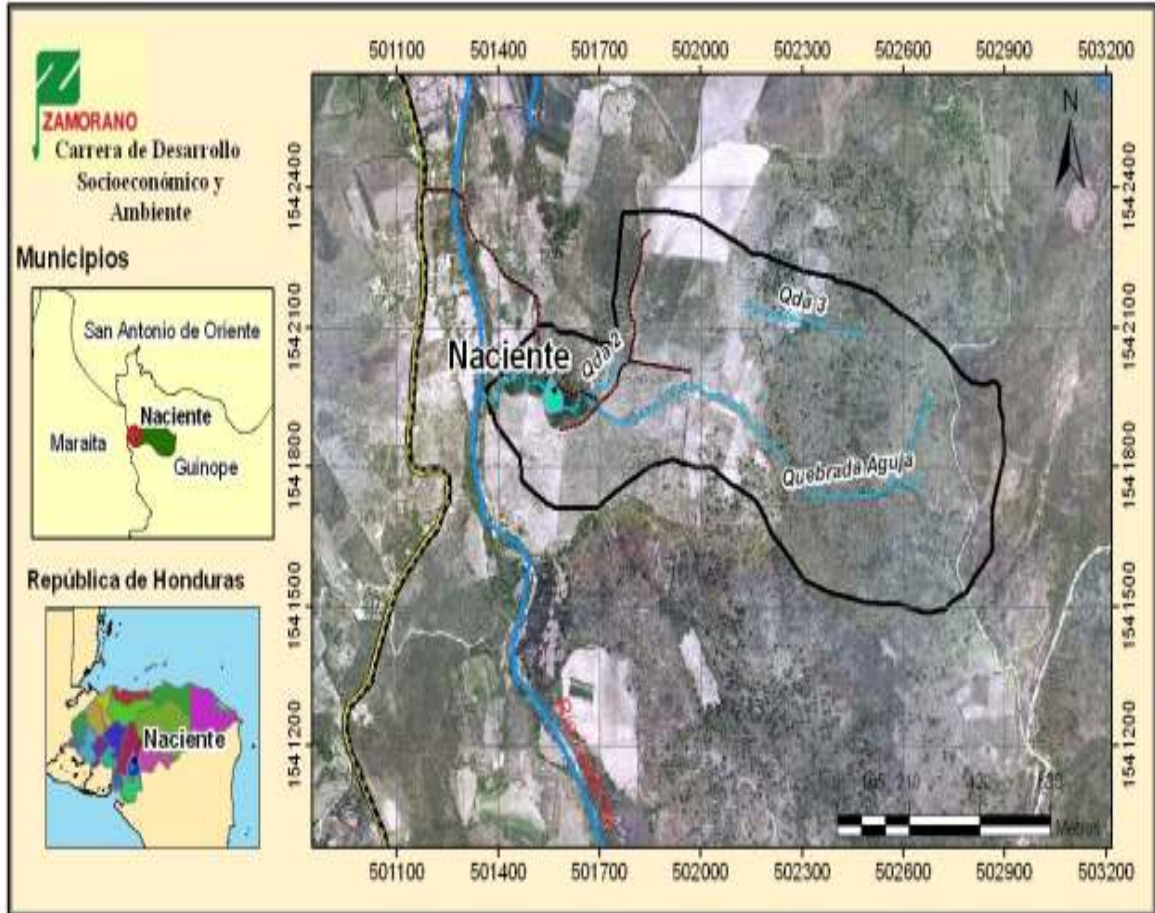


Figura 1. Ubicación de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

#### 4.1.3 Altitud y clima

La microcuenca de la “Quebrada Aguja” se extiende desde 800 m.s.n.m. en su desembocadura hasta 975 m.s.n.m. en la parte más alta de la zona (cresta). Dentro del área predominan pendientes que van desde el 6% hasta 80% encontrando así, relieves con terrenos planos y escarpados.

A los 800 m.s.n.m. (en la naciente) la biotemperatura media anual oscila entre 24°C-27°C, con una precipitación anual de 1200 mm mientras que a los 900 m.s.n.m. (parte alta) la biotemperatura media anual oscila desde los 18°C-24°C, y una precipitación anual de 1000-2000 mm (Agudelo 2010).

#### 4.1.4 Suelos

En la microcuenca consiste de suelos del orden Entisol y Alfisol, con siete familias texturales predominantes (Figura 2). Los entisoles son suelos jóvenes, normalmente aluviales, con horizontes A sobre C (A/C), lo que indica que presenta poco desarrollo en la estructura del suelo (McLeese 2009). Estos suelos se encontraron en las zonas bajas de la microcuenca en la planicie aluvial reciente a unos 800 m.s.n.m., con textura variable de fina a gruesa. Los alfisoles que son suelos formados bajo vegetación forestal (McLeese 2009) se encontraron en la micro zona de recarga, a los 900 m.s.n.m., aproximadamente. Predominan texturas finas, arcilla translocada (Bt) y endopedones álbico y argílico. En las porciones más elevadas de la microcuenca los suelos son muy superficiales o roca expuesta.

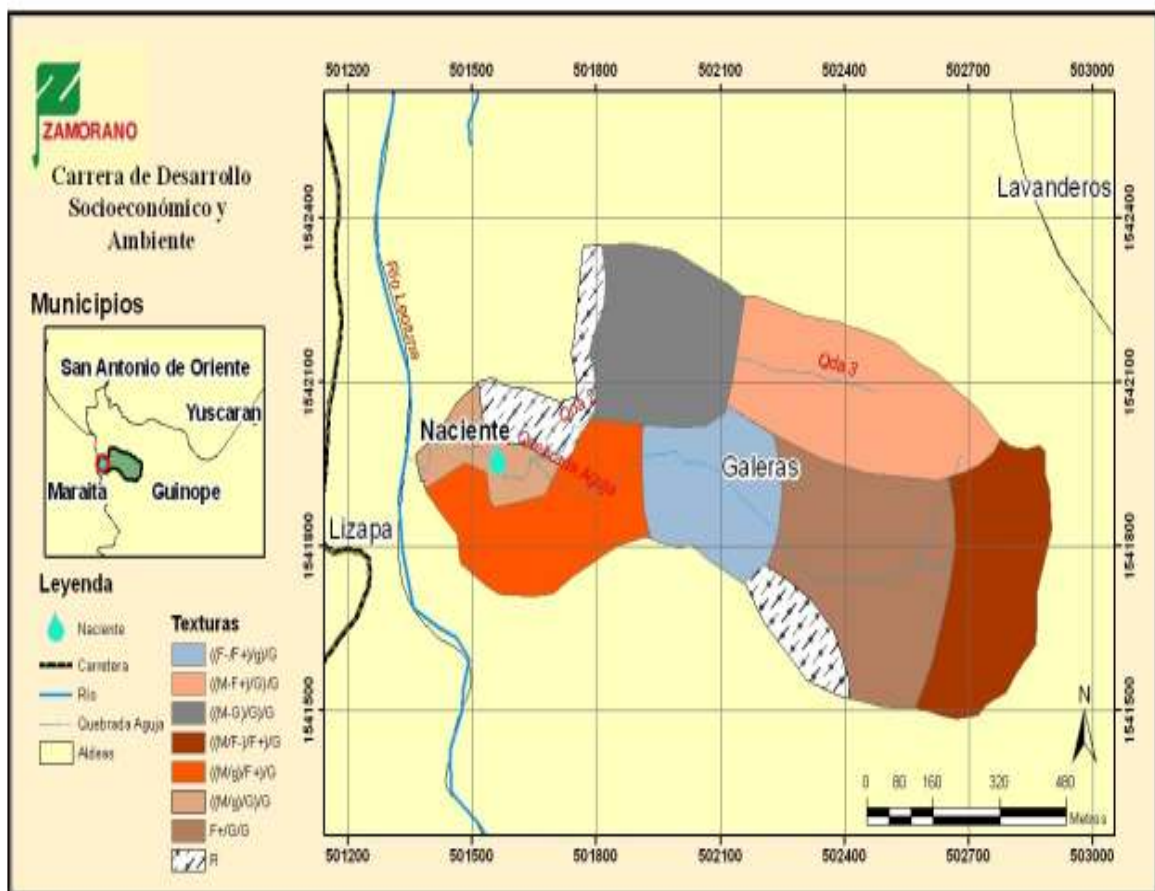


Figura 2. Mapa de suelos según familia textural, de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

En la microcuenca se identificaron tres tipos de suelos según la profundidad efectiva (hasta dónde puede llegar sin limitación el sistema radicular de las plantas) (Figura 3). En la parte alta de la microcuenca a 975 m.s.n.m. los suelos son moderadamente profundos (50-90 cm). En la parte media se encontraron dos tipos de suelos poco profundos (20-50 cm) y suelos superficiales (<20 cm) y en la parte baja se encontró suelos superficiales

(<20 cm). En general los suelos de la microcuenca “Quebrada Aguja” son suelos muy superficiales y en la parte media-alta se observa roca expuesta, lo cual es un indicador de erosión.

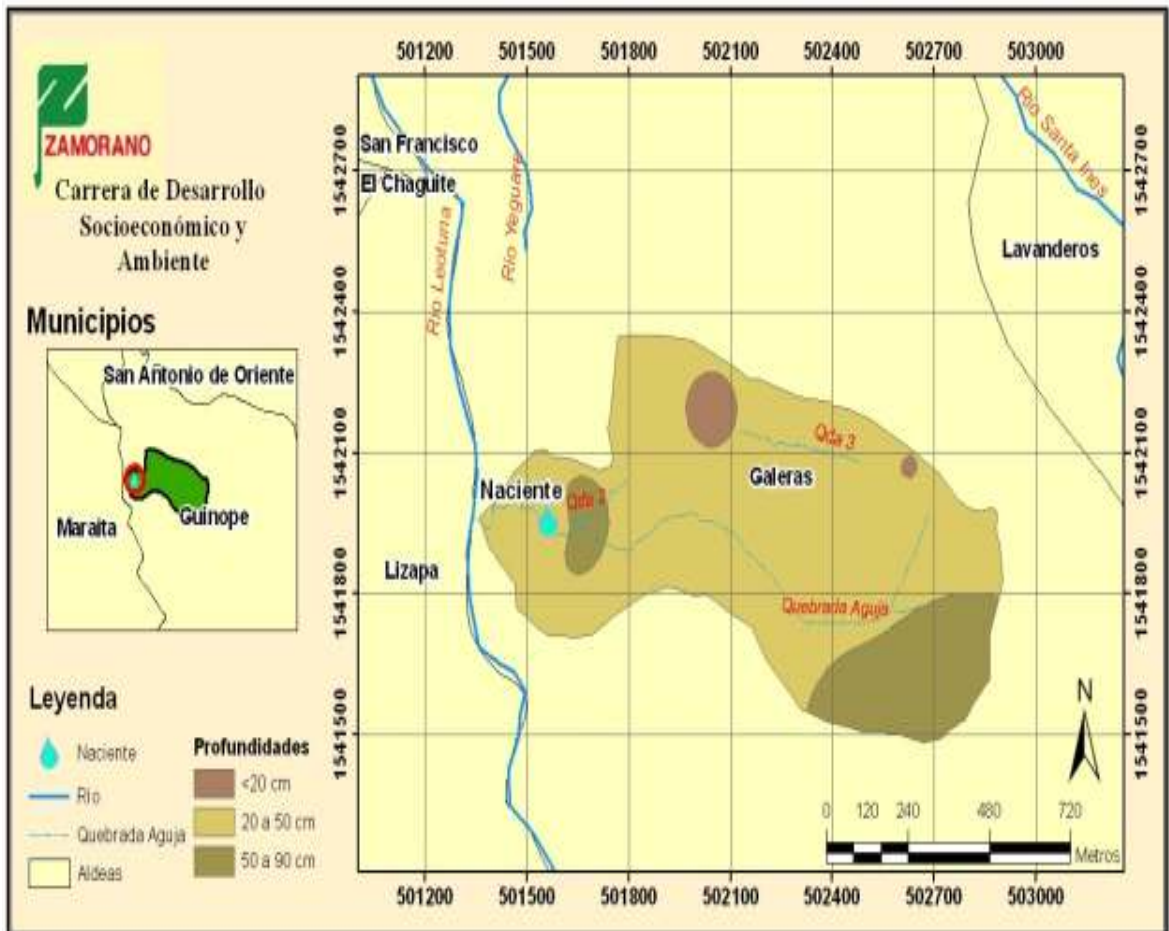


Figura 3. Mapa de profundidad de suelos microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

#### 4.1.5 Relieve

El relieve dentro de la microcuenca varía, ya que la microcuenca tiene porcentajes de pendientes (inclinación del terreno) que oscilan de 6% a 80%. En la parte baja o en la planicie aluvial antigua a los 820 m.s.n.m., donde se encuentra la zona de captación se puede encontrar una pendiente ligeramente plana de 6%. En la parte media ó terraza aluvial antigua a los 860 m.s.n.m. predominan pendientes inclinadas de 25%, En la parte media alta predominan pendientes superiores a 60%, fuertemente inclinada. En la parte alta cerca de los 975 m.s.n.m. se encuentran pendientes escarpadas hasta con 80% de inclinación, en le ápice de micro zona de recarga se encuentra una pendiente de moderadamente inclinada de 15% (Figura 4).

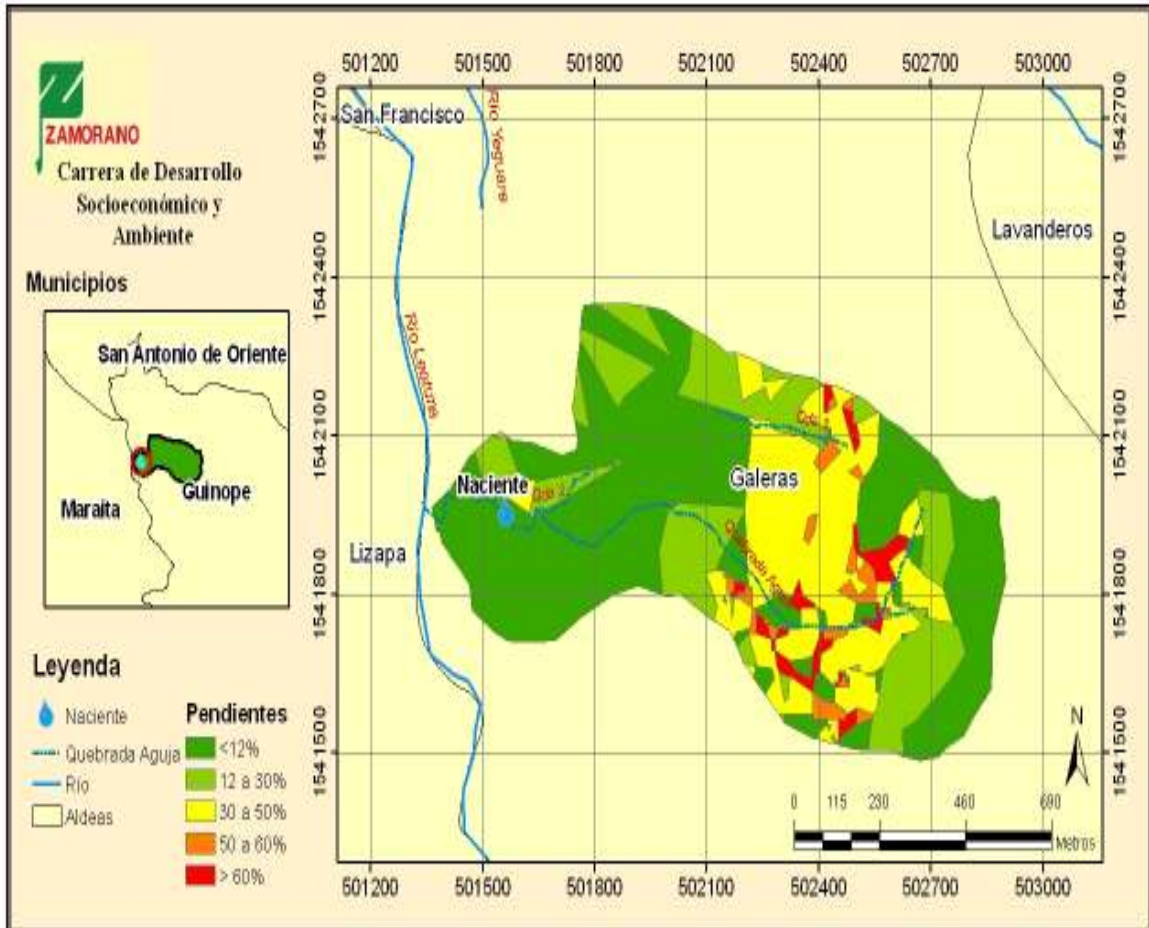


Figura 4. Mapa de pendientes microcuenca de la de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

#### 4.1.6 Uso actual del suelo

En la microcuenca se identificaron diez actividades predominantes del uso del suelo: matorrales asociados con pastos (7.3%), matorral de carbón (5.8%) cultivos de subsistencia como maíz (1.9%), frijol (0.1%), potreros (18.9%), pasto de corte (1.0%), robledales (5.2%), café bajo sombra (0.3%), bosque latifoliado alrededor de la naciente (3.6%). El uso predominante del suelo es la de cobertura de pino ralo con el (56.3%) de la superficie de la microcuenca (Figura 5 y 6).



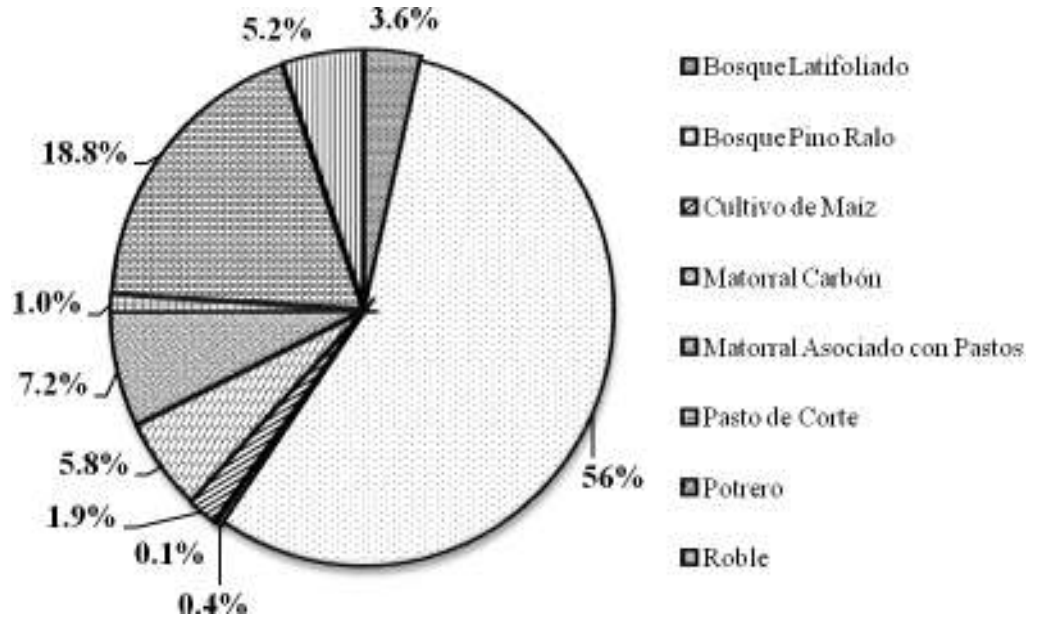


Figura 5. Porcentaje de principales usos del suelo de la microcuenca “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

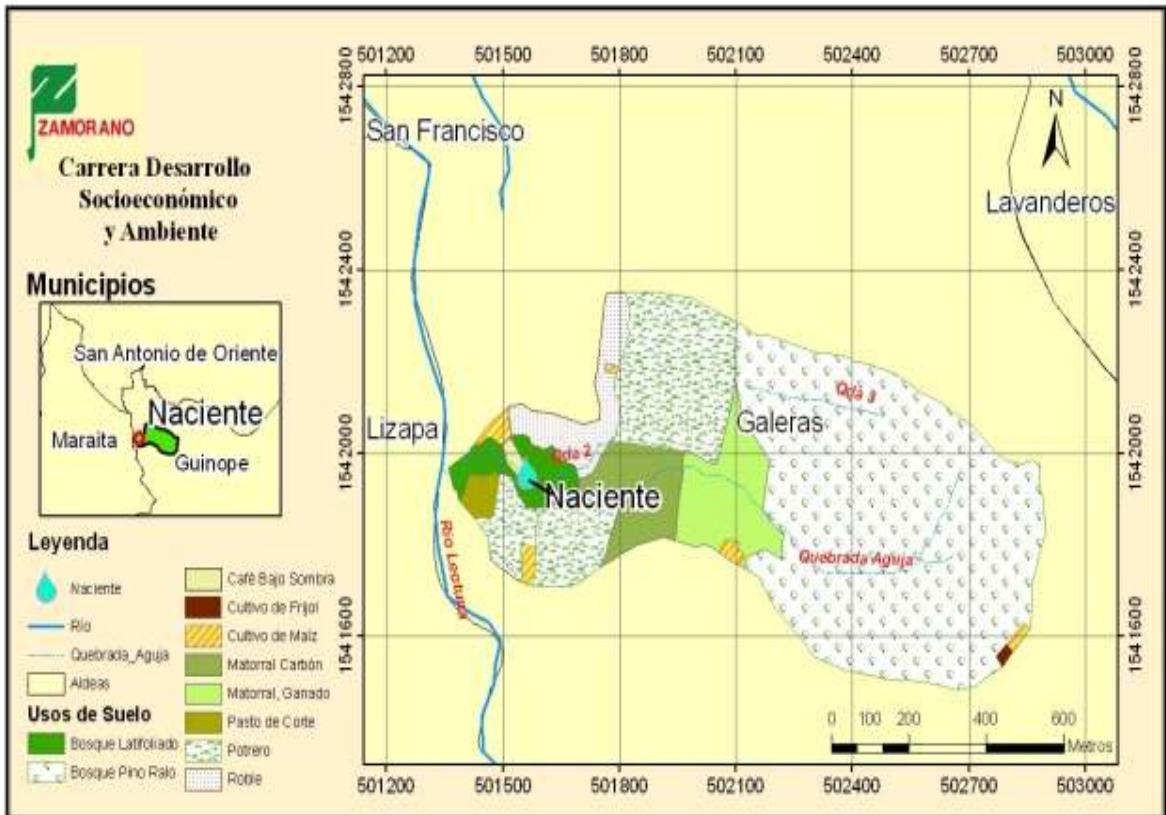


Figura 6. Mapa usos de suelo microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

#### **4.1.7 Uso potencial y de conflictos en el uso del suelo**

##### **Parte alta de la microcuenca**

Debido al estado actual de la degradación de la microcuenca y a la importancia hidrológica de la misma, sus porciones más altas deberían estar más cubiertas con bosques, preferiblemente latifoliado. A la fecha, el área está cubierta con bosques mixtos dominados por pinos y bosques secundarios.

##### **Parte media de la microcuenca**

El mayor uso del suelo de esta parte de la microcuenca es la cobertura forestal y matorrales asociados con pastos. Estas tierras son de pendientes moderadamente alta y en la mayoría de los sitios se encuentran cultivos agrícolas sin prácticas de conservación de suelo.

##### **Parte baja de la microcuenca**

Por su topografía y tipo de suelo en esta zona, se pueden realizar actividades agrícolas y pecuarias. Sin embargo aquí se encuentra la naciente que abastece a la comunidad de San Francisco, por lo que al igual que en las otras partes de la microcuenca no se debe realizar ninguna actividad de producción sin prácticas de conservación de suelo y agua.

En las tres partes de la microcuenca se deben restaurar los bosques ribereños, ya que se encuentran en muy mal estado debido a actividades agrícolas y pecuarias (Figura 7) en toda la microcuenca. Utilizando la clasificación de capacidad de uso del sistema Michaelson (1997) se identificaron los usos potenciales del suelo de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”: El C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>: Se refiere a suelos cultivables con medidas intensivas de conservación de suelos, C<sub>3</sub>: Suelos cultivables a mano con medias intensivas de conservación de suelo, P: Pastos, A/F: Árboles frutales sobre terrazas de huertos, F: Forestal; las siguientes pendientes: Plano suavemente ondulado (PSO), moderadamente ondulado (MO), fuertemente ondulado (MFO), empinado (E). Las siguientes profundidades del suelo: Muy poco profundos (MPP), poco profundos (PP), moderadamente profundos (MP), profundo (P).

Cuadro 1. Clasificación por capacidad de uso del suelo, según sistema Michaelson (1977).

Profundidades	Pendiente				
	PSO <12%	MO 12-30%	FO 30-50%	MFO. 50-60%	E >60%
50 cm - 90cm (MP)	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	A/F	F
20cm - 50 cm (PP)	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	P	F	F
<20 cm (MPP)	C <sub>1</sub> /P	P	P	F	F

Fuente: (Richter 1995). C<sub>1</sub>: Tierra cultivable con medidas extensivas de conservación de suelo, C<sub>2</sub>: Suelo cultivable con medidas intensivas de conservación de suelos, C<sub>3</sub>: Suelo cultivable a mano con medias intensivas de conservación de suelo, P: Pastos, A/F: Árboles frutales sobre terrazas de huertos, F: Forestal; las siguientes pendientes: Plano suavemente ondulado (PSO), moderadamente ondulado (MO), fuertemente ondulado (MFO), empinado (E). Las siguientes profundidades del suelo: muy poco profundos (MPP), poco profundos (PP), moderadamente profundos (MP), profundo (P).

El 40% de los suelos encontrados en la microcuenca son de clase C<sub>1</sub>, suelos con profundidades moderadas, con pendientes <12%, un 20% son de clase C<sub>3</sub> con profundidades moderadas y pendientes 30-50%, un 21% pertenecen a la clase F con suelos poco profundos y pendientes >60%, el 14 % son de clase C<sub>2</sub> suelos moderadamente profundos y pendientes de 12-30% y el 2% de clase A/F profundidad moderada y pendientes de 50-60%, el 1% es de clase P con suelos < 20 cm de profundidad y pendiente de 30-50%, (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clases según capacidad de uso del suelo, sistema Michaelson (1977).

Clases de usos	Área (ha)	Porcentaje capacidad de uso (%)
C1	30.9	40
C2	10.9	14
C3	15.6	20
C1/P	1.4	2
P	0.7	1
A/F	1.5	2
F	15.5	20
Total	76.4	100

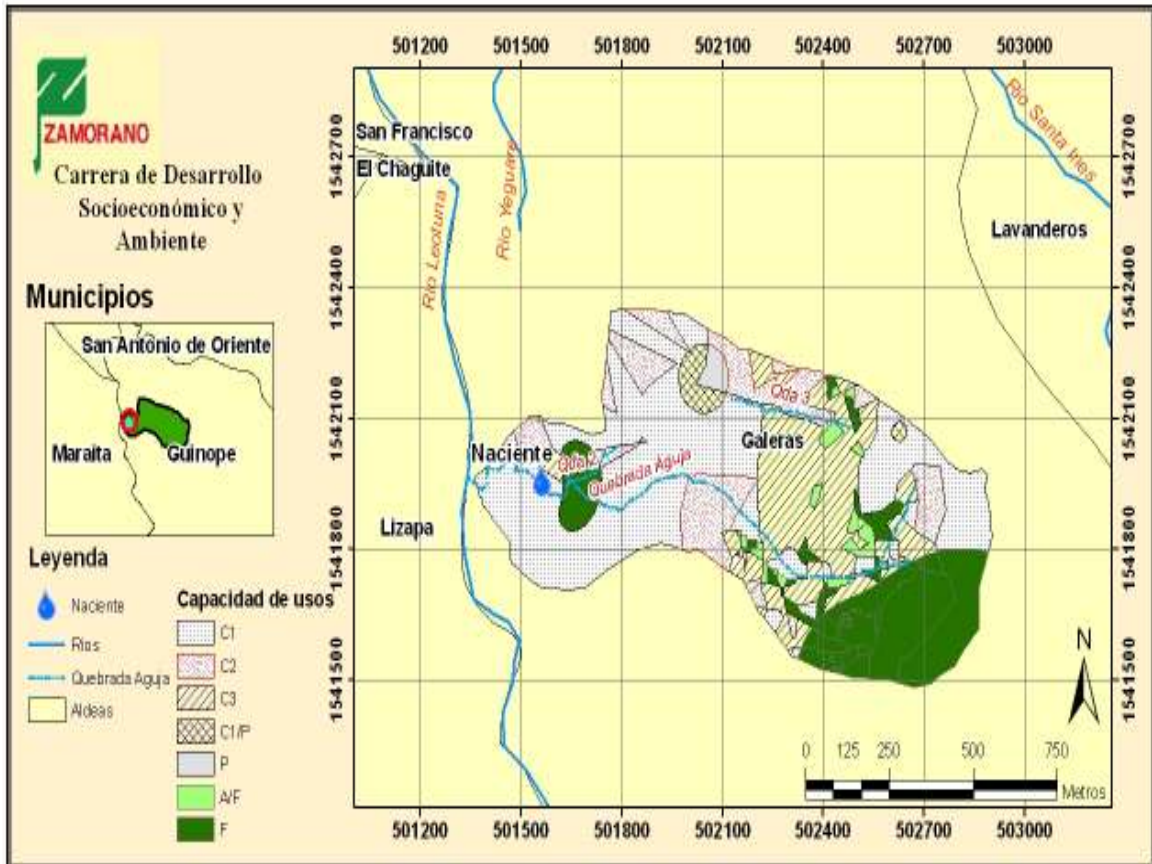


Figura 7. Mapa de capacidad de uso del suelo de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras. Según el Sistema Michaelsen (1977).

A partir de los mapas de capacidad de uso potencial y uso actual del suelo de la microcuenca, se identificó que un 50% de las tierras se encuentra en sub uso, el 30% en sobre uso por las actividades de producción agrícola y pecuaria, el 20% presenta un uso correcto de las tierras que corresponde al uso forestal (Figura 8).

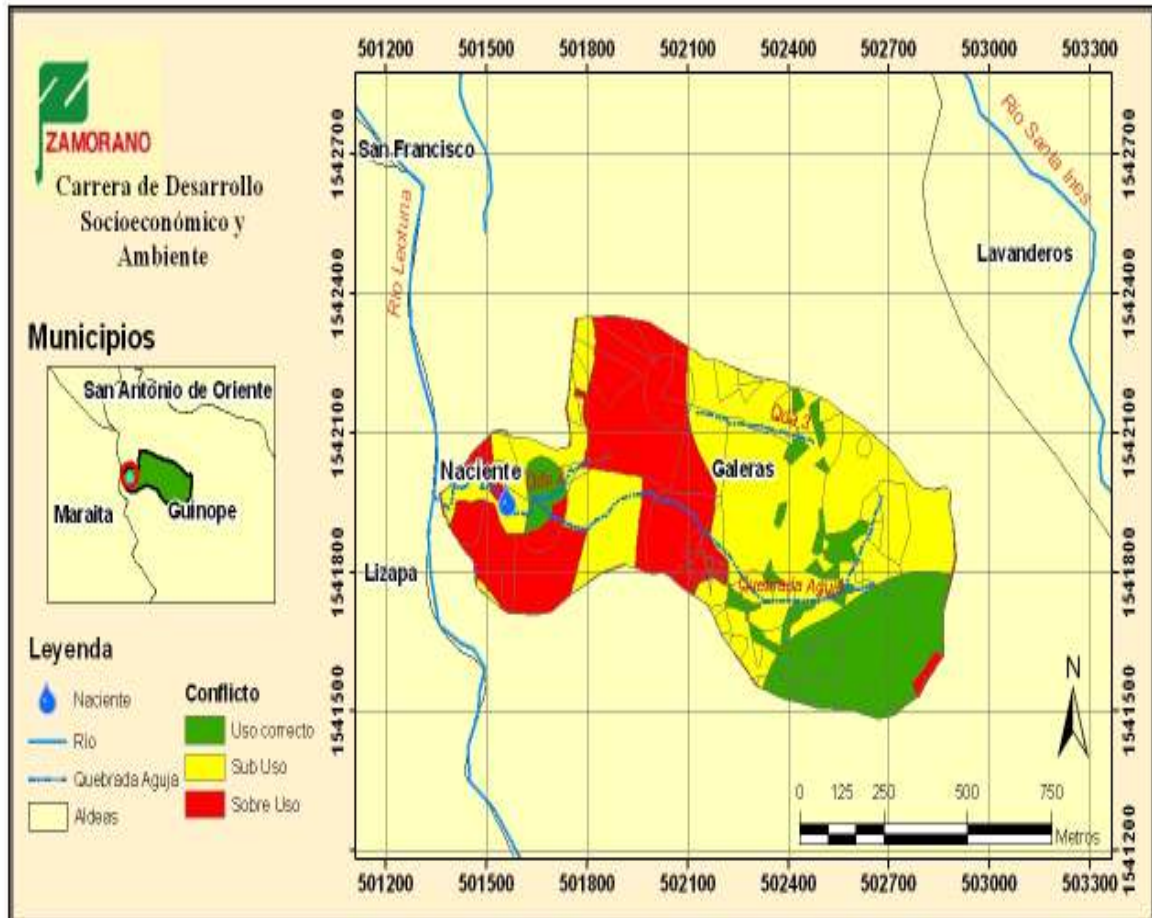


Figura 8. Mapa de conflicto de uso de suelos de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

#### 4.1.8 Zonas de vida

Desde el punto de vista ecológico se encuentran dos zonas de vida (Holdridge, 1996), los cuales se pueden observarse y clasificarse desde la parte baja de la microcuenca hasta la parte más alta (Figura 9).

1. En la parte baja se puede clasificar en bosque seco tropical, transición a subtropical, con una precipitación anual del orden de 1,091 mm y una biotemperatura media anual de 25 °C. En esta zona se encuentra la naciente que abastece a la comunidad de San Francisco la que desemboca a la Quebrada Leotuna.
2. En la parte media y alta se clasifica como bosque muy húmedo subtropical, con un rango de precipitación anual de 1000-2000 mm y una biotemperatura media anual que oscila entre 12 °C ± 18 °C. Esta es la micro zona de recarga, donde inicia la red hídrica de la microcuenca, que alimenta la naciente en la zona baja.

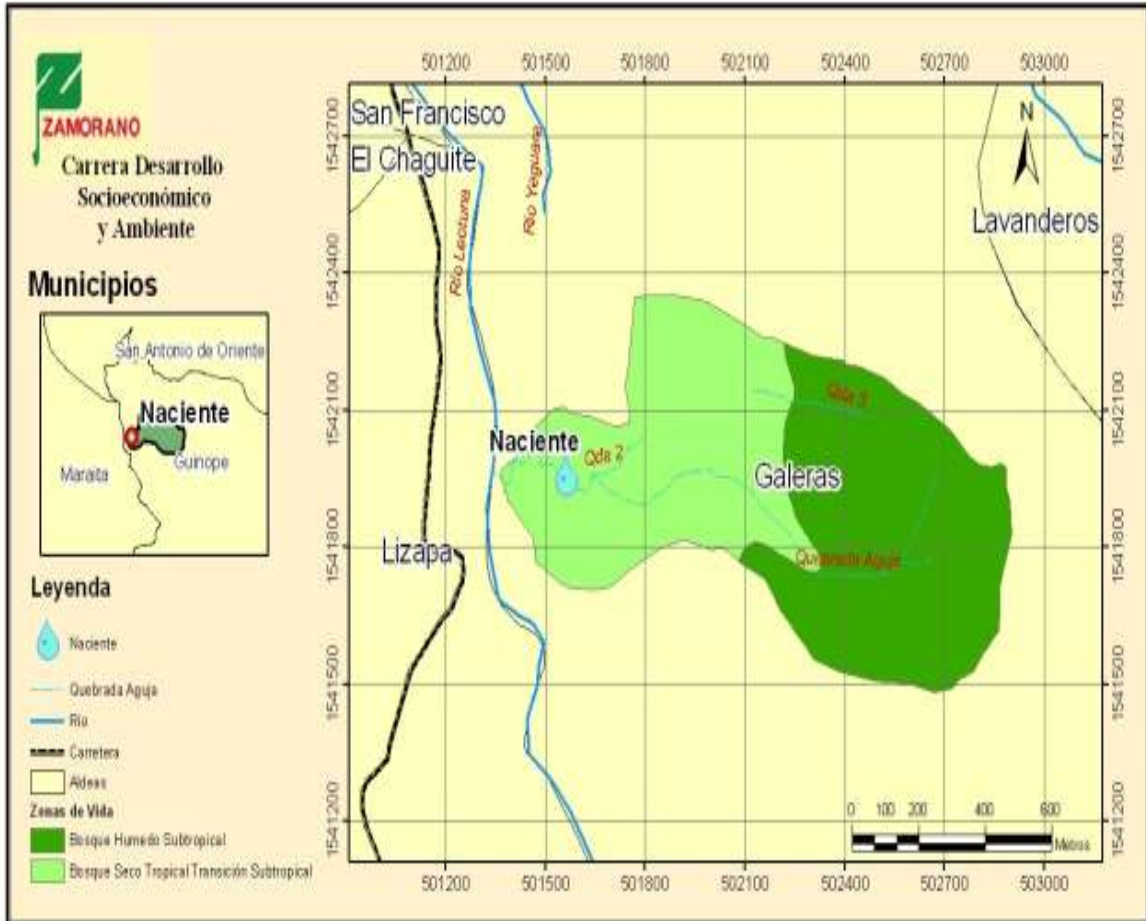


Figura 9. Zonas de vida o ecosistemas existentes en la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

#### 4.1.9 Vegetación

En la parte baja de la microcuenca, donde se encuentra la obra de captación las especies que se encontraron con mayor número de individuos fueron: Roble encino (*Quercus sp.*), roble amarillo (*Quercus segoviensis*), y laurel blanco (*Cordia alliodora*). Las demás especies encontradas dentro de la zona de captación se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Especies encontradas en la zona de captación de agua para consumo para la comunidad de San Francisco.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Cuajada
Fagaceae	<i>Quercus sp.</i>	Roble (curai)
Myrsinacia	<i>Ardisia sp</i>	Uvilla
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	jobo
Mimosaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacastes

Cuadro 3 (Continuación). Especies encontradas en la zona de captación de agua para consumo para la comunidad de San Francisco.

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Fagaceae	<i>Quercus sp.</i>	Roble encino
Fagaceae	<i>Quercus segoviensis</i>	Roble amarillo
Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysantha</i>	cortez
Simnroubaceae	<i>Simnrouba glauca</i>	negrito
Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i>	guayabito
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	jagua
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	laurel blanco
piperacea	<i>Piperaduncun</i>	
anonaceae	<i>Anonn sp.</i>	
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	caulote
Eufhorbiaceae	<i>Croton sp.</i>	quina roja
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	higuerón
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Macuelizo

Las especies recomendadas para la restauración de la microcuenca “Quebrada Aguja” y de los bosques ribereños fueron seleccionadas dependiendo del clima y del sitio (Cuadro 4). Algunas especies pueden ser utilizadas para diversos usos desde sombra para regulación del microclima de la zona hasta especies económicamente viables (Agudelo 2010).

Cuadro 4. Especies recomendadas para restaurar la micro zona de recarga y el bosque ribereño.

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Fagácea	<i>Quercus segoviensis</i>	Roble amarillo
Fagácea	<i>Quercus trichodonta</i>	Encino
Fagácea	<i>Quercus hondurensis</i>	Curtidor
Hamamelidaceae	<i>Liquidambar styrnciflua</i>	Liquidambar
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso
Cethaceae	<i>Cethra mexicana</i>	Alamo blanco
Moraceae	<i>Ficus morazanica</i>	Higo
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Macualizo
Anacardiaceae	<i>Spondini mombin</i>	jobo
Lauraceae	<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo
Verbenaceae	<i>Gmelina arborea</i>	Teca blanca
Fabaceae	<i>Uatairea lundellii</i>	Amargoso
Fabaceae	<i>Diphysa robinoidei</i>	Guachipilin
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba
Juglandaceae	<i>Juglans olanchana</i>	Nogal
Fabaceae	<i>Pterocarpus rohrii</i>	Sangre

Cuadro 4. (Continuación). Especies recomendadas para restaurar la micro zona de recarga y el bosque ribereño.

<b>Familia</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Nombre común</b>
Meliaceae	<i>Cedrela Odorata</i>	Cedro
Mimosaceae	<i>Lysilomn sp.</i>	Quebracho
Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	Jagua
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Madicado
Mimosaceae	<i>Acacia angustisima</i>	Acacia
Euphorbiaceae	<i>Sapium sp.</i>	Lechoso
Fabaceae	<i>Piscidia grandifolia</i>	Zopilota
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Florazul
Boraginacia	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel blanco
Fabaceae	<i>Dalbergia agudelsi</i>	Granadillo
Sapotaceae	<i>Pouteria zapota</i>	Zapote

#### 4.1.1 Zona de recarga

Con respecto a la microcuenca la macro zona de recarga hídrica se encuentra fuera de su límite geográfico. Esto indica que la mayor parte del agua que abastece el manantial en la parte baja se obtiene por procesos de infiltración. La zona responsable de garantizar la cantidad de agua para este proceso la constituye el sistema hídrico montañoso El Volcán. En esta cordillera, sus porciones más elevadas y frías, se encuentran enclavadas sobre los 1450 m.s.n.m. de altitud, se convierten en cinturones de condensación del ascendente vapor de agua atmosférico. En términos hidrológicos la superficie de terreno de esta montaña constituye la gran zona de recarga hídrica de importantes micro cuencas, como la Quebrada Aguja que abastece de agua a la comunidad de San Francisco. Ecológicamente, la zona de recarga corresponde a la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo subtropical, con un rango de precipitación anual de 2000 – 4000 mm y una biotemperatura media anual de 12°C±18°C (Agudelo 2010) (Figura 10).



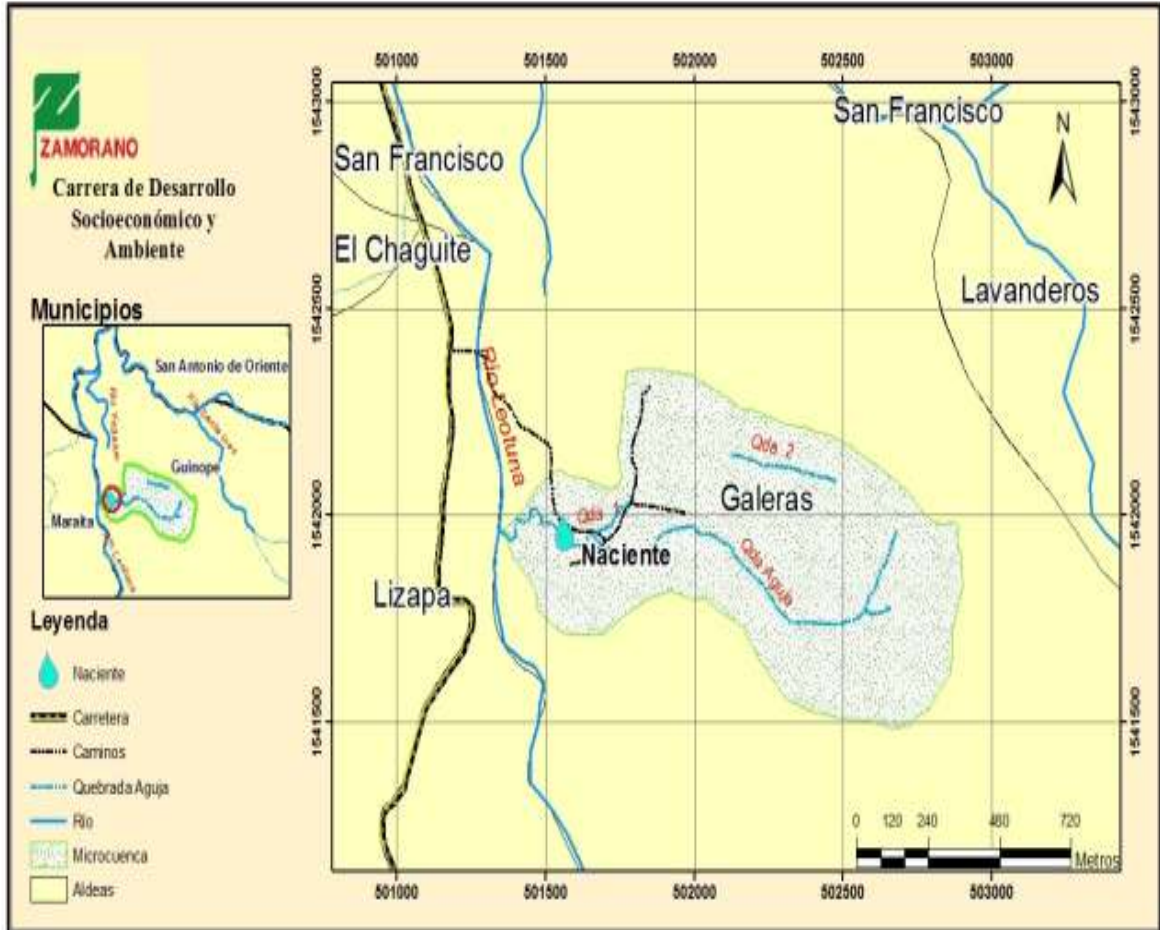


Figura 10. Mapa de red hídrica de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

## 4.2 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

La comunidad de San Francisco cuenta con una población de 1,622 habitantes, de los cuales el 25% son menores de 9 años, 23% de 10 a 19 años y 51% mayor de 20 años. Según registros del Centro de Salud de la comunidad de San Francisco, en el 2009 se registraron 20 casos de diarrea, principalmente en niños menores de cinco años. Estos casos obedecen principalmente a la mala calidad del agua que consume la población, llegando al extremo que en el año 2008 se registró una muerte por diarrea, la misma se dio en un niño menor de un año de edad.

Según datos actuales proporcionados por la junta de agua de la comunidad San Francisco, se registran que existen 260 viviendas que se abastecen del servicio de agua potable y 100 viviendas que aún no están conectados a la red de distribución del mismo, estos se abastecen de otras fuentes no registradas. El 70% de las viviendas recibe el servicio de agua potable todo el día, mientras que el 30% sólo se abastece durante la noche. Esto se debe a la presión del sistema de distribución, ya que el mismo funciona por gravedad, lo que afecta el suministro de agua en las zonas más retiradas de la toma de agua. La

comunidad cuenta con 300 pozos excavados con agua no aptos para consumo humano y 10 viviendas que cuentan con agua de tubería y de pozo propios, son pocas las viviendas que disponen con pozos adecuados para consumo. Los acuíferos se encuentran a poca profundidad, facilitando la excavación de forma tradicional, por lo que los pozos se contaminen más rápido por infiltración y por la mala infraestructura de sellado.

#### **4.2.1 Caracterización participativa de la comunidad San Francisco**

El 2 de Octubre se impartió un taller participativo con el objetivo de dar a conocer a los miembros de la comunidad de San Francisco los resultados del estudio de calidad de agua de la microcuenca “Quebrada Aguja”. Con base en la información de resultados, generar alternativas de solución a los problemas de calidad y cantidad de agua a corto y mediano plazo, enfocadas en soluciones factibles y realizables. Esto tuvo como objetivo trabajar en un plan de acción que contenga aspectos de mejora de la captación de agua y distribución, establecimiento de un plan de manejo para la microcuenca, mejorar las funciones administrativa de la junta de agua y sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de la calidad del agua, para que está formen parte de las soluciones de los problemas actuales.

Los principales problemas encontrados fueron:

- Mala calidad del agua
- Baja cantidad del agua

Las principales causas de la mala y baja calidad del agua fueron:

- Mal manejo del sistema de distribución de agua
- Deterioro de la infraestructura
- Falta de protección en la micro zona de recarga
- Mala organización administrativa
- Falta de un reglamento vigente en las organizaciones de la comunidad
- Alto crecimiento poblacional
- Falta de educación y concientización ambiental
- Falta de tratamiento del agua para consumo humano

Los principales efectos de la mala calidad del agua fueron:

- Enfermedades gastrointestinales
- Conflicto de tenencia de tierra
- Mala distribución del servicio de agua

Soluciones para los problemas de calidad y cantidad de agua:

- Mejorar la parte administrativa de junta de agua y patronato de la comunidad
- Crear una normativa interna por parte de la junta de agua
- Implementación de una estrategia de sensibilización para la comunidad
- Compra de terreno con fuentes de agua
- Evaluación de fuentes potenciales de agua en la comunidad
- Gestionar fondos

- Mejorar obra de captación de agua
- Elaborar estudio de cantidad y calidad de agua en época seca.

### 4.3 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

#### 4.3.1 Método de membrana filtrante

Los resultados del análisis bacteriológico presentaron valores altos en cada sitio muestreado con relación a la norma técnica nacional de calidad de agua de la Secretaria de Salud Pública de Honduras y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, utilizando un volumen de 100 ml de agua de muestra.

El primer análisis realizado, indica la presencia de contaminación por coliformes fecales, en todas la muestras analizadas, 4 UFC/100 ml en la naciente se detectaron, y en el canal de riego 132 UFC/100 ml. También se observaron otras bacterias coliformes, las cuales resultaron demasiadas numerosas para contar (DNC) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Primer análisis bacteriológico

<b>Muestras 23/06/2010</b>	<b>Otras Bacterias</b>	<b>Bacterias Fecales UFC/50 ml</b>	<b>Col. Fecales UFC/100 ml</b>	<b>Col. Totales UFC</b>	<b>Norma EPA UFC/100 ml</b>
M1	DNC	2	4	DNC	0
M2	DNC	10	20	DNC	0
M3	DNC	5	10	DNC	0
M4	DNC	66	132	DNC	0
M5	DNC	23	46	DNC	0

En el segundo análisis se obtuvieron resultados que indican mayor presencia de coliformes fecales que en el primer análisis. Sin embargo aunque los resultados de la naciente indicaron estar libres de coliformes fecales, lo que nos indica que el canal de agua para riego se encuentra expuesto a contaminación difusa, con resultados de 250 UFC/100 ml (Cuadro 6).

Cuadro 6. Segundo análisis bacteriológico

<b>Muestras 20/07/2010</b>	<b>Otras Bacterias</b>	<b>Col. Fecales UFC/10 ml</b>	<b>Col. Fecales UFC/100 ml</b>	<b>Col. Totales UFC</b>	<b>Norma EPA UFC/100 ml</b>
M1	DNC	0	0	DNC	0
M2	DNC	22	220	DNC	0
M3	DNC	24	240	DNC	0
M4	DNC	25	250	DNC	0
M5	DNC	10	100	DNC	0

Los resultados en el tercer análisis resaltan la mayor presencia de coliformes fecales en el canal de agua para riego y en los grifos (M4 y M5) en comparación a los primeros análisis muestreados, lo que indica que el agua sigue expuesta a contaminación difusa. Los resultados obtenidos de la muestra en la naciente indicaron no tener coliformes fecales, el mayor conteo de coliformes fecales se dio en el grifo de la Escuela Roberto Hasbun con un resultado de 330 UFC/100 ml (Cuadro 7).

Cuadro 7. Tercer análisis bacteriológico

<b>Muestras 28/08/2010</b>	<b>Otras Bacterias</b>	<b>Bacterias Fecales UFC/10 ml</b>	<b>Col. Fecales UFC/100 ml</b>	<b>Col. Totales UFC</b>	<b>Norma EPA UFC/100 ml</b>
M1	DNC	0	0	DNC	0
M2	DNC	17	170	DNC	0
M3	DNC	8	80	DNC	0
M4	DNC	32	320	DNC	0
M5	DNC	33	330	DNC	0

Los resultados de los tres análisis bacteriológicos nos indican que el agua para consumo de la comunidad de San Francisco no cumple con los parámetros establecidos por las normas de la EPA y la NTNCA de Secretaría de Salud Pública de Honduras que establece un valor máximo permisible de 0 UFC/100 ml en el caso de la EPA y 3 UFC/100 ml según la NTNCA de Honduras. De los tres análisis realizados, la naciente registró el menor número de UFC de coliformes fecales con un total de 4 UFC/100 ml, mientras que las demás muestras la incidencia de UFC de coliformes fecales fue mayor llegando a registrar 330 UFC/ 100 ml, tomada en la Escuela de la comunidad Roberto Hasbun. En la Figura 11 se muestra las cantidades de UFC de coliformes fecales y coliformes totales entre los tres análisis realizados, resultando el tercer análisis con el mayor conteo de UFC de coliformes fecales.

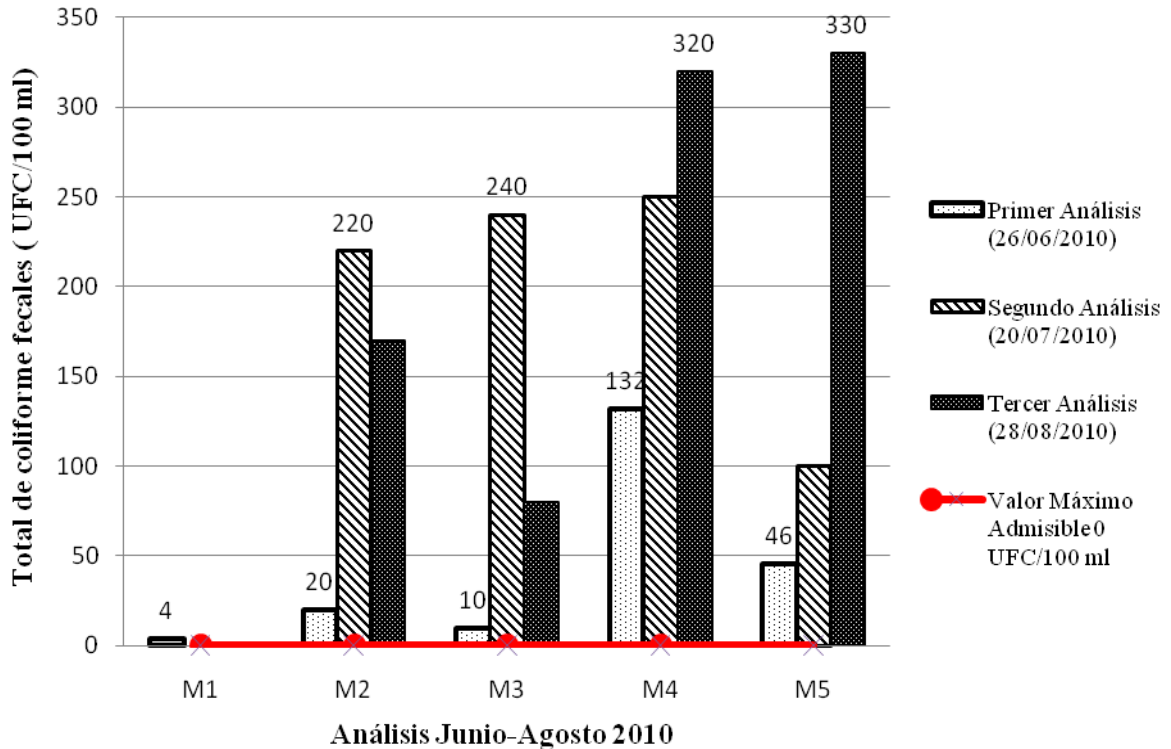


Figura 11. Resultados de los análisis bacteriológicos.

Los análisis bacteriológicos se realizaron durante el período de lluvia más crítico (precipitación constante con alta intensidad, principalmente en el mes de agosto). Dada las condiciones climáticas durante esta época, se asume la incidencia de bacterias es mayor por fuentes de contaminación difusa.

#### 4.3.2 Método de petrifilm

Los resultados del análisis bacteriológico con placa petrifilm mostraron poca incidencia de bacterias en la naciente y en medio de la toma de agua, no se encontraron coliformes fecales (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis bacteriológico por placas petrifilm.

Muestras 23/06/2010	Otras Bacterias	Coliformes Fecales UFC/1 ml	Coliformes Totales UFC/1 ml	Norma EPA UFC/100 ml
M1	6	0	6	0
M2	21	0	21	0
M3	18	1	19	0
M4	22	1	23	0
M5	17	1	18	0

#### 4.4 ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS

Los resultados obtenidos en todos los análisis de pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, en las cuatro muestras analizadas, tuvieron valores aceptables según las normas establecidas por NTNCA, EPA y PNUMA (Cuadros 9,10 y 11).

Cuadro 9. Primer análisis de parámetros físico-químicos

Parámetros	Unidades	Muestra				NTNCA
		M1	M2	M3	M4	
pH	pH	6.4	7.3	6.4	6.5	6.5-8.5
Temperatura	°C	26.9	27.0	27.3	26.6	18-30
Conductividad eléctrica	μs	79.9	84.7	86.2	91.9	400
Oxígeno disuelto	mg/L	4.0	3.9	3.9	4.7	8

Cuadro 10. Segundo análisis de parámetros físico-químicos

Parámetro	Unidades	Muestra				NTNCA
		M1	M2	M3	M4	
pH	pH	6.5	6.4	6.5	6.5	6.5-8.5
Temperatura	°C	27.3	27.5	27.5	27.0	18-30
Conductividad eléctrica	μs	82.0	86.9	88.5	88.2	400
Oxígeno disuelto	mg/L	4.6	3.9	4.3	4.9	8

Cuadro 11. Tercer análisis de parámetros físico-químicos

Parámetro	Unidades	Muestra				NTNCA
		M1	M2	M3	M4	
pH	pH	6.7	6.6	6.5	6.9	6.5-8.5
Temperatura	°C	26.9	27.0	27.0	24.2	18-30
Conductividad eléctrica	μs	82.4	90.6	91.6	64.9	400
Oxígeno disuelto	mg/L	1.9	2.1	2.1	3.6	8

#### 4.5 ANÁLISIS DE FOSFATOS Y NITRATOS

Para los análisis de nitratos se utilizó la norma establecida por la EPA, y para los análisis de fosfatos la norma establecida por PNUMA.

El primer análisis de fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) en la naciente presentó un valor de 1.58 mg/L lo cual está fuera del rango según la norma establecida por PNUMA (valor máximo permisible de fosfato 1 mg/L) las demás análisis de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) estuvieron dentro del rango recomendado por PNUMA y NTNCA (Cuadro 12).

Cuadro 12. Resultados de los análisis de nitratos y fosfatos

Análisis	Parámetros	Unidades	Muestras					Norma
			M1	M2	M3	M4	M5	EPA/PNUMA
A 1	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	1.6	0.8	0.7	0.8	0.7	1
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	1.3	1.5	1.2	1.0	1.1	50
A 2	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	0.8	0.8	0.8	0.6	0.7	1
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0.7	0.9	0.8	1.0	0.8	50
A 3	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	0.8	0.7	0.8	0.4	0.7	1
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0.6	1.0	0.8	0.6	0.8	50

#### 4.6 PRUEBA DE DEMANDA DE CLORO (Cl<sub>2</sub>)

Los resultados de la prueba muestra que a los 30 minutos encontramos Cl<sub>2</sub> residual de 1.5 mg/L, a los 60 minutos Cl<sub>2</sub> residual de 1.5 mg/L y a los 90 minutos Cl<sub>2</sub> residual de 1.3 mg/L. Esto indica que una gota de Cl<sub>2</sub> aplicada en un volumen de 1 litro de agua de la muestra es suficiente para eliminar la presencia de todo microorganismo patógeno presente en dicha agua. La NTNCA recomienda Cl<sub>2</sub> residual de 0.5 mg/L y un máximo de 5 mg/L (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resultados de los análisis de demanda de cloro

Dosis/L	Pruebas	Unidades	Demanda de cloro Cl <sub>2</sub>			NTNCA
			Tiempo hora			
			30min.	60 min.	90 min.	
1 Gota	Cl residual	mg/L	1.5	1.5	1.3	0.5
	Cl total	mg/L	1.8	1.8	1.5	0.5
2 Gotas	Cl residual	mg/L	3.5	3.5>	3.5>	0.5
	Cl total	mg/L	3.5>	3.5>	3.5>	0.5

#### 4.7 ANÁLISIS DE TURBIDEZ

Según los dos análisis de turbidez realizadas en los cinco muestreos, los resultados indican valores que no cumplen el máximo permisible de la NTNCA de 5 UNT. En el primer análisis los valores más altos se obtuvieron en las muestras M2, M4 y M5, en el segundo análisis se obtuvieron valores altos en las muestras M1, M4 y M5 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Resultados de los análisis de turbidez

Análisis	Unidades	Muestras					NTNCA
		M1	M2	M3	M4	M5	
A 1	UNT	31.7	29.7	27.8	29.6	28.9	5
A 2	UNT	43.1	36.8	35.7	48.3	72.6	5

## 4.8 AFOROS

Se usaron tres métodos para la medición de caudal, dos se utilizaron para riego y uno para consumo. Esto se realizó con el objetivo de obtener resultados más representativos o comparar los datos y adquirir así una mejor validez en el método utilizado.

### 4.8.1 Método volumétrico

Este método se utilizó para obtener el caudal del agua para consumo de la comunidad de San Francisco. Se obtuvo un caudal promedio de 5.9 L/s teniendo en cuenta que es época de lluvia, lo cual suple la demanda de la población durante los meses de época lluviosa (Cuadro 15).

Cuadro 15. Caudal total para consumo

Fecha	Volumen L	Tiempo s	Caudal L/s
Junio 2010	6.00	1.07	5.60
Julio 2010	14.00	2.36	5.90
Agosto 2010	14.00	2.27	6.20

### 4.8.2 Método del correntómetro

Con este método el caudal resultante para riego fue de 7.02 L/s en época lluviosa. Este caudal es superior al caudal promedio obtenido para consumo de la comunidad de San Francisco (Cuadro 16).

Cuadro 16. Caudal total para riego

Fecha	Promedio v (m/s)	Área (m <sup>2</sup> )	Q1 (m <sup>3</sup> /s)	Q final (L/s)
Agosto 2010	0.78	0.01	0.01	7.02

### 4.8.3 Método del objeto flotante

Con este método se obtuvo un caudal para riego de 6.5 L/s siendo menos en comparación con el método de correntómetro que es un método más exacto (Cuadro 17).

Cuadro 17. Caudal total para riego

Fecha	Promedio tiempo (s)	Área (m <sup>2</sup> )	largo del canal	Q1 (m <sup>3</sup> /s)	Q final (L/s)
Agosto 2010	6.2	0.01	4.00	0.0065	6.5



#### 4.8.4 Demanda de agua

La comunidad de San Francisco tiene una población de 1,622 habitantes en el año 2010, asumiendo que toda la población se beneficia del servicio de agua potable con una dotación de 100 Lppd. La demanda de agua actual de la comunidad es de 1.9 L/s por persona y para el año 2030 se calcula una población de 5,202 habitantes, con una demanda de agua de 6.0 L/s. El manantial (naciente) en la actualidad registra un caudal promedio de 5.9 L/s según los resultados obtenidos durante la época de lluvia, sin embargo no se cuenta con registros de caudal en época seca. Sobreestimando la tasa de crecimiento poblacional, siendo la misma de 6 % según los registros del Centro de Salud, recomendados por Instituto Nacional Estadístico (INE), los resultados indican que la fuente de agua actual en los próximos 20 años suplirá la demanda de la población en crecimiento, considerando sólo los datos de caudal de la época lluviosa (Cuadro 18).

Cuadro 18. Demanda actual y futura de agua para consumo de la comunidad San Francisco.

<b>Población actual 2010</b>	<b>Demanda actual (L/s)</b>	<b>Población futura 2030</b>	<b>Demanda futura (L/s)</b>
1622	1.9	5,202	6.0

#### 4.8.5 Variables de consumo

La comunidad de San Francisco con una población para el año 2030 de 5,202 habitantes y una dotación de 100 Lppd, registrará una variación de consumo diario anual de 6.0 L/s, un consumo máximo diario de 7.8 L/s, un consumo máximo horario de 12.0 L/s y un caudal de bombeo de 15.7 L/s. Estos datos fueron obtenidos en la época de lluvia (Cuadro 19).

Cuadro 19. Variables de consumo de agua de la comunidad de San Francisco.

<b>Consumo</b>	<b>Consumo promedio diario anual (Qp)</b>	<b>Consumo máximo diario (Qmd)</b>	<b>Consumo máximo horario (Qmh)</b>	<b>Caudal de bombeo (Qb)</b>
Caudal L/s	6.0	7.8	12.0	15.7

## 4.9 DISCUSIÓN GENERAL

Las actividades humanas aguas arriba, principalmente por actividades agrícolas y pecuarias repercuten en el estado natural de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”. Las características propias de los suelos de la zona facilitan su deterioro, principalmente en la zona media y alta de la microcuenca, siendo estos pocos profundos y con pendientes que facilitan su erosión. Las prácticas agrícolas sin conservación aceleran este proceso. La degradación de los recursos forestales junto con la erosión y el mal estado de los bosques ribereños influyen en la producción y calidad del agua. Anbumozhi *et al.* (2005) señala que la contaminación del agua se debe a las actividades humanas como la agricultura y que las zonas ribereñas son un reflejo de la salud de la cuenca, por lo que los bosques ribereños son importantes para la mejora de la calidad del agua.

La ecología de la microcuenca varía según la altitud. A los 950 m.s.n.m. se encuentra un bosque muy húmedo subtropical y a los 820 m.s.n.m. un bosque seco tropical, transición a subtropical. La vegetación también varía según las zonas de vidas, encontrando en la parte alta especies adaptadas a pendientes escarpadas, suelos superficiales, vientos más extremos y lluvias más intensas. En la parte baja se encuentran especies de climas más secos, pendientes moderadas y pocos onduladas y suelos moderadamente y pocos profundos. En toda la microcuenca se observaron procesos acelerados de degradación de los recursos naturales y amenazas a la biodiversidad.

El suelo en la microcuenca está muy expuesto a erosión hídrica y eólica debido a las malas prácticas de conservación de agua y suelo de los campesinos al utilizar las tierras. Los suelos son muy superficiales y con una textura de arcillosa predominante lo que facilita la erosión de estos, hasta llegar al extremo de encontrar roca expuesta en la intemperie. La erosión hídrica disminuye la fertilidad de los suelos y puede propiciar el desarrollo de cárcavas, deslizamiento de la tierra y una desertificación total del suelo, pero si se establecen coberturas de bosques y se siembran cultivos en contorno con barreras vivas se crean condiciones más favorables para infiltración y retención de sedimentos (FAO 2000).

La comunidad de San Francisco en los últimos diez años, ha tenido una fuerte tasa de crecimiento debido a muchos aspectos socioeconómicos, como ser la cercanía a la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano y a ciudades importantes como Tegucigalpa, que sirve como un mercado meta para los productores de granos básicos y ganaderos de la zona. Este crecimiento aumenta la demanda del agua de la comunidad, dificultando el abastecimiento del agua, lo que genera problemas sociales por la falta de acceso a un servicio de buena calidad.

La problemática del recurso agua es una realidad en muchos países a nivel mundial. En todo el mundo se presentan graves problemas de oferta y demanda de agua, debido al rápido crecimiento económico de las poblaciones, y la contaminación y aumento de la demanda de agua por las industrias, dando lugar a conflictos por el agua entre las industrias y la agricultura, las zonas urbanas y rurales (Liu y Speed 2009).

La ubicación de la microcuenca de la “Quebrada Aguja” genera conflictos de tenencia de tierras, porque la naciente que abastecen la comunidad de San Francisco se encuentra en terrenos privados, lo que dificulta el manejo de la toma de agua que abastece la comunidad, al no tener el control sobre el uso de las tierras aguas arriba de la microcuenca. La comunidad en busca de remediar sus necesidades hídricas, solicita acceso a fuentes de agua de comunidades vecinas, creando descontentos entre las partes interesadas en el recurso.

La calidad del agua de la toma de agua que abastece la comunidad de San Francisco presenta indicadores de contaminación fecal. De los tres análisis realizados en los cinco lugares muestreados, la naciente presentó la menor incidencia de coliformes fecales con un valor de 4 UFC/100 ml. En las demás muestras la incidencia de UFC de coliformes fecales fue mayor, llegando a registrar 330 UFC/100 ml de agua de la muestra tomada en la Escuela de la comunidad Roberto Hasbun. Las muestras tomadas del canal para riego presentan valores de 320 UFC/100 ml, que sobrepasan la norma de la EPA de 0/100 ml. Los coliformes fecales son indicadores para evaluar la calidad del agua potable, indicando la presencia de contaminación por el contacto de excretas de organismo de sangre caliente, y por ende la posible presencia de patógenos (OPS/OMS 1988).

El uso de una gota de cloro en 1 litro de agua de muestra es suficiente para garantizar la ausencia de bacterias después de 90 minutos con un valor de cloro residual de 1.3 mg/L, que es mayor al valor máximo permisible de 0.5 mg/L según la norma EPA. El agua de la naciente puede ser tratada con cloro ( $\text{Cl}_2$ ), previniendo así enfermedades bacteriológicas transmitidas por el agua como ser la diarrea. El Centro de Salud de la comunidad registró 20 casos de diarreas el 2009 principalmente en niños menores de cinco años, debido a la falta de tratamiento del agua. La OPS/OMS (1988) indica que las enfermedades diarreicas son devastadoras en infantes y niños, la misma causa la muerte de 10 a 20 millones de niños anualmente, principalmente en los países en vías de desarrollo.

Los parámetros físicos medidos *in situ* (conductividad eléctrica, pH, oxígeno disueltos, temperatura y turbidez), resultaron en valores aceptables para el consumo humano, a excepción de la turbidez con valores superiores a 5 UNT según la norma de la EPA. Los parámetros químicos de  $\text{PO}_4^{3-}$  y  $\text{NO}_3^-$  resultaron estar por debajo de la norma de EPA y PNUMA, lo que indica que la fuente de agua en la actualidad no recibe fuertes descargas de dichos compuestos provenientes de las actividades antropogénicas aguas arriba de la naciente, pero esto no quiere decir que la naciente no peligre de ser contaminada, puesto la ubicación y diseño de la obra de captación de agua para consumo es propensa a dichos compuestos contaminantes.

La Comunidad de San Francisco cuenta con una oferta de agua de consumo de 5.9 L/s, que satisface la demanda actual de 1.9 L/s. En los próximos 20 años se calcula una demanda de 6.0 L/s, sobreestimando el crecimiento de la población a una tasa de 6%. Lo anterior indica que la comunidad de San Francisco cuenta con agua para el abastecimiento de toda la población según la información obtenida en la época de lluvia. En la actualidad la oferta de agua para riego de 6.5 L/s es superior a la de consumo, dicha oferta es proveniente de la quebrada aledaña a la naciente que abastece la comunidad.

En conjunto con los miembros dirigentes de la comunidad durante un taller se identificaron los principales problemas, causas, efectos y posibles soluciones. Es muy importante involucrar a la comunidad en la generación de ideas y toma de decisiones porque son ellos los protagonistas. Para tratar dichos problemas identificados es necesario mejorar la estructura administrativa actual y crear normas internas a nivel de patronato y junta de agua, para optar una gestión de fondo que le permita realizar mejoras al sistema de abastecimiento del agua de toda la comunidad (FAO 2002).

## 5. CONCLUSIONES

- El agua de la microcuenca de la “Quebrada Aguja” no es apta para el consumo debido a la presencia de indicadores de contaminación fecal. Se identificaron fuentes mayormente no puntuales de contaminación derivadas de los asentamientos humanos y actividades productivas aguas-arriba de la obra de captación estudiada.
- La infraestructura de captación se encuentra deteriorada y permite que el agua entre en contacto con múltiples fuentes contaminantes adyacentes. Los resultados demuestran diferencias sustanciales entre la calidad bacteriológica de la naciente y el agua servida a la población.
- Los suelos de la microcuenca son muy superficiales y moderadamente profundos, presentando profundidades entre 4.5 cm a 70 cm, con texturas finas predominantes, pendientes entre 6% a 80% y cultivos agrícolas sin prácticas de conservación de agua y suelos. Estas condiciones propician la erosión del suelo y el arrastre de sedimentos en la época de lluvia, afectando así la calidad de agua de la fuente.
- La oferta de agua para consumo de la comunidad de San Francisco es de aproximadamente 5.9 L/s durante el período de estudio, lo cual cubre en su totalidad la demanda actual de la población de 1.9 L/s y la demanda proyectada a 20 años de 6.0 L/s. Estas proyecciones asumen una oferta constante y un tratamiento posterior del agua.
- Condiciones de tenencia de tierra desfavorecen el manejo de los recursos naturales en la microcuenca de la “Quebrada Aguja”. La falta de control sobre terrenos privados aledaños a las fuentes de agua por parte de la comunidad obstaculiza el control sobre los recursos e influye en la calidad y cantidad de agua a futuro.

## 6. RECOMENDACIONES

- Construir una caja de captación que proteja la naciente de posibles contaminantes fecales, con el objetivo de mejorar la calidad del agua para consumo en la comunidad de San Francisco.
- Implementar alcantarillados o filtro francés, con el objetivo de disminuir la carga de sedimentos y de micro organismos arrastrados desde aguas arriba de la microcuenca durante la época de lluvia.
- Clorar el agua dentro en las viviendas como solución a corto plazo o buscar otras alternativas con el objetivo de lograr una desinfección y garantizar el mejoramiento de la calidad del agua. Además, se recomienda construir un tanque a mediano plazo para clorar el agua, antes de ser distribuida a la comunidad.
- Zamorano como institución de educación, debe proporcionarle capacitación a la comunidad de San Francisco, principalmente a los grupos claves, acerca de cómo realizar aforos, estimar demanda de agua y reforestar los bosques ribereños y la micro-zona de recarga de la microcuenca, para que sean ellos los principales agentes de cambios.
- Fortalecer administrativamente a la junta de agua y al patronato municipal para que haya un mejor control interno, lo cual permitiría una buena organización para gestionar fondos a otras instituciones y organismos no gubernamentales que les apoyen de forma técnica y financiera.
- Proteger y respetar el área de los bosques ribereños a la fuente, tal y como lo dicta la Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre de la República de Honduras: 150 metros en afluentes permanentes o con una pendiente de mayor al treinta por ciento (30%) y 50 metros para afluentes intermitentes o con una pendiente menor del treinta por ciento (30%) de longitud.
- Implementar SAF (sistema agroforestales), por lo que se debe de reforestar toda la micro-zona de recarga, con especies nativas, de alto valor económico y de hoja ancha, con el objetivo de obtener una mejor calidad y cantidad de agua en época de lluvia. De esta manera se mejoraría las condiciones del suelo principalmente en la parte alta.
- Realizar prácticas de conservación de suelo y agua, para aumentar externalidades positivas como la disponibilidad de agua en época seca y minimizar externalidades negativas para reducir escorrentía superficial, por ende sedimentación y contaminación aguas abajo.

- Construir abrevaderos para el ganado vacuno y cercas vivas como banco de proteínas para alimento de ganado, con el objetivo de no contaminar la fuente de agua y disminuir el uso de tierras destinadas a siembra de pasto de forraje en la época seca.
- La población debe tomar la iniciativa para realizar las gestiones para declarar la microcuenca como zona de producción de agua y garantizar su protección. Esto evitará que las actividades antropogénicas sigan degradando los recursos aguas arribas y en la parte media de la microcuenca. Al declararse como área protegida facilitará a la comunidad una mejor administración y manejo de los recursos.
- Realizar un estudio similar en época seca ya que es el escenario más crítico por falta de lluvias. Esto es ideal para recolectar datos de calidad y cantidad para estimación de demanda de agua a futuro.

## 7. LITERATURA CITADA

Aguirre, M; Torres, H y Ruiz, R. 2009. Manual de procedimientos para la delimitación y codificación de cuencas hidrográficas del Perú (en línea). Consultado el 24 de mayo de 2010. Disponible en:

[http://www.regiontacna.gob.pe/pagina/documentos/2009/recursosnaturales/diplomado\\_ot/delimitacion\\_y\\_codificacion\\_cuencas.pdf](http://www.regiontacna.gob.pe/pagina/documentos/2009/recursosnaturales/diplomado_ot/delimitacion_y_codificacion_cuencas.pdf)

Anbumozhi, V; Radhakrishnan J y Yamaji, E. 2005. Impact of riparian buffer zones on water quality and associated management considerations. Impact of riparian forest land use on stream water quality in selected watersheds of India and Indonesia. Ecological engineering. Volumen 24. 7p.

Chevalier, JM. 2006. SAS2 1.0: Problem tree, in Social Analysis Systems2 1.0 (on line). Consultado el 02 de octubre de 2010. Disponible en:

[http://www.sas2.net/documents/tools/techniques/problem\\_tree.pdf](http://www.sas2.net/documents/tools/techniques/problem_tree.pdf)

Chris, J. 2002. Watershed health monitoring. Emerging technologies. Lewis publishers. 226 p.

ENDESA (Encuesta Nacional de Demografía y Salud). 2006. Tegucigalpa, Honduras: SS, INE y Macro International. 363p.

EPA (Environmental Protection Agency US). 2009. Drinking water contaminants (On line). Consultado el 19 de septiembre de 2010. Disponible en:

<http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm>

EPA (Environmental Protection Agency US). 1986. Drinking water contaminants. Quality criteria for water. Consultado el 24 de septiembre de 2010. 477p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. El agua es una responsabilidad Compartida; “2do informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de recursos hídricos en el mundo. 531p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1998. Gestión de la calidad de agua y control de contaminación en América Latina y el Caribe. 13p.



FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1997. Boletín de medición sobre el terreno de la erosión de la tierra y de la escorrentía. Capítulo 4. Consultado 19 de octubre de 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm#TopOfPage>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. 234p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002. Relación tierra-agua en cuencas hidrográficas rurales. 102p.

Faustino, J. 1996. Gestión ambiental para el manejo de cuencas municipales. CATIE (Centro Agronómico de Tropical de Investigación y Enseñanza). 2002. 137p.

Heathcote, US. 1998. Integrated watershed management. Principles and practice. US. 414p.

Hernandez, E. 1997. XI congreso forestal mundial. Estrategias para el fortalecimiento del manejo de cuencas hidrográficas de montañas tropicales. Las cuencas hidrográficas de montañas tropicales. Volumen 3. Tema 9 (en línea). Consultado 18 de septiembre de 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/docrep/wfcxi/PUBLI/V2/T9S/1-2.HTM#TOP>

Holdridge, RL. 1996. Citado por IICA. 2000. Ecología basada en zonas de vida. Costa Rica. 216p.

IICA-Costa Rica. 1999. Importancia de la cuenca. El agua y las cuencas (en línea). San José, CR. Consultado el 13 de septiembre de 2010. Disponible en: [http://books.google.hn/books?hl=en&lr=&id=sagaaaaayaaj&oi=fnd&pg=pp3&dq=importancia+de+las+cuencas&ots=k0tyfstwgj&sig=o5htwcd9zqt2ongtmmwnw\\_7q\\_i#v=onepage&q&f=false](http://books.google.hn/books?hl=en&lr=&id=sagaaaaayaaj&oi=fnd&pg=pp3&dq=importancia+de+las+cuencas&ots=k0tyfstwgj&sig=o5htwcd9zqt2ongtmmwnw_7q_i#v=onepage&q&f=false)

Industrias 3M. 2006. Placa petrifilm coliforme (en línea). Consultado el 14 de agosto de 2010. Disponible en: [http://www3.3m.com/catalog/mx/es003/healthcare/-/node\\_GSTHF9ZHL3gs/root\\_LWWC5GZSGWgv/vroot\\_VS645F3J10ge/bgel\\_XH8F60G5LSbl/gvel\\_W6GCDR6PVRgl/theme\\_mx\\_es\\_healthcare\\_3\\_0/command\\_LongDescOutlinkHandler/output\\_html](http://www3.3m.com/catalog/mx/es003/healthcare/-/node_GSTHF9ZHL3gs/root_LWWC5GZSGWgv/vroot_VS645F3J10ge/bgel_XH8F60G5LSbl/gvel_W6GCDR6PVRgl/theme_mx_es_healthcare_3_0/command_LongDescOutlinkHandler/output_html)

Liu, B; Speed, R. 2009. Water resources management in the people's republic of china. International journal of water resources development. Volumen 25, número 2. 15p.

McLeese, US. 2009. NRCS. Illinois suite of maps. Citado por la USDA. Consultado el 17 de septiembre de 2010. Disponible en: [http://www.il.nrcs.usda.gov/technical/soils/Suite\\_Maps.html](http://www.il.nrcs.usda.gov/technical/soils/Suite_Maps.html)

Montes de Oca, J. 2009. Diagnóstico de la calidad de agua en pozos excavados de tres comunidades del Valle del Yeguaré, Honduras. Discusión. Tesis Ing. Valle de Yeguaré, Honduras. EAP, Zamorano. 32p.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2003. Documento de referencia para la elaboración de las guías de la OMS para la calidad del agua potable. Sustancias químicas (en línea). Consultado el 15 de septiembre de 2010; Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_8.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_8.pdf)

OMS/OPS (Organización Mundial de la Salud/ Organización Panamericana de la Salud). 1988. Agua y Salud Humana. Enfermedades transmitidas a través del agua. Enfermedades diarreicas. 231p.

OPS (Organización Panamericana de la Salud). 2006. Criterios básicos para la implementación de sistemas de agua y saneamiento en los ámbitos rural y de pequeñas ciudades. 51p.

PNUMA (Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2006. Capítulo 5. Calidad y normatividad del agua para consumo humano. Parámetros físicos del agua. 11p.

Ramakrishna, B. 1997. Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias (en línea). IICA. 1997. Consultado el 14 de septiembre de 2010. Disponible en: [http://books.google.hn/books?id=\\_JL28RE5CIC&dq=cuenca+hidrografica+Ramakrishna+1997&hl=en&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.hn/books?id=_JL28RE5CIC&dq=cuenca+hidrografica+Ramakrishna+1997&hl=en&source=gbs_navlinks_s)

Richters, JE. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. Evaluación de las tierras y de usos enfoques en la región. Agroamerica 439p.

Secretaría de Salud de Honduras. 1995. Norma técnica nacional para la calidad del agua. Parámetros de calidad del agua. 19p.

SEMARENA (Secretaría de estado de medioambiente y recursos naturales). 2001. Normas de calidad de agua y control de descargas. 53p.

Seminario, E. 1985. Tercer taller manejo de cuencas hidrográficas la ceiba. Honduras. (en línea). Bib. Orton IICA / CATIE. Consultado el 14 de septiembre de 2010. Disponible en: <http://books.google.hn/books?hl=en&lr=&id=SeIOAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=fao,+plan+de+manejo+de+cuencas&ots=mYp603FOeT&sig=TpMIZqb0wP8LoSgzN6JKXypJXw#v=onepage&q=fao%2C%20plan%20de%20manejo%20de%20cuencas&f=false>

UNESCO (Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2002. Advertencia sobre una inminente crisis del agua, artículo N° 3. Consultado el 24 de septiembre de 2010. Disponible en: <http://www.unesco.org/bpi/eng/nescopress/2002/Agua-01s.shtml>.

Úrzula, S. 1991. Manejo Integrado de cuenca. Universidad de Montevideo (en línea). Consultado 23 de mayo de 2010. Disponible en:

<http://tecrenat.fcien.edu.uy/Cuencas/Gestion%20Integrada%20de%20Cuencas/Practico%201.pdf>.

Visión mundial. 2004. Manual de manejo de cuencas. Diagnóstico y línea base. Módulo 4. 2da. Edición. 154p.

## 8. ANEXOS

Anexo 1. Barrenaciones de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”.

<u>Profundidad</u>	<u>Textura</u>	<u>Familia Textural</u>	<u>Perfil</u>
<b>Barrenación # 1</b>			
0-20 cm.	Franco Arenosa (media)	$\frac{(M/g)}{g}$ G	FA
20-30 cm.	Franco Arenosa (media)		FA
30-45 cm.	Arena gruesa.		A
45-X	Roca		
<b>Barrenación # 2</b>			
0-16 cm.	Franco Arenosa (media)	$\frac{(M/g/F^+)}{G}$ G	FArA
16-23 cm.	Arena gruesa		FArA
23-35cm.	Arcillosa (fina)		ArA
35-X	Roca		A
<b>Barrenación # 3</b>			
0-10 cm.	Franco Arcillo Arenosa (fina)	$\frac{(F-/F+)}{g}$ G	FA
10-30 cm.	Franco Arcillo Arenosa (fina)		A
30-42 cm.	Arcillo Arenosa (Muy fina)		ArA
42-55 cm.	Arenoso grande		
55-X	Roca		
<b>Barrenación #4</b>			
0-5 cm.	Arcillo Arenosa (muy fina)	$\frac{F+}{G}$ G	ArA
5-35cm.	Arcillo Arenosa (muy fina)		ArA
35-50 cm.	Arcilloso (fina)		Ar
50-X	Roca		

<u>Profundidad</u>	<u>Textura</u>	<u>Familia Textural</u>	<u>Perfil</u>
<b>Barrenación #5</b>			
0-10 cm.	Franco Arenosa (media)	$\frac{(M/F^-)/F^+}{G}$	FA
10-43 cm.	Franco Arcillo Arenosa (fina)		FarA
43- 48 cm.	Arcillo Arenosa (muy fina)		ArA
48-X	Roca		
<b>Barrenación #6</b>			
0-3.5 cm.	Franco Arenosa (media)	$\frac{(M-F^+)G/G}{G}$	FA
3.5-4.5 cm.	Arcillo Arenosa (muy fina)		ArA
4.5-X	Roca		
<b>Barrenación #7</b>			
0-3cm.	Arcillo Arenosa (muy fina)	$\frac{(F^+/g)/G}{G}$	ArA
3-33 cm.	Arcillo Arenosa (muy fina)		ArA
33-45 cm.	Arenosa grande		A
45-X	Roca		
<b>Barrenación #8</b>			
0-4 cm.	Franco Arenosa (media)	$\frac{M-F^+/G}{G}$	FA
4-20 cm.	Arcillo Arenosa (muy fina)		ArA
20-36 cm.	Arcillo Arenosa (muy fina)		ArA
36-X	Roca		
<b>Barrenación #9</b>			
0-11 cm.	Franco Arenosa (media)	$\frac{M-G/G}{G}$	FA
11-X	Agua (suelo Arcillo Arenosa)		

## Anexo 2. Descripción de la primera calicata

Perfil:	#1
Fecha de descripción:	18/08/10
Descrita por:	José Tercero y Kelvin Sánchez
Ubicación:	San Antonio de Oriente
Temperatura media	24 °C
Precipitación	1200 mm al año
Altitud:	820 m.s.n.m.
Forma del terreno:	Plano (naciente de una Quebrada)
Pendiente:	6% inclinada
Uso de la tierra:	Protección del naciente
Drenaje natural:	Excesivo
Drenaje interno:	Moderado
Humedad del suelo:	Capacidad de campo/saturado
Epipedón:	Ócrico
Descripción del perfil de suelo:	Lithic Troorthent
Familia textural	Franca fina/roca

Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
Ap	0-4	7.5 YR 2.5/1 Negro; franco arcillosa; granular, débiles, medios; friables, ligeramente pegajoso poros tubulares de todos los tamaños, abundantes; raíces de todos los tamaños, abundantes; 15%; piedra pequeña, gravilla grueso, cascajo (2-7.5) y guijarro (7.6-25 cm). Gradual e irregular; R.P. 2.25 kg/cm <sup>2</sup> .
C	4-34	7.5 YR 3/2 Pardo oscuro; franco arcillo arenosa; bloques Angulares medianos y pequeños moderados; firme, poros vesiculares, frecuentes, de todos los tamaños y poros tubulares pequeños moderados; raíces medias pocas; en un 25% de guijarro (7-25 cm); límite irregular, gradual; R.P. 1.1 kg/cm <sup>2</sup> .
Cr	34-59	7.5 YR 2.5/3 Pardo muy fuerte; franco arcillosa; bloques sub angulares medianos, moderados; firme, ligeramente pegajoso, poros tubulares, medianos, moderados, raíces medianas pocas; 60% piedra y pedregón; límite irregular difuso; R.P. 1.4 kg/cm <sup>2</sup> .
R	>59	Material Parental

## Anexo 3. Descripción de la segunda calicata

Perfil:	#2
Fecha de descripción:	20/08/2010
Descrita por:	José Tercero y Kelvin Sánchez
Ubicación:	San Antonio de Oriente
Temperatura media	23 °C
Precipitación	1200 mm año
Altitud:	975 msnm
Forma del terreno:	Terraza alta (aguja)
Pendiente:	13% inclinada
Uso de la tierra:	Matorral
Drenaje natural:	Excesivo
Drenaje interno:	Bueno
Humedad del suelo:	Capacidad de campo/saturado
Epipedón	Ócrico
Endopedones	Álbico y argílico
Descripción del perfil de suelo:	Lithic Rhodustalf
Familia textural	Franca/ muy fina

Horizonte	Profundidad (cm)	Caracterización
Ap.	0-8	10 YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro; franco arenosa; granular, medianos, débiles; friable, no pegajoso; poros tubulares abundantes; raíces medias y finas abundantes; 20% gravilla gruesa (0.5-2 cm) y cascajo pequeñas (2-7.6 cm) y medianas; límite irregular y abrupto; R.P. 1.2 kg/cm <sup>2</sup> .
E	8-40	2.5 YR 4/6 rojo, moteaduras 40%; arenoso; bloques sub angulares medianos débiles; ligeramente pegajoso en mojado; roca saprolítica, gravilla fina (0.5-2 cm); poros tubulares regulares grandes y pequeños; raíces pequeñas pocas; 30% de gravilla fina y gruesa saprolítica; límite irregular gradual; R.P. 1.9 kg/cm <sup>2</sup> .
Bt	40-70	2.5 YR 4/8 rojo; arcillo arenosa;; bloques sub angulares pequeños débiles y angulares pocos pequeños; firme ligeramente pegajoso y plásticos; poros vesiculares pequeños abundantes, tubulares finos abundantes; raíces finas pocas; 50% de pedregosidad de todos los tamaños; límite irregular y gradual. R.P. 2.6 kg/cm <sup>2</sup> .
R	>70	Material Parental.

Anexo 4. Coordenadas geográficas de barrenaciones de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”.

<b>ID</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Elevación (m)</b>
396	501598	1541946	821
397	501661	1541944	822
398	501844	1541887	824
399	502485	1541540	946
400	502041	1541898	851
401	502041	1541898	851
241	502749	1541612	974
244	502604	1542092	
245	502615	1542081	981
250	502233	1542122	
256	502051	1542181	



Anexo 5. Coordenadas geográficas de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

<b>ID</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Elevación (m)</b>
163	501697	1542127	812
164	501690	1542120	815
165	501231	1542100	818
166	501523	1542252	810
167	501522	1542252	810
168	501522	1542252	810
169	501525	1542235	805
172	501508	1542214	807
173	501516	1542180	803
174	501566	1542173	796
175	501555	1542141	824
176	501586	1542126	811
177	501613	1542129	811
178	501632	1542125	814
179	501644	1542163	816
180	501681	1542142	821
181	501686	1542139	813
182	501684	1542137	820
183	501716	1542125	819
184	501789	1542232	822
185	501798	1542244	828
186	501773	1542224	820
187	501768	1542220	820
188	501754	1542223	820
189	501751	1542219	824
190	501747	1542206	823
191	501735	1542194	825
192	501727	1542176	820
193	501710	1542174	820
194	501710	1542172	818
195	501702	1542169	814
196	501678	1542163	813
197	501681	1542161	815
198	501578	1542157	811
199	501290	1542810	796
200	500678	1544259	789
202	498546	1548705	815
203	498594	1548748	811
204	498641	1548720	809
205	498596	1548650	810
206	498592	1548658	808
207	498580	1548676	819
208	498591	1548686	814

Anexo 5 (Continuación). Coordenadas geográficas de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

<b>ID</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Elevación (m)</b>
209	498624	1548724	813
210	498629	1548721	817
211	498607	1548679	810
212	498607	1548668	806
213	498574	1548691	805
214	498575	1548695	806
215	498570	1548694	805
216	498581	1548703	806
217	498586	1548681	812
218	498589	1548707	810
219	498594	1548702	810
220	498599	1548716	817
221	498596	1548718	816
222	498581	1548719	809
223	498575	1548725	810
224	498579	1548739	811
225	498593	1548736	811
226	498607	1548737	817
227	498610	1548732	818
228	498622	1548723	814
229	498632	1548715	813
230	498524	1548782	814
231	498516	1548787	819
232	498527	1548811	818
233	498539	1548806	817
234	498598	1548753	818
235	498648	1548715	815
236	498230	1548787	823
237	498239	1548790	824
238	498601	1548680	804
239	498628	1548716	804
240	498624	1548717	808
241	498593	1548686	807
242	498581	1548690	798
243	498575	1548692	801
244	498584	1548715	803
245	498595	1548711	787
246	498566	1548723	816
247	529571	1554915	1079
248	530480	1572810	614
249	524561	1570572	725
250	524453	1570197	743
251	524446	1570127	747
252	524375	1569939	751

Anexo 5 (Continuación). Coordenadas geográficas de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

<b>ID</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Elevación (m)</b>
253	524319	1569881	750
254	522856	1567660	924
255	522821	1567622	927
256	522968	1566724	1002
257	523013	1566664	991
258	523175	1568741	929
259	524769	1571060	740
260	525491	1571555	704
261	501963	1541855	828
262	501973	1542171	830
263	502842	1541063	982
264	503039	1541365	992
265	502583	1542337	981
266	502624	1542320	981
267	508398	1538530	1447
268	507480	1533487	1401
269	507508	1533157	1493
270	507026	1531187	1718
271	506835	1531213	1750
272	506674	1531260	1779
273	506500	1531388	1783
274	506293	1531129	1805
275	506396	1533204	1495
276	463250	1545220	1359
277	463756	1543091	1546
278	464071	1543294	1522
279	464075	1543298	1522
280	465067	1542614	1499
281	465604	1541186	1547
282	466294	1540344	1568
283	463862	1537452	1419
284	461890	1536042	1441
285	463549	1536615	1418
286	463888	1537347	1386
287	501365	1542170	801
288	501383	1542182	800
289	501414	1542203	810
290	501474	1542245	813
291	501526	1542307	820
292	501466	1542265	811
293	501502	1542220	811
294	501476	1542241	810
295	501514	1542238	816
296	501557	1542310	820

Anexo 5 (Continuación). Coordenadas geográficas de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

<b>ID</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Elevación (m)</b>
297	501581	1542295	831
298	501626	1542280	839
299	501631	1542291	841
300	501713	1542267	827
301	501750	1542272	828
302	501753	1542276	829
303	501755	1542300	828
304	501742	1542357	829
305	501749	1542384	828
306	501769	1542539	848
307	501769	1542539	848
308	501772	1542551	847
309	501818	1542554	833
310	501893	1542555	826
311	501988	1542542	826
312	502121	1542482	836
313	502156	1542461	847
314	502186	1542461	852
315	502304	1542424	879
316	502396	1542412	904
317	502405	1542404	914
318	502446	1542399	927
319	502520	1542375	963
320	502609	1542313	977
321	502613	1542308	977
322	502620	1542287	978
323	502599	1542241	972
324	502333	1542227	904
325	502171	1542216	843
326	501802	1542230	823
327	501802	1542230	823
328	501802	1542230	823
329	501802	1542230	823
330	501802	1542230	823
331	501802	1542230	823
332	501802	1542230	823
333	501802	1542230	823
334	501802	1542230	823
335	389265	1710672	78
336	389265	1710672	78
337	389265	1710672	78
338	389265	1710672	78
339	389265	1710672	78
340	399815	1749043	22

Anexo 5 (Continuación). Coordenadas geográficas de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

<b>ID</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Elevación (m)</b>
341	389924	1712831	66
342	501379	1542122	798
343	501386	1542122	796
344	501392	1542101	810
345	501467	1542023	812
346	501473	1541973	819
347	501491	1541961	817
348	501538	1541930	818
349	501566	1541916	818
350	501651	1541913	825
351	501697	1541917	818
352	501726	1541954	823
353	501752	1541952	822
354	501850	1542003	823
355	501919	1542020	827
356	501997	1542000	840
357	502030	1542003	841
358	502043	1541998	852
359	502093	1541967	859
360	502163	1541934	881
361	502178	1541913	889
362	502209	1541864	896
363	502280	1541792	920
364	502310	1541759	926
365	502389	1541731	937
366	502449	1541720	944
367	502493	1541711	949
368	502526	1541709	952
369	502590	1541707	960
370	502634	1541696	968
371	502672	1541688	971
372	502725	1541696	983
373	502745	1541714	979
374	502790	1541734	972
375	502784	1541748	970
376	502819	1541772	972
377	502865	1541823	973
378	502867	1541870	972
379	502867	1541919	972
380	502824	1541920	972
381	502839	1542001	982
382	502828	1542017	984
383	502903	1542033	984
384	502897	1542106	986

Anexo 5 (Continuación). Coordenadas geográficas de la microcuenca de la “Quebrada Aguja”, Güinope, El Paraíso, Honduras.

<b>ID</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Elevación (m)</b>
385	502886	1542137	985
386	502881	1542160	981
387	502888	1542175	985
388	502873	1542188	983
389	502842	1542181	976
390	502805	1542186	980
391	502774	1542204	977
392	502735	1542244	969
393	502719	1542259	967
394	502086	1542060	856
395	502105	1542089	852