

ZAMORANO
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONOMICO Y AMBIENTE

**Evaluación de la calidad y la cantidad de agua de la microcuenca
El Capiro en Güinope, Honduras**

Tesis presentada como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agrónomo
en el grado de académico de Licenciatura

Por:

Isidra Joselina Sabio Güity

Honduras: 27 de Diciembre de 2000

RESUMEN

Sabio Güity, Isidra Joselina 2000. Evaluación de la calidad y la cantidad de agua de la microcuenca El Capiro, región del Yeguate, Honduras. 33 p.

Las evaluaciones periódicas de la calidad del agua son necesarias para determinar el estado o nivel de daño de una cuenca y poder implementar planes estratégicos para su conservación. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad y la cantidad de agua de la microcuenca El Capiro, para determinar las fuentes de contaminación. La microcuenca está ubicada en la región del Yeguate en la zona centro oriental de Honduras. Se evaluaron las variables: turbidez, oxígeno disuelto, temperatura, dureza, pH, coliformes totales y fecales, caudal y plaguicidas en nueve puntos de toma de muestras del 14 de mayo al 6 de octubre, para establecer diferencias entre la época seca y lluviosa. Se recolectaron 300 ml de agua en recipientes de vidrio esterilizados para los análisis en el laboratorio. Se encontró que la época tiene un efecto significativo en la turbidez, siendo la época lluviosa la de mayor turbidez. Se demostró que la presencia de asentamientos humanos a orillas de la quebrada, disminuye en forma significativa la calidad del agua. Se concluyó que los valores de turbidez (6.4 UNT), coliformes totales (14.29 UFC) y fecales (9.6 UFC) estuvieron encima del máximo tolerable para agua potable, principalmente durante la época lluviosa. Se encontraron valores de dureza de 118.4 ml de carbonato de calcio y un comportamiento muy variable de los flujos de agua de acuerdo a la cantidad que ingresa al sistema.

Palabra claves: Coliformes fecales, coliformes totales, contaminación de agua, intervenidas, turbidez.

CONTENIDO

Portada.....	i
Portadilla.....	ii
Autoría.....	iii
Página de firmas.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Agradecimiento a Patrocinadores.....	vii
Resumen.....	viii
Nota de prensa.....	ix
Contenido.....	x
Indice de Figuras.....	xiii
Indice de Anexos.....	xiv
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 JUSTIFICACION.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 General.....	2
1.2.2 Específicos.....	2
2 REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Tendencias recientes de los recursos naturales.....	3
2.2 SITUACION ACTUAL DE LOS BOSQUES EN CENTROAMERICA.....	3
2.3 DEFORESTACION EN HONDURAS.....	3
2.4 CONCEPTO DE CUENCA HIDROGRAFICA.....	4
2.4.1 Sub Cuenca.....	4
2.4.2 Microcuenca.....	4
2.5 ENFOQUE MODERNO DEL MANEJO DE CUENCAS.....	4
2.6 OBJETIVOS DEL MANEJO DE CUENCAS.....	5
2.7 CICLO HIDROLOGICO.....	5
2.8 CALIDAD DE AGUA.....	5
2.9 CONTAMIANCION.....	6
2.9.1 Tipos de contaminación.....	6
2.9.2 Fuentes de contaminación.....	6

2.9.3	Contaminación del agua por la agricultura.....	6
2.9.3.2	Contaminación química.....	7
2.9.3.2	Contaminación biológica.....	7
2.10	PURIFICACION NATURAL.....	7
2.11	REGULACIONES.....	8
2.11.1	A plaguicidas.....	8
2.11.2	A la erosión/sedimentación.....	8
2.12	MONITOREO DE AGUA.....	8
2.12.1	Propósito del programa de monitoreo.....	9
2.13	RECOLECCION DE MUESTRAS.....	9
2.13.1	Tipos de muestras.....	9
2.13.2	Intervalo de tiempo entre la recolección y el análisis de las muestras.....	9
3	MATERIALES Y METODOS.....	10
3.1	DESCRIPCION DEL ESTUDIO.....	10
3.2	UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO.....	10
3.3	DESCRIPCION DE LOS PUNTOS DE MUESTREOS.....	10
3.3.1	Manantial 1.....	11
3.3.2	Pila de captación.....	11
3.3.3	Manantial 2.....	11
3.3.4	Manantial 3.....	11
3.3.5	Llave de agua potable 1.....	11
3.3.6	Llave de agua potable 2.....	12
3.3.7	Puente Ocotál.....	12
3.3.8	La Quebradita.....	12
3.3.9	Pila de distribución.....	12
3.4	RECOLECCION DEMUESTRAS DE AGUA.....	12
3.5	PARAMETROS ANALIZADOS.....	13
3.5.1	Parámetros analizados en el sitio.....	13
3.5.1.1	Temperatura.....	13
3.5.1.2	Oxígeno disuelto.....	13
3.5.1.3	Turbidez.....	13
3.5.1.4	Nitrito.....	13
3.5.1.5	Caudal.....	13
3.5.2	Parámetros analizados en el laboratorio.....	14

3.5.2.2	PH.....	14
3.5.2.3	Coliformes totales.....	14
3.5.2.4	Coliformes fecales.....	15
3.6	DISCUSION DEL PLAN DE MANEJO ELABORADO POR PROCUENCAS.....	15
3.6.1	Objetivos del taller.....	15
3.6.2	Preparación del taller.....	15
3.6.3	Metodología.....	15
3.7	ELABORACION DE LISTADO DE AGROQUIMICOS.....	16
4	RESULTADOS Y DISCUSION.....	17
4.1	EPOCA DE MUESTREOS.....	17
4.1.1	Codificación en las gráficas de los puntos de muestreos.....	17
4.2	PARAMETROS ANALIZADOS.....	17
4.2.1	Temperatura.....	17
4.2.2	Oxígeno disuelto.....	18
4.2.3	Turbidez.....	19
4.2.4	Dureza.....	20
4.2.5	PH.....	21
4.2.6	Coliformes totales.....	21
4.2.7	Coliformes fecales.....	22
4.2.8	Caudal/precipitación.....	23
4.3	ANALISIS DE NITRITOS.....	24
4.4	ANALISIS DE PLAGUICIDAS.....	24
4.4.1	Listado de agroquímicos usados en El Capiro.....	25
4.4.2	Análisis de organoclorados y organofosforados.....	25
4.5	TENENCIA DE TIERRA EN LA MICROCUENCA EL CAPIRO.....	25
4.5.1	Taller para el mapeo participativo de la microcuenca.....	25
5	CONCLUSIONES.....	27
6	RECOMENDACIONES.....	28
7	ANEXOS.....	29

1. INTRODUCCIÓN

Honduras es un país que posee abundantes cuencas hidrográficas, las cuales generan el recurso hídrico, que es utilizado para satisfacer las necesidades básicas de la población, generar energía eléctrica y para la irrigación de tierras agrícolas. A pesar de la importancia del recurso hídrico para el desarrollo sostenible del país, hasta la fecha se han hecho pocos esfuerzos para promover el uso racional y la conservación del mismo.

En actualidad, existen diversas instituciones públicas y privadas realizando esfuerzos para mejorar el estado de las cuencas y sus recursos naturales. A pesar de los esfuerzos hechos en el pasado, los resultados no han sido muy satisfactorios debido a la ausencia de una política clara para el uso y manejo del recurso hídrico. Asociado a ello existe una deficiente conocimiento de la calidad y cantidad de agua generada por las cuencas hidrográficas del país. Aún cuando se especula de la pérdida acelerada de las fuentes de agua producto del deterioro de los recursos naturales, poco se ha hecho para monitorear y analizar el estado del agua a nivel de microcuencas, subcuencas y cuencas del país. Por la anterior, se ha considerado necesario realizar un programa de monitoreo de calidad de agua con el objeto de determinar cualitativa y cualitativamente las áreas mayormente afectadas y deterioradas.

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La microcuenca “El Capiro” es una de las cuatro principales fuentes de agua que abastece al municipio de Güinope. Actualmente, el agua de la microcuenca está siendo utilizada para las diferentes actividades agrícolas y domésticas de los pobladores del municipio (Rodríguez, 1999).

A nivel de la región del Yeguary, la microcuenca “El Capiro” es una de las más impactadas por la pérdida de la cobertura boscosa. Los impactos de dicha degradación son visibles a lo largo y ancho de la microcuenca, por la cantidad, frecuencia y magnitud de los derrumbes producidos durante la tormenta tropical Mitch. Por otra parte, la erosión acelerada de los suelos agrícolas, producto de su mal manejo a que son sometidos, genera una gran cantidad de sedimentos los cuales son transportados a las fuentes de agua. Todo lo anteriormente expuesto contribuye a la disminución continua de la calidad, cantidad y disponibilidad del agua captada por la microcuenca El Capiro.

Así mismo, tampoco existe información básica sobre la ubicación, la calidad y cantidad del agua generada por los manantiales de la microcuenca. Esa falta de información impide la implementación de acciones y planes de manejo que impacten positivamente en el mejoramiento de las condiciones de la zona. Por otro lado, aunque se especula de la posible contaminación por el uso agroquímicos, nos se conoce con precisión los tipos y cantidades utilizadas.

Debido a la importancia que tienen las fuentes de agua de la microcuenca para la comunidad de Güinope y por la magnitud de los daños, se hace evidente la necesidad de implementar planes participativos para un manejo racional de los recursos naturales de la microcuenca y poder así reducir el impacto sobre la cantidad y calidad del agua.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 General

- Evaluar la calidad y la cantidad del agua de la microcuenca “El Capiro” para determinar las principales fuentes de contaminación.

1.2.2 Específicos

1. Determinar la calidad y la cantidad del agua superficial producida por los manantiales de la microcuenca durante el periodo seco y lluvioso.
2. Identificar los insumos utilizados en la microcuenca con potencial para contaminar el agua.

Discutir mediante un taller, las actividades agroforestales del plan de manejo elaborado con el apoyo del proyecto PROCUENCAS.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 TENDENCIAS RECIENTES DE LOS RECURSOS NATURALES

Según la FAO (1995), las tendencias del consumo de alimentos ilustran claramente los efectos del crecimiento demográfico y económico en la demanda de alimentos y productos forestales. Entre 1960 y 1995, la población mundial casi se duplicó en número y la economía mundial aumentó tres veces y media. Durante ese mismo periodo, la producción de cereales se duplicó y la de leña aumentó dos veces y media. Así mismo se multiplicó por tres la producción de madera aserrada y se triplicó la de papel.

En Latino América, las consecuencias del crecimiento demográfico en la cobertura boscosa quedaron comprobadas por datos generados por estudios recientes de la cubierta forestal. Ese mismo estudio señala que las causas de la deforestación en la década de 1980-1990 están directamente relacionadas al crecimiento demográfico rural junto con la expansión agrícola y los programas de desarrollo agrícola (FAO, 1997).

2.2 SITUACION ACTUAL DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN CENTRO AMERICA

Según Bogantes (2000), el 65% de las cuencas de Centroamericanas están contaminadas, por desechos del procesamiento de café, agroquímicos usados en la agricultura, las aguas negras y basura de las ciudades. También se menciona la contaminación causada por actividades mineras y la extracción de petróleo.

En Centroamérica, se comienza a vislumbrar una crisis por el acceso a los recursos hídricos, por eso, es necesario que las instituciones públicas de los diferentes países tomen conciencia y colaboren con el trabajo de conservar los recursos hídricos que nos quedan.

2.3 DEFORESTACION EN HONDURAS

El consumo de leña y la energía están asociados al desarrollo rural y, consecuentemente a la estabilidad del medio ambiente; tradicionalmente este tipo de consumo ha sido calificado como una de las principales causas de la deforestación en Honduras. Datos recientes sobre el consumo de leña revelan que en determinadas zonas rurales y pequeñas ciudades este representa un bajo impacto sobre los recursos forestales (FAO, 1999).

Según la FAO (1996), los datos obtenidos de 1990-1995 demuestran que el crecimiento poblacional es directamente proporcional a la degradación del recurso bosque. Los datos muestran en ese periodo un crecimiento poblacional en Honduras de un 3%, mientras la tasa de deforestación fue de 2.3% en ese mismo periodo.

2.4 CONCEPTO DE CUENCA HIDROGRAFICA

En términos sencillos, una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua que proviene de la precipitación forma un curso principal de agua. La cuenca hidrográfica es una unidad fisiográfica conformada por el conjunto de cursos de agua definidos por el relieve (Ramakrishna, 1997).

Según Caballero (2000), una cuenca hidrográfica es un área geográfica definida por las divisorias de agua, donde los procesos geomorfológicos son similares o tienen tendencias parecidas.

2.4.1 Sub cuenca

Este es un concepto arbitrario, pero se puede definir como cualquiera de los ríos que drenan a la cuenca principal dependiendo del tamaño del área (Caballero, 2000).

PROCUENCAS (2000) considera a una sub cuenca como un área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de una cuenca y donde varias microcuencas pueden formar una sub cuenca.

2.4.2 Microcuenca

Son las áreas donde se originan las quebradas individuales que drenan las laderas desde las partes más altas del paisaje (Didier y Cauvin, 1964).

2.5 ENFOQUE MODERNO DE MANEJO DE CUENCAS

El enfoque de manejo de cuencas siempre estuvo relacionado al uso de los recursos naturales, inicialmente agua, posteriormente bosque y el suelo. Sin embargo, la visión siempre estuvo orientada a soluciones técnicas directas sobre la protección y conservación de los recursos para minimizar los efectos y riesgos en el sistema de la cuenca hidrográfica.

Así el manejo de la cuenca ha mostrado pocos resultados y muchos de los planes no se implementan, en parte por la falta de recursos, pero fundamentalmente por la falta de un enfoque adecuado a la intervención humana. En la actualidad, el concepto de manejo de cuencas, trata del uso apropiado de los recursos naturales, en función de la intervención humana y sus necesidades.

Las actividades que realizan los humanos y la forma como desarrollan sus sistemas productivos en base a los recursos disponibles, constituyen el eje del manejo de la cuenca Faustino (1996; citado por Rodríguez, 1999).

2.6 OBJETIVOS DEL MANEJO DE CUENCAS

Según Ramakrishna (1997), el objetivo primordial del manejo de una cuenca es alcanzar un uso verdaderamente racional de los recursos, en especial del agua, el bosque y el suelo, considerando al hombre y a la comunidad como el agente protector o destructor. El manejo adecuado de una cuenca trata de evitar que los recursos naturales se degraden, se eliminen o se contaminen y a la vez satisfacer las necesidades de las del hombre.

SEMINARIO (1986) define el plan de manejo de una cuenca como un instrumento directriz, ordenador para el desarrollo óptimo, racional y eficiente de los recursos de una cuenca en función de las necesidades del hombre, involucra esencialmente la forma de aprovechar, proteger y conservar los recursos de la cuenca mediante la producción sostenida y el equilibrio medio ambiental.

2.7 CICLO HIDROLÓGICO

Según Krenkel y Novotny (1980), El ciclo hidrológico representa la fuente básica de agua para todos los usos y es esencial para mantener la vida. El ciclo Hidrológico puede ser visualizado como una permanente rotación del agua del océano en tierras secas.

Las aguas naturales forman parte de un ciclo continuo, la humedad que se evapora de los océanos y otras superficies de agua es la precipitada a su vez en forma de lluvia, nieve y granizo. Parte de esta precipitación regresa a las superficies de agua y cierta cantidad cae sobre la tierra. De esta última, una fracción es empleada por la vegetación, algo de esta se evapora, y otra parte corre hacia los océanos por conducto de corrientes de agua y lagos y el resto de la precipitación penetra en la tierra. El almacenamiento del agua en el suelo para el suministro se realiza mediante la intersección de corrientes de superficie o por la captación del agua que se ha infiltrado en la tierra (Asociación Americana de Plantas de Aguas, 1988).

2.8 CALIDAD DE AGUA

Calidad de agua se define como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas del agua en sus diferentes niveles del sistema terrestre. Según Moncada (1999), la importancia de conocer la calidad del agua es para definir su uso como agua potable, agua para riego, acuicultura, recreación y otros.

2.9 LA CONTAMINACION

La contaminación se define como la degradación de la calidad del agua como efecto de las actividades humanas. La contaminación del agua es la adición de materia extraña perjudicial que deteriora la calidad del agua, tanto para consumo humana y de animales, vida marina y regadío de tierras (Braden and Lovejoy, 1990).

2.9.1 Tipos de contaminación

Muchos de estos contaminantes llegan a los recursos superficiales y subterráneos como consecuencia de fenómenos muy generalizados de escorrentía y percolación y, por lo tanto, se conocen con el nombre de fuentes "no localizadas". La identificación, cuantificación y supresión de la contaminación es más difícil en esos casos que cuando ésta procede de fuentes "localizadas" (FAO, 2000).

La contaminación es clasificada en tipos dependiendo si se conoce o no la ubicación del foco de infección, de acuerdo con esto hay dos tipos de contaminación

Contaminación puntual es aquella en la cual se conoce la fuente o el sitio donde se genera la contaminación. La Contaminación no puntual es aquella en la cual no se conoce con exactitud donde se genera la contaminación, ya que proviene de fuentes muy dispersas (American Water Works Association, 1990).

2.9.2 Fuentes de contaminación

La contaminación, hoy en día, es un problema mundial, aunque es más grave en los países ricos que en los que están en desarrollo, debido a la contaminación con sustancias químicas por una mayor utilización de fertilizantes y plaguicidas (Jeffries y Mills, 1997).

Según la FAO (1999), es conocido que las actividades agrícolas pueden contribuir al deterioro de la calidad del agua mediante la descarga de varios materiales: sedimentos, plaguicidas, abonos animales, fertilizantes y otras fuentes de materia orgánica e inorgánica.

2.9.3 Contaminación del agua por la agricultura

Según FAO (2000), en cuanto a la contaminación del agua, la agricultura ocupa, cada vez con mayor frecuencia, un lugar destacado. En la medida en que las iniciativas se orientan a corregir los abusos cometidos contra sus recursos hídricos, se hace más necesario determinar las causas de la degradación de la calidad del agua y cuantificar la contribución de los numerosos factores de contaminación.

La contaminación por la agricultura en la superficie de los cuerpos de agua toma tres formas generales:

- A. Sedimentación, producto de la erosión de los suelos
- B. Eutroficación, también conocido como nutrientes ricos en fósforo y nitrógeno en el agua.

- C. Contaminación con químicos tóxicos como herbicidas e insecticidas o por organismos que causan daños a la salud.

Esta última categoría es considerada la más peligrosa por el potencial de daño que va a depender de la toxicidad del mismo, su solubilidad y residualidad.

Los efectos de los químicos tóxicos se pueden agudizar y producir violentas respuestas, como la muerte masiva de peces y humanos (Hansen y Monrad. 1989).

2.9.3.1 Contaminación química. Los compuestos químicos (herbicidas, plaguicidas y fertilizantes) generalmente provenientes de la agricultura, afectan los usos del agua ya sea para uso doméstico, industrial o irrigación.

Los pesticidas con bajas solubilidad en el agua y alta en grasas, como los organoclorados, se bioacumulan en los tejidos adiposos de los animales que los ingestan. Estas concentraciones en los tejidos de los animales se pueden biomagnificar según va avanzando en la cadena alimenticia (Matthews, 1985).

Según Walford y Pearse (1987), las concentraciones de plaguicidas en el agua potable son raramente lo suficientemente altas como para causar efectos agudos. Como sea, se han encontrado concentraciones suficientes para causar efectos crónicos, los cuales se originan de la exposición a bajos niveles de químicos tóxicos por largo tiempo. Estas concentraciones pueden causar trastornos respiratorios, cáncer, mutaciones, problemas reproductivos o de locomoción, siendo estos los más comunes.

2.9.3.2 Contaminación biológica. El agua contaminada puede ser sucia, mal oliente, corrosiva o desagradable al gusto. Sin embargo, el efecto más perjudicial del agua contaminada para el hombre ha sido ciertamente en la transmisión de enfermedades. La fiebre tifoidea, en el hemisferio occidental, y el cólera, en el hemisferio oriental, han sido las causas del mayor número de defunciones por el agua (USAID, 1984).

Otras enfermedades transmitidas al hombre por microorganismos del agua son la disenteria, la hepatitis infecciosa y la gastroenteritis. Es posible que algunas enfermedades virales, tales como la poliomielitis, sean transmitidas por el agua (Turk *et al*, 1992). El agua contaminada ocasiona una amplia variedad de condiciones tales como [gastroenteritis](#), [hepatitis](#), y [tifoidea](#). Tales enfermedades generadas en el agua son ahora relativamente raras debido al tratamiento de agua; sin embargo, los pozos contaminados que no son [desinfectados](#) podrían ser riesgosos para la salud

2.10 PURIFICACIÓN NATURAL DEL AGUA

Mediante procesos naturales, el agua puede purificarse hasta cierto punto. El complicado proceso de auto purificación es consecuencia de una combinación de factores físicos, químicos y biológicos. El proceso es el mismo en todas las extensiones de agua, pero su intensidad queda regulada por las diferentes condiciones del medio.

El tiempo requerido para la auto purificación depende directamente del grado de contaminación y de las características de la corriente. En corrientes de flujo limpio, el agua se encuentra saturada de oxígeno disuelto absorbido de la atmósfera y el liberado por las plantas verdes acuáticas (Mann y Willianson, 1986).

De acuerdo con el Departamento de Agricultura de Washington (1986), cuando se descargan grandes cantidades de desechos a una corriente, el agua se enturbia y la luz del sol no puede penetrar a las plantas acuáticas que contribuyen normalmente al suministro de oxígeno mediante la fotosíntesis y mueren.

2.11 REGULACIONES

2.11.1 A plaguicidas

Los plaguicidas son difíciles y caros de detectar y remover de los abastecimientos de agua. Los sistemas de filtros de agua que usan carbón o destilación son efectivos en remover la mayoría de los químicos del agua.

Casi todos los países desarrollados tienen instituciones encargadas de regular la manufactura y el uso de pesticidas, así como el manejo de los desechos animales. Estas regulaciones incluyen fertilizantes, los cuales tienen un límite en cuanto a la adición de componentes tóxicos al momento de la manufactura (Babier, 1989).

2.11.2 A la erosión/sedimentación

En la erosión y sedimentación, han sido sujetos a pequeñas regulaciones, porque sus efectos pueden ser observados a simple vista. Algunas de las regulaciones más frecuentes es la prohibición de cultivar en áreas de laderas altamente erosionables y restricciones al cultivar cerca de corrientes de agua (Dubgaard, 1987).

FAO (1988), dice que la adopción de tecnologías alternativas de producción en Latino América tiene un potencial para reducir los impactos causados por la agricultura a la calidad del agua. La adopción de estas tecnologías depende de los incentivos dados por las instituciones ambientales.

2.12 MONITOREO DE AGUA

El monitoreo de la calidad del agua según Freeman (1987), consiste en el análisis y evaluación de los diferentes parámetros que definen la calidad del agua para determinado uso. El objetivo principal del monitoreo, Moncada (1999) afirma que es coleccionar una porción de material suficientemente pequeña en volumen que sea representativa del lugar de muestreo.

2.12.1 Propósito del programa de monitoreo

El propósito de un programa de monitoreo es de identificar exactamente las fuentes de contaminación del agua y enfocar las tendencias que pueden servir como instrumento para programar actividades de manejo de los recursos naturales (Departamento de Sanidad de New York, 1984).

2.13 RECOLECCION DE MUESTRAS

Para la mayor parte de los análisis físicos y químicos es suficiente una muestra de dos litros, pero para ciertas determinaciones especiales, se puede necesitar un mayor volumen. No se debe tratar de usar la misma muestra para exámenes físicos, químicos y bacteriológicos (América Public Health Association, 1969).

Se recomienda que las muestras sean recolectadas y almacenadas en frascos hechos de cristal resistente de borosilicato, comúnmente denominado “PIREX” (Departamento de Sanidad de Nueva York, 1984).

2.13.1 Tipos de muestras

Las muestras se clasifican de acuerdo al tiempo, sitio y la profundidad dentro del perfil del agua en que son tomadas las muestras

- a. Muestra instantánea, es aquella muestra tomada en un mismo sitio en un mismo y único momento.
- b. Muestra compuesta, es aquella muestra que resulta de la mezcla de muestras recolectadas en un mismo sitio pero en diferente tiempo.
- c. Muestra integrada, son las muestras tomadas especialmente para los parámetros que varían con la profundidad (Departamento de Agricultura de Washington, 1986).

2.13.2 Intervalo de tiempo entre recolección y análisis de las muestras

En general, entre menos tiempo transcurra entre la recolección de la muestra y su análisis, mayor será la confianza de los resultados analíticos. Para obtener los resultados veraces sobre ciertos parámetros y valores físicos se requieren análisis inmediatos en el campo porque la composición de la muestra puede variar antes de llegar al laboratorio (América Public Health Association, 1963).

Según Winkler (1986), Se pueden reducir mucho los cambios producidos por la proliferación de organismos si la muestra se mantiene en la oscuridad y a baja temperatura hasta que se analice. Se debe procurar que los análisis sean realmente representativos de las condiciones existentes, por eso se debe manejar de forma tal que no se deteriore o contamine antes de llegar al laboratorio.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

Se evaluó la calidad y la cantidad de agua, de la microcuenca El Capiro, a través del monitoreo de las variables: turbidez, oxígeno disuelto, temperatura, nitritos, dureza, pH, coliformes totales, fecales y caudal. El período de muestreo y análisis fue del 14 de mayo al 6 octubre del 2000. Las mediciones se hicieron en nueve puntos de muestreos escogidos estratégicamente de acuerdo a criterios técnicos para identificar las fuentes de contaminación.

3.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO

La microcuenca El Capiro, que abastece de agua el barrio Ocotal, está ubicada al sureste del municipio de Güinope, El paraíso en la zona centro-oriental de Honduras. La cabecera municipal del municipio de Güinope, se encuentra ubicada a 1315 msnm, entre la latitud de 13⁰51'18'' y la longitud de 86⁰55'18''. La microcuenca tiene un área aproximada de 327 hectáreas y tiene una elevación mínima de 1320 y una máxima de 1,703 msnm (PROCUENCAS, 2000). La microcuenca limita al norte con la comunidad de Güinope, al sur con la aldea de Hondable, al este con la montaña Mora y al oeste con la aldea de Liquidámbar.

3.3 DESCRIPCION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Los parámetros se midieron en nueve sitios de muestreo. Los sitios escogidos fueron: los 3 manantiales permanentes, el tanque de pre-tratamiento del agua potable, el tanque distribuidor de agua del barrio Ocotal, un punto de muestreo en la quebrada una vez que ha cruzado más de la mitad de la comunidad de Güinope, 2 grifos de agua potable del barrio El Ocotal y la unión de la quebrada "La Quebradita" con la quebrada El Capiro.

3.3.1 Manantial 1

Este es el punto de muestreo número uno, representa el manantial más grande e importante dentro de la microcuenca El Capiro y es llamado por los pobladores de Güinope “ La Joya”. Este manantial esta protegido en 50 metros a la redonda por árboles de casuarinas, eucaliptos y encinos. Para captar el agua de este manantial, se construyó una pequeña represa sobre la superficie del suelo donde el rebalse de agua cae sobre un filtro hecho con varias capas de arena, grava y piedras para eliminar impurezas como ser: hojas de los árboles, heces de animales, etc. Este manantial fue considerado para ser muestreado por la importancia que tiene para la comunidad, la Joya es el encargado de abastecer de agua el barrio Ocotál, el cual cuenta con 117 casas y 447 familias.

3.3.2 Pila de captación

Esta representa el punto de muestreo número dos, es una pila de captación para el pre tratamiento del agua con cloro que posteriormente pasa a la pila de distribución del barrio Ocotál por medio de tuberías de acero inoxidable de 3.5 pulgadas de diámetro.

Este pila de captación, es una caja de concreto ubicada a 40 metros de la Joya (primer punto de muestreo), estos dos puntos están conectadas con tuberías de acero inoxidable de 3.5 pulgadas de diámetro por donde el agua pasa de un punto a otro por gravedad.

La tubería es la razón por lo que se tomó en cuenta a esta pila de captación como punto de muestreo, ya que podría constituir un foco de contaminación del agua.

3.3.3 Manantial 2

El punto de muestreo número tres, es el manantial más pequeño de todos, localizado en la parte baja de una finca que está sembrada con café bajo sombra propiedad del Señor Pompilio Ortega, este manantial no tiene ninguna estructura para el aprovechamiento del agua por lo que el esta corre directamente al cauce de la quebrada El Capiro.

3.3.4 Manantial 3

El punto de muestreo número cuatro, es un manantial ubicado en propiedad del Señor Pompilio Ortega a escasos 15 metros de la carretera que atraviesa toda la microcuenca y por donde diariamente transitan animales, vehículos y personas. Este manantial tiene construida una estructura rectangular hecha de concreto y piedras para que el agua pueda ser aprovechada para el riego de las parcelas cercanas, actualmente sembradas con repollo (*Brassica oleracea*) y plátanos (*Mussa sp*). Se consideró este manantial como punto de muestreo, porque contribuye al caudal de la quebrada El Capiro.

3.3.5 Llave de agua potable 1

Esta muestra fue tomada de la casa del señor Héctor Domínguez en el barrio El Ocotal. Esta llave de agua potable es abastecida por el manantial La Joya ubicado en la microcuenca El Capiro.

3.3.6 Llave de agua potable 2

Este punto de muestreo fue tomado de una llave de agua potable en la casa del señor Orlando Rivera en el barrio El Ocotal. Esta llave es también abastecida por el manantial La Joya ubicado en la microcuenca El Capiro.

3.3.7 Puente Ocotal

El punto de muestreo número siete, fue tomado bajo el puente utilizado para cruzar del centro de la comunidad de Güinope al barrio El Ocotal. En este punto, la quebrada ha recorrido casi la totalidad de la comunidad de Güinope. La profundidad de la quebrada en este punto varía desde 2 a 20 centímetros. Este punto de muestreo se tomó bajo el supuesto que existen focos de contaminación a lo largo del recorrido que hace la quebrada por la comunidad.

3.3.8 La Quebradita

Este es otro punto de muestreo es medido en la quebrada La Quebradita dentro del barrio El Ocotal antes que se una con la quebrada El Capiro metros abajo. Este punto es importante para conocer la carga de contaminantes que aporta el agua de otra microcuenca al caudal de la quebrada El Capiro .

3.3.9 Tanque de distribución

El tanque de almacenamiento del agua, post tratamiento con cloro y distribución de esta al barrio El Ocotal. El tanque está construido de concreto, es de forma cuadrada y mide aproximadamente 2 metros de profundidad. El agua que abastece este tanque proviene directamente del manantial La Joya a través de tuberías de acero inoxidable de 3.5 pulgadas de diámetro.

3.4 RECOLECCION DE MUESTRAS DE AGUA

La recolección de las muestras se hizo en recipientes de vidrio de 200 ml previamente esterilizados en una autoclave marca ALL AMERICAN a 15 libras por pulgada cuadra (PSI) de presión. Antes de esterilizar los recipientes es importante lavarlos, taparlos y forrarlos

con papel Manila, esto fue para evitar la contaminación de los botes después de ser esterilizados.

Se utilizaron guantes desechables para la recolección de las muestras para que estas no fueran contaminadas por el recolector al momento del muestreo. Una vez recolectadas las muestras fueron colocadas en hielo para preservarlas hasta el momento del análisis en el laboratorio y así conservar las características representativas del lugar de donde fueron tomadas.

3.5 PARÁMETROS ANALIZADOS

Hay distintos procedimientos que se realizaron para determinar las concentraciones de los diferentes parámetros de calidad de agua, algunos son analizados directamente en el sitio en forma instantánea mediante una serie de “test kit”. Otros de los parámetros medidos requieren análisis en el laboratorio, algunos de los cuales incluyen procedimientos considerablemente detallados.

3.5.1 Parámetros analizados en el sitio

3.5.1.1 Temperatura. Los datos de temperatura se midieron en cada manantial con un termómetro digital de la marca YSI modelo 50B. Las unidades utilizadas fueron Grados Centígrados (°C). Este termómetro cuenta con un rango de -5 a 45 °C y un margen de error de 0.1 °C (Torres, 1999).

3.5.1.2 Oxígeno disuelto. Los datos de oxígeno disuelto fueron medidos en cada manantial por medio del medidor de oxígeno marca YSI modelo 50B. Las unidades utilizadas son miligramos por litro (mg/L). Este medidor de oxígeno tiene un rango que va de 0 a 19.99 mg/L (Torres, 1999). Este parámetro nos indica la capacidad del agua de mantener la vida acuática, particularmente insectos, crustáceos y peces. Condiciones de 8-14 mg/litro de oxígeno disuelto indican que existen condiciones aeróbicas. Las condiciones debajo de 5 mg/litro es tóxico para la vida acuática.

3.5.1.3 Turbidez. La turbidez fue medida directamente en el campo con un turbidímetro de campo. Las unidades utilizadas son unidades nefelométricas de turbidez (UNT). El turbidímetro está graduado con una escala de 5 a 2000 UNT. Con la medición de la turbidez se puede tener una idea de la tasa de la carga de contaminación que se deposita en el agua producida por una cuenca.

3.5.1.4 Nitrito. El nitrito fue medido directamente en cada manantial con un “test kit” de nitrito marca La Motte. Las unidades de medición utilizadas fueron partes por millón (ppm), el “kit” cuenta con un rango de 0.1 a 0.8 ppm. La microcuenca El Capiro, por ser una zona agrícola, esta frecuentemente expuesta a insumos que contiene relativamente grandes cantidades de nitrógeno orgánico e inorgánico que por el proceso natural de descomposición se convierte en nitrito que al ser ingerido es altamente tóxico para animales y personas, especialmente recién nacidos.

3.5.1.5 Caudal. la medición de caudal es considerado uno de los parámetros más importantes en un plan de monitoreo de agua, porque da la pauta del manejo que se esté dando a una cuenca y así poder formular planes de manejo.

Para la medición de caudal, se utilizaron tres métodos dependiendo del lugar a muestrear.

1. Método volumétrico

Este método consistió en contabilizar el tiempo que demora un recipiente de determinado volumen en llenarse. Este método fue utilizado para medir el caudal de los manantiales dos y tres.

2. Método de dilución

Este método consistió en medir el tiempo que demora el 60% de la tinta del cono medidor de caudal en recorrer una distancia conocida dentro de la corriente del agua.

Para esto fue necesario medir el cauce de la quebrada para obtener como resultado el caudal. Este método fue utilizado para medir el caudal del puente del barrio Ocotal.

3. Método volumen por tiempo

El método consiste, una vez tapados las salidas de las pilas de recolección, en medir la altura que alcanza el agua acumulada en cierta cantidad de tiempo. Para obtener el dato del caudal se debe conocer el área de la pila. Este método fue utilizado en el manantial uno.

3.5.2 Parámetros analizados en el laboratorio

Estos parámetros fueron analizados en el laboratorio de la Carrera de Desarrollo Rural y Ambiente de Zamorano.

3.5.2.1 Dureza. El análisis de dureza se realizó a través del método de titulación con EDTA, el cual cuantifica los iones de calcio y magnesio expresado bajo la forma de carbonato de calcio y se mide en miligramos por litro (mg/L). Dureza es un parámetro que interesa más si el agua es destinada para la industria por el daño que causa a los metales.

3.5.2.2 PH. La medición se realizó en el laboratorio con un potenciómetro digital marca WTW modelo 525. El límite de pH es de 11, pero raramente llega a tales niveles. En la práctica se está más interesado en la actividad de esos iones que en su concentración, el cual tiene un efecto directo en la biota que se desarrolla en el agua, el $\text{pH} < 5.0$ y > 9.0 es letal para la vida acuática.

3.5.2.3 Coliformes Totales. El análisis bacteriológico se hizo con el método de filtración de 100 ml de agua a través de una membrana de nitrocelulosa de la marca MILLIPORE con poros con $0.45\mu\text{m}$ de diámetro. Se usó Bacto ENDO AGAR, del laboratorio DIFCO, agua destilada y alcohol, como medio específico para confirmar la presencia de coliformes y una incubadora marca WTC Blinder que mantiene la temperatura de 35°C por 24 horas, óptima para el cultivo de coliformes totales. Los resultados son expresados en unidades formadoras de colonias (UFC) y no se permiten más de 3 UFC por 100 mililitros de agua (anexo 1).

3.5.2.4 Coliformes fecales. Para este análisis se utilizó en método de filtración de 100ml de agua a través de una membrana de nitrocelulosa marca MILLIPORE con poros con diámetro de $0.45\mu\text{m}$.

Se usó FC Agar, del laboratorio DIFCO, agua destilada más ácido rosólico, como medio de cultivo y una incubadora marca REVCO que mantiene la temperatura de 45°C durante 24 horas. Los resultados son expresados en unidades formadoras de colonias (UFC) y no se permite una sola UFC por 100 mililitros de agua (anexo 1).

3.6 DISCUSION DEL PLAN DE MANEJO ELABORADO POR PROCUENCAS

Para lograr este objetivo se realizó un taller el día 28 de octubre de 2000 en la comunidad de Güinope, se contó con la participación de 30 agricultores que trabajan en la parte alta de la microcuenca.

3.6.1 Objetivos del taller:

- Discutir con los productores las actividades de agroforestería propuestas por el plan de manejo elaborado con el apoyo del proyecto PROCUENCAS para el año 2001.
- Identificar, por medio de la participación de los comunitarios, aspectos de tenencia de tierra dentro del área de la microcuenca.

3.6.2. Preparación del taller

Previo al taller, se realizó la delimitación de la microcuenca El Capiro en la fotografía aérea ampliada, se georefenció basándose en una hoja cartográfica de Güinope en el mapa de Yuscarán de 1:50,000 buscando calles, uniones de caminos, picos más altos dentro de la microcuenca y el cauce de la quebrada.

3.6.3. Metodología

- Se explicó a los participantes los objetivos del análisis de agua y como el mapa de tenencia de tierra refuerza el análisis.
- Se ubicó parcialmente a los participantes dentro de la fotografía aérea, para eso se identificaron carreteras y la quebrada El Capiro.
- Se les explicó que algunos elementos, como la carretera de la microcuenca, no aparecerían en fotografía por la fotografía fue tomada antes (1995) que esta fuera construida en 1996.
- Se les pidió que delimitaran las parcelas e identificaran el nombre del propietario.

3.7. ELABORACION DE LISTADO DE AGROQUIMICOS

Se entrevistó a los encargados de las distribuidoras de agroquímicos de la comunidad de las cuales se abastecen la mayoría de los productores de la zona, la lista se obtuvo a través de los reportes de ventas de los productos químicos, entrevistas informales con los productores de la microcuenca y de las envolturas y envases encontrado cerca de manantiales y cause de la quebrada en el mismo periodo que se realizó el estudio.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. EPOCA DE MUESTREOS

Los muestreos se iniciaron el 14 de mayo del 2000 y terminaron el 6 de octubre del mismo año. La época seca, para efecto del estudio, se consideró desde el mes de Mayo hasta 10 de junio del año en curso. La época lluviosa fue del 20 de junio, fue cuando se registraron las primeras lluvias, hasta el 6 de octubre cuando se concluyó el estudio.

4.1.1 Codificación en las gráficas de los puntos de muestreos

Punto 1: Manantial 1

Punto 2: Pila de captación

Punto 3: Manantial 2

Punto 4: Manantial 3

Punto 5: Llave 1

Punto 6: Llave 2

Punto7: Puente Ocotál

Punto 8: La Quebradita

Punto 9: Pila de distribución

4.2. PARAMETROS ANALIZADOS

4.2.1. Temperatura

En la época seca el promedio de la temperatura del agua de El Capiro fue de 19.2 °C y de 18.4 °C en la época lluviosa.

No se encontró diferencia estadísticamente significativa que indique que la época influye en la temperatura del agua de la microcuenca. Sin embargo, el análisis estadístico indicó que la llave 1 y 2, el puente Ocotál y La Quebradita siempre registraron una temperatura mayor en ambas épocas, esto se debió a que el agua absorbió calor antes de llegar a esos lugares de toma de muestras. Las altas temperaturas del puente Ocotál y La Quebradita pudieron deberse a la cantidad de sólidos suspendidos en el agua, los cuales absorben la energía solar incrementando así la temperatura del agua.

Al contrario de lo que sucedió en el manantial 1, pila de captación, manantial 2 y 3, estos, por encontrarse en la parte alta de la microcuenca y protegidos por árboles y arbustos siempre registraron una temperatura más baja en ambas épocas (figura 1)

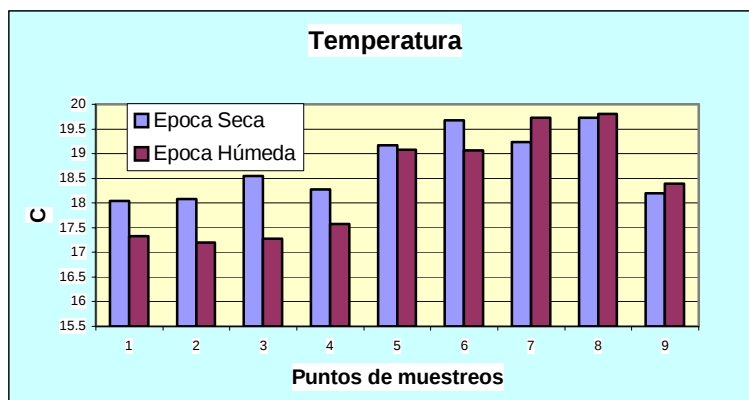


Figura 1. Valor promedio de temperatura en la época seca y lluviosa en cada uno de los puntos de muestreos en la microcuenca El Capiro.

Aún cuando los valores de temperatura de la llave 1 y 2, el puente Ocotal y La Quebradita sean bastante altos comparados con los otros, todavía se encuentran dentro del rango permitido para el agua potable (anexo 2).

4.2.2. Oxígeno Disuelto

El promedio de oxígeno disuelto en el agua de la microcuenca fue de 10.4 miligramos por litro (mg/Lt) en ambas épocas. No se encontró diferencias significativas entre épocas ni entre sitio lo que indica que la concentración de oxígeno se mantuvo estable durante todo el año y en todos los puntos de muestreo (figura 2).

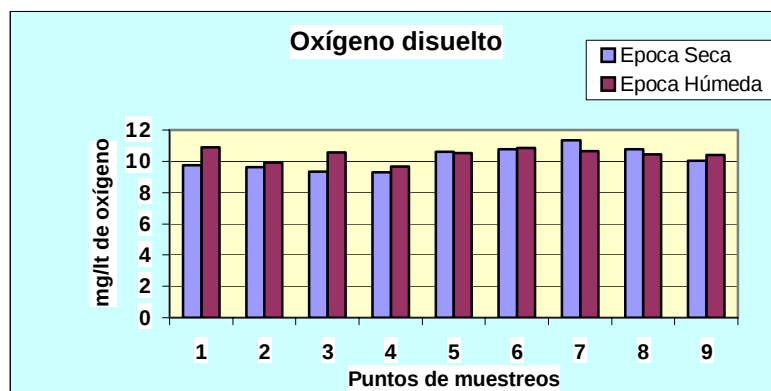


Figura 2. Valor promedio del oxígeno disuelto durante la época seca y lluviosa en cada uno de los puntos de muestreos en la microcuenca El Capiro.

No existen indicios que indiquen que la concentración de oxígeno en el agua afecte la salud humana, pero una muy baja concentración es considerada un indicativo de contaminación y de la baja capacidad del cuerpo de agua de mantener vida acuática.

Bajo condiciones de laboratorio existe una fuerte correlación negativa entre la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto (anexo 1), a medida en que se aumenta la temperatura disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

El análisis estadístico encontró un bajo índice de correlación entre la temperatura y la concentración de oxígeno de la microcuenca (0.22), esto se debe, según Rodríguez (1999), al 15 % de pendiente, haciendo que el agua se oxigene conforme avanza en el cause independientemente de la temperatura.

4.2.3. Turbidez

El promedio de turbidez para la época seca y lluviosa expresado en unidades nefelométricas de turbidez (UNT) fue de 6.1 y 6.7 respectivamente, ambas encima del mínimo permitido para agua potable.

Estadísticamente se encontró que la época tiene influencia sobre la turbidez del agua de la microcuenca. Los valores de turbidez más altos se observaron durante la época lluviosa, esto se debe al alto índice de erosión y a la eliminación de la cobertura vegetal de la microcuenca, provocando el arrastre un sin número de partículas que restringen la penetración de la luz dentro del agua y absorbiendo toda la energía provocando un incremento en la temperatura del agua (Boyd, 1982).

Se encontró que el manantial 3 siempre obtuvo una alto valor de turbidez en ambas épocas, pero no fue estadísticamente significativo. Los puntos Ocotal y La Quebradita obtuvieron diferencias estadísticas del resto de los puntos de muestreos durante el periodo lluvioso (figura 3).

El análisis estadístico encontró un bajo índice de correlación entre la turbidez y la temperatura (0.101), la cantidad de sólidos suspendidos en el agua no tiene ninguna incidencia en la temperatura del agua de la microcuenca.

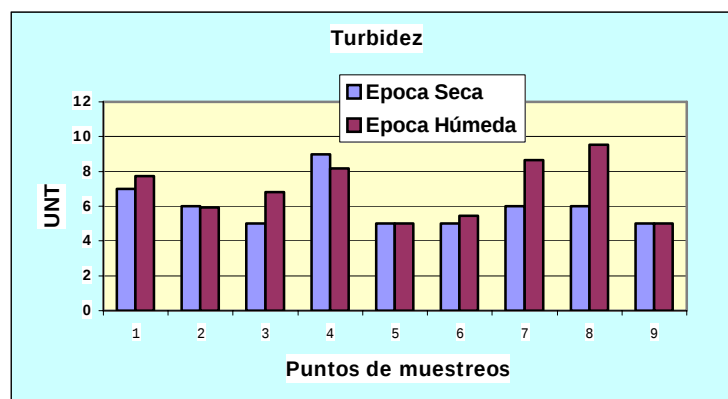


Figura 3. Valor promedio de turbidez encontrado durante la época seca y lluviosa en cada uno de los puntos de muestreos en la microcuenca El Capiro.

4.2.4. Dureza

La dureza promedio del agua de la microcuenca fue de 120 miligramos por litro de carbonato de calcio (mg/Lt de CaCO_3) en la época seca y de 116.8 mg/Lt de CaCO_3 durante la época lluviosa. Los valores promedios observados durante el periodo de muestreos indican que el agua de la microcuenca es de alta dureza, aunque no sobre pasa el máximo permisible para agua potable (ver anexo 2).

Estadísticamente se comprobó que la época no tiene efecto en la concentración de CaCO_3 encontrado en el agua. Tampoco se encontró diferencias significativas entre los diferentes puntos de muestreos, puede observarse (figura 4) que los valores se mantuvieron uniformes durante el periodo de análisis del agua de El Capiro.

No se ha demostrado que un alto contenido de dureza sea nocivo a la salud, pero es un parámetro que se debe de tomar en cuenta al momento de seleccionar el material de la red de agua potable por el grado de corrosión que esta provoca en las tuberías.

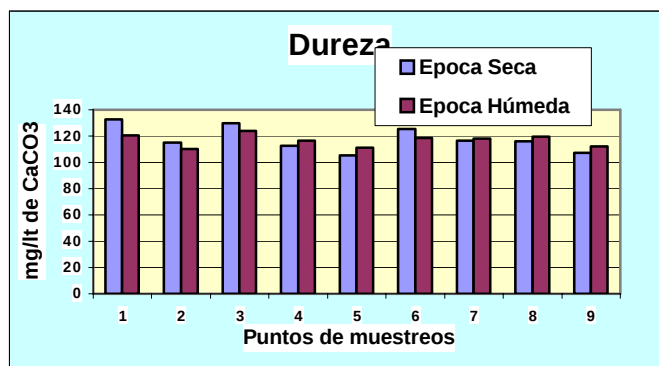
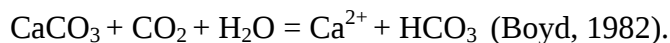


Figura 4. Valor promedio de dureza encontrado durante la época seca y lluviosa en cada uno de los puntos de muestreos en la microcuenca El Capiro.

La correlación entre la concentración de CaCO_3 y los valores de pH, bajo el supuesto que un agua con baja concentración de oxígeno disuelto, el dióxido de carbono (CO_2) reacciona con el carbonato de calcio (CaCO_3) obteniendo como producto iones básicos (Ca^{2+}) que aumenta el valor de pH:



El índice de correlación que se encontró entre dureza y pH fue bastante alto (0.67), lo que sugiere, que dado la concentración de oxígeno disuelto, un aumento en la dureza provoca un ligero aumento en los valores de pH.

4.2.5. pH

El promedio durante la época seca fue de 6.67 y de 6.01 en la época lluviosa. Estadísticamente se encontró que la época no afectó los valores de pH registrados, también se determinó que los puntos de toma de muestras 7 y 8 fueron los que presentaron un valor más alto de pH en ambas épocas. Los puntos de muestreos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 9 mostraron valores más bajos en el mismo período (ver figura 5), esto puede ser consecuencia del material orgánico en descomposición que cubría el fondo de los manantiales de la microcuenca, causando una acidificación por los ácidos orgánicos producto del proceso.

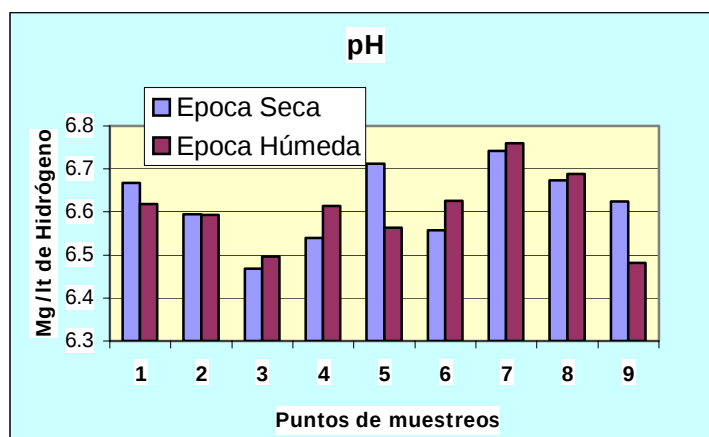


Figura 5. Valor promedio de pH encontrados durante la época seca y lluviosa en cada uno de los puntos de muestreos en la microcuenca El Capiro.

4.2.6 Coliformes totales

El promedio de la cantidad de unidades formadoras de colonias durante la época seca fue de 13.42 y 15.16 para la época lluviosa (figura 6). Estos valores de coliformes están bastante arriba del máximo permitido para agua potable (ver anexo 3).

Las bacterias, que son los organismos que más frecuentemente se encuentran en el agua, pueden encontrarse hasta en el agua atmosférica que nunca ha tenido contacto con el suelo; abundan en las aguas de superficie que reciben de forma intermitente grandes aportaciones de tierra y de desperdicios. Estos organismos, así como muchas variedades de bacterias, tienen una importancia directa desde el punto de vista sanitario, puesto que pueden ser agentes de enfermedad y convertir el agua en una fuente de peligro (American Water Works association, 1988).

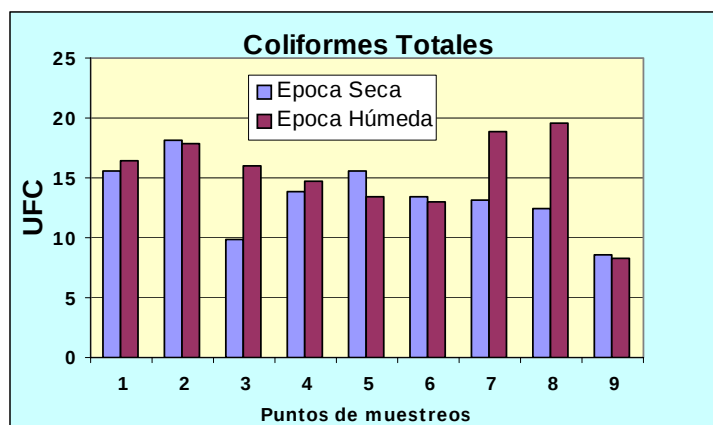


Figura 6. Valor promedio de coliformes totales encontrados durante la época seca y lluviosa en cada uno de los puntos de muestreos en la microcuenca El Capiro.

El manantial 1 se encuentra protegido por una pequeña área de bosque por lo que la alta cantidad de UFC en este punto puede atribuirse, en gran medida, a la materia orgánica reposando en el fondo de este manantial durante el tiempo del análisis; esto también afecta la pila de captación donde el agua llega por gravedad desde el manantial 1. El puente Ocotal y La Quebradita, durante ambas épocas, registraron altas cantidades de UFC debido a la cantidad de desperdicios orgánicos en arrojados al cause de la quebrada conforme a atraviesa la comunidad.

4.2.7 Coliformes fecales

Durante el periodo seco se encontró un promedio de 9.6 unidades formadoras de colonia (UFC) durante la época seca y 12.7 UFC durante la época húmeda. Ambos promedios están muy por encima del valor máximo permisible para agua potable (anexo 2).

El índice de coliformes fecales es la determinación del número de bacterias que se sabe son de origen intestinal. El uso de este índice y de la cuenta bacteriana, sirve para determinar la calidad sanitaria del agua, en general las agua aceptables desde el punto de vista sanitario es cuando no presentan un solo organismo de origen intestinal en 100 mililitros (ml) de agua (American Water Works assiciation, 1988).

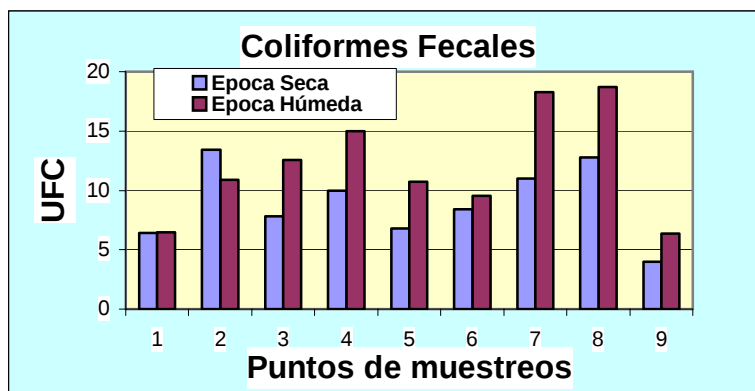


Figura 7. Valor promedio de coliformes fecales encontrados durante la época seca y lluviosa en cada uno de los puntos de muestreos en la microcuenca El Capiro.

Por los altos índices encontrados durante la época lluviosa, se asume que esta contaminación fue provocada por la escorrentía superficial proveniente de las áreas de cultivos (el manantial 1, 2 y 3, llave 1 y 2 y el tanque de distribución) donde en la mayoría de los casos no existen prácticas de conservación de suelos y una gran cantidad de sedimentos y excretas humadas y animal corren directamente hacia los manantiales son depositados en el cause de la quebrada ubicada en la parte baja las áreas de trabajo.

Los altos índices de contaminación con coliformes fecales en el puente Ocotal y La Quebradita se deben a la descarga de agua negras a la quebrada conforme atraviesa la comunidad. Comparando la llave 1 y 2 con el tanque de distribución, hace suponer que existe infiltración en la tuberías de la red de distribución de agua potable.

4.2.8 Caudal/Precipitación

La cantidad de agua promedio producida por la microcuenca fue de 84,422 galones/mes (gal/mes) y la precipitación de 127,972.5 gal/mes.

Se pudo observar (figura 8) un flujo inestable asociado con la cantidad de flujo que entra en el período perdiéndose una gran cantidad de agua por escorrentía superficial.

El monitoreo del comportamiento hidrológico de una cuenca, dado por la dinámica de comportamiento del agua y sedimento, puede llegar a evidenciar problemas asociados al mal manejo de los recursos a largo plazo y así poder tomar decisiones oportunas de protección.

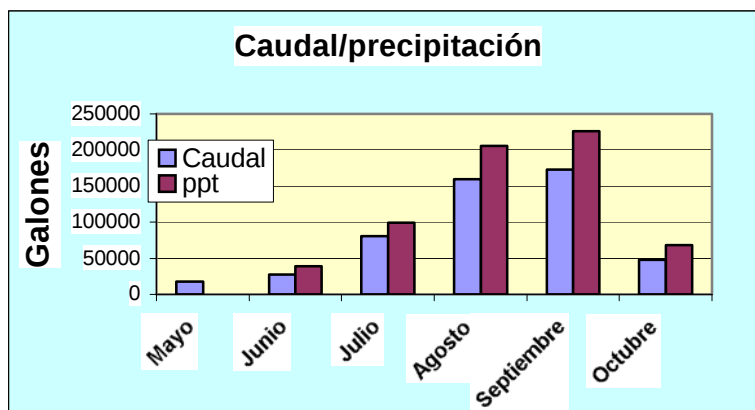


Figura 8. Valor promedio de precipitación (ppt) y caudal observados durante los meses que realizaron las mediciones.

La falta de datos históricos no permite evaluar el impacto de las actividades humanas en el caudal del agua producida por la microcuenca.

4.3 ANALISIS DE NITRITOS

El “kit” usado para el análisis periódico de nitritos no detectó la presencia alguna de este compuesto en el agua de la microcuenca, por lo que se consideró necesario un análisis más exacto para un parámetro tan importante como lo es la concentración de nitritos.

El resultado del análisis de nitritos fue de 0.36 miligramos por litro (mg/l), superior a la norma técnica para agua potable de honduras que es de 0.1 mg/l.

El uso excesivo de nutrientes también puede causar problemas en las aguas superficiales, el nitrógeno y fósforo pueden afectar directamente los abastecimientos de agua para beber. El problema comienza cuando los nitratos en el agua son ingeridas por infantes y convertidas en nitrito por el sistema digestivo. El nitrito entonces reacciona con la oxihemoglobina (la proteína de la sangre portadora del oxígeno) para formar methemoglobina, la cual no puede acarrear oxígeno. Si una cantidad grande de methemoglobina es formada en la sangre, los tejidos del cuerpo podría ser privados de oxígeno, provocando que el infante desarrolle una coloración azul en sus membranas mucosas y posiblemente problemas digestivos y respiratorios. Este padecimiento es más común en áreas rurales en donde cantidades más altas de agua contaminada con nitrato es encontrada en los pozos. Esta condición también es conocida como methemoglobinemia (American Water Works association, 1988).

4.4. ANALISIS DE PLAGUICIDAS

Numerosos compuestos químicos son usados en la agricultura para inhibir el crecimiento de varios organismos. Comúnmente refiriéndose a los plaguicidas, incluye herbicidas,

insecticidas, nematocidas, y fungicidas usados para controlar semillas, insectos, nemátodos, y enfermedades respectivamente.

Los compuestos tóxicos también afectan el agua para beber, para irrigación, para la industria y otros usos. Las concentraciones de plaguicidas raramente son lo suficientemente altas para causar efectos; pero, es importante conocer acerca de los efectos crónicos que podrían traer estar expuestos a bajas concentraciones por mucho tiempo, como ser: cáncer y mutaciones en humanos (American Water Works association, 1988).

4.4.1 Listado de agroquímicos usados en El Capiro

A través de entrevistas con los encargados de las distribuidoras de agroquímicos de la comunidad de Güinope, se obtuvo un listado (ver anexo 6) de los agroquímicos más usados, según el registro de ventas de las distribuidoras de estos productos, productores de la microcuenca y las envolturas encontradas cerca de los manantiales y causes de quebrada durante la época de estudio.

El uso indiscriminado de los plaguicidas y herbicidas, hace que se acumule una cantidad de químicos en el suelo que alcanzan corrientes de agua superficiales de la microcuenca matando animales de vida acuática. El agua proveniente de la precipitación acelera todos los procesos de eliminación de plaguicidas, no obstante, si el suelo es lo bastante permeable, puede inducir la lixiviación del plaguicida y correr el riesgo de contaminación de acuíferos (Ministry of Agriculture and Fisheries and Food, 1974).

4.4.2 Análisis de organoclorados y organofosforados

El análisis de laboratorio no detectó la presencia de organofosforados en el agua de la microcuenca, sin embargo, se detectó la 0.00001 miligramos por litro (mg/lit) de orgaclorados mucho menor que el máximo permisible para agua potable, pero no deja de representar un peligro para las personas que utilizan esta agua. La exposición a bajas concentraciones de estos productos por largo tiempo pueden ocasionar efectos crónicos como cáncer, mutaciones, cegueras, daños a nivel del sistema nervioso central, transtornos reproductivos, entre otros.

4.5 TENENCIA DE TIERRA EN LA MICROCUENCA EL CAPIRO

4.5.1 Taller para el mapeo participativo de la microcuenca

Se hizo un rotafolio para ilustrar los resultados obtenidos de los análisis hechos al agua, pero se consideró que el grupo con que se trabajó recién se había formado y exponer los resultados en ese momento podría ser motivo de desmotivación, los resultados serán expuestos en reuniones posteriores.

Se delimitó la microcuenca dentro de la fotografía aérea ampliada considerando como puntos de referencia el cause de la quebrada El Capiro, el manantial La Joya y el pico más alto llamado la montaña Mora a partir de un mapa de Yuscarán de 1:50,000. Al

inicio, el mapeo e identificación de las parcelas dentro de la fotografía aérea porque esta fue tomada en 1995, antes de que se construyera la carretera (1996) que atraviesa la cuenca y algunos casos constituye el límite de las parcelas.

Según los participantes del taller de mapeo participativo, hay un total de 61 parcelas pertenecientes a 45 personas y no existen personas ajenas a la comunidad trabajando en el área, así que los productores del lugar pueden involucrarse en la búsqueda de soluciones para los problemas que degradan los recursos de sus cuencas.

5. CONCLUSIONES

Los análisis de calidad del agua detectaron la presencia de turbidez, coliformes totales y fecales muy por encima del máximo permisible para agua potable. Como era de esperarse, los valores mas altos de estos parámetros se presentaron en la época de mayor intensidad y frecuencia de precipitación.

En las actividades productivas de la microcuenca se utilizan una amplia gama productos químicos para el manejo de los cultivos, esto representa una fuente potencial de contaminación para el agua dado el alto índice de escorrentía superficial que ahí ocurre, pese a lo observado, no se encontró compuestos organoclorados y organofosforados en niveles superiores al máximo permisible para agua potable, pero, sí los niveles de nitrito se mostraron superior a al máximo permitido para agua potable en Honduras.

La presencia de asentamientos humanos a orillas de la quebrada, afecta en forma significativa la calidad del agua, producto de la descarga de aguas servidas y desperdicios de todo tipo dentro del cause.

El manantial La Joya se encuentra expuesto a los contaminantes provenientes de las parcelas de trabajo y a la carretera que atraviesa la microcuenca, ambas fuentes de contaminación están ubicadas en las partes más altas.

Los productores comienzan a tener una visión más amplia de los esfuerzos que realizó el proyecto PROCUENCA dentro de la microcuenca y como estas intervenciones se relacionan con la calidad y la preservación de los recursos del área.

El microcuenca El Capiro, durante la época de alta precipitación, produce suficiente agua para abastecer las 417 familias del barrio Ocotal, pero, durante la época seca es necesario recurrir al racionamiento de agua por el bajo caudal generado.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la junta de agua del barrio Ocotal establecer un programa de cloración del agua basándose en lo recomendado por la Secretaría de Salud Pública. A las amas de casa del barrio Ocotal se les sugiere hervir el agua para beber y así evitar posibles brotes de infecciones y enfermedades transmitidas a través del agua.

Se recomienda a los de la junta de agua del barrio Ocotal una revisión de las tuberías de la red de distribución de agua potable para eliminar las posibles infiltraciones que contaminan el agua con coliformes totales y fecales.

Se recomienda al proyecto de Rehabilitación de la Parte Alta de la Cuenca del Río Choluteca AID-ZAMORANO establecer un programa periódico de monitoreo de la calidad y la cantidad del agua generada dentro de la microcuenca, que permita conocer y evaluar el impacto de las actividades antropogénicas a mediano y largo plazo y así poder implementar acciones oportunas de protección.

Se recomienda al proyecto de Rehabilitación de la Parte Alta de la Cuenca del Río Choluteca AID-ZAMORANO regular las aplicaciones de compuestos nitrogenados en las áreas de cultivos ubicadas dentro de la microcuenca y evaluar regularmente la concentración de nitritos presentes en el agua, para determinar los diferentes niveles a los que son expuestos los pobladores del barrio Ocotal.

Se debe mejorar la protección alrededor de los manantiales con especies de árboles nativos que actúen de zona “buffer” de los desechos y evitar que estos tengan contacto con el agua para consumo doméstico del barrio Ocotal y la destinada para riego de los cultivos, también se deben implementar prácticas de conservación de suelos que permitan mantener la productividad de estos más a largo plazo y a la vez disminuir la carga de sedimentos y contaminantes depositados dentro del cause de la quebrada.

Hacer conciencia a la población sobre la calidad del agua que se está generando dentro de la microcuenca y las posibles consecuencias que esto podría significarles a la población a corto, mediano y largo plazo.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1969. Agua y aguas de desecho. Trad. Por Pedro J. Caballero...México D.F., México, Interamericana. 609 p.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. 1988. Agua, su calidad y su tratamiento. Trad. por Jack Verrey. 2 ed. México D.F., México, UTEHA. 105 p.

ASOCIACION AMERICANA DE PLANTAS DE AGUA. 1988. Agua; su calidad y su tratamiento. Trad. Por Jack M. Verrey. México DF., UTEHA. 564 p.

BABIER, E. B. 1989. Old pesticides risk prohibition. Australia, Gobernament publishing service. s. p.

BOGANTES, J. 2000. Advierten sobre severa crisis de agua en Centro América. La Tribuna, Tegucigalpa MDC (Honduras); Agosto. Martes 29: 85 p.

BOYD, C. 1982. Water quality management for pond fish culture. Amsterdam, Holanda, Elsevier Scientific Publishing Company. 318 p.

BRADEN, J.B.; LOVEJOY, S.B. 1990. Agriculture and water quality; international perspectives. Colorado, USA, Lynne Rienner. 224 p.

CABALLERO, L. 2000. Cuenca hidrográficas. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 5 p.

DUBGAARD, A. 1987. Reconciliation of agricultural policy and environmental interest. London, United Kingdom, Lynne Rienner. 171 p.

CAUVIN, A.; DIDIER, G. 1964. Distribución de aguas en las aglomeraciones. Trad. Por Amado Juan Sala. Barcelona, España, Reverte S.A. 461 p.

FAO. 2000. Contaminación: através de la agricultura. (internet). Roma, Italia. Consultado el 15 de julio de 2000. [http: www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s01.htm](http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s01.htm)

FAO. 2000. Contaminantes. (internet). Roma, Italia. Consultado el 15 de julio de 2000. [http: www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s00.htm](http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s00.htm)

FAO. 1996. Decline and dieback of trees and forest. Roma, Italia. 90 p.

FAO. 1997. Mountain forest; roads and harvesting. Roma, Italia. 253 p.

FAO. 1999. (internet). Roma, Italia. Consultado el 15 de julio de 2000. <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s01.htm>

FAO. 1988. Sistemas de labranza para la conservación del suelo y del agua. Roma, Italia. 297 p.

FAO (ROMA). 1995. Situación de los bosques del mundo. Roma. 183 p.

FAUSTINO, J. 1996. Planificación y ordenación de las cuenca hidrográficas con ayuda de computadora. Roma. 95 p.

Citado por: Rodriguez Tablas, V. 1999

FREEMAN, A. M. 1987. Control de la contaminación del agua y el aire. Trad. por Fernando García Ferrer. Limusa. s.p.

GUILMAN, K. 1994. Hydrology and wetland conservation. Oxon, England. INSTITUTO OF HIDROLOGY. s.p.

HANSEN; MONRAD, L. 1989. Survey of the environmental achievements by agriculture. Australia, Branch. s.p.

JEFFRIES, M.; MILLS, D. 1997. Freshwater ecology. 4 ed. Great Britain, John wiley. s. p.

KRENDAL, P.A.; NOVOTNY, V. 1980. Water quality management. London, United Kingdom , Academic press. 670 p.

MANN, H. T.; WILLIANSO, D. 1986. Water treatment and sanitation; Simple methods for rural areas. 2 ed. London England, Publication intermediate technology. 90 p.

MATHEWS, J.A. 1985. The common agricultural policy and the less developed countries. Whashington D.C., World Bank. s.p.

MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD; Conference organized by the Agricultural Development and Advisory Service and the Agricultural Research C. Council. 1974. Londres, Inglaterra. 461 p.

MONCADA, J. 1999. Monitoreo, colección y manejo de muestras. Zamorano, Honduras. 7 p.

NUEVA YORK. DEPARTAMENTO DE SANIDAD. 1974. Manual de tratamiento de agua. Trad. por Raúl Guerrero Torres. 4 ed. México D.F., México, Limusa. 203 p.

PROYECTO MANEJO SOSTENIBLE Y PROTECCION DE CUENCAS HIDROGRAFICAS DE LA REGION DEL YEGUARE. 2000. Plan de manejo. Zamorano, Honduras, Centro de comunicaciones del Zamorano. 30 p.

RAMAKRISHNA, B. 1997. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas; Conceptos y experiencia. San José, Costa Rica, IICA. 282 P.

RODRIGUEZ, V. 1999. Caracterización y evaluación participativa de aspectos biofísicos y socioeconómicos de las microcuencas El Capiro y El Zapotillo. Tesis de Ing. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano.

SEMINARIO, E. 1986. Proyecto regional de la microcuenca del río Choluteca. Tegucigalpa, Honduras, CATIE. s.p.

TRATAMIENTO PRACTICO del Agua subterránea. 1991. Trad. por José M. Obioles. Barcelona, España, Omega. 665 p.

TORRES, C. 1999. Evaluación del efecto del huracán Mitch en la cantidad y calidad de agua de los manantiales de la montaña Uyuca. Tesis de Ing. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamerica/Zamorano. 38 p.

TURK, A.; TURK, J.; WITTES, J. 1992. Ecología, contaminación, medio ambiente. Trad. por Carlos Ottowaelder. México D.F., México, Interamericana. 207 p.

USAID. 1984. Rural waters/Sanation projects. Washington D.C., Peace Corps. 275 p.

WALFORD, J.; PEARCE, D. 1987. Research issues in environment and development. Washington D.C., Word bank. s. p.

WASHINGTON. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Agriculture and the environment. Economic Research Service. s.p.

WINKLER, M. 1986. Tratamiento biológico de aguas de desecho. México D.F., México, Limusa. 338 p.