

ZAMORANO
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y
AMBIENTE

**Establecimiento de las bases para la
elaboración de un plan de manejo del agua
en la microcuenca Neteapa, Municipio de
Morocelí, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

presentado por

Cristhian Fernández Villarroel

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2001

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor

Cristhian Fernández Villarroel

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2001

**Establecimiento de las bases para la elaboración de un plan de
manejo del agua en la microcuenca Neteapa, Municipio de Morocelí,
Honduras.**

Presentado por:

Cristhian Fernández Villarroel

Aprobada:

Marco Granadino, M.Sc.
Asesor Principal

Peter Doyle, M.Sc.
Coordinador de Carrera
Desarrollo
Socioeconómico y
Ambiente

Pedro Quiel, M.Sc.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano

Luís Caballero, M.Sc.
Asesor

Keith Andrews, Ph.D.
Director General

George Pilz, Ph.D.
Coordinador PIA

DEDICATORIA

A Dios creador de todas la cosas.

A mis padres Roberto y Norah.

A mis hermanas María Alejandra, Lenny y Norita.

A mi patria Bolivia.

A mi Cochabamba querida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen Santísima por ayudarme siempre y en todo momento.

A mis padres Roberto y Norah, mis hermanas Alejandra, Lenny y Norita por todo su cariño, apoyo y esfuerzo.

Al Ing. Marco Granadino por su guía en la elaboración de mi tesis.

Al Ing. Pedro Quiel por sus sugerencias y consejos.

Al Ing. Luís Caballero por toda la colaboración brindada.

A mis compañeros Cristian Coltro, Gerardo Paez, Peter Larrea, Elisa Erazo, Luís Ernesto García, David Manosalvas, Gonzalo Santillán, Dayske Shoji, Pablo Avelar, David Galarza, Alex Álvarez, Alejandra Lara, Juan Mayta y Ricardo Moravek por los buenos momentos en cuarto año. Muchas gracias por su amistad.

Al personal de la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, por su grata colaboración durante mi estadía en cuarto año.

A mis amigos de Bolivia, por su constante apoyo.

A Eduardo Barrientos por su apoyo, sugerencias y su valiosa amistad.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

Agradezco a USAID (Agencia para el Desarrollo Internacional), por financiar parte de mis estudios para obtener la ingeniería.

RESUMEN

Fernández Villarroel, Cristhian. 2001. Establecimiento de bases para la elaboración de un plan de manejo del agua en la microcuenca Neteapa, Municipio de Morocelí, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 58 p.

Los cambios por las actividades agrícolas y ganaderas en las zonas de recarga de agua en la Microcuenca Neteapa generaron impactos negativos y causaron la degradación de la calidad y cantidad del agua. Para la elaboración de bases que sustenten un plan de manejo para mejorar las condiciones en las zonas de recarga, se realizó una recopilación de información a partir de muestreos en las fuentes de agua de la microcuenca. Las variables que se evaluaron fueron caudal, temperatura y turbidez del agua, nitratos, fósforo total, cloro residual, OD, DBO, presencia de compuestos organoclorados, coliformes totales y fecales. Se efectuó la evaluación estadística para comparar con los parámetros establecidos en la Norma Nacional establecida por el Ministerio de Salud de Honduras. La presencia de coliformes totales y fecales constituyó la variable de mayor importancia por los altos niveles presentados, principalmente en época lluviosa. El máximo admisible de 500 UFC/100 ml se sobrepasó en todas las fuentes de agua y se encontró una correlación estadística de 0.81 entre coliformes totales y fecales. También, en el cauce del río Neteapa se encontraron niveles de fósforo total cercanos a 5 mg/l, que es el máximo permisible; al igual que residuos de compuestos organoclorados. El agua generada en la parte alta de la microcuenca Neteapa es apta para el consumo humano cuando se desinfecta. En la elaboración de las bases de un plan de manejo se distinguieron cinco componentes: aumento de la cantidad de agua, mejora de la calidad, prevención, administración y control; los principales aspectos del plan de manejo pretenderán minimizar los problemas generados por la exposición de fuentes a actividades agrícolas y ganaderas, deforestación, uso irracional de pesticidas, falta de letrinización, uso de detergentes en los cauces y disposición de desechos.

Palabras claves: Caracterización, impacto, plan de acción, sostenibilidad.

Nota de prensa

IMPORTANTES BASES PARA LA FORMULACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO DEL AGUA EN HOYA GRANDE.

En la microcuenca Neteapa está ocurriendo un fenómeno de contaminación del agua originadas por el uso de fertilizantes químicos, la deforestación, agricultura migratoria, ganadería extensiva, deficientes sistemas de disposición de desechos y falta de letrinas en la zona, entre otras causas.

La recopilación de información se obtuvo de un monitoreo en las fuentes de agua de la comunidad de Hoya Grande, durante los meses de febrero y septiembre. Con esta práctica se evidenció que en la época lluviosa ocurre un gran incremento en la cantidad de organismos patógenos. También se demostró que independientemente de la época climática, existe presencia de compuestos químicos organoclorados consecuencia del uso de agroquímicos en los diferentes cultivos y de compuestos fosforados atribuibles al uso de detergentes para actividades cotidianas como el lavado de ropa.

Todos estos cambios en la composición natural del agua tienen su repercusión en las zonas bajas de la cuenca, donde también se evidencian impactos del mal manejo en las zonas altas. Se realizó un muestreo de agua en diferentes grifos de domicilios, con lo que se comprobó una variabilidad en las prácticas de cloración y su relación con la eliminación de organismos patógenos.

Con el fin beneficiar a los pobladores de la zona alta de Hoya Grande, se realizó un estudio para sentar las bases de un plan de manejo para el mejoramiento de la calidad y cantidad del recurso hídrico. Se plantearon las bases del plan tomando en cuenta cinco componentes para enmendar problemas, principalmente, con el sistema de tratamiento del agua, deforestación, controlar de uso de agroquímicos, protección de las fuentes y ubicación de ganadería en la parte alta de la microcuenca. Los componentes se enfocaron en el aumento de la cantidad de captación de agua, la mejora de la calidad, generación de un mejor manejo administrativo por parte de organizaciones e instituciones encargada del agua, creación de un programa para la prevención de contaminaciones y el monitoreo de actividades y calidad de agua.

Licda. Sobeyda Alvarez

ÍNDICE GENERAL

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Nota de prensa.....	viii
Índice general.....	ix
Índice de cuadros.....	xii
Índice de figuras.....	xiv
Índice de anexos.....	xv
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	2
1.2 LÍMITES DEL ESTUDIO.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
2 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 CUENCA HIDROGRÁFICA.....	3
2.2 PLAN DE MANEJO PARA CUENCAS.....	3
2.3 ENFOQUE PARTICIPATIVO PARA EL MANEJO DE LA CUENCA.....	4
2.4 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.....	5
2.5 MUESTREO DE AGUA.....	5
2.6 CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	5
2.6.1 Fuentes de contaminación.....	5
2.6.2 Contaminación del agua.....	6
2.6.2.1 Contaminantes químicos.....	6
2.6.2.2 Contaminantes físicos.....	6
2.6.2.3 Contaminantes biológicos.....	6
2.6.3 Contaminación microbiológica.....	7
2.6.3.1 Organismos del grupo coliforme.....	7
2.6.3.2 Organismos coliformes fecales.....	7
2.6.3.3 Pruebas para la detección de organismos coliformes.....	7
2.6.4 Contaminación por compuestos de nitrógeno.....	8
2.6.5 Contaminación por compuestos de fósforo.....	8
2.6.6 Contaminación por pesticidas.....	9
2.6.7 Contaminación por actividad humana.....	9
2.7 DESINFECCIÓN DEL AGUA.....	10
2.8 MARCO LEGAL EN EL MANEJO DE AGUA.....	10
3 MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1 UBICACIÓN.....	11

3.2	DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN.....	11
3.2.1	Puntos de muestreo.....	11
3.2.2	Frecuencia de los muestreos.....	12
3.2.3	Recolección de muestras de agua.....	12
3.2.4	Parámetros de evaluación.....	12
3.2.5	Determinación de organismos coliformes en el agua.....	13
3.2.6	Procesamiento y análisis de datos.....	13
3.3	CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA MICROCUEENCA.....	13
3.4	CARACTERIZACIÓN SOCIECONÓMICA DE LA POBLACIÓN.....	14
3.5	MAPEO DE LA MICROCUEENCA.....	14
3.6	TALLERES PARTICIPATIVOS.....	15
3.7	BASES PARA PLAN DE MANEJO.....	15
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUEENCA NETEAPA.....	16
4.1.1	Caracterización geomorfológica de la microcuenca Neteapa.....	16
4.1.1.1	Perímetro.....	16
4.1.1.2	Área de la microcuenca Neteapa.....	16
4.1.1.3	Largo de la cuenca.....	16
4.1.1.4	Ancho de la cuenca.....	16
4.1.1.5	Forma de la cuenca.....	16
4.1.1.6	Curva hipsométrica.....	16
4.1.1.7	Orden de la cuenca.....	17
4.1.1.8	Frecuencia de ríos.....	17
4.1.1.9	Densidad de drenaje.....	18
4.1.1.10	Pendiente del cauce principal.....	18
4.1.2	Características biofísicas de las fuentes de agua.....	18
4.1.2.1	San Joaquín.....	18
4.1.2.2	Los Hayes.....	18
4.1.2.3	Madriles.....	19
4.1.2.4	Platanillal.....	19
4.1.3	Mapeo de la microcuenca Neteapa.....	19
4.1.3.1	Mapa de pendientes.....	19
4.1.3.2	Mapa de uso actual.....	20
4.1.3.3	Mapa de capacidad de uso.....	20
4.1.4	Características socioeconómicas de la comunidad de Hoya Grande.....	20
4.2	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.....	21
4.2.1	Coliformes totales.....	21
4.2.1.1	Para las fuentes de agua.....	21
4.2.1.2	Para los puntos de muestreo sobre el río Neteapa.....	23
4.2.1.3	Para los puntos de muestreo ubicados sobre tanques y grifos.....	25
4.2.2	Coliformes fecales.....	27
4.2.2.1	Para las fuentes de agua.....	27
4.2.2.2	Para los puntos de muestreo sobre el río Neteapa.....	28
4.2.2.3	Para los puntos de muestreo ubicados sobre tanques y grifos.....	30
4.2.3	Efecto de la acción desinfectante del cloro.....	31
4.2.4	Impacto en el río Neteapa.....	32
4.2.5	Oxígeno disuelto del agua.....	34
4.2.5.1	Para las fuentes de agua.....	34
4.2.5.2	Para los puntos de muestreo sobre el río Neteapa.....	35
4.2.6	Temperatura del agua.....	36

4.2.7	Caudal.....	37
4.2.8	Nitratos.....	38
4.2.9	Demanda biológica de oxígeno (DBO).....	39
4.2.10	Cloro residual.....	39
4.2.11	Fósforo total.....	40
4.2.12	Pesticidas.....	41
4.3	TALLERES PARTICIPATIVOS	42
4.4	BASES DE PLAN DE MANEJO	44
4.4.1	Componente para el aumento de la cantidad de agua recolectada.....	44
4.4.2	Componente para la mejora de calidad del agua.....	46
4.4.3	Componente para la prevención y protección de la microcuenca.....	47
4.4.4	Componente para mejorar la administración de las juntas de agua.....	48
4.4.5	Componente para el control y monitoreo.....	48
5	CONCLUSIONES	49
6	RECOMENDACIONES	50
7	BIBLIOGRAFÍA	51
8	ANEXOS	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Secuencia de datos utilizados para el cálculo de la curva hipsométrica, microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	17
2.	ANDEVA para la variable coliformes totales en las fuentes de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	22
3.	Comparación de medias para la variable coliformes totales en las fuentes de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	22
4.	ANDEVA para la variable coliformes totales en el río Neteapa, microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	23
5.	Comparación de medias para la variable coliformes totales en el río Neteapa, microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	24
6.	Comparación de coliformes totales encontrados en tanques de almacenamiento y grifos domiciliarios de Hoya Grande y Morocelí en la época de verano (febrero-mayo) e invierno (junio-septiembre).....	26
7.	ANDEVA para la variable coliforme fecal en las fuentes de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	27
8.	Comparación de medias para la variable coliformes fecales en las fuentes de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	28
9.	ANDEVA para la variable coliformes fecales en muestras del río Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	29
10.	Comparación de media para la variable coliformes fecales sobre el río Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	29
11.	Comparación de coliformes fecales encontrados en tanques de almacenamiento y grifos domiciliarios de Hoya Grande y Morocelí en la época de verano, El Paraíso.....	30
12.	Análisis de correlación entre días sin aplicación de cloro con la presencia de organismos coliformes encontrados en los tanques de almacenamiento y tratamiento de Hoya Grande y Morocelí, El Paraíso.....	31
13.	Impacto de las quebradas provenientes de la zona urbana y agrícola de Hoya Grande en aguas del río Neteapa, expresado en proporción de coliformes totales que afectan la calidad del agua de la microcuenca	33

Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	
14. Impacto de las quebradas provenientes de la zona urbana y agrícola de Hoya Grande en aguas del río Neteapa, expresado en proporción de coliformes fecales que afectan la calidad del agua de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	33
15. ANDEVA para la variable oxígeno disuelto en las fuentes de agua de la microcuenca Neteapa. Morocelí, El Paraíso.....	34
16. Comparación de medias para la variable oxígeno disuelto en las fuentes de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	35
17. Comparación de media para la variable temperatura en las fuentes de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	36
18. ANDEVA para la variable caudal en la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	37
19. Comparación de medias para la variable caudal en las fuentes de agua de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	38
20. ANDEVA para la variable caudal en la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	38
21. Demanda biológica de oxígeno realizada en la fuente Platanillal y quebrada El Naranjo.....	39
22. Concentraciones de cloro residual detectadas en muestras de agua para consumo humano en comunidades de Hoya Grande y Morocelí, El Paraíso..	40
23. Concentraciones de fósforo total en los puntos de muestreo.....	40
24. Compuestos organoclorados detectados en la quebrada El Naranjo y sus respectivas concentraciones en microgramos por litro de agua.....	41
25. Compuestos organoclorados detectados en la fuente de agua Platanillal y sus respectivas concentraciones en microgramos por litro de agua.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1.	Curva hipsométrica para la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	17
2.	Patrón estacional de cantidades promedios presentes de unidades formadoras de colonias de coliformes totales y fecales en agua de las fuentes de agua de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	23
3.	Patrón estacional de cantidades promedios presentes de unidades formadoras de colonias de coliformes totales y fecales en agua del río Neteapa de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.....	25
4.	Tendencia de la presencia de coliformes totales bajo la influencia de la acción decreciente y desinfectante del cloro, en época seca en tanques de almacenamiento y tratamiento de Hoya Grande y Morocelí, El Paraíso.....	31
5.	Tendencia de la presencia de coliformes totales y fecales bajo la influencia de la acción decreciente y desinfectante del cloro, en época lluviosa en tanques de almacenamiento y tratamiento de Hoya Grande y Morocelí, El Paraíso.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1.	Parámetros para la calidad del agua en Honduras.....	53
2.	Ubicación de los puntos de muestreo en la microcuenca Neteapa, El Paraíso, Honduras.....	54
3.	Mapa de pendientes de la microcuenca Neteapa, El Paraíso, Honduras.....	55
4.	Mapa del uso actual del suelo en la microcuenca Neteapa, El Paraíso, Honduras.....	56
5.	Mapa de la capacidad de uso de la tierra de la microcuenca Neteapa, El Paraíso, Honduras.....	57
6.	Identificación de problemas, efectos, causas y posibles soluciones; realizadas en talleres para el mejoramiento de las condiciones actuales del agua en la comunidad de Hoya Grande, El Paraíso.....	58

1. INTRODUCCIÓN

En el afán de búsqueda de mayores comodidades y la atención de necesidades básicas, muchas actividades que se tradujeron en progreso han atentado sobre algunos recursos naturales, reduciendo su disponibilidad y aprovechamiento. Hoy, se vive una situación delicada para la sostenibilidad de muchos recursos naturales. En el anterior siglo, en zonas altas de muchas cuencas de Latinoamérica sucedió un acelerado cambio hacia actividades agrícolas y ganaderas, que generaron impactos negativos en la salud de estas zonas, en muchos casos productoras del recurso agua.

Se conoce que en la actividad agrícola se demandan grandes cantidades de agua dulce, utilizando una gran cantidad de los suministros hídricos superficiales. A la vez, ésta actividad es el principal contaminante de los recursos hídricos, utilizando este recurso como recipiente de múltiples elementos contaminantes.

El impacto de la mala salud de sistemas acuíferos se refleja en alarmantes cifras estadísticas procesadas por importantes organizaciones, que delatan bajos índices de saneamiento básico, dolencias y muertes motivadas por el deficiente acceso a agua de buena calidad combinada con la pobreza de los países en vías de desarrollo.

El suministro de agua potable para atender las necesidades actuales, constituye una labor con grandes deficiencias en nuestros países, donde aún se tienen problemas serios con enfermedades de origen hídrico, como por ejemplo, según indican las estadísticas, las enfermedades diarréicas agudas son la mayor causa de morbilidad y mortalidad infantil (Arce y Araya, 1997).

Desde un punto de vista muy técnico, en la Microcuenca del río Neteapa se pueden observar algunos factores que afectan a los recursos naturales. La zona de recarga de dicha microcuenca fue altamente intervenida por el hombre, causando la degradación de calidad y cantidad del recurso agua y otros recursos como suelo y forestal.

Pobladores de edad avanzada, que tuvieron la oportunidad de conocer las características de la zona en diferentes épocas, coinciden en que se ha generado una disminución en la cantidad de agua producida en la zona alta de la montaña. Mientras que poblaciones en las zonas bajas de la Microcuenca de Neteapa, como Morocelí, desconocen como pueden ser afectadas por el manejo de recursos y desechos en las zonas altas.

El problema de cantidad acorde a las necesidades, también es queja de las zonas bajas, según los datos pertenecientes al Proyecto UNIR-Zamorano (1997b), Morocelí no logra cubrir sus demandas de cantidad y la calidad de agua; por la falta de una mayor capacidad de transporte y un deficiente tratamiento de agua en la toma de agua sobre el río Neteapa.

Dentro de alternativas que conlleven a reorganizar la administración de recursos y logren revertir procesos de degradación de estos, están los planes de manejo, para el manejo adecuado de recursos naturales.

La elaboración de un plan de manejo necesita sustentarse en bases técnicas confiables, por eso la elaboración del presente documento.

1.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente trabajo pretende recoger amplia información que sustente un plan de manejo, especialmente enfocado en la cantidad y calidad del recurso agua, como parte esencial de los servicios básicos para comunidades como Hoya Grande (979 habitantes) y Morocelí (9689 habitantes). Dichas comunidades se beneficiarán con un estudio, a partir del cual podrán concebir metas y objetivos concretos que constituyan bases para establecer un plan de manejo que minimice problemas.

1.2 LÍMITES DEL ESTUDIO

El siguiente estudio contempló características geomorfológicas, socioeconómicas y biofísicas específicas de la zona, por ello, las conclusiones y recomendaciones propuestas corresponden y son válidas únicamente para la Microcuenca de Neteapa.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general:

Contribuir al manejo adecuado de los recursos naturales a través de la elaboración de bases para un plan de manejo del recurso agua en la Microcuenca de Neteapa, perteneciente al departamento de El Paraíso, Honduras.

1.3.2 Objetivos específicos:

Monitorear la calidad y cantidad de agua en las fuentes de la microcuenca de Neteapa y en agua de consumo en las comunidades de Hoya Grande y Morocelí, para determinar y cuantificar la contaminación en los recursos hídricos.

Determinar fuentes de contaminación en la microcuenca de Neteapa, a través de un mapeo participativo.

- Elaborar bases para un plan de manejo mediante la participación de la población e instituciones encargadas del manejo del agua de la microcuenca de Neteapa y la recopilación de información secundaria.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CUENCA HIDROGRÁFICA

Para Caballero (1999a) una cuenca es una entidad física delimitada por una divisoria de topográfica o hidrogeológica. En su definición destaca la generación de recursos hídricos los cuales fluyen por gravedad desde las partes altas a partes bajas, por lo que se ha formado el enfoque de buscar la sostenibilidad de estos sistemas, manteniendo la calidad, cantidad y regularidad. Señala que este concepto debe ser ampliado ya que en estos sistemas también se producen alimentos, leña, madera, minerales y otros bienes y servicios valiosos; aunque la tendencia ha sido una cuestión aislada del aprovechamiento del agua. También indica que muchas cuencas que producen agua son objeto de cambios que han logrado transformar los sistemas productores de agua en zonas de agricultura y de vivienda.

2.2 PLAN DE MANEJO PARA CUENCAS

La experiencia de proyectos como los realizados por ESNACIFOR–AID (2000) destacan la importancia de elaborar un plan de manejo como instrumento directriz, ordenador e integrador para el desarrollo óptimo, eficiente y racional de los recursos pertenecientes a una cuenca; tomando en cuenta las necesidades de los pobladores. Destacan que un plan para el manejo de los recursos de una cuenca debe involucrar la forma de aprovechar, proteger y conservar los recursos de la cuenca mediante la producción sostenida y el equilibrio medio ambiental.

El proyecto UNIR-Zamorano (1999) ha elaborado una serie de pasos que los recomienda como estrategia de intervención para la elaboración de planes de manejo. Los pasos más destacados contemplan:

- Revisar información de la zona.
- Presentar el proyecto en las comunidades.
- Identificar grupos claves entre los participantes.
- Diagnosticar las microcuencas.
- Priorizar los problemas.
- Elaborar planes de manejo.
- Presentar y discutir los planes de acción con autoridades municipales.
- Ejecutar los planes de acción y mantener un seguimiento.

En las recopilaciones realizadas por Torres y Medrano (2000), la planificación de manejo de cuencas recibe el concepto de un proceso para determinar las diferentes actividades, tiempo óptimo de ejecución, así como la asignación de recursos para la realización de actividades que forman parte de un proceso integrado para la manipulación y control de los recursos naturales de una cuenca, para producir bienes y servicios útiles para las organizaciones humanas.

El objetivo principal de la planificación al nivel de una microcuenca, según Portillo (2000), es controlar la erosión hídrica y revertir el proceso de degradación de los recursos naturales, en base a la implementación de alternativas tecnológicas que sirvan para aumenten la producción, la productividad y el ingreso líquido del productor rural. Resalta que se debe contemplar la utilización productiva y la conservación de los recursos naturales, dentro de un marco de desarrollo sostenible, teniendo en cuenta las condiciones sociales, económicas, políticas y ambientales.

Trabajos elaborados por Díaz y Mejía (2000) tienen un concepto más social del objetivo de los planes de manejo; consideran que la población debe orientarse a lograr cambios necesarios para mejorar cualitativamente sus condiciones de vida. Esta percepción se complementa con la implementación de procesos participativos, tal como lo menciona el plan de manejo de la microcuenca de los ríos Frío y Salitroso elaborado por Zamorano, FUNDEMUN y FUPAD (2000) y señala que este proceso ha permitido una apropiación del plan por parte de las comunidades y un compromiso de las mismas para la realización de actividades.

2.3 ENFOQUE PARTICIPATIVO PARA EL MANEJO DE LA CUENCA

Díaz y Mejía (2000) manifiestan que la participación permite a los individuos reconocerse como actores de una situación determinada. Compartiendo intereses, expectativas y demandas comunes para actuar de manera colectiva con cierta autonomía frente a otros actores sociales y políticos.

“Muchas comunidades carecen de la experiencia y capacidades para articular y relacionarse con las instituciones y organizaciones presentes. Así también la mayoría de los gobiernos locales de Honduras no tienen mayor experiencia sobre como fomentar la participación, y pueden existir prácticas que no permiten que ocurra una participación verdadera” (Zamorano-USAID, 2001).

En definiciones tomadas por APAN (1997), las técnicas participativas tienen que generar condiciones que faciliten el aprendizaje grupal, la toma de conciencia frente a la realidad, asumir actitudes y valores solidarios.

Como parte de una planificación participativa, es recomendable la utilización de la herramienta de mapeo participativo que incluye la identificación de componentes geográficos, físicos y socioeconómicos de la comunidad en hojas cartográficas y fotografías aéreas. Esta herramienta trabajada por los participantes, es útil para la identificación de problemas y puntos conflictivos en la microcuenca.

La Fundación Banhcafé y Fundación Hondureña de Ambiente y Desarrollo VIDA (1998) en su guía metodológica para el trabajo participativo en manejo de microcuencas productoras de agua recomiendan la realización de una gira a la microcuenca en la compañía de un comité de apoyo local como herramienta para la identificación, por parte de los pobladores, de problemas en las microcuencas. También considera bueno exponer ante la comunidad los resultados más importantes referentes a:

- Los recursos naturales disponibles para la comunidad y su potencialidad.

- La situación ambiental encontrada (puntos críticos que originan problemas, las causas y posibles soluciones).

2.4 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

Como indica el Ministerio de Salud de la República de Honduras (1995) a través de la Norma Técnica Nacional para la calidad del agua potable, “el objetivo de esta norma es proteger la salud pública mediante el establecimiento de los niveles adecuados o máximos que deben tener aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua”. La norma también dice que: “establece los requisitos básicos a los cuales debe responder la calidad del agua suministrada en los servicios para consumo humano y para todo uso doméstico, independientemente de su estado, origen o grado de tratamiento”.

2.5 MUESTREO DE AGUA

La OMS (1999) recomienda que las muestras deben recogerse en recipientes esterilizados, a fin de evitar el peligro de contaminación del sitio de muestreo. También manifiesta que los cambios que pueden producirse en el contenido bacteriano de la muestra de agua pueden reducirse a un mínimo si se asegura un ambiente fresco, entre 4°C y 10°C. La OMS enfatiza que los exámenes de muestras deben hacerse con prontitud, de preferencia antes de transcurridas 24 horas después de haberse recogido.

2.6 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua está relacionada a los cambios no deseados de las características físicas, químicas o biológicas, o la presencia de sustancias indeseables (contaminantes) que puedan afectar la calidad del agua y poner en riesgo la salud humana y de otras especies.

Como efecto de la contaminación, el deterioro de la cuenca es definido por Torres y Medrano (2000) como el conjunto de procesos y elementos contaminantes que afectan el ecosistema, dañando total o parcialmente su entorno. De igual manera los efectos dañan la productividad agropecuaria y salud pública.

2.6.1 Fuentes de contaminación

Según la Ongley (1997), las actividades agropecuarias y desechos originados por éstas pueden ser considerados fuentes puntuales de contaminación; como ejemplo tenemos a la eliminación de excrementos por parte del ganado, el almacenamiento de fertilizantes, pesticidas y restos de cosechas. Muchos desechos industriales entran en esta categoría. En los países en vías de desarrollo existe poco control en cuanto a la eliminación de desechos sin tratamiento previo. Por ello se originaron leyes ambientales; muy de moda en la actualidad. Las fuentes de contaminación no puntual

son aquellas donde el contaminante tiene un origen no determinado; generalmente, con impactos sobre grandes áreas.

2.6.2 Contaminación del agua

El Ministerio de Salud de la República de Honduras (1996), por medio de la Norma Nacional para determinar de la calidad de los cuerpos de agua para efectos de su uso, define la contaminación del agua como “toda alteración o modificación del ambiente que pueda perjudicar la salud humana, atentar contra los recursos naturales o afectar los recursos en general”.

Los tipos de contaminantes más frecuentes son:

2.6.2.1 Contaminantes químicos: Pueden ser de origen orgánico e inorgánico. En ambos casos Romero (1999), indica que son motivo de incrementos en la demanda de oxígeno y de efectos tóxicos desfavorables a las especies acuáticas. Señala que muchos de éstos son aportados por la fertilización y aplicación de plaguicidas en proceso productivos agrícolas. También reconoce que existen metales como el mercurio, cadmio y plomo, provenientes de otras fuentes diferentes a las agrícolas, que pueden ser acumulados en la cadena trófica y constituyen un riesgo mayor para la salud.

2.6.2.2 Contaminantes físicos: Según Romero (1999) el calor es uno de los principales contaminantes físicos, pudiendo ocasionar efectos irreversibles y alteraciones en los procesos vitales de los organismos. Y otros como los sólidos totales, dentro del parámetro de la turbidez del agua, pueden ocasionar disminución en la penetración de luz y repercutir en la actividad fotosintética. Concluyendo que la agricultura en laderas aporta con grandes cantidades de sólidos en suspensión, por el fenómeno de erosión.

Ongley (1997) expresa que la mayoría de los contaminantes persistentes, bioacumulados y tóxicos, como los compuestos clorados incluidos en muchos plaguicidas están asociados con sedimentos, en especial con el carbono orgánico, transportado como parte de la carga de sedimentos aportada, a los ríos, de labores agronómicas en laderas.

2.6.2.3 Contaminantes biológicos: El agua contiene suficientes sustancias nutritivas para permitir el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materia fecal (Romero, 1999).

De gran importancia son los microorganismos patógenos que son capaces de transmitir enfermedades. Deben combatirse desinfectando el agua, por ejemplo, mediante la cloración. Romero (1999) señala que la transmisión a través del agua de organismos patógeno ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades.

2.6.3 Contaminación microbiológica

La Organización Panamericana de la Salud (1987) señala que el peligro más común y más difundido relativo al agua potable es el de su contaminación, sea esta directa o indirecta, debido al efecto de aguas servidas y de otros desechos como las excretas. También distingue que la contaminación fecal puede incorporar en el agua potable una variedad de diversos organismos patógenos intestinales-bacterianos, virales y parasitarios cuya presencia está relacionada con enfermedades y portadores de tipo microbiano. La OPS es clara al afirmar que las bacterias patógenas intestinales, como por ejemplo: *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli enterotoxigena*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica* y *Campylobacter fetus*, se hallan diseminadas a lo largo y ancho del planeta y que la presencia de éstas ha sido detectada en agua potable contaminada. Estos organismos pueden ser causantes de enfermedades que van desde una ligera gastroenteritis hasta casos graves de disentería, cólera o tifoidea.

Nuevamente, la Organización Panamericana de la Salud (1987) revela que sería impracticable someter a vigilancia el agua potable para detectar todo posible microbio patógeno que pudiera ocurrir con la contaminación. Por ello es que promueve una opción más lógica, consistente en detectar los organismos que normalmente están presentes en las heces de los seres humanos y de los animales de sangre caliente como indicadores de contaminación por excrementos, así como la eficacia de los sistemas de tratamiento del agua y de desinfección.

2.6.3.1 Organismos del grupo coliforme: Entre los microorganismos que se usan como indicadores bacterianos de contaminación fecal está todo el grupo de bacterias coliformes. También se reconoce que éstos organismos son un buen indicador microbiano de la calidad del agua potable, debido a que son fáciles de detectar y enumerar en el agua (OPS , 1987).

Romero (1999) añade que no es posible distinguir entre coliformes de origen humano o animal; pero existe un ensayo especial para diferenciar entre coliformes fecales y coliformes del suelo. Para el efecto, se usa medio de cultivo mFC, para incubación a 44.5 ± 0.2 °C durante un tiempo de 24 ± 2 horas.

2.6.3.2 Organismos coliformes fecales: Estos son los organismos coliformes que son capaces de fermentar la lactosa a temperaturas de 44° ó 44.5°C; entre estos se encuentran organismos del género *Escherichia* y, en menor grado, algunas cepas de *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*. De todos los microorganismos mencionados sólo los *E. coli* tienen un origen específicamente fecal, casi siempre están presentes en grandes cantidades en las heces humanas y de animales (OPS, 1987).

2.6.3.3 Pruebas para la detección de organismos coliformes: Un procedimiento mencionado por OPS (1987) para la determinación del número de organismos coliformes presentes en el agua es mediante la filtración de volúmenes específicos de la muestra a través de filtros de membranas, que según la Romero (1999) están compuestos de ésteres de celulosa, con poros de 0,45 mm de diámetro que retienen bacterias coliformes y de muchas otras clases presentes en un medio selectivo.

Dicha técnica es muy útil por la simplicidad en su ejecución, también representa una manera rápida para la obtención de resultados durante monitoreos de agua potable; incluso, permite el manejo de diluciones cuando se analizan muestras de agua turbia. La OPS (1987) también señala que los resultados que se obtienen con la filtración por membrana no siempre coinciden con los obtenidos a través del método de tubos múltiple, aunque en la práctica ambos ofrecen resultados comparables.

Para el reconocimiento de organismos coliformes se toma en cuenta el criterio de color de crecimiento que producen. Las colonias oscuras, generalmente verde púrpura con brillo metálico, después de un período de incubación de aproximadamente 24 horas, en medio de cultivo ENDO son considerados miembros del grupo coliforme (Romero, 1999).

2.6.4 Contaminación por compuestos de nitrógeno

El nitrato y el nitrito son iones presentes en la naturaleza que forman parte del ciclo del nitrógeno. El nitrato se utiliza principalmente en los fertilizantes inorgánicos y el nitrito sódico se utiliza como conservante de alimentos, especialmente en las carnes curadas. La concentración de nitrito en las aguas subterráneas y las aguas de superficie suele ser baja, pero puede alcanzar niveles elevados como resultado de la escorrentía de tierras agrícolas, la escorrentía de vertederos de basura o la contaminación con desechos humanos o animales (OMS, 1999).

Los compuestos del nitrógeno son de gran interés para los ingenieros ambientales debido a su importancia en los procesos vitales de todas las plantas y animales. El entendimiento de la química del nitrógeno es compleja debido a los varios estados de valencia que puede asumir este elemento y al hecho de que los cambios en la valencia pueden ser efectuados por organismos vivos (Romero, 1999).

Por otra parte, la OPS (1987) señala que debido a que las prácticas convencionales de tratamiento y desinfección del agua no logran modificar los niveles de nitrato en grado apreciable, sería lógico esperar que los niveles en el agua de grifo sean muy similares a los hallados en las aguas de fuente original.

La causa más común de metahemoglobinemia infantil la constituye el agua con concentraciones altas de nitrato, que se emplean para la reconstitución de los alimentos para los niños. Se ha comprobado que el método de cocción prolongada del agua puede exacerbar el problema al incrementar los niveles de nitrato debido a la evaporación. También se señala que, históricamente, la gran mayoría de casos de metahemoglobinemia infantil se han vinculado con el uso, como fuente de agua, de pozos privados que se hallan contaminados (OPS, 1987).

2.6.5 Contaminación por compuestos de fósforo

Sánchez de Fuentes (2001) y Ongley (1997) consideran como un parámetro crítico en la calidad de aguas debido a su influencia en el proceso de eutrofización, que es el enriquecimiento de las aguas superficiales con nutrientes para las plantas. Si bien la eutrofización se produce en forma natural, normalmente está asociada a fuentes

antropogénicas de nutrientes. La agricultura es uno de los factores principales de eutrofización de las aguas superficiales.

Romero (1999) enuncia que teniendo en cuenta la importancia del fósforo como nutriente; su determinación es necesaria en estudios de contaminación de ríos, lagos y embalses, así como en los procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas residuales. En aguas residuales existen tres formas del fósforo: ortofosfato, polifosfato y fosfatos orgánicos; por ello Romero recomienda que la mejor forma de controlar fósforo sea mediante el ensayo de fósforo total.

“Una fracción del fósforo en los fertilizantes orgánicos e inorgánicos es removida parcialmente por las plantas, otra fracción es arrastrada por el agua y el resto se acumula en el suelo trayendo como consecuencia la presencia de cantidades elevadas de este elemento en ríos y lagos” (Sánchez de Fuentes, 2001).

El uso de detergentes ha aumentado el contenido de fosfato en las aguas residuales domésticas y contribuido al problema de incremento del mismo en las fuentes receptoras de las zonas bajas (Romero, 1999).

2.6.6 Contaminación por pesticidas

La Organización Panamericana de la Salud (1987) indica que entre los pesticidas que pueden ser importantes para la calidad del agua se encuentran los hidrocarburos clorados y sus derivados, los herbicidas de acción persistente, los insecticidas para suelos, los plaguicidas. Bajo criterios de investigación de dicha organización solo son frecuentes los insecticidas que contienen hidrocarburos clorados que pueden acumularse progresivamente en las diferentes etapas de la cadena alimentaria. De ahí el riesgo que éstos lleguen al hombre y de esa manera causar enfermedades ya que poseen propiedades tumorigénicas. Ongley (1997) cree que en muchos casos, se han atribuido a los antiguos plaguicidas agrícolas clorados numerosos problemas de salud, y considera que han provocado una disfunción significativa y generalizada de los ecosistemas mediante sus efectos tóxicos en los organismos.

Los valores recomendados tienen como objetivo proteger la salud humana. Sin embargo, puede que no sean adecuados para la protección de la vida acuática. La absorción de dosis pequeñas es casi total y se ve favorecida por la presencia de grasas en la comida. La absorción de DDT a través de la piel es poca (OPS, 1987).

2.6.7 Contaminación por actividad humana

Se refiere a la contaminación que tiene su origen en centros urbanos y está formada por aguas residuales provenientes de viviendas. Este tipo de aporte de los centros urbanos se caracteriza por tener altas concentraciones de materia orgánica, sólidos, cloruros, sulfatos y fósforo. Según Romero (1999) las aguas residuales también se caracterizan por contener bajas concentraciones de oxígeno disuelto, debido a que la materia orgánica presente se descompone por la acción de microorganismos en el agua y en ese proceso se consume oxígeno.

Según Caballero (1999b) los asentamientos humanos, la ausencia de cobertura vegetal y la presencia de un uso inapropiado de la tierra están causando el aumento de

escorrentía superficial a los cuerpos superficiales de agua durante la época lluviosa. Repercutiendo en poco abastecimiento del nivel freático y por lo tanto la disminución de la cantidad de agua que sale a los manantiales, quebradas o ríos durante el verano. Además indica que esto está causando problemas de calidad de agua porque el movimiento de agua superficial en el invierno generado por los impactos de las gotas, la ausencia de vegetación y una ausencia total de estructura orgánica en los suelos de laderas, está originando erosión y remoción de suelos, heces, agroquímicos y otro tipo de materia orgánica que fluyen directamente por la superficie, contaminando el agua en las zonas bajas.

2.7 DESINFECCIÓN DEL AGUA

Las razones principales para desinfectar el agua potable son: asegurar la destrucción de gérmenes patógenos, mantener protección contra los gérmenes patógenos que ingresan al sistema de distribución, y suprimir los nuevos brotes bacterianos en las tuberías. Debido a la importancia de la desinfección para salvaguardar la calidad higiénica de los sistemas de abastecimiento de agua potable, especialmente en los sistemas de distribución pequeños, es esencial que la concentración de desinfectantes sea medida con frecuencia y registrada continuamente (OPS, 1987).

La Organización Panamericana de la Salud (1987) sugiere el uso de agentes desinfectantes, como cloro, bióxido de cloro y cloraminas, que pueden proveer un residual persistente para un control microbiano continuo.

2.8 MARCO LEGAL EN EL MANEJO DE AGUA

El Ministerio de Salud de la República de Honduras (1996), a través de la Norma Nacional para determinar la calidad de los cuerpos de agua para efecto de su uso, delega el manejo, administración y control de los recursos hídricos para el abastecimiento de comunidades, a las juntas de agua de las mismas.

Se debe tener en cuenta que los valores guía recomendados no son límites obligatorios. Las autoridades nacionales o regionales son las que deben establecer esa clase de límites aplicando un criterio de beneficio y riesgo, tomando en consideración las condiciones medioambientales, sociales, económicas y culturales locales (OMS, 1999).

Declaraciones de Zárate (1997) realizadas en el Encuentro sobre Organismos de Cuenca de Centro América y El Caribe, señalan que las leyes de aguas en la mayoría de los países son obsoletas o no responden a las necesidades, y de la misma manera sugiere que el marco legal constituya una herramienta ágil, moderna y ordenada.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

La Microcuenca Neteapa está ubicada, una gran parte, dentro de los límites del Municipio de Morocelí, Departamento del Paraíso en Honduras. En su perímetro comprende a los poblados de Hoya Grande, Lomanillos y El Retiro. El cauce principal está conformado por el río Neteapa, a este se unen las quebradas de Neteapa, Urbina, El Naranjo y Las Pilas; al igual que los ríos Lomanillos y California.

La parte alta de la microcuenca esta constituida por las montañas San Joaquín, Potrerillos, Los Madriles en la que se generan recursos hídricos aprovechados por múltiples poblaciones como Hoya Grande y Morocelí mediante el transporte por tubería. El suministro de agua para la comunidad de Hoya Gande proviene de cuatro fuentes: San Joaquín, Los Hayes, Los Madriles y Platanillal; todas ellas se encuentran en una zona influenciada por la agricultura. Pero las fuentes de San Joaquín y Los Hayes son las que se encuentran dentro de la limitación de la microcuenca; mientras que el agua originada en las fuentes de Los Madriles y Platanillal es transvasada hasta el tanque de la comunidad de Hoya Grande. En cambio, el suministro de agua para Morocelí es proveniente de la quebrada El Naranjo que agrupa el agua de la microcuenca Neteapa, la quebrada Las Pilas en la que se encuentran las fuentes Los Madriles y Platanillal, el río Lomanillos y el río California.

3.2 DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN

La técnica de muestreo fue necesaria para la recopilación de datos referentes a las características químicas, físicas y biológicas del agua en la microcuenca Neteapa. Los lugares, frecuencias y métodos de recolección deben planificarse cuidadosamente.

3.2.1 Puntos de muestreo

El trabajo inicia con la determinación de niveles de contaminación monitoreados en las fuentes de la microcuenca y las fuentes que alimentan el tanque de almacenamiento de Hoya Grande, trayectos sobre el río Neteapa, tanques de almacenamiento y grifos de casas de las comunidades.

Para la elección de los puntos de muestreo se tomaron en cuenta las fuentes de agua intervenidas para el suministro de la comunidad mediante el trazado de tuberías; estas fuentes San Joaquín, Los Hayes, Platanillal y Los Madriles. Sobre el cauce natural del agua generada en las fuentes, estas confluyen en la quebrada El Naranjo por lo cual se tomó en cuenta para los muestreos. El agua de dicha quebrada se une a la existente en la quebrada Las Pilas que también fue muestreada; estas quebradas forman el río Neteapa en cuyo trayecto se une la quebrada proveniente del poblado de Hoya Grande, esta quebrada denominada “urbana” constituye la salida de muchas

aguas residuales domésticos de Hoya Grande, por ello, su muestreo también fue clave como fuente de contaminación al río Neteapa. En el estudio se mide la calidad de la descarga en la quebrada Urbana como causa de contaminación y el estado de calidad posterior del río Neteapa, constituyendo un punto de muestreo más, inmediato a la descarga de la última quebrada mencionada. El último punto de muestreo sobre el río Neteapa fue en la toma directa hacia los tanques de almacenamiento y tratamiento de la comunidad de Morocelí. Para cuantificar la calidad del agua como producto final del servicio de agua se hizo un muestreo en los tanques de almacenamiento y tratamiento de aguas y grifos domiciliarios en las comunidades de Hoya Grande y Morocelí.

3.2.2 Frecuencia de los muestreos

Los muestreos se realizaron entre los meses de febrero y octubre. Con intervalos de un mes entre muestreos durante la época seca y de tres semanas durante la lluviosa. La época lluviosa tiene una mayor frecuencia de muestreo por la gran variabilidad de los parámetros de calidad en periodos cortos de tiempo.

3.2.3 Recolección de muestras de agua

Las muestras de agua fueron recolectadas en bolsas plásticas esterilizadas con sello de seguridad. Se tuvo cuidado de no contaminar las muestras mediante el contacto con el recolector, por eso fue imprescindible el uso de guantes plásticos desechables.

Al momento de la recolección, toda muestra de agua fue correctamente identificada y depositada en una hielera para mantener un ambiente fresco, pero sin congelar, para inhibir los procesos físicos, químicos y biológicos que normalmente ocurren en el agua.

3.2.4 Parámetros de evaluación

Para la estimación de las características del agua se usaron parámetros físicos, químicos y biológicos. Los parámetros físicos que se evaluaron fueron: caudal, temperatura y la turbidez del agua en las fuentes. Los parámetros químicos para determinar la calidad del agua fueron: nitratos, fósforo total, cloro residual, cloruros, pH, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno y presencia de compuestos organoclorados y organofosforados. Por último, los parámetros biológicos evaluados en la calidad del agua fueron la presencia de coliformes totales y fecales. En el campo se midieron niveles de temperatura y caudal. Mientras que, en laboratorio se realizaron las pruebas restantes para la evaluación de los parámetros, comparando resultados con los parámetros establecidos en la norma técnica nacional para la calidad del agua potable y en las normas técnicas de las descargas de agua residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario decretadas por el gobierno de Honduras en 1995, basándose en recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Tomando en cuenta las características del agua producida en la microcuenca, se tomaron en cuenta los parámetros más adecuados con el origen del agua y el tratamiento (Anexo 1).

3.2.5 Determinación de organismos coliformes en el agua

Se cataloga a este parámetro como el principal cuando se evalúa la calidad del agua de consumo porque la presencia de estos organismos tiene relación con la manifestación de enfermedades, principalmente al nivel estomacal. Análisis para la determinación de estos organismos fueron realizados en el laboratorio de agua de Zamorano.

La determinación del número de organismos coliformes presentes en las muestras de agua se realizó en laboratorio, mediante la técnica de membranas filtrantes, consistente en el paso de volúmenes determinados de agua a través de membranas hechas de ésteres de celulosa, para la retención de cuerpos bacteriales.

En dicha técnica se determina el nivel de agua a filtrar tomando en cuenta la turbidez del agua que puede ser relacionada con el incremento de la cantidad de organismos coliformes. Por esa razón se usaron diluciones o volúmenes pequeños representativos que contenían un menor número de unidades formadoras de colonias (UFC) para su fácil conteo y extrapolación mediante regla de tres a un volumen de 100 ml utilizado como parámetro en las normas de calidad.

Realizada la filtración de volúmenes de agua, el siguiente paso fue la ubicación de los filtros en platos Petri conteniendo un medio de cultivo ENDO para el crecimiento de los coliformes totales y medio EC especial para favorecer el crecimiento bacterial de coliformes fecales. Cada plato fue ser identificado e introducido en hornos de incubación que mantienen una temperatura de 36°C en caso de los coliformes totales y 45°C para el crecimiento de coliformes fecales.

3.2.6 Procesamiento y análisis de datos

Para evaluar la significancia estadística de los valores paramétricos obtenidos en los distintos análisis se trabajó con la prueba estadística SNK para la separación de medias. Esta prueba estadística fue apta y apropiada para la evaluación en la mayoría de los casos. Se aceptó una probabilidad de error de hasta 10% para la validación de las diferencias significativas. El análisis de datos se facilitó con el uso del programa estadístico SAS. Otro análisis estadístico utilizado en la evaluación de datos fueron correlaciones entre variables paramétricas, también ejecutadas en el programa SAS.

Para aumentar la precisión en el análisis de datos se organizaron grupos homogéneos de puntos de muestreo, según las características de éstos. Los grupos sometidos a los análisis estadísticos fueron las fuentes de la microcuenca, puntos de muestreo ubicados sobre el río Neteapa, los tanques de almacenamiento y tratamiento de aguas en las comunidades y los grifos domiciliarios en las comunidades.

3.3 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA MICROCUENCA

Para la caracterización de la microcuenca de Neteapa, se recurrió a las técnicas utilizadas por los sistemas de información geográficos. En este caso los materiales usados consistieron en hojas cartográficas y equipo especializado para la medición a escala, tal el caso de escalímetro y planímetro; con éstos y ayuda de fórmulas básicas

utilizadas en la topografía se calcularon los valores para las siguientes características de la microcuenca de Neteapa:

- Perímetro.
- Área de la microcuenca de Neteapa.
- Largo de la cuenca.
- Ancho de la cuenca.
- Forma de la cuenca.
- Curva hipsométrica.
- Orden de la cuenca.
- Frecuencia de ríos.
- Densidad de drenaje.
- Pendiente del cauce principal.

Para la caracterización de las fuentes de agua de la microcuenca se tomó en cuenta la observación de campo para verificar características observadas por los encargados de la distribución y mantenimiento de la red de agua de la comunidad de Hoya Grande.

3.4 CARACTERIZACIÓN SOCIECONÓMICA DE LA POBLACIÓN

Mediante la realización de encuestas se caracterizó a la población de la comunidad de Hoya Grande. Evaluando el grado de educación y la participación de los jefes de familia en programas de instituciones y la tenencia de tierra como parte del capital físico. También se calculó a la población de productores que trabajan la tierra con la implementación de fertilizantes, ya sean químicos u orgánicos. Es de mucha importancia conocer el manejo que se realiza con la basura, las condiciones actuales para de infraestructuras sanitarias y la información relacionada al acceso y calidad del agua distribuida en la comunidad.

Este tipo de estudios también constituye el trabajo de organizaciones e instituciones que realizaron su paso en pro de la gestión de proyectos pasados en la zona. Una forma más accesible para recolectar información es la revisión de literatura elaborada por dichas entidades, tal el caso del proyecto UNIR-Zamorano.

3.5 MAPEO DE LA MICROCUENCA

Es vital conocer el uso actual de la tierra y también, la capacidad de uso de ésta. Por ello es que se trabajaron estos mapas sobre información encontrada en hojas cartográficas e imágenes satelitales. El mapa de uso actual de la tierra no tiene ninguna complejidad, no así el mapa de capacidad del suelo que demanda los mapas de pendientes y profundidad de suelos entre otros.

Tomando estos mapas como base (uso y capacidad), se puede generar mapas más complejos como mapas de conflictos mediante la superposición de los mapas anteriores y otros mapas más acordes con la protección de recursos naturales como los de ordenamiento territorial.

Para la digitalización existen varios programas computarizados, los usados en la elaboración de los mapas fueron ARC VIEW y ERDAS IMAGINE que trabajan con los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS).

3.6 TALLERES PARTICIPATIVOS

El objetivo de la implementación de talleres participativos en la comunidad, fue de que los pobladores de la comunidad de Hoya Grande y miembros de la Junta de Agua identifiquen los problemas referidos a la distribución y abastecimiento de agua en su comunidad, para ello se ejecutó la modalidad de desarrollar en debate:

- Identificación de problemas.
- Causas de los problemas.
- Efectos y manifestaciones de las causas.
- Búsqueda de soluciones a problemas.

En dicho taller se utilizaron ayudas visuales como mapas de la red hidrológica de la microcuenca, para la identificación y localización de fuentes de contaminación que originan la contaminación y escasez de agua en la microcuenca. Esta práctica constituyó la principal base para la formulación del plan de manejo de agua para la microcuenca de Neteapa.

3.7 BASES PARA EL PLAN DE MANEJO

Para la elaboración de un plan de manejo demandaría resultados de análisis de agua, los pertenecientes a los talleres participativos, tomar en cuenta las propuestas y recomendaciones de pobladores que dominan el conocimiento del lugar, y la información recopilada en literatura y la observación de campo. Además de información que precise tiempos y fechas de ejecución de obras, responsables y presupuestos. Las bases determinadas en el presente estudio se distribuyeron en cinco componentes según los objetivos para el plan de manejo, estos son:

- Componente para el abastecimiento y aumento en la cantidad de agua.
- Componente para mejorar la calidad del recurso agua.
- Componente de prevención y protección de la microcuenca.
- Componente de administración
- Componente para el control y monitoreo.

En la elaboración de las bases para el plan de manejo se diferenciaron acciones a corto plazo, las cuales tienen prioridad de ejecución y realizables en un tiempo no mayor a un año; y mediano plazo, medidas con cambios profundos, lentos y paulatinos realizables en un tiempo mayor de dos o más años para su implementación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA NETEAPA

La información necesaria para la elaboración de bases se obtuvo a partir de la caracterización geomorfológica, biofísica de la microcuenca, complementadas con la elaboración de mapas de pendientes, uso actual y capacidad de uso del suelo. También la caracterización socioeconómica y los talleres participativos son elementos importantes en la elaboración de bases. Los resultados de análisis de muestras de agua necesitan respaldarse en información generada en dichas actividades.

4.1.1 Caracterización geomorfológica de la microcuenca Neteapa

El propósito de esta caracterización fue conocer las particularidades que determinan el comportamiento de la microcuenca. Son características geomorfológicas que se han formado con el transcurso del tiempo mediante la intervención de efectos naturales.

4.1.1.1 Perímetro. Identificando la divisoria de aguas en la hoja cartográfica de la región se trazaron los límites de la microcuenca Neteapa, alcanzando un tamaño de 8.99 km.

4.1.1.2 Área de la microcuenca Neteapa. La microcuenca encierra un área de 313.04 hectáreas, siendo el uso de la tierra en gran parte forestal y otra destinada a la producción de café.

4.1.1.3 Largo de la cuenca. La microcuenca tiene un largo de 3.39 km considerando la distancia desde la salida hasta el punto más distante de la cuenca siguiendo el cauce principal.

4.1.1.4 Ancho de la cuenca. El ancho promedio de la cuenca es de 2.65 km.

4.1.1.5 Forma de la cuenca. La microcuenca tiene una forma que tiende a triangular. Numéricamente posee una forma aproximada de 1.3 relacionando sus características de largo y ancho.

4.1.1.6 Curva hipsométrica. La curva hipsométrica define la relación existente entre el área de drenaje y la elevación. La siguiente tabla enseña la relación entre área acumulada y elevación.

Cuadro 1. Secuencia de datos utilizados para el cálculo de la curva hipsométrica, microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Elevación (msnm)	Área (km ²)	Proporción de área	Proporción acumulada
1000-1100	0.15	0.048	0.048
1100-1200	0.56	0.179	0.227
1200-1300	0.84	0.268	0.495
1300-1400	1.17	0.374	0.869
> 1400	0.41	0.131	1.000
	3.13	1.000	

La determinación de la edad de la microcuenca se realizó en base a la gráfica obtenida a partir de los valores proporcionales a las elevaciones (Cuadro 1). Debido a que la mayor parte del área está concentrada entre los 1200 y 1400 metros sobre el nivel del mar, en la parte media alta, se puede afirmar que se trata de una microcuenca joven.

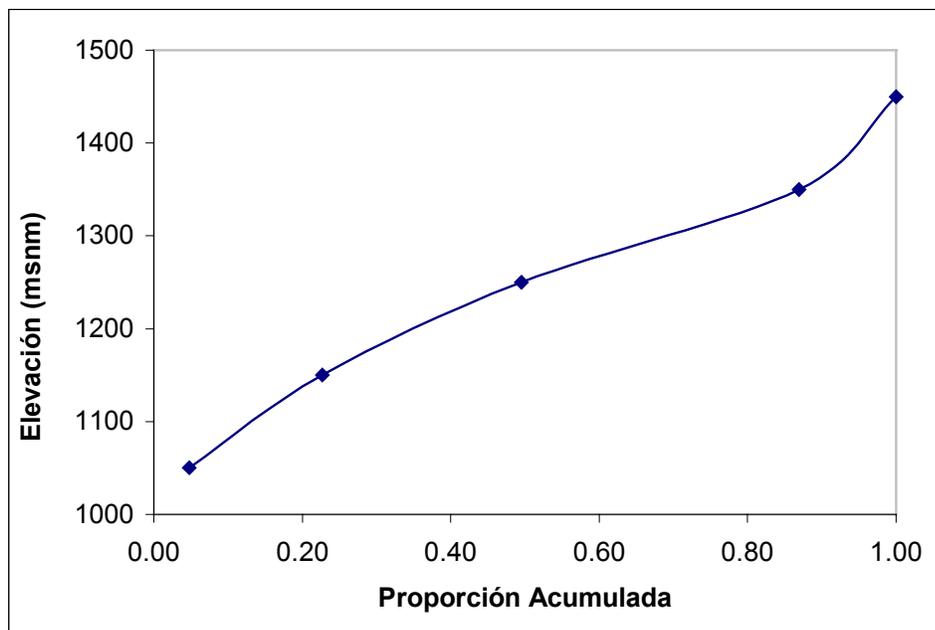


Figura 1. Curva hipsométrica para la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

4.1.1.7 Orden de la cuenca. La microcuenca de Neteapa está conformada con 3 segmentos de primer orden y 2 de segundo orden. Por lo que recibe la jerarquía de cuenca de segundo orden, según el método Strahler.

4.1.1.8 Frecuencia de ríos. La relación directa entre el número total de segmentos de todos los órdenes y el área de la cuenca es de aproximadamente 1.6 segmentos de cauce por cada kilómetro cuadrado. Esta medida deduce un tiempo requerido por la

escorrentía para llegar al cauce y puede ser bien utilizada en comparaciones con otras cuencas de la zona.

4.1.1.9 Densidad de drenaje. Relacionando aproximadamente los 4.82 kilómetros de longitud de los cauces con el área total de la cuenca se obtiene un promedio de 1.54 kilómetros de drenajes por kilómetro cuadrado. Teniendo en cuenta esta medida y la anterior se puede decir que son bajas y la preocupación por inundaciones rápidas y erosión de suelos no es una prioridad.

4.1.1.10 Pendiente del cauce principal. En base a que la longitud del cauce principal es de 2.74 kilómetros se calculó la pendiente del mismo utilizando la fórmula que toma en cuenta las elevaciones tomadas a 10% y 85% hacia la parte más alta del cauce.

$$Scl = E_{85} - E_{10} / 0.75 Lc$$

El parámetro resultante de 9.7% señala una diferencia de elevaciones con una pendiente que se traduce en mediana velocidad y potencial del flujo para erosionar los cauces, bancos laterales y transportar materiales.

4.1.2 Características biofísicas de las fuentes de agua

El sistema de distribución de agua en la comunidad de Hoya Grande cuenta con un tanque para la captación, almacenamiento y tratamiento de agua para el consumo. Generalmente, se recurre al racionamiento en época seca por falta de abastecimiento de las fuentes. Para el racionamiento de agua, Hoya Grande se divide en sectores, para que sean atendidos en forma alternada. En casos extraordinarios, como los presentados por la sequía del 2001, se ha llegado a la necesidad de interrumpir el servicio hasta por tres días, según las comunicaciones personales de algunos pobladores.

El suministro de agua para esta comunidad proviene de cuatro fuentes: San Joaquín, Los Hayes, Madriles y Platanillal; todas ellas en una zona agrícola.

4.1.2.1 San Joaquín. Tiene su origen en una laguna muy próxima a propiedades con plantaciones de café en la microcuenca; esta laguna evacua aguas por dos quebradas y son captadas distantes de su origen lo que aumenta la posibilidad de contaminarse. Rodeando las quebradas existen reducidas áreas de vegetación natural, como parches de vegetación dentro de territorios con uso cafetalero y ganadero.

La caja de captación de agua tiene características poco adecuadas en su diseño; un orificio de entrada pequeño y un desnivel en el primer trayecto de la tubería de salida que originan desperdicio de caudal y poco aprovechamiento del recurso, considerando que estas cajas de captación usan la gravedad para conducir el agua.

4.1.2.2 Los Hayes. Ubicada sobre un camino de herradura dentro de la microcuenca; la caja recolectora esta expuesta a contaminantes provenientes de animales y

escorrentía superficial de zonas altas, muchas de ellas productoras de café, que rodean esta fuente. Se ha visto que la protección debería ser proporcionada con una tapa que ofrezca aislamiento a contaminantes externos.

4.1.2.3 Madriles La caja de captación en Los Madriles fue construida el año 1999 con apoyo de Plan Honduras esta fuente pertenece a la microcuenca de la quebrada Las Pilas, pero parte de sus aguas son transvasadas para el abastecimiento de Hoya Grande. Al parecer se hicieron malos cálculos y diseños ya que el suministro del líquido disminuyó drásticamente en el transcurso del presente año, agotándose casi por completo. Otra razón podría ser el carácter particular del patrón de lluvias presentado en este año.

La caja de captación está directamente comunicada con la fuente, por lo que el riesgo de contaminación es reducido; esta situación se hace más favorable porque es una fuente protegida de animales por contar con un cerco, pero aún así, siempre existe el riesgo de impactos negativos provenientes de cultivos anuales y café en la parte alta de la zona.

La reducción del caudal condujo a la decisión de abandonar el uso de agua de esta fuente. Se observó que agua de esta fuente es evacuada en otra zona a menor altitud, retomarla implicaría altos costos para trasladarla con la fuerza de una bomba eléctrica y el nuevo diseño y construcción de una caja de recolección.

4.1.2.4 Platanillal. Las estructura para la captación de agua fueron construidas en 1999. La fuente pertenece a la microcuenca de la quebrada Las Pilas, también recibe en su caja de recolección aguas de la fuente Los Madriles donde son encauzadas mediante una tubería hasta la comunidad de Hoya Grande.

El agua es captada a gran distancia de su origen, lo que representa un segmento expuesto a posibles agentes contaminantes. Ésta presenta una coloración amarillenta desde su origen y durante su transcurso por cafetales, posiblemente a las características geológicas del subsuelo donde nacen. Vecinos de la comunidad prefirieron cortar el uso de esta fuente debido a esas características y la posible contaminación con agroquímicos resultado de una actividad agrícola intensa en la zona.

4.1.3 Mapeo de la microcuenca Neteapa

La digitalización de los puntos de muestreo fue esencial, permitió ubicar las fuentes de agua, aún las que no aparecen en hojas cartográficas (Anexo 2). Con los puntos de muestreo referenciados se confirmó la ubicación estratégica. Complementario al anterior proceso se elaboraron mapas de pendientes, mapas de uso actual y mapas de capacidad de uso de la tierra.

4.1.3.1 Mapa de pendientes. La parte alta de la microcuenca esta dominada por terrenos con pendiente fuertemente ondulante, estas características afectan un 62% del área de la microcuenca y permiten que se cultiven plantaciones permanentes de

café, en algunos casos utilizando terrazas. Estos terrenos no permiten la mecanización por lo que actividades agrícolas deben realizarse manualmente (Anexo 3).

En la parte alta de la microcuenca también existen escasas áreas dominadas por pendientes suaves y moderadas. En cambio, aproximadamente un 12% del área tiene pendientes muy fuertes, mayores a 50%.

4.1.3.2 Mapa de uso actual. Aproximadamente un 23% del área de la parte alta de la microcuenca está dominado por bosques de coníferas ralos. Un porcentaje similar está comprendido por bosque seco. Las fuentes de San Joaquín se encuentran rodeadas de este tipo de cobertura vegetal.

La imagen satelital permite distinguir pocas áreas dominadas por cultivos y pasturas, porque estos comparten nichos con bosques secundarios y ralos. De igual manera los cultivos de café son mimetizados en los bosques latifoliados.

Los usos de suelo caracterizados en la microcuenca fueron bosque de coníferas ralo, bosque de conífera denso, bosque latifoliado, bosque seco, bosque seco secundario, pasturas y cultivos (Anexo 4).

4.1.3.3 Mapa de capacidad de uso. De acuerdo a la pendiente y a parámetros de series de suelo, casi un 84% del área de la microcuenca tiene capacidad para uso forestal. Las áreas con capacidad de uso agrícola son escasas, al igual que áreas con capacidad para uso de producción de frutales (Anexo 5).

4.1.4 Características socioeconómicas de la comunidad de Hoya Grande

La comunidad de Hoya Grande cuenta con acceso de camino de tierra hasta la carretera pavimentada que comunica a la ciudad de Tegucigalpa con Danlí, principales mercados para los productos agrícolas de la región.

La economía de la comunidad de Hoya Grande está muy concentrada en la producción de café; esta actividad fue impulsada en la década de los setentas mediante asistencia técnica del Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). En aquella ocasión se buscó incrementar rendimientos con el uso de agroquímicos y la regulación de sombra como excusa para la eliminación de especies forestales nativas. Este hecho marcó una aceleración en la degradación de los recursos naturales y alteraciones en el ecosistema.

Los hatos de la zona están conformados por ganado encastado con razas criollas, bajo el sistema productivo de doble propósito, con poca producción de leche, especialmente en el verano. Esta época estacional provoca la escasez de pastos, por lo que el productor ganadero de la zona acostumbra llevar los animales a las zonas altas de la montaña para que consuman pastos sembrados a costa de la sustitución de áreas de bosque natural. En las riberas de los ríos también existe bastante presencia de ganado por el crecimiento de pasturas, este hecho se considera uno de los principales

conflictos con la población, ya que las tomas de agua para los municipios de Morocelí, Los Limones y El Suyate están en la zona baja del río Neteapa.

Entonces, la deforestación es efecto de la actividad ganadera en la zona, de la agricultura migratoria y de caficultura. Las actividades mencionadas han contribuido a la sustitución de importantes zonas de recarga de agua.

La principal entidad encargada del manejo de los recursos acuíferos y la distribución en la comunidad está conformada por la Junta de Agua de Hoya Grande. La junta se rige por el reglamento propuesto por SANAA para la administración de juntas de agua en las comunidades.

La Junta de Agua elige anualmente a un presidente y otros funcionarios que se encargan de coordinar actividades, inicialmente con el fontanero y en casos en que la actividad o proyecto lo requiera, con la participación de los abonados. La Junta de Agua realiza unas cuatro reuniones por año, a la que asisten, por lo general, las personas más afectadas por el racionamiento de agua.

La principal función de la Junta de Agua es proveer un servicio sostenible de distribución de agua, para ello fijan, anualmente, una cuota mensual que cubre el derecho de uso de agua. En el presente año este precio ha pasado de 10 a 15 Lempiras mensuales por familia abonada, con el derecho a un grifo.

4.2 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

El análisis de los resultados de pruebas de campo y laboratorio se realizó con el programa “Statistical Analysis System” (SAS).

4.2.1 Coliformes totales

El Ministerio de Salud de la República de Honduras (1995), a través de las “Normas para determinar la Calidad de los Cuerpos de Agua para Efecto de su Uso” permiten hasta 500 unidades formadoras de colonias (UFC) en 100 ml de muestra, cuando están destinadas a un proceso de desinfección.

- Existen diferencias significativas entre sitios, de igual manera si comparamos los distintos puntos de muestreo en las fuentes según la época climatológica (interacción lugar-época). Esto se debe a las diferentes características biofísicas y geomorfológicas de cada una de las fuentes, y a la susceptibilidad de recibir impactos externos que influyen variaciones en la cantidad de coliformes totales. Ejemplos de esos impactos están en Platanillal y San Joaquín, donde las fuentes se exponen al contacto con residuos de animales.

4.2.1.1 Para las fuentes de agua. El análisis de varianza para la variable coliformes totales presentados en las fuentes de agua de la microcuenca Neteapa mostró que le mes no influyen en la recolección de datos; en cambio, el lugar y la interacción de lugar y época influyen en la toma de datos de coliformes totales con probabilidades que no superan una $P=0.01$ en ambos casos (Cuadro 2).

Cuadro 2. ANDEVA para la variable coliformes totales en las fuentes de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Lugar	4	5773618.12	1443404.53	2.69	0.0445
Lugar x Época	4	4499338.41	1124834.60	2.10	0.0990
Mes	5	1833024.43	366604.88	0.68	0.6383

- La fuente Platanillal presentó el mayor número promedio de coliformes totales, con diferencia significativa ante el resto de las otras fuentes analizadas. Se trata de una contaminación ejercida por la alta intervención agrícola sobre el segmento entre el origen y la caja de captación. En determinadas épocas existe una gran cantidad de cosechadores de café y también la presencia de animales de carga que contaminan la fuente mediante sus desechos (Cuadro 3).
- La fuente Los Madriles presentó, en promedio, el menor número de coliformes totales, con diferencia significativa ante el resto de las otras fuentes analizadas. Este hecho es atribuido a las características de la caja de captación que está ubicada inmediato a la naciente de agua, por lo que el poco contacto del agua con el medio externo minimiza la presencia de coliformes totales.
- Las fuentes de San Joaquín y Los Hayes presentan comportamientos similares y variaciones comparativas entre estos puntos de muestreo y no lograron ser significativas. Estas fuentes comparten áreas geográficas similares con características muy comunes, especialmente cuando nos referimos a la presencia de animales, actividad humana y la poca protección de las fuentes.

Cuadro 3. Comparación de medias para la variable coliformes totales en las fuentes de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Student-Newman-Keuls test for variable: Coliformes totales (Fuentes)

SNK Grouping	Mean	N	Lugar
A	1187.0	11	Platanillal
B	438.6	11	San Joaquín A
B	354.1	11	San Joaquín B
B	353.0	11	Los Hayes
B	185.9	11	Los Madriles

SNK Grouping	Mean	N	Época
A	848.9	30	Lluviosa
B	89.6	25	Seca

SNK Grouping	Mean	N	Mes
A	1136.9	10	Agosto
A	847.3	10	Julio
A	653.6	5	Septiembre
A	471.2	5	Junio
A	165.7	10	Mayo
A	48.7	10	Febrero
A	19.0	5	Marzo

- También es lógico pensar en una variación estacional, donde se nota un rápido incremento de los organismos coliformes totales a partir del mes de junio, en la época lluviosa, (Figura 2).
- La época influye en la cantidad de coliformes totales presentes en las muestras, esta afirmación se demuestra por las diferencias significativas existentes entre épocas, con comportamientos diferentes. La época lluviosa mantiene promedios más elevados de la presencia de coliformes totales.

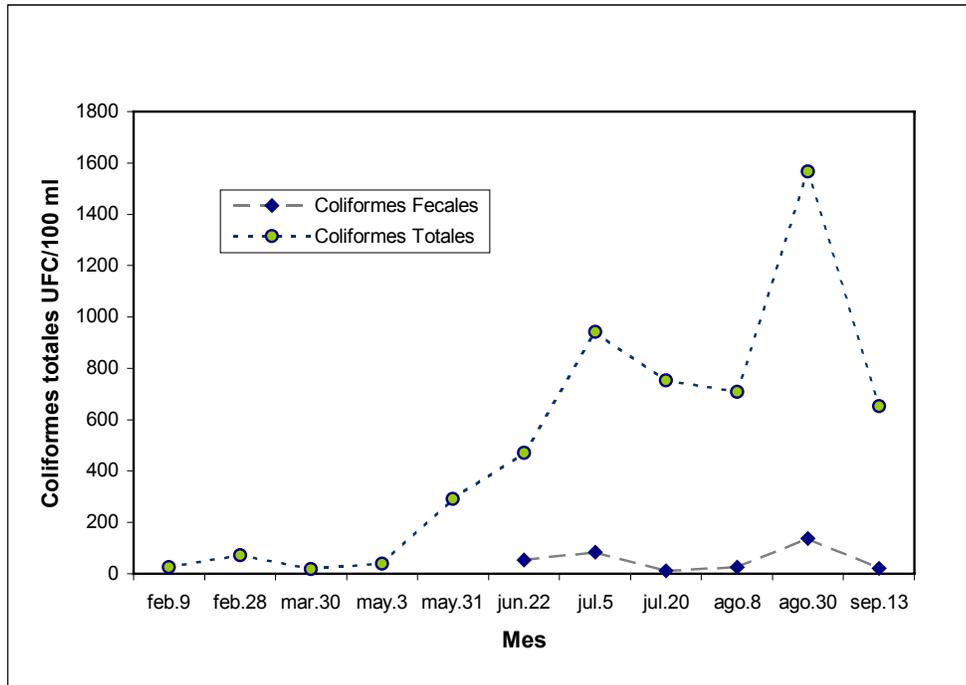


Figura 2. Patrón estacional de cantidades promedios presentes de unidades formadoras de colonias de coliformes totales y fecales en agua de las fuentes de agua de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

4.2.1.2 Para los puntos de muestreo sobre el río Neteapa. El lugar, la interacción de lugar con época y el mes de muestreo influyen en la toma de datos para la variable coliformes totales realizada en el cauce del río Neteapa (Cuadro 4).

Cuadro 4. ANDEVA para la variable coliformes totales en el río Neteapa, Microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Lugar	4	1332129.11	333032.28	4.00	0.0081
Lugar x Época	4	828815.15	207203.78	2.49	0.0587
Mes	5	2849458.71	569891.74	6.84	0.0001

La prueba para la comparación de medias (Cuadro 5), permitió obtener los siguientes resultados para los puntos de muestreo ubicados sobre el río Neteapa:

- Existe diferencia significativa para las observaciones entre lugares de observación ubicados sobre el cauce del río Neteapa. La diferencia también es válida cuando se compara la influencia de la época en el lugar de muestreo y aún más significativa cuando comparamos meses. Cada punto de muestreo sobre el río Neteapa presenta características propias que se traduce en esta diferencia de datos.
- En el punto de muestreo de la quebrada proveniente de la zona urbana presentó, en promedio, el mayor número de coliformes totales, con diferencia significativa ante el resto de las otras fuentes analizadas. Esta cantidad es reflejo del uso que se ha dado a la quebrada, como sistema de evacuación de aguas para Hoya Grande. Existe una gran densidad de organismos bacteriales, una gran cantidad de ellos en pocos volúmenes de agua descargados por la quebrada.
- Conteos realizados en la toma de Morocelí presentaron, en promedio, los menores números de coliformes totales, con diferencia significativa ante el resto de las otras fuentes analizadas. El motivo de un menor número de unidades formadoras de colonias por cada 100 ml, es más que todo una apreciación de densidad, por efecto de dilución, ya que cantidades similares de coliformes encontradas en puntos más cercanos a las fuentes se encuentran en mayores cantidades de agua.

Cuadro 5. Comparación de medias para la variable coliformes totales en el río Neteapa, Microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Student-Newman-Keuls test for variable: Coliformes totales (Río Neteapa)

SNK Grouping	Mean	N	Lugar
A	910.3	11	Quebrada Urbana
B A	754.8	11	Río Neteapa (arriba)
B A	713.5	11	Quebrada El Naranjo
B A	532.5	11	Quebrada Las Pilas
B	438.6	11	Toma Morocelí

SNK Grouping	Mean	N	Época
A	1129.0	30	Lluviosa
B	119.1	25	Seca

SNK Grouping	Mean	N	Mes
A	1136.9	10	Julio
B	847.3	10	Septiembre
B	653.6	5	Agosto
C	471.2	5	Junio
D	165.7	10	Mayo
D	48.7	10	Febrero
D	19.0	5	Marzo

- En el mes de julio se presenta en promedio el mayor número de coliformes totales con diferencia significativa respecto a los otros meses de muestreo. Agosto y septiembre son meses con promedios elevados. Los meses mencionados pertenecen a la temporada lluviosa. Es de esperarse que a mayores precipitaciones se presentarán mayores cantidades de organismos coliformes.
- Febrero y marzo son meses que presentan en promedio bajo número de coliformes totales, con alta diferencia significativa respecto a los otros meses analizados. Mayo e implícitamente abril son otros meses con promedios bajos, sucedidos durante la duración de la época seca.

A partir de los promedios por fecha de muestreo se elaboró un patrón de presencia estacional de los coliformes totales en el cauce del río Neteapa (Figura 3), que asemeja a un patrón de lluvias.

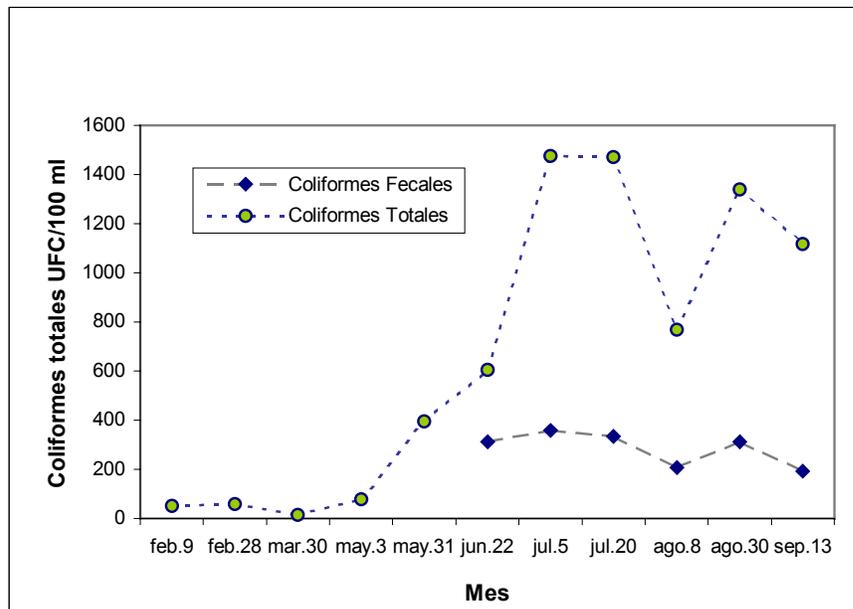


Figura 3. Patrón estacional de cantidades promedio presentes de unidades formadoras de colonias de coliformes totales y fecales en agua del río Neteapa de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

- La época influye en la cantidad de coliformes totales presentes en las muestras tomadas sobre el río Neteapa, esta afirmación se demuestra por las diferencias significativas existentes entre épocas, con comportamientos diferentes. Como es de esperarse, los promedios de coliformes totales se incrementan en la época lluviosa. Muchos coliformes totales tienen relación con el patrón de lluvias por estar ligados a los sedimentos arrastrados por escorrentía de agua.

4.2.1.3 Para los puntos de muestreo ubicados sobre tanques y grifos. La separación de los puntos de muestreo para el análisis de los datos corresponde a las características que generan condiciones particulares y, por lo tanto, comportamientos diferentes. Es una manera de disminuir el error estadístico. Durante el proceso de

elaboración del presente proyecto se observó como medida conveniente la separación, para los respectivos análisis, de los puntos ubicados en tanques de almacenamiento y los ubicados en grifos de domicilios.

Las normas de calidad del agua de Honduras permiten la presencia de 3 UFC/100 ml cuando se trata de agua para consumo humano.

Se debe notar que no existe un patrón estacional en tanques de almacenamiento y en grifos de casas en las comunidades de Hoya Grande y Morocelí, este es muy variable, inclusive, en una misma época estacional, atribuyéndose esta singularidad al número de días efectivos de acción desinfectante del cloro (Cuadro 6), a partir de este criterio y tomando en cuenta los análisis estadísticos se logró deducir importantes resultados para los coliformes fecales, ante la falta de datos en época seca y considerando que la correlación estadística entre variables de coliformes totales y fecales

Cuadro 6. Comparación de coliformes totales encontrados en tanques de almacenamiento y grifos domiciliarios de Hoya Grande y Morocelí en la época de verano (febrero-mayo) e invierno (junio-septiembre).

Fecha Muestreo	Hoya Grande				Morocelí							
	Tanque Hoya Grande		Grifo 1	Grifo 2	Tanque Principal		Tanque Escuela		Tanque Cerrito		Grifo 1	Grifo 2
	DSAC	UFC	UFC	UFC	DSAC	UFC	DSAC	UFC	DSAC	UFC	UFC	UFC
feb. 28	3	0	20	24	2	5	2	4	2	5	0	6
mar. 30	2	1	8	3	1	2	2	18	1	0	8	6
may.03	1	0	0	12	3	27	0	2	3	31	3	29
may.31	2	4	2	8	2	24	2	14	2	2	2	3
jun. 22	1	0	0	0	0	0	0	0	2	20	0	0
jul. 05	3	234	106	204	2	64	1	0	2	95	2	0
jul. 20	3	440	258	381	0	0	4	215	0	0	15	5
ago.08	2	267	700	153	1	65	2	105	1	0	35	20
ago.30	2	27	7	21	2	215	4	270	6	2082	395	55
sep.13	3	187	153	120	3	250	3	410	3	290	0	0

UFC = Unidades formadoras de colonias detectadas en 100 ml de muestra de agua.

DSAC = Días sin aplicación de cloro. No se aplicó cloro hasta el muestreo.

Como se comprobó anteriormente, la prueba estadística tiene gran utilidad analizando datos de coliformes totales, sin embargo, la variabilidad de los valores obtenidos en los grifos domiciliarios y en los tanques de almacenamiento y tratamiento de Morocelí y Hoya Grande, hacen que la prueba sea medianamente apropiada para disminuir el error estadístico en el caso de los grifos y mal apropiada para el análisis de datos de tanques de almacenamientos por permitir una gran posibilidad de error estadístico. Del análisis estadístico se obtuvieron los siguientes resultados:

- No existen diferencias significativas en las variaciones observadas entre sitios. Valido para grifos y tanques de almacenamiento. En estos sistemas de distribución de agua potable, no es posible la determinación de patrones estacionales de

organismos coliformes, por estar sujetos a la aplicación de sustancias desinfectantes, los que modifican las cantidades presentes de organismos.

- No se presenta diferencia significativa entre los datos evaluados en diferentes meses, por la gran variabilidad de los datos, una cantidad de coliformes no podría ser estimada, ni siquiera su variación en algún momento de alguna época. La variación es tal, como para no distinguir exactamente los lugares de muestreo o meses en los que se presentan altos y bajos valores para este parámetro de calidad. Sabemos que la época lluviosa tiene cierta influencia en la presencia total de coliformes totales.

4.2.2 Coliformes fecales

La evaluación de este parámetro se vio afectado por la falta de datos durante la época seca, lo cual impidió la respectiva comparación con los obtenidos en época lluviosa, cuando se presentaron grandes cantidades de coliformes totales. Por ello se esperaría cantidades proporcionales de fecales, con mayor seguridad por la obtención de una correlación estadística de superior a 0.8.

Según la Normas para Determinar la Calidad de los Cuerpos de Agua para efectos de su Uso (1996) de la República de Honduras se permite la presencia de hasta 100 unidades formadoras de colonias en 100 ml cuando el agua tiene como destino el tratamiento de desinfección.

4.2.2.1 Para las fuentes de agua. La prueba fue bien aplicada en el análisis del parámetro coliformes fecales en la zona de las fuentes de agua para la microcuenca de Neteapa, únicamente en la época lluviosa, analizándose la influencia del lugar y del mes en que se realizó el muestreo de agua (Cuadro 7).

Cuadro 7. ANDEVA para la variable coliforme fecal en las fuentes de la Microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Lugar	4	102480.47	25620.12	3.58	0.0214
Mes	3	13221.77	4407.26	0.62	0.6115

Mediante la comparación de promedios, obtenidos en las fuentes de agua de la microcuenca Neteapa, para la variable coliformes fecales (Cuadro 8). se sacan las siguientes observaciones:

- Existe diferencia significativa cuando se observan valores de distintos puntos de muestreo. Al igual que lo sucedido con los coliformes totales, estos varían según las condiciones de cada lugar, por eso es importante tomar en cuenta el lugar de origen del agua. La presencia de los coliformes fecales depende en gran proporción de la cantidad de ganado existente en las zonas cercanas a las fuentes y actividades humanas.

- No se puede afirmar sobre diferencias significativas entre las épocas de muestreo por la falta de datos en la época seca. Pero respondiendo al análisis de correlación se podría decir que es muy probable la presencia de este fenómeno. Con una alta correlación estadística de 0.81 se puede decir que existe una alta relación entre la presencia de los organismos coliformes y es de esperarse la presencia, posiblemente bajo un patrón similar al de coliformes totales.
- No se comprobó una diferencia significativa entre las variaciones de datos obtenidos en los distintos meses de la época lluviosa. Esta situación se presenta por falta de repeticiones y la variabilidad de los datos dentro de la estación lluviosa.

Cuadro 8. Comparación de medias para la variable coliformes fecales en las fuentes de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Student-Newman-Keuls test for variable: Coliformes fecales (Fuentes)

SNK Grouping	Mean	N	Lugar
A	171.7	6	Platanillal
B	42.2	6	San Joaquín A
B	29.0	6	Los Hayes
B	22.8	6	Los Madriles
B	15.0	6	San Joaquín B

- Platanillal es la fuente que muestra los más altos promedios de la presencia de coliformes fecales, con diferencia significativa respecto a las otras fuentes. Esta fuente tiene un largo recorrido desde el nacimiento hasta la captación que incluye un trayecto que cruza un camino de herradura muy transitado y una finca que rodea por completo a dicha fuente, donde la gran actividad durante las cosechas y labores culturales para el manejo del café obligan la introducción de animales de carga.
- Entre las fuentes de San Joaquín, Los Hayes y Los Madriles no existe una diferencia significativa, por lo que podría decirse que tienen un comportamiento bastante similar en la época lluviosa. Estas fuentes poseen variaciones que pueden enmascarse con la falta de repeticiones.

4.2.2.2 Para los puntos de muestreo sobre el río Neteapa. Las variaciones de promedio de coliformes fecales presentadas en distintos lugares de muestreo tienen diferencia significativa. Por las diferentes características de los lugares de muestreo, los caudales que presentan y la presencia de ganado en las riberas del río Neteapa (Cuadro 9). El mes de recolección de muestras también tiene influencia sobre los datos obtenidos.

Cuadro 9. ANDEVA para la variable coliformes fecales en muestras del río Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Lugar	4	477099.53	119274.88	4.10	0.0125
Mes	3	90337.37	30112.46	1.03	0.3969

La principal diferencia a cuantificar fue la presentada por influencia del lugar (Cuadro 10). Las influenciadas por los meses serían mejor observados mediante la comparación de épocas, las cuales no se lograron recopilar.

Cuadro 10. Comparación de media para la variable coliformes fecales sobre el río Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Student-Newman-Keuls test for variable: Coliformes fecales (Río Neteapa)

SNK Grouping	Mean	N	Lugar
A	411.2	11	Quebrada Urbana
A	373.5	11	Río Neteapa (arriba)
A	338.3	11	Quebrada El Naranjo
B A	251.8	11	Quebrada Las Pilas
B	57.8	11	Toma Morocelí

- Las variaciones presentadas entre los meses de la época lluviosa son poco significativas; por la escasez de datos. Pero podemos suponer que existiría una diferencia significativa según la época de muestreo, basándose en que existe correlaciones entre coliformes totales y fecales.
- La quebrada proveniente de la zona urbana y la primera parte del río Neteapa (río Neteapa Arriba) influenciada por la anterior, presentan altos promedios de coliformes fecales, con diferencia significativa, respecto a otros puntos ubicados sobre el mencionado río. Esta quebrada que hace de colector de aguas residuales posee una gran carga bacteriana que es depositada en aguas del río Neteapa. Entre las fuentes de contaminación originadas en la zona urbana de Hoya Grande se encuentran: la deposición de desechos orgánicos de animales de pastoreo y otros animales domésticos, también la contaminación por heces fecales producto de la falta de letrinas.
- La toma de agua para Morocelí cuenta con el promedio de coliformes fecales más bajo, con gran diferencia significativa comparada con el resto de los puntos de muestreo. A este punto llega un mayor caudal, consecuencia de la unión con los ríos California y Lomanillos, y la quebrada de Urbina, que produce un efecto de dilución con los coliformes fecales presentados en los puntos de muestreo ubicados en zonas más altas.

4.2.2.3 Para los puntos de muestreo ubicados sobre tanques y grifos. El análisis estadístico se dificulta ante la variabilidad influenciada por la cloración del agua en un proceso de tratamiento para su distribución. (Cuadro 11). Los datos de campo se analizaron tomando en cuenta esa situación. Cuando el agua pasa un proceso de desinfección, las normas de calidad del agua de Honduras no permiten la presencia de coliformes fecales.

Cuadro 11. Comparación de coliformes fecales encontrados en tanques de almacenamiento y grifos domiciliarios de Hoya Grande y Morocelí en la época de verano, El Paraíso.

Fecha Muestreo	Hoya Grande				Morocelí							
	Tanque Hoya Grande		Grifo 1	Grifo 2	Tanque Principal		Tanque Escuela		Tanque Cerrito		Grifo 1	Grifo 2
	DSAC	UFC	UFC	UFC	DSAC	UFC	DSAC	UFC	DSAC	UFC	UFC	UFC
jun. 22	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
jul. 05	3	58	50	84	2	18	1	0	2	10	0	0
jul. 20	3	4	25	20	0	0	4	65	0	0	0	0
ago.08	2	0	22	0	1	5	2	10	1	0	10	0
ago.30	2	0	5	0	2	35	4	50	6	918	130	0
sep.13	3	5	0	5	3	10	3	50	3	71	0	0

UFC = Unidades formadoras de colonias detectadas en 100 ml de muestra de agua.

DSAC = Días sin aplicación de cloro. No se aplicó cloro hasta el muestreo.

- Las variaciones registradas entre los puntos de muestreo no son significativas. El aumento de mediciones puede que no convenga porque la variación que determina la presencia de coliformes fecales es el tratamiento, en algunos casos llegando al control absoluto de organismos patógenos y en otros muchos sobrepasando los parámetros determinados para el agua potable. Se observa el mismo efecto tanto en tanques de almacenamiento como en los grifos de domicilios donde al agua es un servicio final.
- Se descarta que entre los meses de evaluación existan diferencias significativas. Una vez más, no se superaría este problema con el aumento de repeticiones, sino que se debe entender la existencia de un comportamiento relacionado al tratamiento de agua para consumo.
- A pesar de no existir diferencia significativa entre los datos de presencia de coliformes según el lugar de muestreo, se observa que con mediana probabilidad podrían ocurrir diferencias entre estos, y atribuirse una mayor presencia de coliformes fecales en tanques de almacenamiento y grifos localizados en Morocelí, los pertenecientes a Hoya Grande mantienen promedios más pequeños.

4.2.3 Efecto de la acción desinfectante del cloro.

Las pruebas estadísticas para los parámetros de coliformes totales y fecales en los puntos de muestreo ubicados en los tanques de almacenamiento y tratamiento no contienen diferencias significativas, por la variabilidad que puede ser originada por la acción desinfectante del cloro. Es por eso que se estimó una tendencia, basándose en una correlación existente entre los organismos coliformes y los días de transcurridos entre el muestreo y la última cloración efectuada, equivalente a días sin aplicación de cloro, donde el cloro cumple su acción desinfectante y, a la vez, pierde su efecto.

Se encontró una correlación que explica hasta el 67% cuando se relacionan los días de acción del cloro y la presencia de coliformes totales. En caso de los coliformes fecales, la relación con los días es explicada hasta en un 63% (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de correlación entre días sin aplicación de cloro con la presencia de organismos coliformes encontrados en los tanques de almacenamiento y tratamiento de Hoya Grande y Morocelí, El Paraíso.

	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
Días*	0.67682	0.63494

Días* = Días transcurridos entre la última cloración hasta la fecha del muestreo. Días sin aplicación de cloro.

Las tendencias muestran un mantenimiento del poder desinfectante del cloro, aproximadamente, hasta el segundo día; más allá de este rango esa acción disminuye por lo cual se espera que organismos coliformes (totales y fecales) incrementen de manera exponencial, como suele ser un típico crecimiento bacterial (Gráfico 4 y 5).

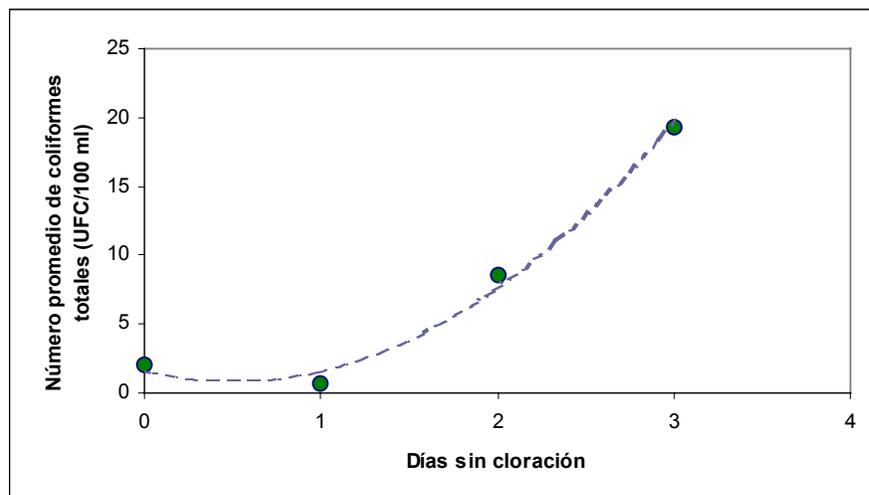


Figura 4. Tendencia de la presencia de coliformes totales bajo la influencia de la acción decreciente y desinfectante del cloro, en época seca en tanques de almacenamiento y tratamiento de Hoya Grande y Morocelí, El Paraíso.

Al obtener datos correspondientes hasta 3 días sin aplicación se obtiene una curva creciente exponencial, pero con un mayor número de datos existe una estabilidad en el crecimiento exponencial de organismos coliformes.

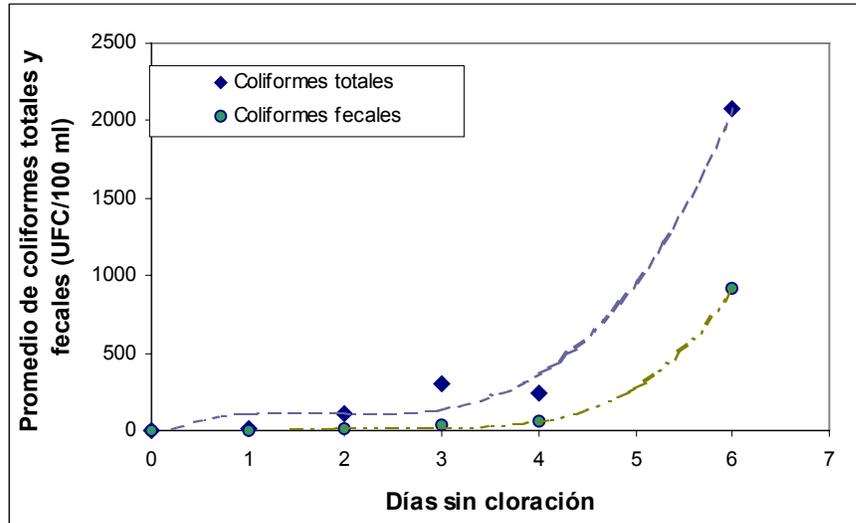


Figura 5. Tendencia de la presencia de coliformes totales y fecales bajo la influencia de la acción decreciente y desinfectante del cloro, en época lluviosa en tanques de almacenamiento y tratamiento de Hoya Grande y Morocelí, El Paraíso.

En el anterior gráfico se puede comprobar la correlación existente entre la presencia de coliformes totales con la de coliformes fecales. El análisis de correlación realizado entre estos dos parámetros es explicado en 96%, lo cual demuestra una alta relación, donde la presencia de uno está ligada a la del otro parámetro, y ambos influenciados por el poder desinfectante del cloro.

4.2.4 Impacto en el río Neteapa

En el transcurso del río Neteapa, se observa que las quebradas de Naranjo y la proveniente de la comunidad (Urbana) aportan al mencionado río una importante cantidad de coliformes totales y fecales dependiendo de la época del año. Para este fin se calculó la variación proporcional de coliformes ingresantes al segmento acuífero comprendido entre la quebrada Las Pilas y el río Neteapa (arriba), con los coliformes totales y fecales salientes de segmento. En dicho tramo hubo un incremento de 50% en la concentración de organismos coliformes.

De igual forma, se calculó la variación proporcional entre Neteapa Arriba y la toma de Morocelí. Estos puntos están separados por una distancia aproximada de 5 kilómetros, y en el trayecto se unen otros cauces. Se observa una disminución de la unidades formadoras de coliformes totales, la cantidad de UFC que llegan a la toma de Morocelí es apenas el 60% de las UFC registradas en Neteapa Arriba, lo cual se atribuye al efecto de dilución, suponiendo que el agua que aportan otros cauces, no

estudiados, comprendidos entre esos dos puntos de muestreo tienen agua limpias y con pocas Unidades formadoras de colonias de coliformes totales, (Cuadro 13).

Cuadro 13. Impacto de las quebradas provenientes de la zona urbana y agrícola de Hoya Grande en aguas del río Neteapa, expresado en proporción de coliformes totales que afectan la calidad del agua de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

	Coliformes totales (UFC/100 ml)					Proporción coliformes (antes/después)	
	Quebrada Las Pilas	Quebrada el Naranjo	Quebrada Urbana	Río Neteapa	Toma Morocelí	R.Neteapa/L.Pilas	T.Morocelí/R.Neteapa
feb. 09	36	63	93	52	10	1.44	0.19
feb. 28	54	32	120	69	13	1.28	0.19
mar. 30	13	13	15	15	20	1.15	1.33
may.03	82	5	96	102	103	1.24	1.01
may.31	246	201	529	782	213	3.18	0.27
jun. 22	346	771	1340	440	127	1.27	0.29
jul. 05	1357	2240	1115	1625	1038	1.20	0.64
jul. 20	1467	1409	1760	1875	846	1.28	0.45
ago. 08	615	500	1346	843	538	1.37	0.64
ago. 30	962	1136	2115	1400	1077	1.46	0.77
sep. 13	679	1478	1484	1100	840	1.62	0.76
						1.50	0.60
						(A)	(B)

A = Quebradas El Naranjo y Urbana contribuyen con el aumento de 50 % en coliformes totales.
B = El 60% de los coliformes totales provenientes del río Neteapa Arriba llegan a la toma de Morocelí.

El comportamiento que generan las mismas quebradas con respecto al aporte de coliformes fecales tiene el mismo efecto. Existe un mayor aporte de hasta 207% con respecto a los conteos realizados al inicio del segmento acuífero. Por dilución los coliformes fecales que llegan a la toma de Morocelí representan un 26% de los calculados en la parte alta del segmento (Cuadro 14).

Cuadro 14. Impacto de las quebradas provenientes de la zona urbana y agrícola de Hoya Grande en aguas del río Neteapa, expresado en proporción de coliformes fecales que afectan la calidad del agua de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

	Coliformes totales (UFC/100 ml)					Proporción coliformes (antes/después)	
	Quebrada Las Pilas	Quebrada el Naranjo	Quebrada Urbana	Río Neteapa	Toma Morocelí	R.Neteapa/L.Pilas	T.Morocelí/R.Neteapa
jun. 22	244	663	170	380	101	1.56	0.27
jul. 05	536	375	222	660	0	1.23	0.00
jul. 20	428	377	467	269	132	0.63	0.49
ago.08	36	192	429	357	28	9.92	0.08
ago.30	231	192	679	464	0	2.01	0.00
sep.13	36	231	500	111	83	3.08	0.75
						3.07	0.26
						(A)	(B)

A = Quebradas El Naranjo y Urbana contribuyen con el aumento de 207% en coliformes fecales.
B = El 26% de los coliformes fecales provenientes del río Neteapa llegan a la Toma de Morocelí.

4.2.5 Oxígeno disuelto del agua

El oxígeno disuelto nos da una idea de la salud del agua. Alteraciones de este parámetro son poco frecuentes.

4.2.5.1 Para las fuentes de agua. El lugar de muestreo y la interacción de éste con la época, no influenciaron en los promedios de concentraciones de oxígeno disuelto del agua de las fuentes de la microcuenca. Los meses como factor de tiempo tienen influencia en la variación de promedios de concentraciones de oxígeno disuelto (Cuadro 15).

Cuadro 15. ANDEVA para la variable oxígeno disuelto en las fuentes de agua de la microcuenca Neteapa. Morocelí, El Paraíso.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Lugar	4	1.44	0.36	1.21	0.3258
Lugar x Época	4	1.90	0.48	1.60	0.1964
Mes	5	15.42	3.08	10.36	0.0001

- Las variaciones presentadas en las diferentes fuentes de agua según su localización no tuvieron diferencias estadísticas. El oxígeno disuelto es una variable que tiene mucha relación con la capacidad de autopurificación del agua a consecuencia del movimiento de oleaje y la exposición a aireación del ambiente. En las fuentes no existen factores que estanquen el agua por lo que se mantiene sin mucha variación sea cual sea el lugar.
- Las variaciones registradas entre épocas tampoco son significativas. Las características de la estacionalidad de las épocas no influyen en el comportamiento del oxígeno disuelto. Los factores climáticos tienen poca influencia, esta variable está más relacionada a características geomorfológicas.
- Existen diferencias significativas que ocurren en algunos meses. Posiblemente de acuerdo a la cantidad de caudal de los segmentos acuíferos que fluyen en la cuenca, a menor caudal se podría esperar una mayor tendencia a menor movimiento del agua y por tanto afectar su capacidad de autopurificación.
- En el mes de marzo se registraron, en promedio, las lecturas más altas de oxígeno disuelto. Estas lecturas pudieron ser ocasionadas por caudales relativamente mayores con respecto a los registrados en los meses de junio, julio y agosto.
- En los meses de junio, julio y agosto se registraron algunos promedios bajos de oxígeno disuelto, probablemente como consecuencia de la reducción de caudales en algunas fuentes, en especial la fuente de Los Madriles que a esas alturas del año disminuyó su caudal casi por completo. La sequía registrada en los meses cercanos a la mitad del presente año provocaron este efecto (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de medias para la variable oxígeno disuelto en las fuentes de la microcuenca Neteapa, Moroceli, El Paraíso.

Student-Newman-Keuls test for variable: Oxígeno disuelto (Fuentes)

SNK Grouping	Mean	N	Lugar
A	8.32	10	Los Hayes
A	8.09	10	San Joaquín A
A	8.04	10	Platanillal
A	7.94	10	Los Madriles
A	7.90	10	San Joaquín B

SNK Grouping	Mean	N	Época
A	8.08	20	Seca
A	8.04	30	Lluviosa

SNK Grouping	Mean	N	Mes
A	8.96	5	Marzo
B A	8.44	5	Septiembre
B A	8.31	10	Mayo
B A	8.19	10	Julio
B	8.02	5	Junio
B	7.71	10	Agosto
C	6.75	5	Febrero

- Las lecturas más bajas ocurrieron en el mes de febrero, era de esperarse a consecuencia de una época seca, que se relaciona con caudales y temperaturas. Aún con este valor, la diferencia con respecto a otros meses es significativa pero con poca fluctuación en los datos.
- Se detectó que existe una correlación de 0.44 entre los valores de oxígeno disuelto y de nitratos. Nos señala una relación baja entre estas dos variables.

4.2.5.2 Para los puntos de muestreo sobre el río Neteapa. El análisis de los datos de oxígeno disuelto, localizados sobre el río Neteapa, mediante la prueba estadística SNK fue apropiado y disminuyó bastante el error estadístico. Obtuvimos los siguientes resultados.

- Al igual que en los puntos de muestreo de las fuentes de agua, estos no presentaron diferencias significativas en variaciones producidas por el lugar de muestreo. Por las mismas razones explicadas en las fuentes, las variaciones de la concentración de oxígeno disuelto son poco probables en lugares con bastante movimiento de agua, especialmente en los puntos localizados sobre el río Neteapa con un mayor caudal y presencia de irregularidades en el terreno que originan un gran movimiento de las corrientes de agua.
- Existen altas probabilidades de que las diferencias influenciadas por la época no sean significativas, estadísticamente. Porque la época y estacionalidad poco influyen, los impactos se originan por factores físicos y geográficos de la cuenca.
- Existieron variaciones en algunos meses, que tuvieron diferencia significativa respecto a los datos de otros meses. Tal el caso de los meses de junio, julio y

agosto que registraron algunos promedios bajos de oxígeno disuelto, probablemente a consecuencia de la marcada sequía, la temperatura ambiental y la pérdida de fluidez del caudal en algunas fuentes.

- Al igual que en el caso de las fuentes en el mes de marzo se registraron, en promedio, las lecturas más altas de oxígeno disuelto. Sin embargo las de febrero son las más bajas en promedio. Las diferencias con otros meses son pocas, las fluctuaciones ocurridas no tienen una diferencia significativa estadística.

4.2.6 Temperatura del agua

Mediante el análisis de varianzas realizado para la variable temperatura se comprobó que el lugar y el factor tiempo (mes, época) tienen remota influencia en la variación de los promedios de temperatura del agua registrados en las fuentes de agua de la microcuenca Neteapa.

La comparación de promedios para la variable temperatura del agua (Cuadro 17), permite alcanzar los siguientes resultados:

- El lugar no influyó en las variaciones registradas en los datos de campo. Esas diferencias no son significativas. El lugar de muestreo no tiene influencia sobre la temperatura del agua. Las fluctuaciones de temperatura del agua están más sujetas a las sufridas en el ambiente.

Cuadro 17. Comparación de media para la variable temperatura en las fuentes de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Student-Newman-Keuls test for variable: Temperaturas (Fuentes)

SNK Grouping	Mean	N	Lugar
A	18.76	10	Los Madriles
A	18.68	10	San Joaquín B
A	18.62	10	San Joaquín A
A	18.53	10	Platanillal
A	18.52	10	Los Hayes

SNK Grouping	Mean	N	Época
A	18.87	30	Lluviosa
B	18.26	20	Seca

SNK Grouping	Mean	N	Mes
A	19.10	5	Septiembre
A	18.95	10	Julio
A	18.90	5	Junio
A	18.72	5	Marzo
A	18.65	10	Agosto
B A	18.20	10	Mayo
B	17.90	5	Febrero

- En la época lluviosa se registraron, en promedio, mayores temperaturas que en época seca, la influencia de la época climática puede ser evidente con diferencia significativa. Recordando que la época lluviosa del presente año se caracterizó por poseer temperaturas ambientales relativamente altas con respecto a las ocurridas en verano y falta de lluvias que no contrastaron con dichas temperaturas.
- En los meses de junio, julio y septiembre se dan las temperaturas de agua más elevadas, en promedio, con diferencia significativa en contraste con la menor temperatura perteneciente al mes de febrero hasta cuando se alargan las temperaturas de la época más fría del año en Honduras que sucede a fin de año.
- Con estos análisis estadísticos no se observan grandes fluctuaciones que se constituyan como contaminantes físicos del agua. Tampoco altera los procesos biológicos que ocurren normalmente en el agua.

4.2.7 Caudal

El análisis de las mediciones de caudal para las fuentes de agua de la microcuenca, mediante la prueba de varianzas, permitió observar diferencias significativas influenciadas por el lugar de muestreo y los meses y época como factor de tiempo (Cuadro 18).

Cuadro 18. ANDEVA para la variable caudal en la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Lugar	4	146.28	36.57	116.47	0.0001
Lugar x Época	4	7.16	1.79	5.70	0.0012
Mes	5	6.28	1.26	4.00	0.0056

- La ubicación de los puntos de muestreo influye en la cantidad de caudal producida. Con este razonamiento se confirma que cada fuente dentro de la microcuenca tiene un potencial de producción de agua, muy dependiente de las características del suelo, la cobertura vegetal en las zonas de recarga y el uso de suelo en dichas zonas (Cuadro 19).
- En la época lluviosa se presentaron, en promedio, mayores caudales en algunas fuentes, contradictoriamente el promedio fue disminuido por la poca producción de agua de la fuente Los Madriles, pero aún así superaron los promedios de caudal encontradas en época seca.
- Junio, agosto, septiembre son meses con mayores caudales en promedio, respecto a otros menores como las presentadas en los meses de febrero, junio y mayo. Las diferencias son significativas. El patrón estacional de las lluvias fue factor importante como generador de corrientes hídricas que se vieron disminuidas por la sequía acontecida el presente año.

Cuadro 19. Comparación de medias para la variable caudal en las fuentes de agua de la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Student-Newman-Keuls test for variable: Caudal (Fuentes)

SNK Grouping	Mean	N	Lugar
A	6.37	10	San Joaquín A
B	3.57	10	Los Hayes
B	3.44	10	San Joaquín B
B	3.24	10	Platanillal
C	0.63	10	Los Madriles

SNK Grouping	Mean	N	Época
A	3.73	30	Lluviosa
B	3.03	20	Seca

SNK Grouping	Mean	N	Mes
A	4.20	5	Septiembre
B A	3.98	10	Agosto
B A	3.96	5	Junio
B C	3.25	5	Febrero
B C	3.21	5	Marzo
B C	3.13	10	Julio
C	2.84	10	Mayo

4.2.8 Nitratos

El mes de muestreo fue el único factor que tuvo influencia sobre los promedios de concentraciones de nitratos en las muestras de agua. El lugar de muestreo no tienen mucha influencia en la presencia de nitratos (Cuadro 20)

Cuadro 20. ANDEVA para la variable caudal en la microcuenca Neteapa, Morocelí, El Paraíso.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Lugar	4	15.60	3.90	1.03	0.4074
Lugar x Época	4	14.12	3.53	0.94	0.4579
Mes	3	53.65	17.88	4.74	0.0088

- El lugar no fue influencia que ocasionó variaciones en valores obtenidos en laboratorio. Esas diferencias no son significativas. Las fuentes de contaminación por nitratos probables son las entradas de fertilizantes inorgánicos y el nitrógeno orgánico. A pesar de que alrededor de las fuentes existen zonas agrícolas, la escorrentía de aguas con concentraciones de nitratos o nitritos no parece ser un problema en las fuentes de la cuenca, seguramente por la gran inestabilidad de este elemento. La vegetación circundante a las fuentes de agua y la descomposición de materia orgánica tampoco constituyen un factor para originar variación en las concentraciones de nitratos.

- Tomando en cuenta las épocas climáticas, no ocurren variaciones que sean significativas y caractericen una de la otra. El clima tiene cierta influencia en el ciclo del Nitrógeno, pero en este estudio las fuentes que aportan nitratos están más relacionadas a actividades antropogénicas, como el uso de fertilizantes y a la mineralización de compuestos orgánicos, muy relacionados con la vegetación.
- Marzo es el mes en que se presentan altos niveles de nitratos, con diferencia significativa. En cambio, mayo y julio son meses en los que se presentaron los menores niveles de nitratos en aguas de las fuentes. Marzo se caracterizó por coberturas poco desarrolladas y verdes, la hojarasca pudo ocasionar efecto en las concentraciones de nitratos, o bien algunas fertilizaciones realizadas en cultivos.

4.2.9 Demanda biológica de oxígeno (DBO)

Esta variable es más utilizada para determinar la calidad del agua mediante la demanda de oxígeno por parte de los organismos, aplicada más en aguas residuales, por eso el muestreo se limitó a la elección de puntos estratégicos: una fuente representativa con posibles mayores impactos (Platanillal) y a la quebrada que conduce aguas residuales de la comunidad de Hoya Grande (quebrada Urbana). Se realizaron 3 análisis para esta variable (Cuadro 21), todos se mantuvieron dentro del rango aceptable, sin llegar a superar las 50 mg/l que sugiere la Norma Para Determinar la Calidad de Uso de Cuerpos de Agua para Efectos de su Uso (1996).

Cuadro 21. Demanda biológica de oxígeno realizada en la fuente Platanillal y quebrada El Naranjo.

Repetición	DBO ₅ (mg/l)	
	Platanillal	Quebrada Urbana
1	7.25	6.74
2	1.83	1.43
3	1.00	1.00

4.2.10 Cloro residual

Esta variable también tuvo un muestreo estratégico, realizándose en un tanque de almacenamiento y un grifo en cada una de las comunidades (Hoya Grande y Moroceli). En este caso no se sobrepasaron valores recomendados y en algunos casos no se atendió los requerimientos para un efectivo tratamiento de aguas. Es por eso que el tratamiento de aguas constituye la principal falencia de los sistemas de distribución y tratamiento de aguas en las comunidades.

Tomando en cuenta que la concentración de cloro recomendada por la Norma Técnico Nacional de Calidad del Agua de Honduras (1996), es de 1 mg/l y permite un valor máximo admisible de 5 mg/l en agua potable; se puede afirmar que no existe un patrón en cuanto a las concentraciones de cloro residual en los sistemas de tratamiento de aguas. Estos, como muy bien pueden alcanzar cantidades óptimas, también pueden dejar de ser óptimos, ejemplo de ello son las muestras en las que no se detectaron concentraciones de cloro residual (Cuadro 22).

Cuadro 22. Concentraciones de cloro residual detectadas en muestras de agua para consumo humano en comunidades de Hoya Grande y Morocelí, El Paraíso.

Fecha	Cloro residual (mg/l)			
	Tanque H.Grande	Grifo H.Grande	Tanque Morocelí	Grifo Morocelí
mar. 30	1.28	-	0.01	-
may. 03	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
may. 31	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
jul. 05	0.03	0.03	0.58	0.05
jul. 20	0.10	0.10	0.10	0.10
ago. 08	0.10	0.10	0.10	0.10
ago. 20	0.10	0.10	0.10	0.10

4.2.11 Fósforo total

Los parámetros establecidos en las Normas Nacionales para determinar la Calidad Descarga de Aguas Residuales en Cuerpos Receptores (1996) establecen un valor máximo admisible de 5 mg de fósforo total por litro de agua. Este valor es sobrepasado únicamente en la Toma de Morocelí sobre el río Neteapa (Cuadro 23). En general las muestras levantadas sobre el río Neteapa mantienen concentraciones cercanas a la permisible; la causa, con mucha probabilidad, es el uso de detergentes para lavar ropa en orillas de dicho río. Este valor tiene repercusión en posibles eutroficcaciones y habiendo sido recomendado por la Organización Mundial de la Salud, también tiene su repercusión en al salud de los consumidores. Se debe tomar en cuenta que el fósforo puede ser acumulado en el suelo.

Cuadro 23. Concentraciones de fósforo total en los puntos de muestreo.

Fósforo total (mg/l)	
Fuentes	
San Joaquín	0.70
Platanillal	0.97
Los Hayes	0.05
Río Neteapa	
Las Pilas	2.30
El Naranjo	2.00
Urbana	2.30
R.Neteapa (Arriba)	3.70
Toma Morocelí	7.20
Tanques y Grifos	
Tanque H.Grande	0.05
Tanque Morocelí	1.50
Grifo H.Grande	2.00
Grifo Morocelí	1.50

4.2.12 Pesticidas

Con los análisis realizados se demostraron las sospechas sobre presencia de plaguicidas, se realizaron muestreos a inicios de la época lluviosa, para aumentar la posibilidad de detectarlos debido al fenómeno de lavado y escorrentía de partículas.

Se tomó en cuenta las características de uso de suelo para la determinación de los puntos de muestreo. Se eligió la quebrada del Naranjo (Cuadro 24) por ser confluente de aguas originadas en las fuentes. También se escogió a la fuente Platanillal como representante de las fuentes de agua, donde el manejo de agroquímicos es consecuencia de la expansión de la frontera agrícola y las correspondientes prácticas agrícolas tradicionales realizadas.

Las cantidades registradas son permitidas por las normas para el consumo de agua. Pero el simple hecho de la presencia de concentraciones de estas sustancias debería alertar a los afectados y causantes de este problema para la búsqueda de alternativas que eviten la manifestación de problemas posteriores de salud.

Cuadro 24. Compuestos organoclorados detectados en la quebrada El Naranjo y sus respectivas concentraciones en microgramos por litro de agua.

Compuesto detectado	Concentración (ug/l)	
	Muestra ago 30	Muestra Sep 13
Aldrin	0.00060	N.D.
DDT	0.01000	0.01400
DDE	0.00110	0.15000
DDD	0.00230	N.D.
Endosulfan I	0.00090	N.D.
Endosulfan II	0.00400	N.D.
Endrin	0.00051	N.D.
Gamma BHC	0.00130	0.32000
Heptacloro	0.00040	N.D.

N.D.= No detectado

En la fuente de agua Platanillal (Cuadro 25) también se encontraron concentraciones de compuestos organoclorados, provenientes de las intensas labores de control químico contra plagas del café en las fincas productoras que rodean la fuente. El uso del agua de esta fuente fue suspendido por el temor a las concentraciones de pesticidas presentes en el agua.

Cuadro 25. Compuestos organoclorados detectados en la fuente de agua Platanillal y sus respectivas concentraciones en microgramos por litro de agua.

Compuesto detectado	Concentración (ug/l)	
	Muestra ago 30	Muestra sep 13
Alfa BHC	N.D.	0.0011
Gamma BHC	0.0004	N.D.
Delta BHC	N.D.	0.0160
DDD	N.D.	0.0080
DDE	0.0020	N.D.
Endosulfan Sulfato	0.0005	N.D.
Heptacloro Epoxido	N.D.	0.0650

N.D.= No detectado

4.3 TALLERES PARTICIPATIVOS

Bajo la modalidad de identificación de problemas, el reconocimiento de efectos y causas y un planteamiento de soluciones (Anexo 5), se crearon bases parciales para el establecimiento de un plan de manejo, desde el punto de vista de la comunidad.

Se identificó contaminación por excreción de animales, principalmente donde estos abundan, en fincas cercanas a las fuentes Los Hayes y San Joaquín. Otros segmentos hídricos también son afectados por el paso libre de animales, por ejemplo las riberas del río Neteapa que posee algunas pasturas que se usan para el mantenimiento de la actividad ganadera, o la fuente Platanillal que recibe la presencia por la cercanía del camino hacia la montaña. Los participantes del taller identificaron los efectos de esta situación, traducido en enfermedades como la diarrea y la hepatitis. Este hecho se cree que es causado por el desconocimiento del problema por parte de los ganaderos o por la falta de control sobre el ganado. Ante este hecho se planteó como soluciones viables el cercado en dichas fuentes y la concientización a los ganaderos para el respectivo control de la “vagancia” de animales. Las opiniones de los pobladores coincidieron con los resultados de la variable coliformes fecales de las fuentes, donde San Joaquín es una de las principales fuentes afectadas.

La deforestación es otro problema identificado por la comunidad, el cual afecta de manera directa la cantidad de agua atrapada en las zonas de recarga. Pobladores de mayor edad de la comunidad de Hoya Grande han visto una estrecha relación entre la disminución de los caudales de agua y la deforestación, como consecuencia de la ampliación de la frontera agrícola. Entre las soluciones prontas se ha visto la reforestación de áreas cercanas a las fuentes para recuperar las anteriores condiciones de la montaña y los niveles de producción de agua. Para dicha actividad se habló de levantar un programa de reforestación el cual podría ser ejecutado por brigadas escolares, la junta de agua y la comunidad en general. Se planteó la idea de promover

el control sobre la corta de árboles de las fuentes. También se analizó la posibilidad de uso de especies adaptables en la zona, como ser Inga, Nogal, Lloro, Guachipilín, Jaúl y Cedro. Estas especies pueden también ofrecer sombra al café. Los mapas de uso de suelo demuestran la presencia de bosque ralo de coníferas y de bosque secundarios, estas características de baja densidad y restauración natural son reflejo de la deforestación de la zona alta ocurrida en el pasado.

Un problema que causó preocupación en los participantes fue el de contaminación de las fuentes de agua con sustancias tóxicas. Este problema hace temer la aparición de enfermedades como el cáncer. La actividad cafetalera incluye la producción intensiva con uso de agroquímicos. Este fenómeno se ha presentado en todas las zonas que rodean las fuentes de agua, en unas en mayor grado que en otras, las más afectadas son las fuentes de Platanillal y San Joaquín. Es decir que la agricultura está trabajando muy cerca de la producción de agua. Los participantes opinaron que un buen camino para disminuir efectos de esta circunstancia es mediante la concientización de los productores para que realicen prácticas de labores orgánicas. Las opiniones se comprobaron con los análisis para la detección de compuestos organoclorados realizados en la fuente Platanillal y la quebrada Las Pilas, donde se encontró pequeñas concentraciones de sustancias organocloradas.

La eliminación de sustancias descartables del proceso de beneficiado del café es una causa que genera una serie de intoxicaciones, en los animales que pastorean en las zonas bajas de Hoya Grande, y diarrea entre los pobladores. Esta mala disposición de las aguas residuales del beneficiado de café afecta los procesos biológicos, por acidificación y eutroficación en las aguas que sirven a pobladores de comunidades de zonas bajas que utilizan este recurso, como es el caso de Morocelí, aunque ellos perciban el efecto como mal olor del agua y dolencias estomacales. Nuevamente se discutió la creación de conciencia ambiental en los productores y beneficiadores de café. También se mencionó la adquisición de un beneficio ecológico para uso de productores que estén bajo esa política de trabajo. A pesar de haber monitoreado la demanda biológica de oxígeno, no se encontraron resultados que aseguren una situación de degradación del agua.

El problema de la falta de capacidad para la captación del agua en las fuentes fue mencionado, causado por el deterioro que presentan estructuras de algunas fuentes, como el caso de San Joaquín que presenta mal aprovechamiento de este elemento, por falta de limpieza y ampliación de la entrada a la caja recolectora, además del mal diseño en el primer tamo de la tubería que conduce el agua recolectada hacia el tanque de almacenamiento y tratamiento de Hoya Grande. También entró en discusión el mal diseño de la caja recolectora de Platanillal, atribuyéndose a está el reflujó de líquido y en consecuencia el estancamiento del caudal ingresante. La revisión de estos aspectos fueron sugeridos a la Junta de Agua de Hoya Grande para la ejecución de obras que logren corregir esos detalles. Mediante la observación de campo se comprobó la situación.

La comunidad tiene problemas en cuanto al manejo inadecuado de basura y la contaminación de heces fecales. Este es un problema que está afectando las zonas bajas y la calidad de las aguas que pasan por ahí. Una causa importante en cuanto al manejo de basura es la falta de coordinación para la disposición de desechos y eliminación de éstos bajo tratamiento. Otra causa es la falta de letrinas en domicilios de Hoya Grande, los participantes creen que podría gestionarse la construcción de

letrinas secas y actuar con capacitaciones a gente con falta de conciencia ecológica para la solución de estos problemas. Mediante la observación de campo se comprobó la existencia de múltiples desechos de lenta degradación en la zona urbana y caminos.

Por último se discutió el riesgo que implica el uso de agroquímicos en la producción agrícola. El cuidado y protección del café en sus diferentes etapas son responsables de la implementación de plaguicidas, funguicidas y herbicidas. Al encontrarse a todas las fuentes de agua dentro de áreas de producción se correría el riesgo de encontrar elementos nocivos en el agua. El caso más sospechado en la microcuenca fue en la fuente Platanillal, donde se identificó como usuario de grandes dosis de agroquímicos al propietario de tierras que rodean la fuente de agua. Al respecto se cortó el abastecimiento de la fuente Platanillal hasta la obtención de resultados para respaldar las sospechas, y también se pretendió hacer un llamado de atención a los propietarios de tierras de uso agrícola cercanos a fuentes de agua.

En esa ocasión se expusieron resultados parciales de análisis para la detección de organismos coliformes. Los participantes entendieron la seriedad de consumir agua con coliformes fecales y por ello se desarrolló el compromiso propio de vigilar las áreas con ganado.

Los participantes de la comunidad reconocieron que muchos problemas no pueden ser solucionados, no por la ineficiencia o falta de interés, sino por la falta de tiempo o mano de obra que se encargue de dichas labores.

4.4 BASES DE PLAN DE MANEJO

Después de evaluar las características geomorfológicas, biofísicas y socioeconómicas; realizar los talleres participativos y evaluar estadísticamente los resultados de análisis físicos, químicos y, principalmente, biológicos del agua originada en la microcuenca Neteapa, se establecen las bases que servirán para la elaboración de un plan de manejo en la microcuenca Neteapa. Contemplando cinco objetivos: el aumento de cantidad recolectada, mejora de la calidad, prevención y protección de las zonas de recarga, fortalecer la administración de la Junta de Agua y controlar el desempeño de actividades junto con el monitoreo de la calidad y cantidad del agua.

4.4.1 Componente para el aumento de la cantidad de agua recolectada

Corto plazo:

- Mediante la observación en campo se verificó el mal diseño de la caja de captación en San Joaquín que impide la óptima captación del caudal, tratándose de la fuente que aporta con mayor cantidad de agua para el abastecimiento de Hoya Grande, se plantea la ampliación del orificio de entrada en la caja de captación de San Joaquín, de manera que se aprovechen volúmenes de agua significativos que dejan de percibirse en la actualidad, y también la nivelación del primer tramo de tubería que sale de la caja de captación que origina una falta de impulso.
- La planificación de racionamientos de agua durante la época seca en Hoya Grande se está haciendo la única manera de combatir la sequía como la observada en el

presente año. Se propone mantener esta medida por lo menos hasta conseguir el abastecimiento con cantidades que cubran las demandas de la comunidad.

- La poca cantidad de agua potable almacenada muchas veces se ve amenazada por el uso y abuso de la actividad de beneficiado de café. En la comunidad no existe un control al respecto, ni la debida llamada de atención a los que practican el desperdicio de enormes cantidades de agua. Sin duda, la solución pronta más efectiva es la adopción de beneficios ecológicos que utilizan menores cantidades de agua y originan menores desechos. El beneficio ecológico tuvo acogida en un pequeño grupo de productores cafetaleros que se sumarán a la producción de café orgánico. Se propone permitir el alquiler o préstamo de la maquinaria para que productores excluidos de ese proyecto tengan la oportunidad de trabajar en la producción de café oro.
- Se propone realizar capacitaciones en establecimientos educativos de la comunidad para el incentivar el aprovechamiento de la cantidad de agua mediante el uso adecuado.

Mediano Plazo:

- Es importante el monitoreo de los caudales en todas las fuentes, este trabajo debe ser realizado con periodicidad mensual o quincenal por el fontanero de Hoya Grande. Es de suma importancia el monitoreo de la fuente Los Madriles, para descartar que el efecto de la sequía y las características de conformación del suelo sean causantes de su agotamiento. Se cree que las condiciones especiales en los patrones de precipitación pudieron afectar el comportamiento de Los Madriles. En caso de no ser así la recuperación de esta fuente de agua será poco viable. El monitoreo de todas la fuentes de agua es vital como información para la toma de decisiones en futuros proyectos.
- La caja de captación de Platanillal recibe un gran caudal, la cantidad captada puede ascender difícilmente a la mitad de la oferta de las fuentes. Se sugiere que en un plazo de dos años se rediseñe para ampliar el caudal recolectado con mejoras en su diseño que permitan un manejo fácil de mantenimiento.
- En los talleres participativos se hace hincapié en la importancia de reforestar las zonas altas de la montaña. Esta se podría llevar en dos etapas, una primera con especies de rápido crecimiento y una segunda con especies forestales de alto valor económico. Para llevar a cabo la primera se trató en los talleres participativos el uso de Inga, Nogal, Lloro, Guachipilín, Jaúl y Cedro.
- Pensando en la próxima temporada de lluvias, la comunidad de Morocelí debe pensar en la instalación de sistemas desarenadores en la toma correspondiente. La experiencia de años anteriores demostró que el sistema afectado con obstrucciones de arena puede dejar sin servicio de agua a la comunidad. La implementación de este sistema puede ser gestionado.
- En la comunidad de Morocelí se estudió la posibilidad de perforar un pozo que sirva a este poblado con agua de buena calidad, ésta es una buena alternativa, tanto para mejorar la calidad como la cantidad; sin embargo, los costos en los

que se incurriría hacen inviable esta posibilidad. La solución puede ser la búsqueda de una financiación, donaciones o la gestión del proyecto. Un aspecto importante que influye en la toma de una decisión para la perforación de pozos es el alto costo que tendría la exploración ante la falta de conocimiento de las condiciones geológicas del valle de Morocelí.

4.4.2 Componente para la mejora de calidad del agua

Corto plazo:

- Revisión de técnicas actuales utilizadas en las cloraciones. Se ha notado una falta de sistematización en las prácticas de cloración, a veces dejando los sistemas de tratamiento de aguas sin efecto. Por ello, la mejor manera para evitar problemas relacionados a la salud, es la calendarización de cloraciones en los tanques de almacenamiento y tratamiento de aguas. Se sugiere que se utilicen intervalos cortos de dos días, utilizando cantidades apropiadas y reglamentación para evitar el descuido de los fontaneros.
- Complementando el anterior punto se sugiere impartir una capacitación a los fontaneros sobre prácticas adecuadas de cloración, mantenimiento del sistema de conducción del agua, levantamiento de datos e inspección para la determinación de contaminantes en la red hídrica.
- Es de gran importancia crear protección con cercos a las fuentes de agua y en lo posible a sus áreas de recarga como es el caso de la laguna que alimenta fuentes de San Joaquín, expuesta al paso de animales. La desconsideración de alguna gente al permitir el contacto de las fuentes con animales puede evitarse mediante la construcción de abrevaderos fuera del área de las fuentes de agua.
- Se sugiere la prohibición para lavar ropa y usar detergentes en el río Neteapa, esta determinación debe acompañarse de la construcción de áreas propias para lavar que cuenten con un sistema para la eliminación de desechos, como es el caso de la zona de Los Chorros en Hoya Grande.
- Bajo las condiciones actuales de tratamiento de agua se propone a los pobladores de Hoya Grande y Morocelí hervir el agua para consumo.
- La limpieza de materia orgánica y otros desechos orgánicos en las fuentes de agua también tiene la finalidad de mejorar la calidad de agua, muchos desechos pueden permanecer por varios días originando el deterioro del agua con procesos químicos naturales poco saludables.
- Suspensión de acceso a las tomas de Morocelí, El Suyate y Los limones. Se ha observado acumulación de basuras muy cerca de las tomas de agua. En la actualidad existe un cerco que no restringe el paso y que debe ser reparado y mejorado.
- Limpieza periódica de los tanques de almacenamiento, especialmente el tanque El Cerrito de la comunidad de Morocelí. Todos los tanques deben limpiarse con una frecuencia recomendada de quince días.

Mediano Plazo:

- La reducción de uso de agroquímicos puede ser combatida en un período de mediano plazo realizando una invitación a los productores de café a las prácticas con manejo integrado de plagas o la producción de café orgánico en parte alta de la microcuenca.
- Se sugiere la construcción de sumideros o filtros de agua en la quebrada que baja de la zona urbana. Esta medida es con fin de disminuir la cantidad de coliformes fecales aportados al río Neteapa. Estos pozos sépticos o drenajes individuales, deberían ser diseñados bajo normas para construcciones de obras civiles. Previo estudios geológicos que determinen la conformación y altura del manto freático. En esta construcción están intereses de las comunidades de la zona baja de la microcuenca (Morocelí, El Suyate y Los Limones), sería ético la participación de éstas mediante la modalidad de pago por servicios ambientales a las comunidades de la zona alta.
- Se propone la gestión de fondos o materiales para la construcción de letinas secas en casas sin este servicio en la comunidad de Hoya Grande.
- La construcción de una caja de captación en la toma de Morocelí puede ser el inicio para mejorar las condiciones de calidad mediante la protección contra agentes contaminantes. Esta construcción merecería un estudio al respecto, por parte de la Junta de Agua de Morocelí.

4.4.3 Componente para la prevención y protección de la microcuenca**Corto plazo:**

- Una forma de prevención en la microcuenca es la prohibición de traslado de ganado vacuno a la zona de las fuentes de agua o a las riberas del río Neteapa. Existen otros lugares que pueden utilizarse para la alimentación de ganado sin deteriorar la calidad del agua. Se recomienda ofrecer una serie de capacitaciones para la mejora de rendimientos lecheros con otras opciones de alimentación animal que aseguren la alimentación del ganado durante el verano. Estas capacitaciones, tentativamente pueden ser:
 - a) Henificación artesanal.
 - b) Mejoramiento de rastrojos de gramíneas con leguminosas.
 - c) Bancos de proteína.
- Ver la urgente oportunidad de implementación de otras actividades agrícolas amigables con el ambiente que sustituyan o sirvan de apoyo a la actividad cafetalera, frente a la grave crisis registrada con los precios del café.

Mediano Plazo:

- La ganadería juega un papel importante, ya que es uno de las actividades más difíciles de erradicar de la zona de recarga de agua, por la razón de que existen

áreas de pastoreo estable durante todo el año. De alguna manera se podría reubicar fincas ganaderas cercanas o con pendiente hacia las quebradas que conducen agua para consumo a lugares menos influyentes. Igualmente las fincas de producción agrícola, para evitar el gran riesgo de continuar aumentando las concentraciones de compuestos organoclorados en los cuerpos de agua.

- Se recomienda el establecimiento de una zona Buffer para amortiguar efectos de contaminación en las fuentes, lo que implicaría la reforestación de la fuente de agua 150 metros de ancho a cada lado con especies maderables. De esta manera se podrían prevenir introducción de sustancias tóxicas y excesivos niveles de contaminación por desechos fecales.

4.4.4 Componente para mejorar la administración de las juntas de agua.

Corto plazo:

- La revisión de la reglamentación y organización interna de la junta de agua y entidades relacionadas directa o indirectamente con el tema del agua. Sería muy conveniente la capacitación en aspectos legales de manejo de recursos naturales dentro de la microcuenca.

Mediano Plazo:

- La producción de café orgánico, debe ser apoyada y complementada con el ofrecimiento de establecer una base de datos con información actualizada de mercados y precios para estos productos, generalmente de exportación.

4.4.5 Componente para el control y monitoreo

Corto plazo:

- Establecer y diseñar un sistema de información que permita monitorear la calidad del agua en diferentes períodos del año. El control y monitoreo en base a los parámetros de calidad de agua mencionados en el presente estudio deben mantenerse y enriquecerse con información que ayude a la toma de decisiones, sin embargo se conoce que un plan de monitoreo que considere todas las variables del estudio implica un alto costo en que incurriría la Junta de Agua, es por eso que se recomienda un plan de monitoreo mínimo, para minimizar costos y obtener las conclusiones más relevantes sobre la calidad de los recursos acuíferos de la zona.

Mediano Plazo:

- La idea principal es generar datos históricos que permitan tomar decisiones en el futuro, modificar las actuales y someterlas en las revisiones que se realizarán en el plan de manejo que se generará para la microcuenca.

5. CONCLUSIONES

La detección de organismos fecales debe constituir la principal variable en la evaluación de la calidad del agua. El comportamiento estacional de esta variables en las fuentes de agua, como se refleja en muchos promedios mensuales, excede los valores paramétricos que permiten un máximo de 100 unidades formadoras de colonia en 100 ml (UFC/100ml). Aun después de tratamiento en los tanques de almacenamiento, el agua de consumo presenta con variabilidad valores superiores a las 3 UFC/100 ml permitidos por las Normas Nacionales del Ministerio de Salud de la República de Honduras. Por lo que el agua generada en la microcuenca debería recibir un exhaustivo tratamiento con desinfección aplicada, en la dosis y forma correcta, cada 2 días para ser apta para el consumo humano.

Otra variable de importante consideración fue fósforo total observado en el cauce del río Neteapa, originado por el uso de detergentes, y que mantiene niveles altos cercanos a los máximos permisibles por las normas vigentes para el consumo de agua.

La presencia de sustancias organocloradas en la fuente Platanillal y en la quebrada Naranjo, demuestra la exposición del agua a sustancias tóxicas, generada por las actividades agrícolas en la zona alta de la microcuenca.

Con el mapeo participativo se identificó la deforestación excesiva y la ubicación de fincas ganaderas y agrícolas cercanas a las fuentes de agua como principales contribuidores de la disminución de cantidad del agua generada en la parte alta de la microcuenca y el deterioro de la calidad de la misma. Las actividades mencionadas están contribuyendo al deterioro del recurso hídrico mediante la aplicación de agroquímicos y el paso de animales de carga.

6. RECOMENDACIONES

El establecimiento de un plan de manejo también deberá contemplar un estudio de identificación de responsables, elaboración de presupuestos y determinación de fechas de ejecución.

Se recomienda elaborar mediante variables técnicas un plan de monitoreo mínimo que permita conocer las condiciones cualitativas del agua con un desembolso de recursos económicos bajo.

Se propone el estudio de implementar métodos alternativos efectivos para el tratamiento de aguas en los tanques de almacenamiento. Tomando en cuenta la caracterización de la salud de los pobladores.

7. BIBLIOGRAFÍA

Asociación Programa Amigo de los Niños (APAN). 1997. Guía conceptual y metodológica para la aplicación del modelo de participación comunitaria. 22p.

Arce, I; Araya G. 1997. Las iniciativas de CAPRE en el manejo del agua. *In* Políticas institucionales sobre cuencas hidrográficas. Edit Alejandro Rodríguez Morales. San José, Costa Rica. p. 21-31.

Caballero, L. 1999a. Introducción al tema del manejo integrado sostenible de las cuencas hidrográficas. *In* II Curso internacional de manejo integrado sostenible de cuencas hidrográficas. Zamorano, Honduras. 8 p.

Caballero, L. 1999b. Resumen de la hidrología y los procesos biofísicos de las cuencas hidrográficas. *In* II Curso internacional de manejo integrado sostenible de cuencas hidrográficas. Zamorano, Honduras. 18 p.

Díaz, E; Mejía, N. 2000. Participación ciudadana en el desarrollo local. Universidad Tecnológica Centroamericana. Tegucigalpa, Honduras. 46 p.

ESNACIFOR-AID. 2000. Conceptos generales del manejo de las cuencas. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Honduras. s.p.

Fundación Banhcafé; Fundación Hondureña de Ambiente y Desarrollo VIDA. 1998. Guía metodológica: Manejo de microcuencas productoras de agua. Copán, Honduras. s.p.

Honduras. Ministerio de Salud. 1995. Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable: Normas Técnicas de las Descargas de Agua Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillado Sanitario. Tegucigalpa, Honduras. 38 p.

Honduras. Ministerios de Salud. 1996. Norma Para Determinar la Calidad de los Cuerpos de Agua para Efectos de su Uso: (Cuarto borrador). Tegucigalpa, Honduras. 13 p.

OMS Ginebra. 1999. Guías para la calidad del agua potable. 2 ed. Ginebra, Suiza, Interprint. 40 p.

Ongley, E. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos (en línea). Burlington, Canadá. Accesado 14 septiembre 2001. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/W2598S/W2598S00.htm>

OPS. 1987. Guías para la calidad del agua potable: Criterios relativos a la salud y otra información de base. Washington, EUA. 347 p.

Portillo, D. 2000. Curso: Manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Tecnológica Centroamericana. Tegucigalpa, Honduras. 114 p.

Proyecto UNIR – Zamorano. 1997. Programa de desarrollo sostenible de la región del Yeguaré: Nuestra comunidad Morocelí. Municipio de Morocelí, Honduras. El Zamorano, Honduras. 31 p.

Proyecto UNIR – Zamorano. 1999. Proyecto UNIR-Zamorano 1996-1999. El Zamorano, Honduras. 32 p.

Romero, J. 1999. Calidad del agua. 2 ed. México, D.F., México, Alfaomega. 273 p.

Sánchez de Fuentes, J. 2001. El fósforo, parámetro crítico de calidad de agua: Técnicas analíticas y de muestreo (en línea). Carabobo, Venezuela. Consultado 25 mayo 2001. Disponible en www.cepis.org.pe/bvsaidis/caliagua/v-100.pdf

Torres, E; Medrano, M. 2000. Recopilación de conceptos básicos del manejo de cuencas hidrográficas. El Zamorano, Honduras. 36 p.

Zamorano; FUNDEMUN; FUPAD. 2000. Plan de manejo de las microcuencas de los ríos Frío y Salitroso. El Zamorano, Honduras. 77 p.

Zamorano-USAID. 2001. Curso de fortalecimiento municipal y manejo de cuencas: Marco teórico de la capacidad municipal. Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. El Zamorano, Honduras. s.p.

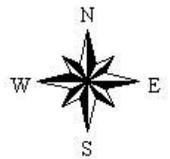
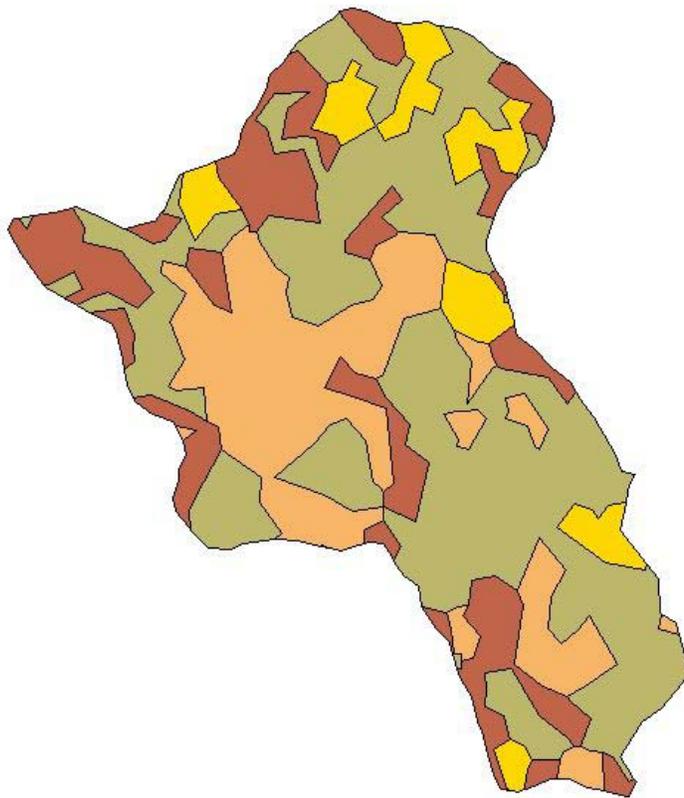
Zárate, E. 1997. La propuesta de la comisión regional de recursos hidráulicos. *In* Políticas institucionales sobre cuencas hidrográficas. Edit Alejandro Rodríguez Morales. San José, Costa Rica. p. 34-40.

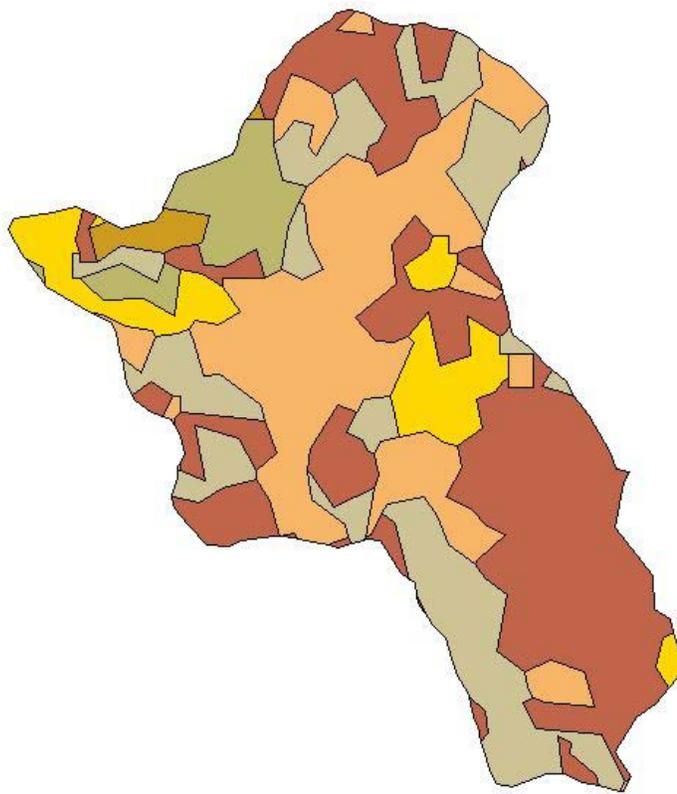
Anexo 1. Parámetros para la calidad del agua en Honduras.

	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Coliformes totales			
(Para consumo)	UFC/100 ml	0	3
(Para abastecimiento)	UFC/100 ml		500
Coliformes fecales			
(Para consumo)	UFC/100 ml	0	0
(Para abastecimiento)	UFC/100 ml		100
Turbiedad	UNT	1	5
Temperatura	°C	18	30
Cloruros	mg/l	25	250
Nitratos	mg/l	25	50
Cloro residual	mg/l	1	5
PH		6	9
DBO	mg/l		50
Fosforo total	mg/l		5
ORGANOCOLORADOS	mg/l		0.05

Anexo 2. Ubicación de puntos de muestreo en la microcuenca Neteapa, El Paraíso, Honduras.

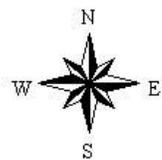
Anexo 3. Mapa de pendientes de la microcuenca Netepa, El Paraíso, Honduras.



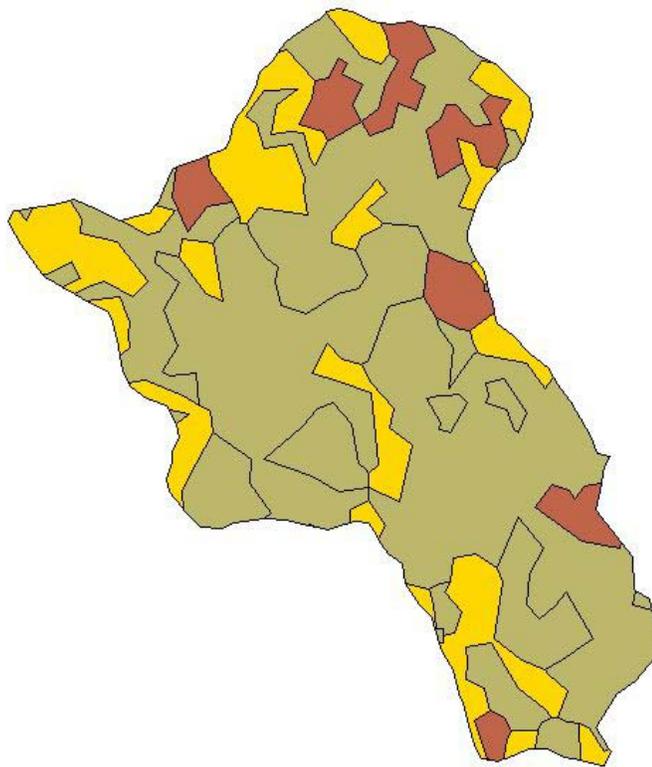
Anexo 4. Mapa de uso actual del suelo de la microcuenca Netepa, El Paríso,

Uso actual del suelo

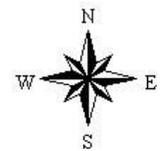
- Bosque conífero denso
- Bosque conífero ralo
- Bosque latifoliado
- Bosque seco
- Bosque seco secundario
- Pastos y/o cultivos



Anexo 5. Mapa de capacidad de uso de la tierra de la microcuenca Netepa, El Paraíso, Honduras.



Capacidad de uso
■ Frutales
■ Cultivos
■ Forestales



ANEXO 6. Identificación de problemas, efectos, causas y posibles soluciones; realizado en talleres para el mejoramiento de las condiciones actuales del agua en la comunidad de Hoya Grande, El Paraíso.

Problema	Efecto	Causa	Solución
Contaminación directa con heces, en la fuentes de agua .	Enfermedades.	Descuido de ganaderos. Falta de conocimiento del problema.	Cerco en las fuentes. Concientización a los ganaderos.
Deforestación	Daño a zonas de recarga. Escasez de agua.	Ampliación de frontera agrícola.	Reforestación de las zonas circundantes a las fuentes de agua.
Contaminación por químicos en las fuentes de agua.	Enfermedades.	Uso de agroquímicos en fincas agrícolas cercanas a las fuentes de agua.	Capacitación agricultores. Cambio a agricultura orgánica.
Contaminación del agua con aguas mieles.	Intoxicación de animales. Diarreas.	Aguas mieles provenientes del beneficio de café.	Cambio a beneficio ecológico.
Contaminación con heces en la parte baja de Hoya Grande.	Enfermedades. Rechazo a consumo.	Falta de letrinas.	Gestión para la construcción de letrinas secas.
Escasez de agua	Racionamientos.	Mal diseño de cajas recolectoras de agua (San Joaquín, Platanilla)	Ampliación orificio para entrada de agua. Revisión del diseño. Corrección de tuberías en desnivel.
Mal manejo de la basura.	Salud. Estética. Contaminación en zonas bajas.	Falta de conciencia ecológica.	Concientización. Ubicación adecuada de desechos.