

Estudio base sobre la calidad de agua de dos subcuencas del río Yeguaré

Gina María Canales Hernández

MICROISIS:	_____
FECHA:	_____
ENCARGADO:	_____

ZAMORANO

Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica

Agosto, 1999

1006

Estudio base sobre la calidad de agua de dos subcuencas del río Yeguaire

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

presentado por

Gina María Canales Hernández

Zamorano, Honduras
Agosto, 1999

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.



Gina M. Canales H.

Zamorano, Honduras
Agosto, 1999

DEDICATORIA

A Dios y a La virgen que siempre han estado a mi lado, derramándome de bendiciones, guiándome y protegiéndome.

A mis padre Eduardo y Georgina por ser los mejores del mundo porque me han apoyado incondicionalmente a lo largo de mi vida y me han dado todo su amor.

A mis hermanos Eduardo y Gabriel quienes siempre me han apoyado y me han dado todo su amor.

A mis abuelitos, tíos y primos por todo el apoyo y amor que siempre me han brindado

A ese angelito que me ha apoyado, protegido y guiado a lo largo de este camino.

A mi asesora Janeth quien me ha enseñado muchas cosas a lo largo de este año.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la virgen por estar siempre a mi lado.

A mis padre por darme todo su amor, apoyo, comprensión y sacrificios durante todo este tiempo. También les agradezco por el ejemplo que me han dado.

A mis hermanos por todo su apoyo y amor.

A mis abuelitos, tíos y primos por todo su amor.

Al angelito que me ha protegido y ayudado a lo largo de la elaboración de este proyecto.

A mis amigas Alejandra y Eva y sus familias por todo su apoyo y amor durante todos estos años

A Janeth por su paciencia y sus consejos durante este tiempo así como la amistad que me ha brindado.

A Carlos Ardón y Luis Caballero por toda la ayudada brindada durante este tiempo.

A todo el personal de PROCUENCAS Rony, Marlon y Marlene por toda la ayuda brindada.

A todo el personal del Departamento de Recursos Naturales Gerardo Perez, Reinita, Claudio Trabanino Glenda, Nelson Villatoro, Orfila y Saúl, gracias por su ayuda y al personal de campo de la Unidad Empresarial de Productos y Servicios Forestales (UEPSF).

A todo el personal docente Luis Caballero, Joaquín Romero, Silvia Cbalukian, Ramón Zúniga, Nelson Agudelo y Dr. Pilz, por los conocimientos proporcionados.

A Yolanda Castelo por todo su amor de hermana y su apoyo durante todo este tiempo.

A mis amigos Jorge, Yolanda, Kenia y Mildredelena que hicieron que este año fuera inolvidable.

A Eduardo, Camila, Karla, Cristobal, Pablo, Elena y Paola por sus consejos y momento inolvidables.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Al Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica de Zamorano por su apoyo financiero.

A la Secretaría de Agricultura y Ganadería por su ayuda financiera.

Al proyecto PROCUENCAS por el apoyo para la realización de este proyecto.

RESUMEN

Canalcs, Gina 1999. Estudio base sobre la calidad de agua de dos subcuencas del río Yegüare. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 69 p.

El objetivo principal del trabajo fue la realización de un estudio base sobre la cantidad y calidad del agua de las subcuencas de los ríos La Montaña y Leotuna, ubicadas en los municipios de Maraita y Güinope, Departamento de Francisco Morazán y El Paraíso respectivamente, que son tributarias del río Yegüare. Esta investigación se desarrolló en el área de trabajo del proyecto PROCUENCAS, cuyo objetivo es contribuir mediante un proceso altamente participativo y autogestionario de las comunidades, al alivio y reversión de la presión sobre los recursos naturales localizados en la cabecera del río Yegüare, a través del desarrollo integrado de la protección de cuencas hidrográficas, educación ambiental y fortalecimiento de la gestión comunitaria. Los resultados obtenidos servirán de base para el análisis de la situación actual de la calidad del agua de las fuentes estudiadas y como instrumento para evaluar el trabajo de proyectos de este tipo con respecto al manejo de cuencas. Para llevar a cabo el estudio se realizaron ocho muestreos: cuatro durante la época lluviosa y cuatro durante la época seca. Los parámetros que se midieron fueron: caudal, pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, sólidos totales, nutrientes y residuos de plaguicidas. Para evitar la alteración en los resultados de pH, temperatura, oxígeno disuelto y turbidez la toma de datos se hizo directamente en el campo, ya que son mediciones que pueden ser alteradas por condiciones ambientales y otros factores. Los demás fueron evaluados en el laboratorio de análisis de agua de Zamorano y la FHIA. Los resultados mostraron que sólo existen diferencias significativas en la turbidez entre épocas, debido a que en la época lluviosa las precipitaciones fueron mayores y por consiguiente hubo un mayor arrastre de suelo. La concentración de nutrientes fue mayor en la época seca, y en los datos podemos observar que los caudales fueron mayores en la época lluviosa. Se efectuaron análisis de plaguicidas y fertilizantes y las concentraciones de las trazas encontradas fueron mínimas. Se concluye que las fuentes de agua son de buena calidad de acuerdo a los parámetros estudiados, en los tres diferentes sitios de muestreo para ciertos usos como: riego, generación de energía y uso recreativo. De acuerdo a la encuesta aplicada a los pobladores de la zona, el impacto que tienen las actividades agrícolas no afectan significativamente la calidad de agua.

Palabras claves: actividades agrícolas, época lluviosa y seca, muestreos, parámetros.

¿ COMO ES LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS SUBCUENCAS LA LEOTUNA Y LA MONATAÑA ?

Esta pregunta fue planeada por el investigador durante un monitoreo de agua realizado en dos microcuencas tributarias del Río Yegüare, en el Valle del Zamorano, Honduras, y se concluyó que según los parámetros evaluados, la calidad de las mismas es buena para ciertos usos como riego y generación de energía hidroeléctrica.

Es necesario saber como es el agua de las fuentes que nos rodean y de este modo determinar el mejor uso que se puede dar a las mismas. Al mismo tiempo es importante mantener o mejorar su calidad, de aquí nace la necesidad de establecer un estudio base sobre la calidad de agua de estas subcuencas.

Para poder mejorar o mantener la calidad del agua de las fuentes es necesario tener un buen manejo de la cuenca, la cual no solo incluye el agua sino todo lo que hay alrededor de las mismas. Se necesita de la participación de la comunidad para que el manejo sostenible de los recursos sea eficiente, ya que se les conscientiza del valor y la importancia que tiene los mismos para mejorar la calidad de vida.

En este estudio se seleccionaron ocho parámetros (caudal, pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, sólidos totales, nutrientes y residuos de plaguicidas) para evaluar la calidad de agua. Se elaboró una encuesta para determinar el impacto que las actividades agrícolas tienen en la calidad de agua de las fuentes. Se realizaron ocho muestreos cuatro durante la época seca y cuatro durante la lluviosa para poder ver la influencia de estas en la calidad del agua. Se seleccionaron tres sitios de muestreo; parte alta, media y baja de los ríos.

Los resultados que se obtuvieron nos indican que los caudales fueron mayores durante la época lluviosa como era de esperarse ya que las precipitaciones son mayores. Se dieron diferencias significativas en temperatura entre los sitios y en turbidez entre la época. La concentración de nutrientes fue mayor durante la época seca esto se debió a que la dilución de los nutrientes es menor. Las concentraciones de plaguicidas fueron mínimas a niveles de trazas.

Al aplicar la encuesta y mediante observaciones de campo se comprobó que los sistemas de producción más frecuentes es el cultivo de granos básicos el cual no demanda la aplicación de plaguicidas como otros sistemas de producción. Los proyectos que se enfocan en la conservación de los recursos naturales tienen la oportunidad de conscientizar y capacitar a los pobladores para mantener y mejorar el estado de los recursos, ya que muestran una actitud positiva hacia el manejo sostenible de los mismos.

CONTENIDO

Portadilla	i
Autoría	ii
Página de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Agradecimiento a patrocinadores	vi
Resumen	vii
Nota de prensa	viii
Contenido	ix
Índice de cuadros	xii
Índice de figuras	xiii
Índice de anexos	xiv
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
2 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS	3
2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS	4
2.2.1 Según su sistema de drenaje	4
2.2.2 Según su balance hídrico	4
2.2.3 Según su red de drenaje	4
2.3 MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	5
2.4 PROBLEMÁTICA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS	6
2.4.1 Crecimiento poblacional y sus efectos	6
2.4.2 Tenencia de la tierra	7
2.4.3 Leyes y políticas poco coherentes	7
2.4.4 Educación	7
2.5 CALIDAD DE AGUA	8
2.6 CONTAMINACIÓN DEL AGUA	9
2.6.1 Fuentes de contaminación	9
2.6.1.1 Contaminación puntual	9
2.6.1.2 Contaminación no puntual	9
2.6.2 Tipos de contaminación	10
2.6.2.1 Contaminación química	10
2.6.2.2 Contaminación física	10
2.6.2.3 Contaminación biológica	10
2.7 EFECTOS DE LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA CALIDAD DEL AGUA	11

2.7.1	Erosión del suelo	11
2.7.2	Contaminación por agroquímicos	11
2.7.2.1	Plaguicidas	12
2.7.2.2	Fertilizantes	13
2.8	MITIGACIÓN DEL IMPACTO DE LA AGRICULTURA EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS	13
2.8.1	Implementación de planes de manejo	14
3	MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	15
3.2	SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO .	15
3.2.1	Descripción del sitio de muestreo en la parte alta	15
3.2.2	Descripción del sitio de muestreo en la parte media	17
3.2.3	Descripción del sitio de muestreo en la parte baja	18
3.3	SELECCIÓN DE LA ÉPOCA Y FRECUENCIA DE MUESTREOS ..	18
3.4	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	19
3.4.1	Recolección de la muestra de sólidos totales	19
3.4.2	Recolección de la muestra de nutrientes y plaguicidas	19
3.5	PARÁMETROS ANALIZADOS	19
3.5.1	Caudal	20
3.5.2	pH	20
3.5.3	Temperatura	20
3.5.4	Oxígeno disuelto	21
3.5.5	Turbidez	21
3.5.6	Sólidos totales.....	21
3.5.7	Nutrientes	22
3.5.8	Plaguicidas	22
3.6	LA ENCUESTA	22
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1	MEDICIONES DE CAUDAL	23
4.2	MEDICIONES DE pH	23
4.3	TEMPERATURA	25
4.4	OXÍGENO DISUELTO	26
4.5	TURBIDEZ	28
4.6	SÓLIDOS TOTALES	29
4.7	NUTRIENTES	30
4.7.1	Sodio	32
4.7.2	Calcio	33
4.7.3	Potasio	33
4.7.4	Magnesio	33
4.7.5	Hierro	34
4.7.6	Manganeso	34
4.7.7	Zinc	35
4.8	PLAGUICIDAS Y FERTILIZANTES	35

4.9	IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA	36
4.9.1	Área cultivada	36
4.9.2	Cultivos y época de siembra	36
4.9.3	Insumos	36
4.9.4	Problemas fitosanitarios	37
4.9.5	Obras de conservación de suelo	37
4.9.6	Producción pecuaria	37
4.9.7	Acceso a servicios y uso de agua	37
5	CONCLUSIONES	39
6	RECOMENDACIONES	40
7	BIBLIOGRAFÍA	41
8	ANEXOS	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Clasificación de cuencas, subcuencas y microcuencas de acuerdo al número de orden y su cobertura de área	5
2.	Lista de plaguicidas y su tiempo de persistencia en el suelo	12
3.	Epocas y fechas en que se realizaron los muestreos	19
4.	Datos de caudal obtenidos en m ³ /seg durante el período de muestreo	23
5.	Datos de pH obtenidos durante el período de muestreo	24
6.	Datos de temperatura en grados centígrados (°C) obtenidos durante el período de muestreo	26
7.	Datos de oxígeno disuelto en ppm obtenidos durante el período de muestreo	27
8.	Datos de las unidades de turbidez nefelométricas (UTN) obtenidas durante el período de muestreo	28
9.	Datos de sólidos totales en ppm obtenidos durante el período de muestreo	29
10.	Datos de la concentración de sodio en ppm obtenidos durante el período de muestreo	32
11.	Datos de la concentración de calcio en ppm obtenidos durante el período de muestreo	33
12.	Datos de la concentración de potasio en ppm obtenidos durante el período de muestreo	33
13.	Datos de la concentración de magnesio en ppm obtenidos durante el período de muestreo	34
14.	Datos de la concentración de hierro en ppm obtenidos durante el período de muestreo	34
15.	Datos de la concentración de manganeso en ppm obtenidos durante el período de muestreo	35
16.	Datos de la concentración de zinc en ppm obtenidos durante el período de muestreo	35

INDICE DE FIGURAS

Figura		
1.	Ubicación de los sitios de muestreo en la parte alta, media y baja en el área de estudio	16
2.	Sitio de muestreo de la parte alta	17
3.	Sitio de muestreo de la parte media	17
4.	Sitio de muestreo de la parte baja	18
5.	Datos de pH observados durante el período de muestreo	25
6.	Datos de temperatura observados durante el período de muestreo ..	26
7.	Datos de oxígeno disuelto observados durante el período de muestreo	28
8.	Datos de turbidez observados durante el período de muestreo	29
9.	Datos de sólidos totales observados durante el período de muestreo	30
10.	Datos de la concentración de nutrientes obtenidos en los diferentes sitios de muestreo	31
11.	Datos de las concentraciones de los diferentes nutrientes obtenidos en la época lluviosa y seca	32

INDICE DE ANEXOS

Anexo		
1.	Separación múltiple de medias por la prueba Tukey para los parámetros estudiados	45
2.	Encuesta aplicada en las comunidades de Galeras, Güinope, Liquidambar, Casitas y Lavaderos	47
3.	Análisis de la encuesta aplicada en las comunidades de Galeras, Güinope Liquidambar, Casitas y Lavaderos realizado con el modelo estadístico SPSS	49
4.	Métodos utilizados en la FHIA para el análisis de la extracción de residuos de plaguicidas y detección de la concentración de nutrientes en el agua	53

1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes para el bienestar y desarrollo de la humanidad. Según estudios realizados, se ha determinado que del 100% del agua en el mundo, el 97% es agua salada y solo el 3% es agua dulce, de éste, el 75% no es disponible ya que se encuentra en forma de glaciares, casquetes polares y agua subterránea. Por lo que solo el 0.5% es accesible para la humanidad, sin embargo el 99% de la misma esta contaminada para consumo humano, por lo que solo el 0.003% tiene las características ideales de calidad para este uso (Madera, 1996).

Existe agua subterránea, que suministra agua potable a aproximadamente 140 millones de personas en áreas urbanas y rurales. En Latinoamérica, el agua subterránea generalmente es utilizada como fuente de agua potable por pequeñas comunidades y también para uso agrícola. En Honduras el 50% del agua potable es suministrada por las aguas subterráneas. Se estima que Latinoamérica cuenta con mas de 23,000m³ de agua percapita disponible, la cual es la mayor en todo el mundo (Gallo, 1997).

A escala mundial, la disponibilidad del agua dulce de buena calidad disminuye aceleradamente, este es el resultado del deterioro de las fuentes de agua desde sus orígenes en las cuencas montañosas hasta su desembocadura en el mar. El deterioro de las fuentes de agua se debe principalmente a los usos inadecuados de las tierras en las zonas de recarga, lo que trae como consecuencia un aumento en la contaminación de las mismas, debido a la deposición de contaminantes físicos, químicos y biológicos.

En Honduras, como en el resto del mundo la mayoría de las fuentes de agua se encuentran alteradas, por las diferentes actividades que el hombre realiza para su supervivencia. A tal grado, que muchas veces no se puede hacer uso del recurso (Hewlett, 1982). El uso inadecuado de la tierra esta causando un rápido deterioro de las principales cuencas del país y como resultado una degradación productiva del suelo, bosque y ecosistemas acuáticos ocasionando un impacto negativo en la economía del país.

Otro factor que contribuye a la contaminación del agua en nuestro país, es que las leyes actuales sobre el manejo de cuencas por no estar bien definidas han generado conflictos entre las diferentes instituciones que se encargan del manejo de las mismas.

La región del Yegüare al igual que otras regiones del país, presenta graves problemas de pobreza, baja cobertura vegetal, limitado acceso de los servicios básicos y un acelerado deterioro del ambiente. En las zonas de recarga de las subcuencas se observa una reducción drástica de la cobertura del bosque lo cual afecta los procesos hidrológicos en

diferentes niveles del sistema natural (PROCUENCAS, 1998). Aun cuando los daños han ocurrido a través de varias décadas, todavía, no se han realizado estudios completos que determinen la situación real en que se encuentran las subcuencas.

Este estudio proveerá de valiosa información referente a la calidad del agua de las subcuencas, para que el proyecto PROCUENCAS la utilice en el diseño y ejecución de futuros planes de manejo. A las comunidades les servirá para conocer el estado actual de las fuentes de agua, con lo cual se espera la participación activa en los programas de protección y restauración a implementarse con el apoyo del proyecto PROCUENCAS y las autoridades locales.

Una de las limitantes del estudio, fue el alto costo de algunos análisis para evaluar la calidad de agua. Tal es el caso de la detección de residuos de plaguicidas, por lo que no se realizó un mayor número de repeticiones. Otra limitante fue el difícil acceso a ciertas áreas de la zona.

1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

General

- ♦ Realizar un estudio base de la calidad del agua de dos subcuencas montañosas tributarias del río Yegüare.

Específicos

- Establecer una base de datos inicial sobre la cantidad y calidad del agua de las dos subcuencas, durante la época seca y lluviosa.
- Determinar el efecto que tienen las actividades agrícolas en la calidad del agua de las subcuencas.
- Identificar y cuantificar los agroquímicos usados con mayor frecuencia por los agricultores que habitan en las subcuencas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS

En las cuencas hidrográficas encontramos una gran diversidad de recursos naturales como son: suelo, agua, flora y fauna. También encontramos al hombre que habita la cuenca y hace uso de los recursos naturales para llevar a cabo sus actividades diarias. Por lo tanto, hay muchos autores que dicen "no hay ningún punto sobre la tierra que no corresponda a una cuenca hidrográfica"(FAO, 1996 y 1997).

Según Faustino (1997a), la cuenca hidrográfica se define como "El espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, donde se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal que se integra al mar, lago o un río más grande." Otros autores definen la cuenca hidrográfica como la unidad de análisis necesaria para poder identificar y evaluar todos los elementos que la comprende. Así como también las acciones y tendencias que determinan la calidad y cantidad del agua (Vargas, 1996). En el curso Internacional de Manejo Sostenible de Cuencas Hidrográficas (1995) se define como "Una entidad física, a través de la cual el agua fluye generalmente por gravedad, desde las partes altas a las partes bajas, entre un área delimitada por una divisoria topográfica o hidrogeológica."

Las cuencas hidrográficas son consideradas como un sistema dentro del medio ambiente, ya que están constituidas por varios aspectos, no solo el biofísico sino también el económico, social, demográfico y la relación entre los mismos (Oyuela, 1988 y FAO, 1996 y 1997).

De acuerdo a Abarca (1988), hay tres aspectos que se deben tomar en cuenta para caracterizar el estado de una cuenca hidrográfica y son:

- A. Aspecto biofísico: son todos los elementos naturales como el suelo, clima, caudal, calidad del agua y la cobertura predominante. Para caracterizar dicho aspecto se necesita información de los cambios en el uso de la tierra y la deposición de desechos generados por las diferentes actividades humanas (Abarca, 1988 y Faustino, 1997b).
- B. Aspecto socio-económico: es todo aquello que está relacionado con el hombre y sus necesidades de subsistencia. Se necesita información referente a los niveles de educación y conocimientos de los habitantes, así como también sus pautas de conducta y estratificación social, tenencia de la tierra, tamaño de parcelas, sistemas de producción, costos de insumos, rubros de inversión y hábitos de consumo (Abarca, 1988 y Faustino, 1997b).

- C. Aspecto legal: son todas las leyes, organizaciones políticas, organismos públicos y privados que de alguna manera establecen las normas de vida de la población que se beneficia de los recursos de las cuencas hidrográficas (Abarca, 1988).

2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

La clasificación de cuencas hidrográficas puede ser de diferentes formas; según su sistema de drenaje, balance hídrico y red de drenaje. La clasificación que se le vaya a dar a la cuenca dependerá de los objetivos que se pretenden alcanzar con su manejo (Faustino, 1997a).

2.2.1 Según su sistema de drenaje

- Cuencas arréicas: son aquellas que pierden sus aguas por evaporación o infiltración sin llegar a formar escurrimiento subterráneo, por lo tanto no drenan en un río, mar o lago.
- Cuencas criptorréicas: son aquellas en las que las redes de drenaje superficial no tienen un sistema organizado o aparente y corren como ríos subterráneos.
- Cuencas endorréicas: son aquellas que drenan en un embalse o lago sin llegar al mar.
- Cuencas exorréicas: son aquellas que drenan en un río grande o en el mar.

2.2.2 Según su balance hídrico

Esta clasificación se basa en la oferta y demanda de agua en las cuencas y pueden ser:

- Cuencas balanceadas: donde la oferta y demanda de agua son compatibles.
- Cuencas deficitarias: donde la demanda de agua es mayor que la oferta.
- Cuencas de exceso: donde la oferta de agua es mayor que la demanda.

2.2.3 Según su red de drenaje

- Cuenca: es toda aquella área que desarrolla su drenaje al cauce del mar. Son las cuencas de sexto, séptimo o más del octavo orden (Cuadro 1).
- Subcuenca: es toda aquella área que desarrolla su drenaje al cauce principal de una cuenca. Una serie de subcuencas puede formar una cuenca. Son de cuarto y quinto orden.
- Microcuenca: es toda aquella área que desarrolla su drenaje al cauce principal de una subcuenca. Una serie de microcuencas puede formar una subcuenca. Corresponden al primer, segundo y tercer orden.

Cuadro 1. Clasificación de cuencas, subcuencas y microcuencas de acuerdo al número de orden y su cobertura de área.

UNIDAD	No. DE ORDEN	AREA Km ²
Microcuenca	1, 2, 3	10-100
Subcuenca	4,5	100-700
Cuenca	6,7 ó más	700-6000

Fuente: Faustino, 1997a.

2.3 MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Las cuencas hidrográficas son sistemas en los cuales interactúan varios elementos bióticos, abióticos e institucionales. Por lo tanto, al momento de desarrollar proyectos de manejo de cuencas se debe tomar en consideración cada uno de los elementos y las relaciones entre los mismos (Vargas, 1996). Generalmente las entidades o personas encargadas del manejo de cuencas saben o tienen la idea de que hay una relación directa entre el suelo, agua, la fauna y las comunidades que habitan sus alrededores. Sin embargo se da el fenómeno de que solo se enfoca en un solo aspecto, se le da manejo al suelo o al agua y no se toma en cuenta el efecto que tiene el uno sobre el otro ni los demás elementos que interactúan en la cuenca; de aquí la importancia de un manejo integrado de cuencas (FAO, 1996).

A lo largo de los años, el concepto de manejo de cuencas ha ido evolucionando, siempre ha estado relacionado con los recursos naturales que se encuentran en la cuenca como el agua, bosque y suelo. Una deficiencia de los conceptos utilizados en décadas anteriores, era que las soluciones que se ofrecían estaban orientadas solo a soluciones técnicas específicas para la protección y conservación de los recursos y de esta manera minimizar los efectos y riesgos en el sistema de la cuenca hidrográfica. Un ejemplo de la definición de manejo de cuencas antes de los años setenta: "Es el conjunto de técnicas que se aplican para el análisis, protección, rehabilitación, conservación y uso de la tierra de las cuencas hidrográficas con fines de controlar y conservar los recursos que provienen de las mismas". En este concepto se puede observar claramente que el hombre no es considerado en lo que se refiere al manejo de cuencas (Faustino, 1997a).

En la década de los 80's y 90's se vio la necesidad de incorporar al hombre en lo que era el manejo de cuencas, especificando su rol. El hombre es el que realiza el manejo de los recursos, por lo tanto de sus decisiones depende el buen manejo de los mismos.¹ Debido a lo anterior se vio la necesidad de trabajar en el medio en que el hombre realiza día a día el manejo de los recursos naturales. En la actualidad, el concepto moderno de manejo de cuencas es el siguiente: "Es una ciencia o arte que trata de la gestión para lograr el uso apropiado de los recursos naturales en función de la intervención humana y sus necesidades, propiciando al mismo tiempo la sostenibilidad, la calidad de vida, el desarrollo y el equilibrio medioambiental" (Faustino, 1997a).

¹ Canales E. 1998. Manejo de Cuencas. PROBAP, Tegucigalpa, Honduras. (Comunicación personal).

Con este nuevo concepto, lo que se pretende es la participación activa de la población para crear las bases para el desarrollo de un manejo sostenible, con la implementación de sistemas adecuados de extensión, educación y mecanismos de coordinación institucional de abajo hacia arriba. Es importante fortalecer la capacidad de gestión en todos los niveles, desde las instituciones y organizaciones hasta los agricultores y comunidades, y de esta manera promover el diseño de proyectos más eficientes, la selección de tecnología adecuada y así tener una mejor evaluación de los procesos de producción y conservación (FAO, 1996 y Villegas, 1998).

2.4 PROBLEMÁTICA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

La problemática actual de las cuencas radica en que tradicionalmente los proyectos de manejo de cuencas hidrográficas se han elaborado sin tener en cuenta el entorno en el cual se desarrollan. Teniendo como consecuencia la falta de valoración de los recursos de las mismas y la falta de conocimiento de los procesos fundamentales que se llevan a cabo para mantener el equilibrio del sistema que constituye la cuenca (Vargas, 1996). Entre los principales problemas se encuentran el crecimiento poblacional y sus efectos, la tenencia de la tierra, las leyes y políticas poco coherentes y la falta de educación.

2.4.1 Crecimiento Poblacional y sus efectos

Uno de los mayores problemas que afectan las cuencas hidrográficas a nivel mundial, en especial a los países en vías de desarrollo, es el acelerado crecimiento poblacional. Este fenómeno produce una mayor presión en el uso de los recursos naturales, debido a que el hombre debe satisfacer sus necesidades básicas de alimentación, vivienda y vestimenta (Oyuela, 1988). Según Rodríguez (1998), este crecimiento aumenta considerablemente el problema de la pobreza y pone en peligro la capacidad de los ecosistemas para satisfacer en forma sostenible las necesidades de las actuales y futuras poblaciones. Este fenómeno trae como consecuencia la deforestación, agricultura migratoria, ganadería extensiva y la urbanización.

La deforestación de los bosques en las cuencas hidrográficas es un grave problema, trae como consecuencia la disminución en la producción de agua, la degradación de suelos, cambios en la hidrología de laderas lo cual aumenta la frecuencia y magnitud de las inundaciones de tierras bajas y todo esto provoca una disminución de la productividad (FAO, 1997 y LUPE, 1998).

La agricultura migratoria, tiene como consecuencia la pérdida de suelo debido a las prácticas inadecuadas de cultivo. El hombre, al no contar con las tecnologías adecuadas para la producción y conservación de suelos, cuando una tierra ya no es fértil la abandona y se desplaza hacia otra que le sea más útil y de esta manera va dejando las tierras sin vegetación, siendo más susceptibles a la degradación (Rodríguez, 1998).

La expansión de la ganadería extensiva afecta directamente las cuencas, esto se da por la mala distribución de las tierras, hay personas que tienen grandes extensiones de tierra y dejan que el ganado pascie libremente por lo que no hay un control y se da el sobrepastoreo. Luego la necesidad de subsistencia de los pequeños agricultores ya que descombran los bosques para que el ganado pastoree, sin darse cuenta que estos suelos son frágiles y no aptos para dicha actividad (Perez, 1994 y LUPE, 1998).

La urbanización es otra fuente de contaminación ya que a medida que aumenta la población, también lo hacen las industrias, la necesidad de construir más viviendas y por lo tanto la construcción de carreteras. Hay diversas fuentes de contaminación que conlleva el urbanismo tales como: los desechos industriales, deposición de aguas negras, recolección y deposición de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos; todo esto tiene un impacto negativo en la cantidad y calidad del agua.

2.4.2 Tenencia de la tierra

La mala distribución de la tierra tiene un impacto negativo en las cuencas, contribuyendo a la degradación acelerada de las mismas. Como consecuencia, los pequeños productores que no poseen tierras, se asentan en tierras frágiles no aptas para el desarrollo de sus actividades productivas y esto es conocido como el avance de la frontera agrícola. Esto influye directamente en la destrucción de las cuencas mediante la erosión y la degradación química y física del suelo (Perez, 1994). Según Girot (1998) en centroamérica el 63% de las tierras está en manos de empresas privadas o personas adineradas y solamente 24% de la tierra está en manos de los pequeños productores.

2.4.3 Leyes y políticas poco coherentes

Se dice que muchas de las políticas que protegen a los recursos naturales en los países en vías de desarrollo no son aplicadas correctamente o muchas veces no han sido renovadas y esto trae como consecuencia el deterioro de los recursos (FAO, 1996). Por lo tanto, para asegurar el bienestar general y la calidad de vida es necesario integrar el ordenamiento jurídico político que está vigente, con instituciones que tomen en cuenta las nuevas necesidades de la sociedad. Estas deben asumir la interdependencia entre sus componentes y el manejo adecuado de los recursos naturales (Tripp *et al.*, 1994).

2.4.4 Educación

En el mundo y especialmente en los países subdesarrollados, la falta de educación de la población trae una serie de problemas ya que los niveles de analfabetismo son altos. La educación es necesaria para tener una mejor planificación de proyectos, tendríamos personas más capacitadas; los pequeños agricultores serían más eficaces en la producción teniendo un menor impacto en el ambiente. También se necesita educar a aquellas personas encargadas de las empresas privadas como también de las instituciones del

estado para que sean capaces de tomar decisiones que estén orientadas hacia el desarrollo sostenible y un uso adecuado de los recursos (Enkerlin y Madero, 1997).

Es necesario que el estado invierta en programas de desarrollo rural y de esta manera capacitar a la población; esto haría la implementación de los planes de manejo más eficiente, así como también implementar en el plan educativo a nivel nacional la educación ambiental desde la primaria y a lo largo de la educación secundaria y universitaria. También es necesario capacitar a las personas cuyos niveles de educación son altos, ya que éstas personas a pesar de la educación que han recibido no cuentan con la ética o consciencia de la importancia que tienen los recursos naturales para poder seguir produciendo (FAO,1996).

2.5 CALIDAD DE AGUA

La calidad de agua se define como "El conjunto de características físicas, químicas, y biológicas del agua en su estado natural o después de ser alteradas por la acción del hombre"(Cubillos, 1988). Sin embargo, muchos autores dicen que es una expresión que tiene un significado particular para cada individuo por ejemplo, el agua destinada al consumo municipal puede ser de muy buena calidad para una ama de casa, pero no para un fabricante de cervezas (FAO 1997 y Vargas 1996).

Es por ello que, al fijar normas para los requerimientos de calidad de agua, debe tenerse en cuenta el uso que se le piensa dar, de allí viene la clasificación de las aguas según su uso por ejemplo:

- Agua para consumo humano: Debe estar libre de contaminantes considerados como dañinos a la salud como lo son los patógenos, toxinas y cancerígenos, otros factores a tomar en cuenta son la temperatura, turbidez, apariencia, sabor, olor, y balance químico adecuado que son de gran importancia para el consumidor (Hammer y Kichan, 1981).
- Agua para riego: Esta debe estar libre o tener bajas concentraciones de sedimentos y de los compuestos químicos que son dañinos a las plantas y el suelo. Las características químicas más importantes son la concentración total de sales solubles, la proporción del sodio a otros cationes, concentración de elementos tóxicos potenciales y las concentraciones de bicarbonato en relación a la concentración de calcio y magnesio (Schawb *et al.*, 1990).
- Agua para uso eléctrico: Debe tener una baja carga de sedimentos (Stadtmüller, 1994).

- Agua para la recreación: Debe estar libre de sedimento, de sustancias tóxicas, de microorganismos nocivos al humano y un grado bajo de turbidez.²

2.6 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Contaminación es el proceso de la alteración de las características del agua por las actividades del hombre a un nivel no aceptable para cierto uso (Hewlett, 1982). La contaminación del agua ha provocado en varias ocasiones la desaparición de poblaciones completas en algunas ciudades. También se ha observado que contaminantes ocasionales han provocado epidemias de enfermedades virales o bacteriales. Las zonas industriales contaminan el agua mediante la deposición de sustancias tóxicas como los policlorobifenilos, metales pesados, dioxinas, agroquímicos y otros (Vogel y Rivas, 1997).

2.6.1 Fuentes de contaminación

Las fuentes de contaminación se pueden agrupar en dos grandes grupos los cuales dependerán del origen o procedencia de los contaminantes.

2.6.1.1 Contaminación puntual. Se define como el tipo de contaminación que se da cuando se conoce el punto exacto de introducción del contaminante a la fuente de agua, generalmente es ocasionada por emisiones de industrias, plantas tratadoras de aguas residuales, excrementos de ganado, especialmente los que están bajo régimen de estabulación, el almacenamiento de plaguicidas y también los desechos de cosechas entre otros. Este tipo de contaminación se puede disminuir mediante la aplicación y formulación de leyes que protejan los recursos naturales (FAO, 1981 y Vogel y Rivas, 1997).

2.6.1.2 Contaminación no puntual. Es el tipo de contaminación donde no se puede identificar el lugar de procedencia del contaminante. Este tipo de contaminación puede ser ocasionada por la agricultura mediante la aplicación excesiva de plaguicidas y fertilizantes y la erosión. Así como también la ganadería mediante la deposición de desechos en las fuentes. Este tipo de contaminación se puede disminuir o controlar mediante el manejo adecuado de las practicas agrícolas (FAO, 1981 y Vogel y Rivas, 1997).

² Caballero L. 1998. Calidad de agua. Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica, Zamorano, Honduras. (Comunicación personal).

2.6.2 Tipos de contaminación

Los tipos de contaminación se pueden clasificar en tres grupos: contaminación química, física y biológica, esta clasificación depende del origen de los contaminantes que se encuentren en las fuentes de agua (Cubillos, 1988).

2.6.2.1 Contaminación química. Según Vogel y Rivas (1997), este tipo de contaminación comprende dos grupos que son los siguientes:

- Química orgánica: Esta resulta cuando grandes cantidades de materia orgánica (compuestos que tienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno) son depositadas en las fuente de agua. Dentro de los efectos que tiene esta contaminación esta el aumento en la demanda de oxígeno para su oxidación y tiene efectos dañinos en diferentes niveles de la biodiversidad existente en las fuentes de agua.
- Química inorgánica: Este tipo de contaminación puede tener origen antropogénico o natural. En los lagos se da de manera natural mediante un aumento de nutrientes (sulfatos y fosfatos) provocado por la erosión del viento y de las distancias recorridas por los ríos. Entre las fuentes de contaminación están algunos detergentes con altos contenidos de fósforo, fertilizantes artificiales empleados en la agricultura, combustibles fósiles que provocan un aumento en el contenido de nitrógeno de la lluvia y la tala inmoderada de árboles al momento de introducir la maquinaria necesaria para llevar a acabo dicha actividad, como también al momento de la construcción de carreteras.

2.6.2.2 Contaminación física. Según Cubillos (1988) Entre los contaminantes físicos podemos encontrar: el calor, sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables y la radioactividad. Dentro de la contaminación física encontramos la térmica que es provocada principalmente por descargas de agua de enfriamiento utilizada en las plantas generadoras de energía eléctrica. Esta contaminación provoca un desequilibrio en el ecosistema debido al cambio local en la densidad del agua y por lo tanto en su concentración de oxígeno (Vogel y Rivas, 1997).

2.6.2.3 Contaminación biológica. La contaminación de las fuentes de agua por microorganismos provoca enfermedades, las cuales son inducidas por organismos tales como bacterias, virus y protozoarios. Esta contaminación se presenta en las descargas que contienen los desechos de personas infectadas, así como en las de lodos de procesos biológicos de tratamiento de agua (Vogel y Rivas, 1997). Entre las enfermedades más importantes que se transmiten por tomar agua contaminada están: el cólera y la *schistosomiasis*.

2.7 EFECTOS DE LAS ACTIVIDADES AGRICOLAS EN LA CALIDAD DEL AGUA

La agricultura es la actividad que más demanda agua (entre el 50-80 % del agua disponible), de aquí la necesidad de tomar las medidas necesarias para hacer más eficaz el uso de dicho recurso (FAO, 1996). Debido a que la agricultura en los países en vías de desarrollo es de subsistencia, tiene impactos más severos en la calidad del agua por la erosión del suelo y uso excesivo de agroquímicos (Giroi, 1998).

2.7.1 Erosión del suelo

La erosión del suelo es uno de los problemas más importantes en la actualidad porque tiene efectos negativos en la agricultura y el ecosistema natural. Más del 97% de los productos alimenticios se obtienen de la tierra, en las cuencas tropicales de gran pendiente las tierras dedicadas a la agricultura van en aumento cada día, aquí el fenómeno de la erosión es más grave, debido a los sistemas inadecuados de producción (FAO, 1997).

La erosión es la remoción física del suelo por varios factores como son la lluvia, la energía del flujo superficial y subterráneo, la velocidad del viento y la fuerza de la gravedad. Un factor importante en el proceso de la erosión es la sedimentación, que es la sumatoria de las pérdidas de suelo en el campo y a esto se le resta la deposición y obtenemos el factor de sedimentación (FAO, 1997). La agricultura es el mayor productor de sedimentos en las fuentes de agua, esto tiene un efecto negativo debido a la pérdida de suelo fértil, que disminuye la productividad. Así como también en calidad ya que el sedimento tiene concentraciones de fósforo y otros minerales. La erosión contribuye a la desintegración de los compuestos que nutren a los vegetales y que se pierden con el escurrimiento. Los factores que más afectan la erosión son el clima, el suelo, la vegetación, la topografía y el hombre (Schawb *et al.*, 1990 y FAO, 1997)

La erosión contamina las fuentes de agua con altas concentraciones de sedimento; los cuales disminuyen la penetración de la luz solar y por consiguiente la fotosíntesis dentro de los cuerpos de agua, esto crea un ambiente favorable para la proliferación de algunos organismos patógenos. Tiene efectos dañinos al reducir la productividad del suelo y la profundidad del perfil arable.

2.7.2 Contaminación por Agroquímicos

Existe una relación directamente proporcional en cuanto al avance de la agricultura y el uso de los plaguicidas y fertilizantes al punto que la concentración de estos en las fuentes de agua ha aumentado afectando la calidad de la misma. Un gran número de estos elementos se fijan en el suelo, los que no se fijan se depositan en las fuentes de agua causando serios problemas, que restringen el uso del recurso dependiendo de las concentraciones en que se encuentren (Sagardoy, 1993).

2.7.2.1 Plaguicidas. Los plaguicidas incluyen un gran número de químicos usados primordialmente en la agricultura para el control de plagas y mejorar la producción. Entre los químicos clasificados como plaguicidas están los herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas, y rodenticidas. El uso excesivo de éstos trae como consecuencia la deposición de los mismos en las aguas superficiales y subterráneas (FAO, 1997). A profundidades mayores de dos a tres metros, los mecanismos de degradación son mucho más lentos, por lo que probablemente hay un aumento en la contaminación de las aguas subterráneas. En lugares donde los procesos de percolación son lentos, el movimiento de los plaguicidas por los sistemas de drenaje hacia las fuentes de agua es más rápido (Sagardoy, 1993 y FAO, 1997).

La presencia de sustancias tóxicas provenientes de los plaguicidas, afecta la calidad del agua y por lo tanto afecta los organismos que hacen uso de ella. Dichas sustancias se pueden incorporar al suelo y alterar la calidad de las fuentes de agua, mediante procesos como la escorrentía, percolación y drenaje (Cardoza, 1996).

Según FAO (1997), la contaminación ambiental debido al alto uso de plaguicidas en los sistemas agrícolas a nivel mundial va aumentando aceleradamente; a continuación las desventajas que trae el uso excesivo de los mismos:

- Muchos organismos, en especial los insectos han desarrollado resistencia genética a los compuestos químicos utilizados, por lo cual es necesario aumentar la dosis para su control.
- Hay muchos plaguicidas persistentes en especial los organoclorados, porque no son fácilmente biodegradables y por lo tanto se quedan en el suelo. Estos plaguicidas sufren varios procesos como la volatilización, degradación y percolación y es así como contaminan el suelo, el aire y el agua (Cuadro 2).
- La adsorción de estos compuestos químicos por otros organismos, puede alcanzar niveles tóxicos en los tejidos orgánicos.

Cuadro 2. Lista de plaguicidas y su tiempo de persistencia en el suelo.

PLAGUICIDA	PERSISTENCIA
Arsénicos	Indefinida
Insecticidas hidrocarburos y organoclorados	2.5 años
Herbicidas (triacinas)	1.2 años
Herbicidas derivados de ácido benzoico	2.12 años
Insecticidas uréicos	2.1 años
Insecticidas organofosforados	1.2 años
Insecticidas carbonados	1.8 años
Herbicidas carbonados	2.8 años

Fuente: FAO, 1997.

2.7.2.2 Fertilizantes. El uso de fertilizantes y residuos orgánicos de animales aumenta la disponibilidad de elementos esenciales para las plantas, por lo que al ser aplicados hay un aumento en la productividad. Sin embargo, las cantidades excesivas de nitrógeno (N) y fósforo (P) provenientes de los fertilizantes y residuos orgánicos pueden causar efectos negativos en la calidad de agua (FAO, 1997).

Las concentraciones altas y bajas de nitritos y nitratos en el agua pueden causar la eutroficación, que es la alteración del equilibrio ecológico en los cuerpos de agua a través de una sobre fertilización. La eutroficación puede ocurrir con niveles de nitrato tan bajos como de 1mg/litro, el fósforo también puede ocasionar la eutroficación pero a niveles mucho más bajos. Este fenómeno trae como consecuencia un vigoroso crecimiento de las plantas acuáticas asociado con un detrimento del fitoplancton, por lo que hay una mayor producción de dióxido de carbono y una disminución de oxígeno. La eutroficación se puede dar naturalmente ya que a través del tiempo las fuentes de agua van enriqueciéndose de forma natural con las fuentes de nutrientes orgánicos. En algunas ocasiones las actividades humanas mal desarrolladas, tal como la agricultura, así como las descargas de desechos humanos y algunas descargas industriales, provocan una rápida acumulación de sustancias orgánicas e inorgánicas y por lo tanto una aceleración del proceso de eutroficación (FAO y Vogel y Rivas 1997).

Las altas concentraciones de nitratos en el agua afectan la salud humana por la inducción de cianosis (methemoglobinemia= blue baby) en los infantes, los humanos soportan concentraciones de nitratos de 45mg/litro. En los animales las altas concentraciones de nitrato causan cianosis, deficiencia de vitamina A, pérdida de peso, baja conversión alimenticia, dificultades reproductivas, abortos y disminución en la producción de leche. De aquí la necesidad de hacer un uso racional de los fertilizantes (FAO, 1997).

2.8 MITIGACIÓN DEL IMPACTO DE LA AGRICULTURA EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Para disminuir el impacto negativo que tiene la agricultura en las cuencas hidrográficas es necesario tener un buen plan de manejo de las mismas, involucrando a las comunidades que habitan la zona. Los pobladores pueden proporcionar información en cuanto al manejo que se le ha dado, y se le esta dando a los recursos naturales y algunas de éstas personas son las que tienen las mejores propuestas para los planes de manejo, porque son quienes conocen las necesidades comunitarias. Para asegurar un manejo sostenible de las cuencas las comunidades deben trabajar con las agencias e instituciones públicas y privadas que pueden apoyar con asistencia técnica y financiamiento (FAO, 1996).

2.8.1 Implementación de planes de manejo

Según Tripp *et al.*, (1994), para la implementación de cualquier plan de manejo, las personas o instituciones deben estar preparadas para enfrentar cualquier reto, entre ellos:

- El enfoque de las políticas a implementar puede diferir entre instituciones e individuos.
- Los objetivos del estado no siempre coinciden con los de las comunidades involucradas.
- El manejo ideal en teoría no es necesariamente el mejor en la práctica.
- Una limitante es la falta de financiamiento para las actividades que se deseen implementar.

De acuerdo la FAO (1997), hay que tener en cuenta que cada plan de manejo es diferente, por lo tanto depende de los objetivos que se desean alcanzar.

Hay aspectos esenciales en los cuales se debe trabajar para mitigar el impacto de la agricultura en las cuencas hidrográficas. El principal es la falta de educación en los países subdesarrollados, de aquí se origina la falta de conciencia en lo referente al uso de los recursos naturales. En las instituciones educativas a nivel nacional se debería implementar en los planes de estudio la educación ambiental ya que este medio permite educar a la población en lo que es la administración de los recursos naturales, tomando conciencia del valor que representan para la vida de las futuras generaciones y del planeta. Otro medio que permite la concientización poblacional es mediante la educación por radio para adultos, que se da a nivel nacional y otros programas de alfabetización como son las capacitaciones en las áreas rurales (LUPÉ,1998).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en la cuenca del río Yegüare, específicamente en las subcuencas del río Leotuna y del río La Montaña, las cuales comprenden un área total de 78Km². Están ubicadas al sureste del Valle del Zamorano; en los municipios de Maraita y Güinope, en los departamentos de Francisco Morazán y El Paraíso respectivamente. La altura mínima y máxima del área es de 900 y 1800 msnm, la temperatura media anual es de 19-29°C y la precipitación media anual de 1200 mm. La zona presenta dos épocas muy marcadas que son la época seca (diciembre-mayo) y la época lluviosa (junio-noviembre).

3.2 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Para la selección de los sitios de muestreo se realizó un reconocimiento de la zona haciendo uso de una hoja cartográfica en la cual estaban delimitadas las subcuencas. Se decidió tomar tres sitios a lo largo de las subcuencas, uno en la parte alta, en la subcuenca del río La Montaña, uno en la parte media, en la subcuenca del río Leotuna y en la parte baja, donde los ríos de ambas subcuencas se unen para formar el río Yegüare. Posteriormente se hizo una gira de campo para poder identificar las vías de acceso y determinar la ubicación exacta de los sitios de muestreo (Figura 1).

3.2.1 Descripción del sitio de muestreo en la parte alta

El sitio de muestreo de la parte alta es en la subcuenca del río La Montaña, el lugar del muestreo se encuentra ubicado en las coordenadas $x=505049$ UTM, $y=1534760$ UTM a una altura de 1500 msnm y al noroeste a unos 1.9km. limita con Güinope. En el sitio de muestreo las especies que predominan son el Pino y el Roble y en las cercanías la población se dedica a cultivos perennes como el café, plátano, y cítricos, también a cultivos anuales como frijol, maíz, tomate y chile. El cauce del río es muy pedregoso y no es muy caudaloso a lo largo del año. El sitio de muestreo esta rodeado por mucha vegetación, por lo que la radiación solar no penetra directamente en el río (Figura 2).

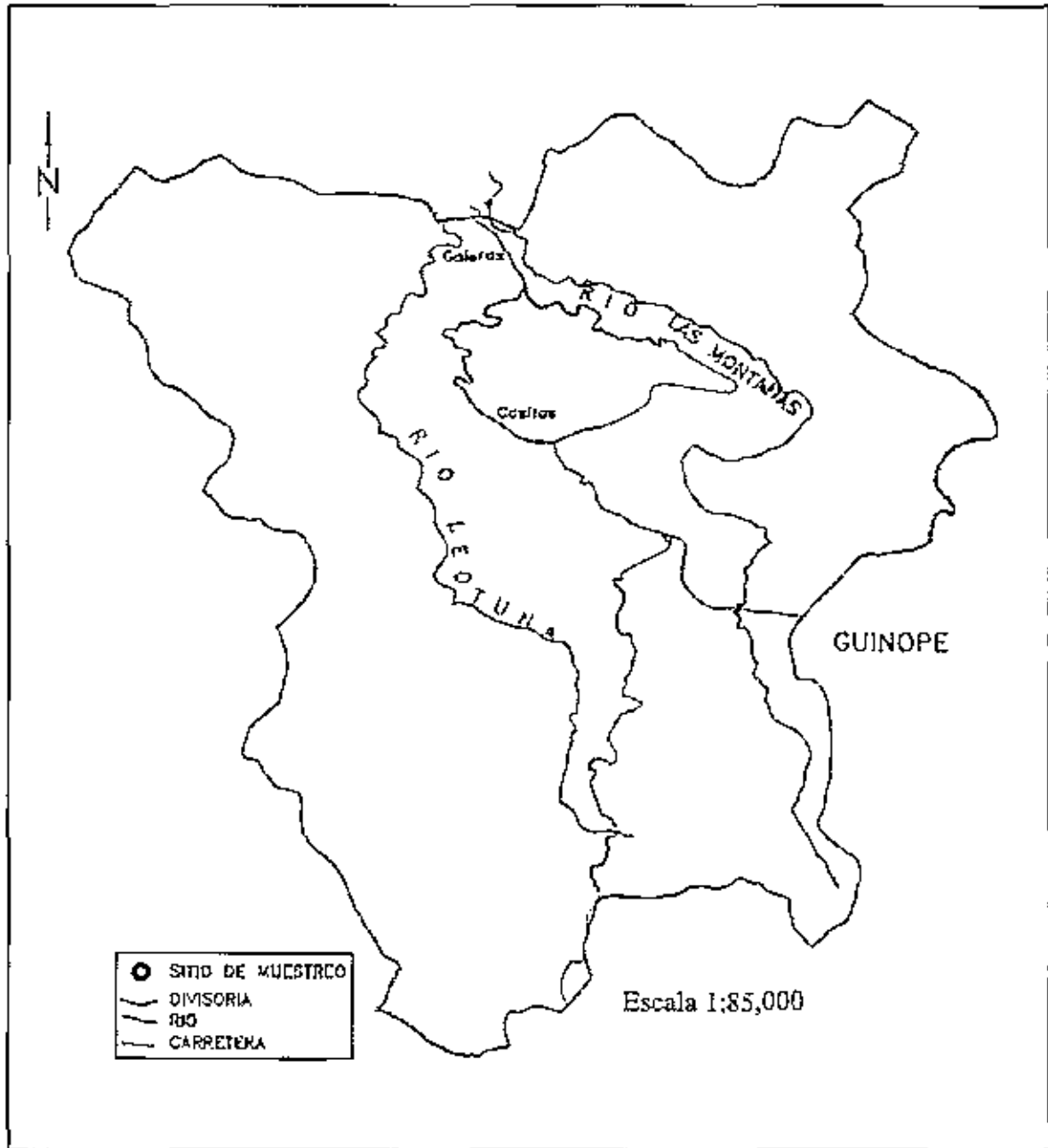


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo en la parte alta, media y baja en el área de estudio.



Figura 2. Sitio de muestreo de la parte alta

3.2.2 Descripción del sitio de muestreo en la parte media

El sitio de muestreo de la parte media es en la subcuenca del río Leotuna, el lugar de muestreo se encuentra ubicado en las coordenadas $x=500594$ UTM, $y=1537056$ UTM, a una altura de 1000 msnm, y al oeste a unos 1.5km. limita con Casitas. El cauce en este sitio de muestreo es pedregoso y arenoso (Figura 3).



Figura 3. Sitio de muestreo de la parte media.

3.2.2 Descripción del sitio de muestreo en la parte baja

El sitio de muestreo de la parte baja es el de la cuenca del río Yegüare donde los ríos de ambas subcuencas se unen. El sitio de muestreo se encuentra ubicado en las coordenadas $x=501974$ UTM, $y=1539947$ UTM, a una altura de 850 msnm y al norte a unos 630m limita con Galeras. En las orillas del río predominan arbustos grandes, el follaje no es abundante por lo que hay una mayor penetración de radiación solar. El cauce es muy arenoso y tiene piedras, algunas muy grandes que probablemente fueron arrastradas por la corriente durante la tormenta tropical Mitch (Figura 4).



Figura 4. Sitio de muestro de la parte baja

3.3 SELECCIÓN DE LA ÉPOCA Y FRECUENCIA DE MUESTREOS

Los muestreos se realizaron en la época lluviosa durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 1998 y en la época seca durante los meses de enero, febrero y marzo de 1999. Para determinar si existía diferencias con respecto a la calidad y cantidad de agua entre las épocas, se realizaron cuatro muestreos en cada una de estas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Épocas y fechas en que se realizaron los muestreos

ÉPOCA	FECHA DE MUESTREO
Lluviosa	25 de septiembre de 1998
	16 de septiembre de 1998
	21 de octubre de 1998
	27 de octubre de 1998
Seca	30 de enero de 1999
	14 de febrero de 1999
	10 de marzo de 1999
	26 de marzo de 1999

3.4 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Se recolectaron muestras para analizar sólidos totales, plaguicidas y nutrientes ya que estos parámetros se analizaron en el laboratorio. Para la recolección de las muestras se utilizaron frascos de vidrio previamente lavados con agua y jabón libre de fosfato y con un pH neutro para evitar algún residuo que altere la composición de las muestras. Una vez recolectadas y rotuladas, para evitar la degradación de las mismas por efecto de luz y temperatura se almacenaron en una hielera a una temperatura aproximada de 4°C. Para la recolección y manipulación de las muestras se usaron guantes esterilizados para evitar su posible contaminación.

3.4.1 Recolección de la muestra de sólidos totales

Para la recolección de la muestra se utilizaron frascos con una capacidad de 250ml, se les hizo el triple lavado que consiste en enjuagar el frasco tres veces con el agua de la fuente a muestrear. La muestra se colectó en el centro del río a una profundidad media, previa agitación de los sedimentos para no omitir los sólidos sedimentales.

3.4.2 Recolección de la muestra de nutrientes y plaguicidas

Para el muestreo de nutrientes y plaguicidas se utilizaron frascos con una capacidad de 500 y 1000ml respectivamente. La muestra se tomó en el centro del río, a una profundidad media después del triple lavado de los frascos.

3.5 PARÁMETROS ANALIZADOS

De acuerdo a nuestro interés, se analizaron ocho parámetros para evaluar la calidad de agua de los ríos.

3.5.1 Caudal

Es una medida que se utiliza para cuantificar el volumen de agua producida por la fuente de agua, se mide en m³/seg. Es importante tenerlo en cuenta en el manejo de cuencas para determinar que actividades se deben realizar para mejorar o mantener la producción de agua. Para medir el caudal se utilizó el método de área por velocidad, ya que era el más adecuado para nuestro estudio, para lo que se tomaron medidas de profundidad cada 50 centímetros en el río La Montaña, cada metro en el río Leotuna y cada dos metros en el río Yegüare. También se cronometra el tiempo que tomaba una boya en recorrer una distancia previamente establecida que fue de ocho metros en el río La Montaña, once metros en el río Leotuna y de catorce metros en el río Yegüare. Las diferencias en profundidad y distancia recorrida en cada una de las fuentes se debe a que no hay uniformidad de estas características en los tres ríos.

3.5.2 pH

Es la concentración de iones de hidrogeno en el agua. Según MacDonald (1991), aguas que no caen en el rango normal de 6 a 9 pueden tener efectos negativos en el ciclo de vida de varias especies acuáticas. La medición de este parámetro indica si las fuentes de agua están contaminadas con la presencia de metales pesados, ya que a medida que el pH baja la movilidad de los metales aumenta. El pH del agua esta muy relacionado con las características del suelo en cada sitio.

El pH fue tomado en el campo y en el laboratorio cuando fue necesario. Para las mediciones de campo se utilizó un pHmetro PICCOLO ATC, para calibrarlo se utilizaron dos soluciones buffer, primero una de pH 4 y luego una de pH 7, seguidamente se tomaba la lectura. Hubo necesidad de tomar algunas lecturas en laboratorio ya que el aparato anteriormente mencionado sufrió daños. El potenciómetro en el laboratorio se calibraba con dos soluciones buffer (4.01 y 6.86) y el compensador de temperatura, una vez calibrado se procedía a la realización del análisis de la muestra.

3.5.3 Temperatura

Nos indica los cambios de vegetación a lo largo de las fuentes de agua, también nos puede indicar el tipo de microflora y organismos en las mismas. Este parámetro controla algunas reacciones químicas que pueden afectar la calidad del agua. También podemos determinar que organismos se pueden desarrollar en una fuente de agua ya que los requerimientos cambian según la especie.

Para la medición se utilizó un medidor de oxígeno disuelto y temperatura en grados °C marca YSI modelo 50B que tiene una precisión $\pm 0.1\%$. La temperatura se midió directamente en el campo.

3.5.4 Oxígeno disuelto (OD)

Mide la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Se utiliza para indicar el grado de deterioro de una fuente de agua, especialmente en aquellas contaminadas con restos industriales orgánicos. Las concentraciones adecuadas de OD son importantes para la sobrevivencia de los peces y otros organismos presentes en las fuentes de agua (FAO,1997). Hay una serie de condiciones que conducen al agotamiento de OD:

- Temperaturas altas del agua que reducen la solubilidad del oxígeno e incrementan la descomposición biológica de la materia orgánica.
- Tasas de aireación bajas debido a condiciones de corrientes tranquilas y baja turbulencia.
- Caudales reducidos
- Alta concentración de material orgánico fino que se lava fácilmente

Para tomar la lectura de OD se utilizó un medidor de oxígeno disuelto y temperatura marca YSI modelo 50B que tiene una precisión $\pm 0.1\%$. Para tener datos confiables la lectura se tomo en el campo, ya que este parámetro puede ser afectado por la temperatura, el pH y el manejo de la muestra.

3.5.5 Turbidez

Es una medición óptica de sedimentos suspendidos: arcilla, arena, materia orgánica, plancton y microorganismos en las fuentes de agua. Cuando la turbidez es alta restringe la penetración de la luz solar y como consecuencia limita la fotosíntesis, por lo tanto en las fuentes de agua la vida acuática puede disminuir. La turbidez se midió en el sitio de muestreo con un turbidímetro de campo marca DEL AGUA graduado logarítmicamente en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UTN).

3.5.6 Sólidos totales (ST)

Es la cantidad de sólidos suspendidos disueltos y sedimentales que hay en las fuentes de agua. Es un parámetro que va muy ligado con lo que es la erosión y la turbidez. Al haber una mayor cantidad de sólidos totales, significa que ha habido erosión y por lo tanto la turbidez es mayor. Estos datos son de mucha ayuda en el manejo de cuencas ya que se puede cuantificar la contaminación debido a la sedimentación. El método utilizado en el laboratorio fue el de Secado de Sólidos Totales a $103 - 105^{\circ}\text{C}$ el cual se encuentra especificado en el Standard Methods for Examination of Water and Waste Water, 1992 (SMEWWW).

3.5.7 Nutrientes

La concentración de nutrientes nos indica si en los alrededores de las fuentes de agua hay un uso excesivo de fertilizantes o si la cantidad de materia orgánica en el agua no es la adecuada.

Estos análisis fueron realizados en los laboratorios de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Ubicado en la Lima Departamento de Cortés, Honduras. Los métodos utilizados fueron titrimétricos y de espectrofotometría dados por SMEWWW (Anexo 4).

3.5.8 Plaguicidas

Este parámetro determina las concentraciones de plaguicidas en el agua, esto nos indica que plaguicidas son los más utilizados en la zona y que tan tóxicos y dañinos son.

Estos análisis fueron realizados en el laboratorio de Residuos de Plaguicidas de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). En dicho laboratorio se utilizó el método de cromatografía de gases y líquidos (Anexo 4).

3.6 LA ENCUESTA

Se elaboró la encuesta para poder determinar el impacto de las actividades agrícolas sobre la calidad de agua. Para hacer esta evaluación se tomaron en cuenta varios aspectos como ser: área cultivada, cultivos, época de siembra, tipo y cantidad de insumos, frecuencia de aplicación de los insumos, problemas fitosanitarios, tipo de obras de conservación de suelo, producción pecuaria, acceso a servicios como: letrinas, agua, electricidad y educación.

Se escogieron cinco comunidades, las que tienen el acceso más directo a las fuentes de agua y mayor actividad agrícola (Liquidambar, Casitas, Galeras, Güinope y Lavanderos). En base a la población se determino entrevistar 52 casas distribuidas en las cinco comunidades. Para analizar los datos se utilizó el programa estadístico SPSS.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos fueron analizados con el paquete estadístico SAS utilizando la prueba de separación de medias Tukey con un alfa de 0.05. Es decir que se consideraron significativos aquellos valores menores que 0.05, lo que significa que menos del 5% de la variación en los datos se debió al azar.

4.1 MEDICIONES DE CAUDAL

En el cuadro 4 podemos observar que en los datos obtenidos en los muestreos hay una diferencia entre sitios y entre épocas. Esto se debe a que en la época lluviosa las precipitaciones son mayores. No se pudo hacer un análisis estadístico ya que no se pudieron recolectar todos los datos de caudal en la subcuenca del río La Montaña y en la cuenca del río Yegüare debido a condiciones climáticas durante los muestreos.

El caudal del río Yegüare no es la suma del caudal del río Leotuna y La Montaña; esto pudo ser debido a procesos de infiltración, percolación y evaporación del agua. También a lo largo de los ríos hay varios productores que hacen uso del agua para llevar a acabo sus actividades cotidianas. Otro factor que puede afectar los caudales es el tipo y cantidad de vegetación que hay en los alrededores de los ríos.

Cuadro 4. Datos de caudal obtenidos en m³/seg durante el período de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegüare
Lluviosa	25/09/98	0.52	0.10	0.53
	16/10/98	8.97	1.21	6.5
	21/11/98	NM	0.043	1.83
	27/11/98	1.52	0.10	NM
Seca	30/01/99	0.8	0.10	NM
	14/02/99	NM	0.06	NM
	10/03/99	NM	0.05	NM
	26/03/99	0.34	0.06	0.70

Nota: NM significa no medible

4.2 MEDICIONES DE pH

En el cuadro 5 se puede observar que los datos obtenidos de pH en los diferentes sitios de muestreo son muy variables, esto se puede deber a que los datos fueron tomados en

diferentes horas del día. Según MacDonald (1991), los pH más altos generalmente se dan en la tarde cuando la actividad fotosintética consume CO_2 y cuando las concentraciones de oxígeno disuelto son altas. El pH más bajo se observa durante la noche cuando el CO_2 es liberado mediante la respiración de las algas.

Para esta variable no se encontraron diferencias significativas en cuanto a los sitio de muestreo ($P=0.33$), se puede observar en las medidas obtenidas que el pH del agua varía de 6.10 a 6.88, dicha diferencia representa solo un 9%. Tampoco se encontraron diferencias significativas ($P=0.08$) entre las medias obtenidas para la época lluviosa y la seca (Anexo 1).

El valor máximo admisible de pH para agua potable es de 6.5 a 8.5, por lo que los valores encontrados están dentro de un rango aceptable (OMS, 1993 y OPS, 1987). La EPA (1986), ha establecido que aguas con un rango de 5 a 9 unidades es apta para uso doméstico y de 6.5 a 9 es apta para proteger la vida acuática. El pH necesario para riego varía según el cultivo, pero el rango establecido es de 6 a 9, al igual que para uso recreativo. Las fuentes de agua de los tres sitios de muestreo cumplen con los parámetros establecidos por dichas organizaciones.

Cuadro 5. Datos de pH obtenidos durante el período de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegüare
Lluviosa	25/09/98	7	6.60	7.05
	16/10/98	9.18	5.52	5.70
	21/11/98	5.27	6	6.18
	27/11/98	5.17	6	7
Seca	30/01/99	5.70	5.30	6.04
	14/02/99	7.32	7.54	7.62
	10/03/99	7.16	7.28	5.35
	26/03/99	5.62	6.52	6.40

Las diferencias que se observan en el pH entre la época lluviosa y seca no son estadísticamente significativas, observándose que la mayor variación fue de 0.7 unidades (Figura 5).

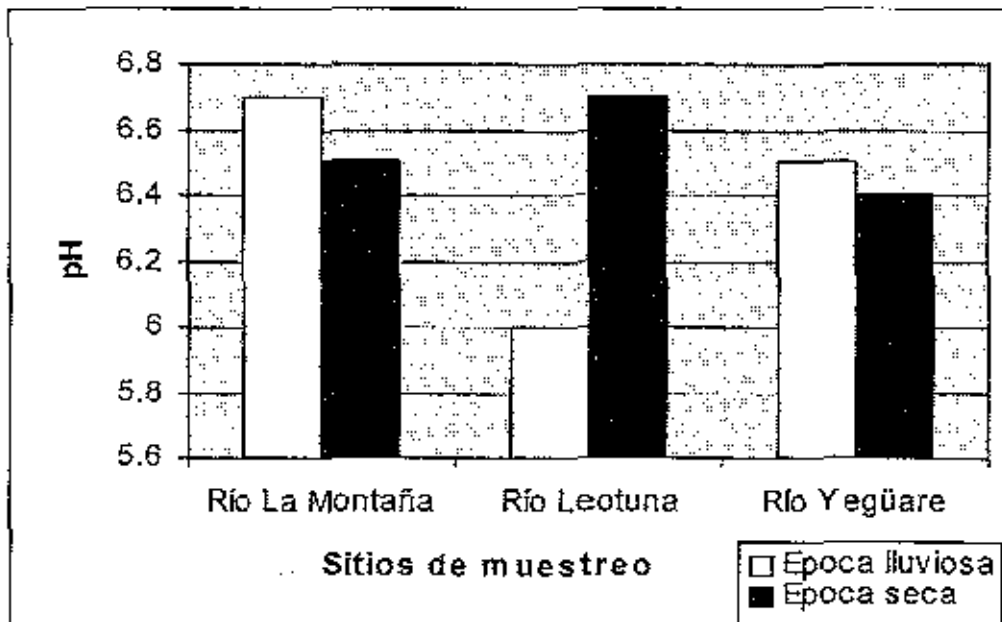


Figura 5. Datos de pH observados durante el período de muestreo.

4.3 TEMPERATURA

En el cuadro 6 podemos observar que las temperaturas más altas se obtuvieron en el río Yegüare, que es el sitio de unión de ambos ríos. Esto se pudo deber a la vegetación presente en los diferentes sitios de muestreo. En el río Yegüare la incidencia de radiación solar es mayor debido a que no hay vegetación a nivel dosel y esto trae como consecuencia un aumento en la temperatura. La temperatura más baja fue encontrada en el río La Montaña, ya que el dosel de los árboles cubre aproximadamente un 90% del río en el sitio de muestreo, por lo tanto, la incidencia de radiación solar es menor.

En los datos obtenidos de la medición de este parámetro se encontraron diferencias significativas ($P=0.0021$) entre los sitios de muestreo y eso se verificó con el modelo estadístico aplicado. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ($P=0.4127$) entre época lluviosa y la seca (Anexo I).

Otro factor que pudo afectar las diferencias de temperatura entre los sitios de muestreo es la hora en que se realizó la toma de muestras, ya que en el río Leotuna y La Montaña fueron tomadas en la mañana y las del río Yegüare durante el mediodía.

Según Mayorga (1989), el valor estándar de la temperatura del agua para consumo humano en Honduras es de 18°C a 30°C , por lo tanto las tres fuentes de agua cumplen con esta restricción. Las temperaturas del agua para la producción pecuaria depende de las necesidades que tengan las diferentes especies, lo mismo sucede con los cultivos y el uso recreativo.

Cuadro 6. Datos de temperatura en grados centígrados (°C) obtenidos durante el período de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegüare
Lluviosa	25/09/98	20.6	21.3	24.4
	16/10/98	19.9	20.2	22.6
	21/11/98	18.9	19.3	20.9
	27/11/98	17.1	19.5	22
Seca	30/01/99	17	18.6	21.4
	14/02/99	17.5	19.3	23.1
	10/03/99	24.5	23.3	26.5
	26/03/99	18	20.8	26.02

En la figura 6 se observa claramente que no hubo diferencias significativas entre las épocas. Esto se pudo deber a que la distancia que recorre el agua es poca.

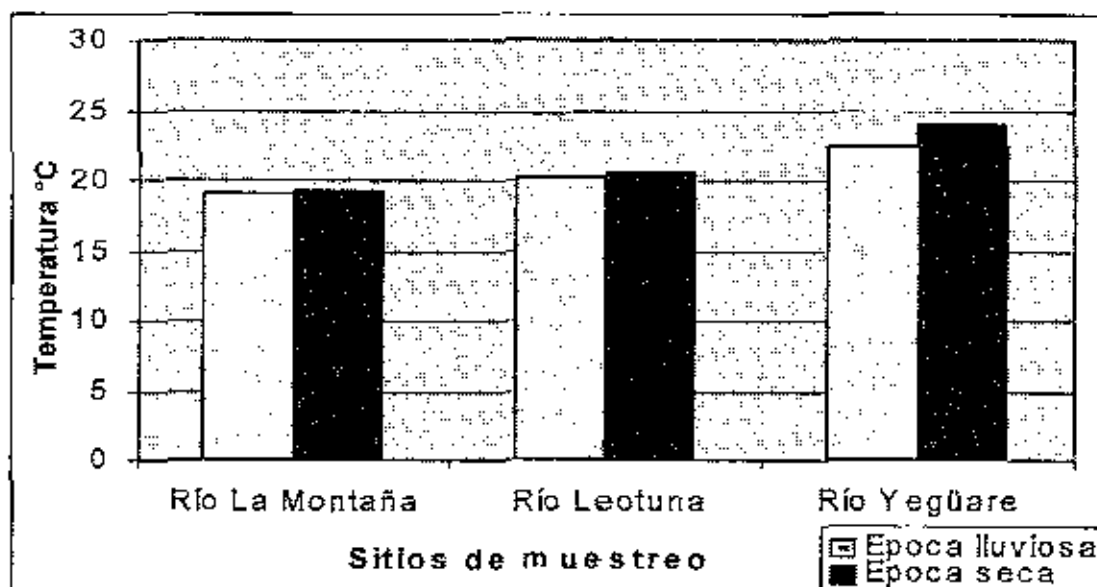


Figura 6. Datos de temperatura observados durante el período de muestreo.

4.4 OXÍGENO DISUELTO

Según MacDonald (1991), las concentraciones de oxígeno disuelto son afectadas por las concentraciones de materia orgánica, sedimentos, temperatura, turbulencia y la cantidad de algas y microorganismos presentes en las fuentes de agua. Estadísticamente no se encontraron variaciones entre los sitios de muestreo ($P=0.0826$). Tampoco se encontraron diferencias significativas ($P=0.784$) entre la época lluviosa y la seca (Anexo I).

En el cuadro 7 podemos observar que los datos obtenidos en los diferentes sitios de muestreo no son muy variables. Las posibles variaciones en dicho parámetro se pueden deber a la actividad biológica que se da durante el día, y a la cantidad de materia orgánica presente en las fuentes (Chapman, 1992).

El promedio de las concentraciones de oxígeno disuelto en los diferentes sitios de muestreo no está dentro de los rangos aceptables, ya que a partir de 5 a 6 ppm pueden tener efectos negativos en las sobrevivencia de la vida acuática (Balsiger, 1994 y Chapman, 1992). La concentración de oxígeno disuelto está estrechamente relacionada con el tipo de especies acuáticas que existan en las fuentes de agua. Según Boyd (1979), la mayoría de peces pueden morir si están expuestos por periodos muy largos a concentraciones menores de 0.3 mg/l.

Cuadro 7. Datos de oxígeno disuelto en ppm obtenidos durante el período de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegüare
Lluviosa	25/09/98	8.89	8.80	8.83
	16/10/98	9.18	9.28	8.50
	21/11/98	9.07	8.39	8.21
	27/11/98	9.20	8.90	8.04
Seca	30/01/99	9.60	8.89	8.38
	14/02/99	9.50	9.80	9.15
	10/03/99	8.32	9.00	8.70
	26/03/99	9.38	8.89	9.56

A pesar de que en la figura 7 se puede observar que las concentraciones de oxígeno disuelto se encuentran en un rango de 8.4 a 9.2 éstas variaciones no son estadísticamente diferentes, por lo que podemos decir que la concentración de oxígeno disuelto es igual en la época lluviosa y seca.

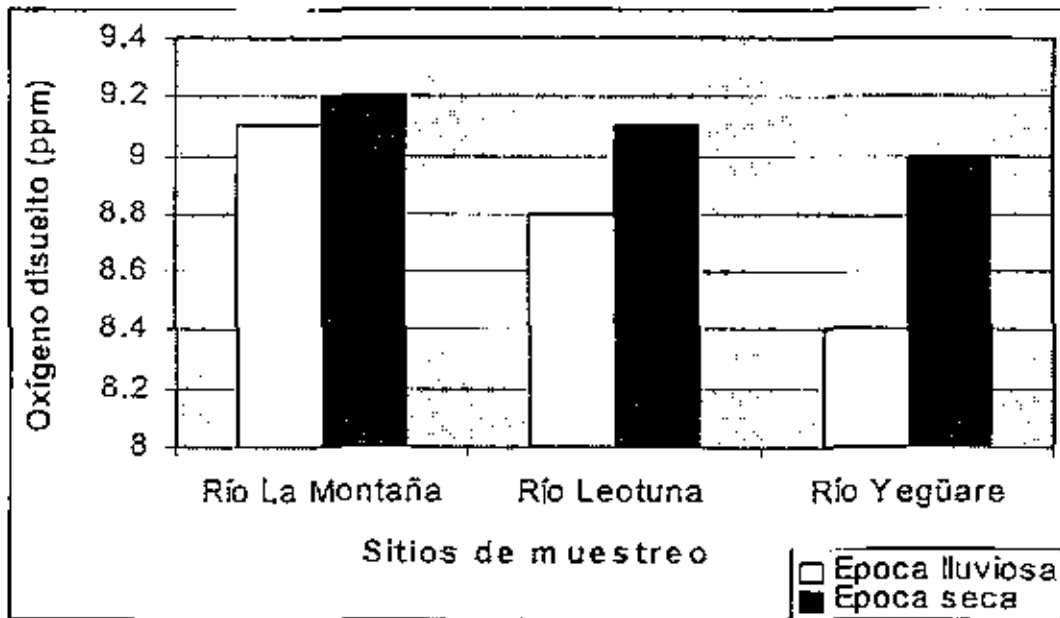


Figura 7. Datos de oxígeno disuelto observados durante el período de muestreo.

4.5 TURBIDEZ

Según la EPA (1986), el agua potable no debe exceder a 1 unidad nefelométrica de turbidez (UTN), las normas para cada uso dependen del mismo y de cada país. El valor de la turbidez resultó igual en los tres sitios de muestreo ya que no se encontraron diferencias significativas ($P=0.3083$) según el análisis utilizado. Sin embargo, si se encontraron diferencias significativas ($P=0.0051$) entre la época lluviosa y la seca; la turbidez del agua en la época lluviosa fue mucho mayor (Anexo 1).

Cuadro 8. Datos de las unidades de turbidez nefelométricas (UTN) obtenidas durante el período de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegüare
Lluviosa	25/09/98	20	40	40
	16/10/98	30	40	40
	21/11/98	20	70	120
	27/11/98	30	10	25
Seca	30/01/99	25	10	15
	14/02/99	20	15	25
	10/03/99	15	15	15
	26/03/99	15	10	20

Los datos del cuadro 8 muestran las diferencias que se encontraron entre los sitios de muestreo, éstos fueron muy variables, siendo el mayor el encontrado en el río Yegüare (120 UTN) esto se pudo deber a que la muestra fue tomada después de la tormenta tropical Mitch y las concentraciones de sólidos eran mayores debido a las cantidades de suelo arrastrados por el agua (Figura 8).

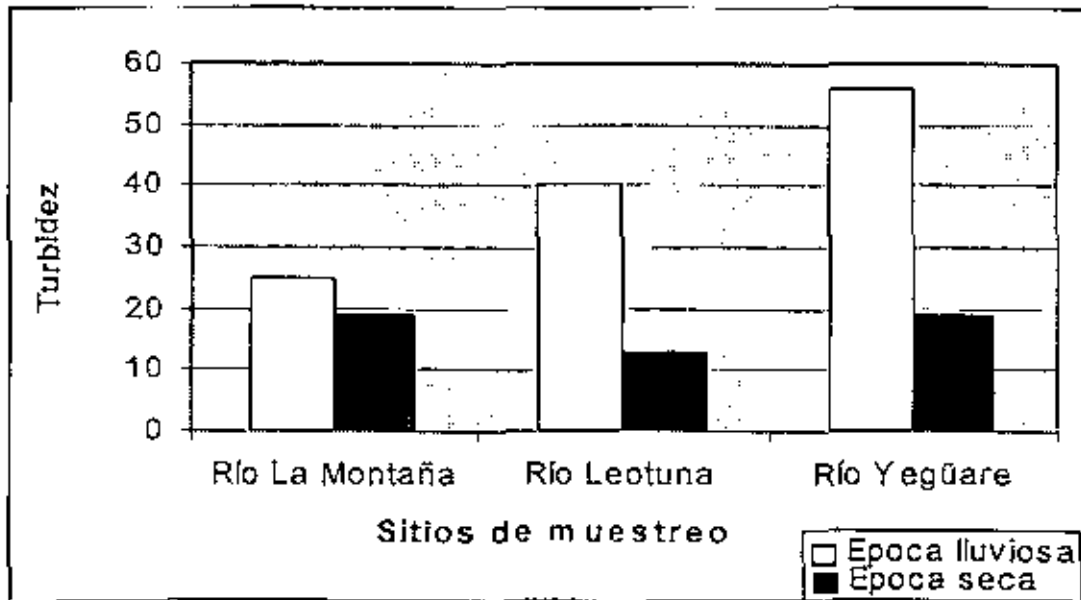


Figura 8. Datos de turbidez observados durante el periodo de muestreo.

4.6 SÓLIDOS TOTALES

En el cuadro 9 se puede observar que las concentraciones de sólidos totales obtenidos están dentro de un rango aceptable para agua potable, ya que son inferiores a 500 ppm. Valores superiores a éste pueden causar problemas de salud ya que estos proporcionan un ambiente favorable para el desarrollo de microorganismos.

Cuadro 9. Datos de sólidos totales en ppm obtenidos durante el periodo de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegüare
Lluviosa	25/09/98	0.600 ppm	0.300 ppm	0.100 ppm
	16/10/98	0.100 ppm	0.300 ppm	0.200 ppm
	21/11/98	0.200 ppm	0.200 ppm	0.400 ppm
	27/11/98	0.200 ppm	0.100 ppm	0.400 ppm
Seca	30/01/99	0.163 ppm	0.196 ppm	0.292 ppm
	14/02/99	0.200 ppm	0.190 ppm	0.211 ppm
	10/03/99	0.100 ppm	0.114 ppm	0.193 ppm
	26/03/99	0.106 ppm	0.117 ppm	0.144 ppm

No se encontraron diferencias significativas ($P=0,4411$) entre los diferentes sitios de muestreo en cuanto a la cantidad de sólidos totales. Tampoco se encontraron diferencias significativas ($P=0,1202$) entre la época lluviosa y las seca (Anexo I y Figura 9). Esto se puede deber a los diferentes tamaños de las partículas arrastradas por el agua, también a que los sedimentos estaban siendo arrastrados por la corriente aguas abajo y como consecuencia las concentraciones de sólidos totales en los sitios de muestreo son bajas.

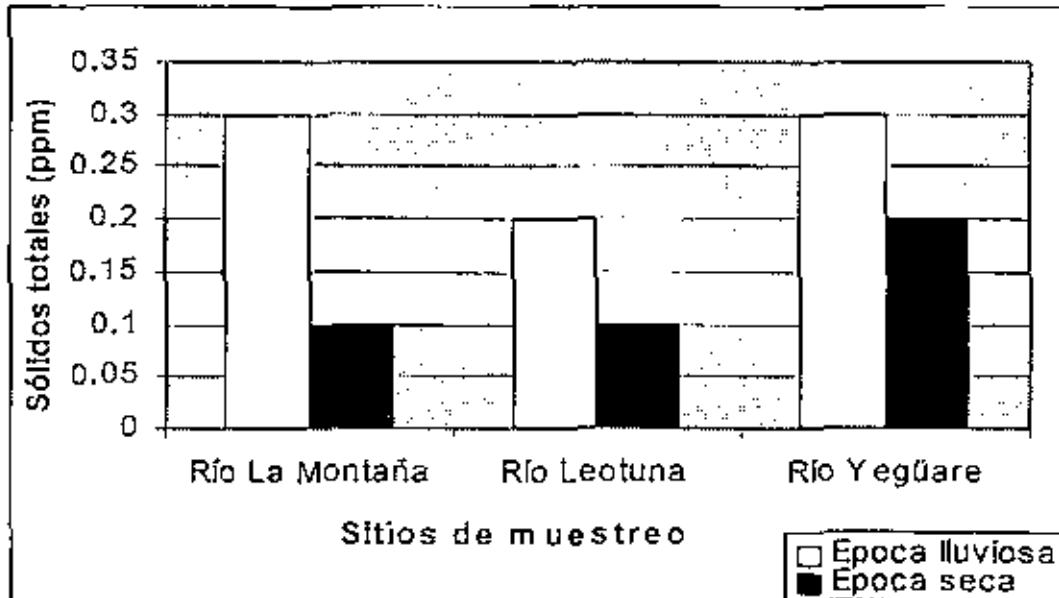


Figura 9. Datos de sólidos totales observados durante el período de muestreo.

4.7 NUTRIENTES

Como se observa en las figuras 10 y 11, en el análisis de nutrientes se encontraron siete elementos en los tres sitios de muestreo y durante ambas épocas. El elemento encontrado en mayor concentración tanto por sitio como por época fue el sodio y el de menor concentración el zinc. Estas altas y bajas concentraciones se pueden deber al arrastre de sedimentos que acarrea la erosión de los suelos, a los diferentes tipos de suelo a lo largo de los ríos y a la cantidad de materia orgánica presente en las diferentes fuentes de agua.

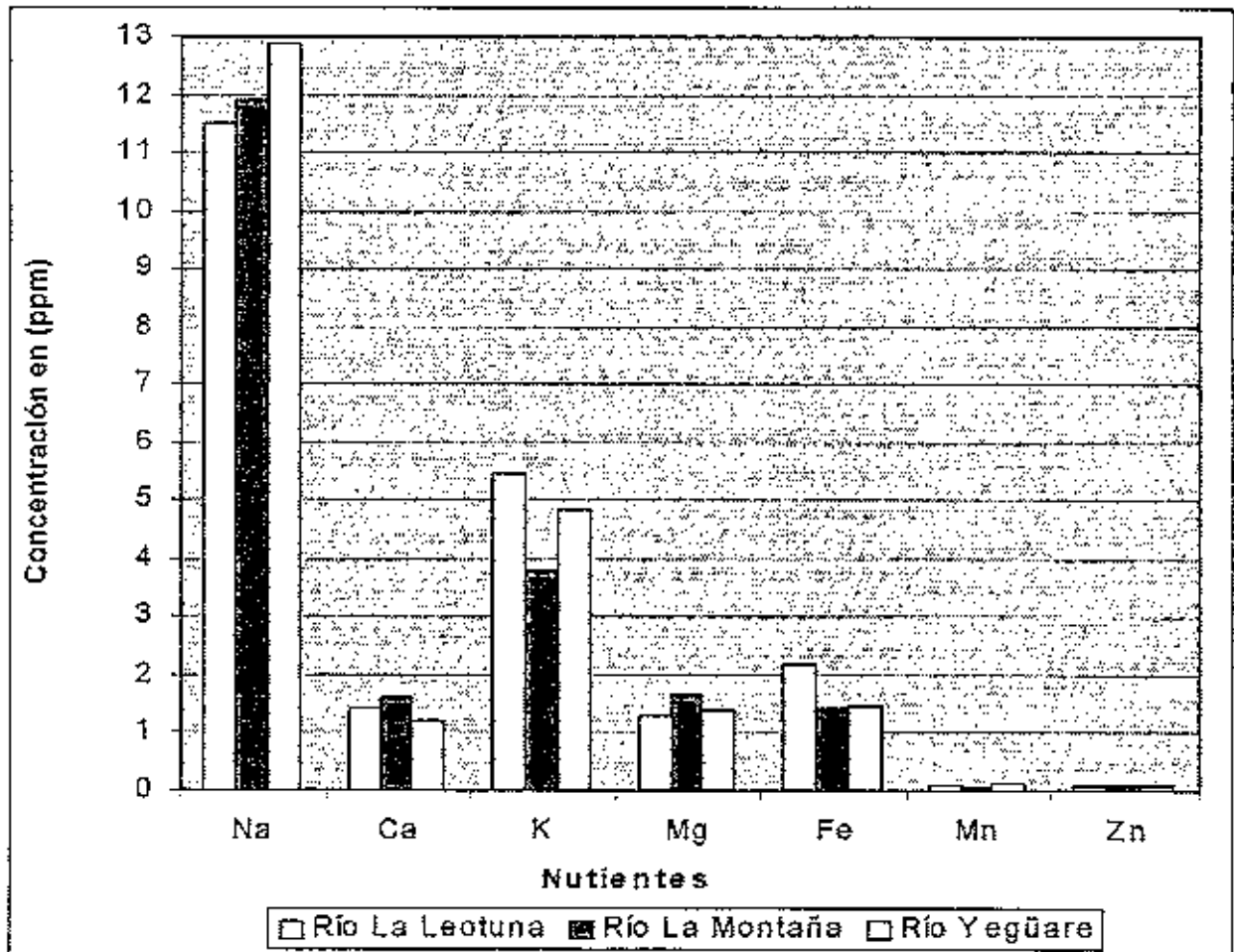


Figura 10. Datos de la concentración de nutrientes obtenidos en los diferentes sitios de muestreo.

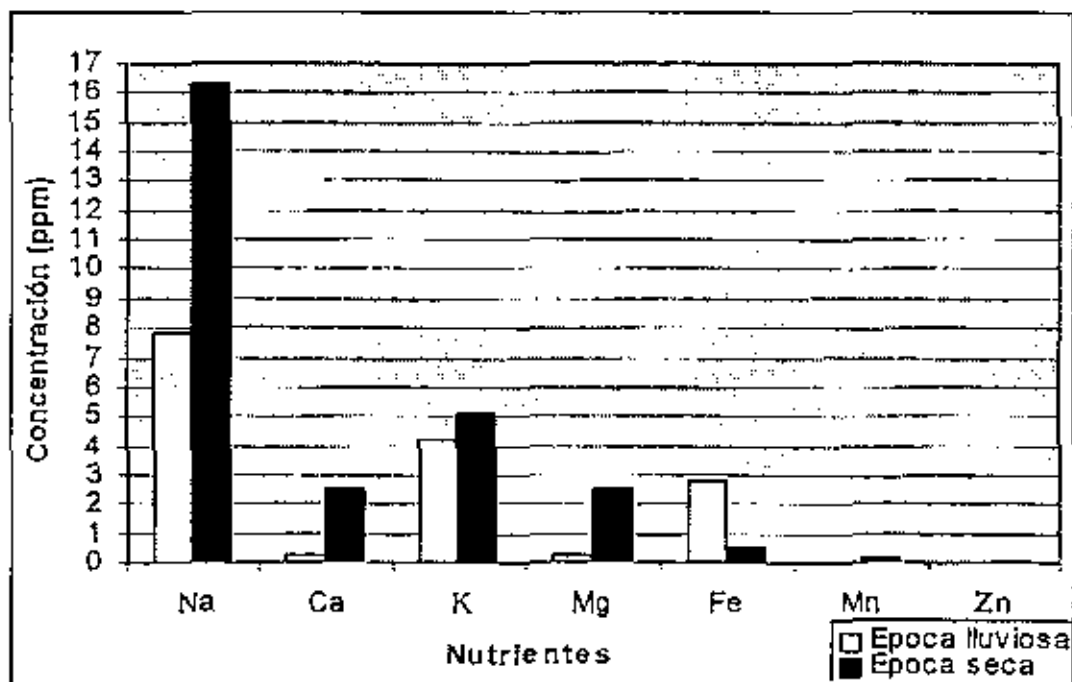


Figura 11. Datos de las concentraciones de los diferentes nutrientes obtenidos en la época lluviosa y seca.

4.7.1 Sodio (Na)

No se encontraron diferencias significativas ($P=0.9163$) entre los sitios de muestreos en las concentraciones de sodio. En el cuadro 10 podemos observar que hay diferencias significativas ($P=0.0129$) en cuanto a las concentraciones de sodio entre épocas. Estas diferencias se pueden deber a que en la época seca hay una menor cantidad de agua en los ríos por lo que hay una menor dilución del nutriente (Anexo 1).

Según Alaska Legal Resource Center (1998), la concentración máxima permisible para consumo humano es de 250 ppm por lo que las concentraciones obtenidas en las fuentes de agua están dentro de un rango aceptable.

Cuadro 10. Datos de la concentración de sodio en ppm obtenidos durante el periodo de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegñure
Lluviosa	5/10/98	8.80	7.14	9.70
	24/10/98	8.00	5.70	7.80
Seca	25/03/99	21.78	21.25	21.25
	07/05/99	8.90	12.10	12.70

4.7.2 Calcio (Ca)

No se encontraron diferencias significativas ($P=0.9460$) en las concentraciones de calcio entre los sitios de muestreo, pero si entre las diferentes épocas ($P=0.0362$). Esto se puede deber al poco volumen de agua en la época seca.³

Cuadro 11. Datos de las concentración de calcio en ppm obtenidos durante el período de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegüare
Lluviosa	5/10/98	0.25	0.08	0.15
	24/10/98	0.46	0.24	0.33
Seca	25/03/99	4.60	4.60	3.84
	07/05/99	1.00	0.50	0.50

4.7.3 Potasio (K)

Se encontraron diferencias significativas ($P=0.0001$) entre los sitios de muestreo. Esto se puede deber a los tipos de suelo que hay en la zona. Esta diferencia no se puede atribuir a los fertilizantes porque los más utilizados son la urea y la fórmula 18-46-0 y estos carecen de potasio. Se encontraron diferencias significativas ($P=0.0003$) en cuanto a la concentración de potasio entre la época lluviosa y la seca (Cuadro 12). Esta diferencia se puede deber a que en la época seca hay una menor cantidad de agua en las fuentes y las concentraciones de potasio son más altas.

Cuadro 12. Datos de la concentración de potasio en ppm obtenidos durante el período de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegüare
Lluviosa	5/10/98	3.61	4.84	4.58
	24/10/98	3.20	5.30	4.10
Seca	25/03/99	4.19	6.00	5.33
	07/05/99	4.00	5.70	5.30

4.7.4 Magnesio (Mg)

En el cuadro 13 se observa que no se encontraron diferencias significativas ($P=0.9513$) en cuanto a la concentración de magnesio en los diferentes sitios de muestreo y tampoco entre la época lluviosa y la seca ($P=0.8561$). Estos resultados se pueden deber a que tanto en el suelo como en las fuentes de agua las concentraciones de magnesio son bajas.

³ Flores H. 1999. Nutrientes en el agua. Departamento de Agronomía, Zamorano, Honduras. (Comunicación personal).

Cuadro 13. Datos de la concentración de magnesio en ppm obtenidos durante el período de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegüare
Lluviosa	5/10/98	0.35	0.14	0.21
	24/10/98	0.42	0.23	0.27
Seca	25/03/99	5.00	4.14	4.60
	07/05/99	0.80	0.55	0.40

4.7.5 Hierro (Fe)

En el cuadro 14 se puede observar claramente que en la época lluviosa las concentraciones de hierro fueron más altas que en la época seca. Las diferencias encontradas entre los sitios de muestreo no fueron significativas ($P=0.7806$). Tampoco se encontraron diferencias significativas en cuanto a la concentración de hierro entre épocas ($P=0.0845$).

Según Alaska Legal Resource Center (1998), la concentración máxima permisible para consumo humano es de 0.3 ppm, en los niveles de hierro detectables en las fuente de agua son muy altos, por lo tanto no están dentro de los rangos aceptables para este uso. Esto se puede deber al movimiento de partículas de suelo que son ricas en hierro a través del agua o actividades que se realizaron en el pasado como podría ser la minería.

Cuadro 14. Datos de la concentración de hierro en ppm obtenidos durante el período de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegüare
Lluviosa	5/10/98	2.47	5.75	3.11
	24/10/98	2.03	1.40	2.10
Seca	25/03/99	ND	ND	ND
	07/05/99	0.86	0.54	0.28

Nota: ND significa no detectable

4.7.6 Manganeso (Mn)

Las diferencias de manganeso en los diferentes sitios de muestreo no son significativas ($P=0.7091$), al igual que las diferencias entre las épocas ($P=0.1807$)(Anexo 1). En el cuadro 15 se observan los datos obtenidos durante los muestreos.

Según Alaska Legal Resource Center (1998), la concentración máxima permisible para consumo humano es de 0.3 ppm, por lo tanto, los niveles de las fuentes de agua estudiadas están dentro del rango aceptable.

Cuadro 15. Datos de la concentración de manganeso en ppm obtenidos durante el período de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegüare
Lluviosa	5/10/98	0.02	0.02	0.03
	24/10/98	0.02	0.02	0.03
Seca	25/03/99	0.10	0.40	0.40
	07/05/99	0	0	0

4.7.7 Zinc (Zn)

No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes sitios de muestreo ($P=0.7091$), así como tampoco se encontraron diferencias significativas ($P=0.1157$) entre la época lluviosa y la seca.

Según Alaska Legal Resource Center (1998), la concentración máxima permisible para consumo humano es de 5 ppm, por lo que las fuentes de agua están dentro de un rango aceptable.

Cuadro 16. Datos de la concentración de zinc en ppm obtenidos durante el período de muestreo.

Época	Fecha	Río La Montaña	Río Leotuna	Río Yegüare
Lluviosa	5/10/98	0.01	0.03	0.01
	24/10/98	0.04	0.04	0.05
Seca	25/03/99	0.01	<0.01	0.05
	07/05/99	0.23	0.19	0.17

4.8 PLAGUICIDAS Y FERTILIZANTES

Las concentraciones de plaguicidas entre localidad y entre época son mínimas, las trazas detectadas no llegan ni a una parte por millón, por lo que se puede decir que no hay residuos de éstos en el agua.

Estos resultados se pueden deber a que los productos químicos que se aplican durante el periodo productivo (casi todo el año) se estén acumulando en el suelo. También se ven respaldados con los resultados obtenidos en la encuesta, ya que debido a los bajos ingresos, las cantidades de insumos que se aplican son pocas. La mayoría de las fuentes de agua que se utilizan para la producción agrícola están a una distancia de más de seis kilómetros de la mayoría de fincas de los agricultores, esto dificulta que los residuos de los insumos se acumulen en las fuentes de agua.

4.9 IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS SOBRE LA CALIDAD DE AGUA

Los resultados de la encuesta se presentan a continuación y se puede observar en mayor detalle en anexo 2 y 3.

4.9.1 Área cultivada

Con los resultados obtenidos en cuanto a la tenencia de la tierra se observa claramente que la mayoría de la población son pequeños agricultores, ya que la mayoría poseen menos de una manzana de área cultivable. En el área de estudio no hay productores de cultivos no tradicionales de exportación que demandan un mayor uso de insumos.

La tierra se distribuye de la siguiente manera: 48.1% de la población posee una extensión de cero a una manzana, el 30.8% posee de una a tres manzanas, 15.4% posee de tres a cinco manzanas y el 5.8% posee más de cinco manzanas.

4.9.2 Cultivos y época de siembra

La mayoría de los agricultores siembran varios cultivos a lo largo del año. Los cultivos que se siembran en la región son los granos básicos, cultivos perennes y en menor cantidad hortalizas. Todos los agricultores siembran maíz y un 76.9% siembra frijol ya que son cultivos que forman parte de la dieta básica de este sector de la población. Los cultivos perennes son una fuente de alimento como de ingreso y son cultivos a los cuales los agricultores de la zona no les dan manejo, por lo que no implica mucho gasto o trabajo. Las hortalizas por ser cultivos de precios muy variables en el mercado y muy susceptibles a las enfermedades, tienen una gran demanda de insumos (agua, plaguicidas, y fertilizantes) (Anexo 3).

4.9.3 Insumos

El insumo más utilizado en la zona es el fertilizante, esto se puede deber a que es el insumo más barato. Los plaguicidas son utilizados en menor cantidad, esto se puede deber al alto costo de los mismos. Estos insumos son necesarios para el buen desarrollo de los cultivos, ya que de esta manera se aumenta la producción y por consiguiente los ingresos del agricultor. La mayoría de los agricultores no aplican nada o solo un quintal de fertilizantes y de dos a tres litros de insecticida por manzana, los fertilizantes más utilizados son la urea y 18-46-0, los insecticidas son el Tamarón y Evisec. Los resultados indican que la forma más común de aplicar insumos es la aplicación al suelo, es más fácil y se hace más rápido por lo que la mano de obra necesaria es menor (Anexo 3).

Durante el período del cultivo podemos observar que el 42.3% de los agricultores aplican insumos solamente una vez por ciclo, el 40.4% hace aplicaciones dos veces por ciclo y el 17.3% aplican tres veces por ciclo.

4.9.4 Problemas fitosanitarios

Dentro de los problemas fitosanitarios más comunes esta el cogollero, que es una plaga del maíz, uno de los cultivos más sembrados en la zona. Otras plagas comunes son la mosca blanca, más que todo en los cítricos y ciertas hortalizas como el tomate, el tizón y el picudo en el frijol y la roya en el café. En algunos lugares se reportaron nemátodos en el suelo. Estos problemas se podrían disminuir si se tuviera una mejor rotación de cultivos en la zona (Anexo 3).

4.9.5 Obras de conservación de suelos

En la zona, la mayoría de la población (76.9%) tiene obras de conservación de suelos. Las obras de conservación más comunes son la combinación de las barreras vivas y las curvas a nivel, también hacen uso de los cultivos de cobertura. Estas prácticas tienen un impacto positivo ya que se disminuye la erosión, la contaminación de las fuentes de agua y todo esto mantiene o mejora la calidad del suelo y de las fuentes de agua (Anexo 3).

4.9.6 Producción pecuaria

La mayoría de los agricultores (73.1%) no posee ningún tipo de producción pecuaria, el 11.5% de ellos poseen gallinas, el 5.8% tiene ganado bovino otro 5.8% posee gallinas y cerdos y solamente el 3.8% tiene cerdos. El ganado bovino lo dejan disperso en las fincas o en los alrededores, las gallinas en jaulas y los cerdos en corrales o dispersos en la finca. Debido a la poca producción pecuaria los desechos producidos por los animales son pocos, por lo tanto la contaminación de las fuentes de agua es poca y todo esto tiene un impacto positivo en la calidad de la misma.

4.9.7 Acceso a servicios y uso de agua

La mayoría de la población (84.6%) tiene acceso a agua potable, letrinas, y educación. El 15.4% de la población solo tiene acceso al agua y letrina. El 63.5% de la población tiene acceso al riego.

La mayor parte del agua que se utiliza para riego de los cultivos y la preparación de mezclas proviene de fuentes alternativas como la lluvia o de otras fuentes. El 34.6% de la población obtiene el agua para riego de una quebrada y el 13.5% la obtiene de un río. La mayoría de las fuentes de agua están a una distancia de más de seis kilómetros de las áreas de cultivo.

La limpieza del equipo utilizado para realizar aplicaciones se realiza en el terreno y no en las fuentes de agua. El 84.6% de la población piensa que el agua que ellos utilizan para llevar a cabo sus actividades diarias no es utilizada aguas abajo. El 73.1% de la población opina que sus actividades de producción no tienen efecto alguno sobre la calidad de agua mientras que el 26.9% opinan que sí tienen efecto.

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la encuesta, el impacto que las actividades agrícolas tienen sobre la calidad de agua es mínima. Los agricultores de la zona al hacer un buen manejo del suelo, no contaminan las fuentes de agua. Las cantidades de insumos utilizadas son pocas y los residuos probablemente se acumulan en el suelo.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los parámetros evaluados se puede concluir el agua de las fuentes estudiadas reúne las condiciones establecidas por la normas de la EPA, para algunos usos como ser: riego, producción pecuaria y generación de energía hidroeléctrica.

Como era de esperarse las precipitaciones en la época lluviosa incrementaron los caudales de los ríos, lo que afectó la concentración de sólidos y turbidez del agua. Esto se puede asociar al incremento de escorrentía en las zonas de producción agrícola en las partes altas de las subcuencas.

En la época seca las concentraciones de nutrientes fueron mayores, probablemente debido a la no influencia del efecto diluyente que las aguas de escorrentía producen en la época lluviosa. Sin embargo el hierro mostró mayores concentraciones durante la época lluviosa, lo cual muestra el efecto que las aguas de escorrentía tiene al erosionar los suelos de las partes altas

Aunque el oxígeno disuelto no presentó diferencias significativas entre sitios y épocas, si se observó un ligero incremento en la época seca. Lo anterior se podría relacionar a la disminución en la demanda bioquímica de oxígeno de las bacterias para descomponer el exceso de materia orgánica.

Las concentraciones de plaguicidas detectadas en los ríos fueron mínimas, a nivel de trazas, esto está relacionado al bajo uso de los mismos lo cual es confirmado con los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas a los productores.

Mediante la encuesta y observaciones de campo se comprobó que los sistemas productivos utilizados son primordialmente el cultivo de granos básicos los cuales no demandan la aplicación de plaguicidas como el cultivo de hortalizas.

A pesar de que los resultados de los análisis de agua y las encuestas muestran que el efecto de las actividades agrícolas en la calidad del agua es mínimo, el proyecto PROCUENCAS tiene la oportunidad de concientizar y capacitar a los pobladores para mantener y mejorar estas condiciones, ya que muestran una actitud positiva hacia el proyecto y sus fines.

6. RECOMENDACIONES

Diseñar y ejecutar actividades de reforestación y estabilización de los suelos en las zonas altas con el fin de disminuir el arrastre de los mismos por el efecto de la escorrentía durante la época lluviosa.

A través de un proceso de autogestión permitir la participación más activa de los pobladores en los procesos de diseño y ejecución de las actividades de protección y manejo de las fuentes de agua.

Incentivar a las autoridades locales y municipales a coordinar esfuerzos con las instituciones públicas y privadas para la aplicación de las leyes que regulan la protección de las fuentes de agua y los recursos naturales.

Incentivar a los productores a incorporar prácticas de manejo que incrementen la productividad en los sistemas de producción de granos básicos y a la vez protejan los suelos contra la erosión y la pérdida de fertilidad.

Después de la realización de este estudio el proyecto debe diseñar y ejecutar un sistema de monitoreo de calidad de agua que le permita conocer con regularidad el comportamiento de las variables estudiadas y otras de interés específico. Así como también determinar el estado de los bosques de galería los cuales ejercen un efecto de amortiguación contra la contaminación.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ABARCA, F. 1988. Conceptos generales para un diagnostico nacional de cuencas de Honduras. In Memoria del curso corto "Fundamentos de manejo de cuencas. Ed. por CATIE. Tegucigalpa, Hond. s.n. p. 8-12
- ALASKA LEGAL RESOURCE CENTER. 1998.
<http://www.epa.gov/OGWDW/swp/vcontam3.html>
- APHA, AWWA, WEF. 1992. Standard methods for examination of water and waste water. 18th. ed, 333,91 524. Ed. por Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri and Andrew D. Eaton. Maryland, EE.UU. s.n. p. irr.
- BALSIGER, L. 1994. Contaminación del río Choluteca por la ciudad de Tegucigalpa. Trad. Por Chantal Agurcia, Jorge Agurcia y Laurent Balsiger. Tegucigalpa, Hond. s.n. 59 p.
- BOYD, C.E. 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Ed. por Auburn University. Alabama, EE.UU. s.n. 359 p.
- CARDOZA PERALTA, F.A. 1996. Determinación de residuos de plaguicidas en el suelo y productos de la EAP. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Hond., Escuela Agrícola Panamericana. 46 p.
- CUBILLOS, A.Z. 1988. Calidad de agua y control de la polución. CIDLAT. Mérida, Ven. Serie: Ambiente y recursos naturales. p. 3-7
- CHAPMAN, D. (ED) 1992. Water quality assessments. London, England. Chapman & Hall. London, England. s.n. 59 p.
- DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y CONSERVACIÓN BIOLÓGICA (MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS). 1995. Curso Internacional de manejo integrado sostenible de cuencas hidrográficas. El Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana, Hond. s.n. p. irr.
- ENKERLIN HOEFLICH, E.C.; MADERO-ENKERLIN, A. 1997. Educación ambiental, investigación y participación de la comunidad. In Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. Ed. por Ernesto C. Enkerlin, Gerónimo Cano, Raúl A. Garza y Enrique Vogel. México. s.n. p. 607-626

- EPA. 1986. Quality criteria for water; 1986. U.S. Environmental protection agency, Off. water regulations and standards. Washington, D.C., EE.UU. s.n. p.iii.
- FAO. 1981. Contaminación de las aguas subterráneas: tecnologías, economía y gestión. Trad. Por Calvin García de Oteyza, Nieto, Porras y Reyes. Ed. por Instituto Geológico y Minero de España e Instituto Tecnológico de Massachusetts. Roma, Italia. s.n. 161 p.
- FAO. 1996. Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. Santiago, Chile. s.n. 321 p.
- FAO. 1997. Manejo integrado de cuencas, documento de referencia para los países de América Latina. Santiago, Chile. s.n. 542 p.
- FAUSTINO, J. 1997a. Curso estratégico "Gestión ambiental para el manejo de cuencas". Turrialba, C.R. s.n. 110 p.
- FAUSTINO, J. 1997b. "Estructura lógica de un proyecto de manejo integral de cuencas a nivel de factibilidad". Turrialba, C.R. 26 p.
- GALLO GUEVARA, J.U. 1997. Análisis de la calidad del agua de los manantiales del cerro Uyuca. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Hond., Escuela Agrícola Panamericana 62 p.
- GIROT, P. 1998. Estado del ambiente y los recursos naturales en centroamerica 1998; uso de la tierra. Ed. por Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. San José, C.R. s.n. 179 p.
- HAMMER, M.J.; Mac KICHAN, K. A. 1981. Hydrology and quality of water resources. Ed. por Alfred S. Harrison y Garry L. Hergenrader. New York, EE.UU. s.n. 486 p.
- HEWLETT, J.D. 1982. Principles of forest hydrology. Athens, Ga., EE.UU. University of Georgia Press. 183 p.
- LUPE. 1998. Conceptos básicos de microcuencas. Honduras. s.n. 12 p.
- MacDONALD, L.H. 1991. Monitoring Guidelines to evaluate effects of forestry activities on streams in the pacific northwest and Alaska. Ed por EPA/CSS Seattle, EE.UU. s.n. 166 p.
- MADERA ALVAREZ, M.I. 1996. Desarrollo de una metodología de capacitación para manejo del agua para consumo en el hogar en la comunidad del Hondable, Lavanderos, Güinope. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Hond., Escuela Agrícola Panamericana. 50 p.

- MAYORGA, J.J. 1988. Water quality of low stream on the "Cerro Guanacaure" watershed, Choluteca, Honduras. Tesis Mag.Sc. School of renewable natural resources. University of Arizona. 60 p.
- OMS. 1993. Recommendation. OMS. Guidelines for drinking water. 2ed. (Generva, Francia). 1: 8-19
- OPS. 1987. Criterios relativos a la salud y otra información de base. OPS. Guía para la calidad del agua potable. (Wash. EE.UU.). 2 (506): 200-220.
- OYUELA, O. 1988. Conceptos básicos sobre manejo de cuencas hidrográficas y su manejo. In. Memoria del curso corto "Fundamentos de manejo de cuencas". Ed por CATIE. Tegucigalpa, Hond. s.n. p. 1-7
- PEREZ, I. 1994. Ordenamiento territorial y conservación de los recursos naturales. In. Gustavo Sain, Robert Tripp y Esteban R. Brenes. Desafios presentes y futuros del medio ambiente y la productividad en la agroempresa centroamericana. Ed. por INCAE. San José, C.R. s.n. p 39-47
- PROCUENCAS. 1998. Proyecto de manejo sostenible y protección participativa de cuencas hidrográficas de la región del Yegüare, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. s.n. p.irr.
- RODRÍGUEZ, J. 1998. Estado del ambiente y los recursos naturales en centroamerica 1998; asentamientos humanos. Ed. por Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. San José, C.R. s.n. 179 p.
- SAGARDOY, J.A. 1993. Una visión global de la contaminación del agua para la agricultura. In. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Ed. por FAO. Santiago, Chile. s.n. p. 1-122
- SCHWAB, G.O.; FREVERT, R.K.; EDMINSTER, T.W.; BARNES, K.K. 1990. Ingeniería de conservación de suelos y aguas. Trad. por Antonio Garza Montemayor y Salvador Ayanegui J. México. Editorial Limusa. 571 p.
- STADTMÜLLER, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales medidas para mitigarlo. Ed. por CATIE. Turrialba, C.R. s.n. 62 p.
- TRIPP, R.; SAIN, G.; BRENES, E.R. 1994. Desafios presentes y futuros del medio ambiente y la productividad en la agroempresa centroamericana. Ed. por INCAE. San José, C.R. s.n. 96p.
- VARGAS FALLAS, C. 1996. La perspectiva del manejo de cuencas. In. Utilización y manejo sostenible de los recursos hídricos. Ed. por Jenny Reynolds Vargas. Heredia, C.R. Editorial Fundación UNA. P. 201-210

- VILLEGAS, F. 1998. Estado del ambiente y los recursos naturales en centroamerica 1998; el recurso hídrico. Ed. por Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. San José, C.R. s.n. 179 p.
- VOGEL MARTINEZ, E.; RIVAS RODRÍGUEZ, E. 1997. Contaminación del agua. In. Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. Ed. por Ernesto C. Enkerlín, Gerónimo Cano, Raúl A. Garza y Enrique Vogel. México. s.n. p. 401-412

8. ANEXOS

Anexo 1. Separación múltiple de medias por la prueba Tukey para los parámetros estudiados

Separación múltiple de medias para los parámetros estudiados en los sitios de muestreo. En cada sitios se trabajo con n=8

Sitio \ Parámetro	Medias ± EE		
	Río La Leotuna	Río La Montaña	Río Yegüare
PH	6.35 ± 0.26 a*	6.10 ± 0.26 a	6.68 ± 0.26 a
Temperatura	20.29 ± 0.72 b	19.19 ± 0.72 b	23.24 ± 0.72 a
Oxígeno Disuelto	8.99 ± 0.15 a	9.15 ± 0.15 a	8.67 ± 0.15 a
Turbidez	28.75 ± 7.01 a	21.88 ± 7.01 a	37.50 ± 7.01 a
Sólidos Totales	0.18 ± 0.05 a	0.19 ± 0.05 a	0.64 ± 0.05 a

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Separación múltiple de medias para los parámetros estudiados durante la época lluviosa y la seca. En cada sitios tuvo una n=12

Epoca \ Parámetro	Medias ± EE	
	Lluviosa	Seca
PH	6.09 ± 0.22 a*	6.66 ± 0.22 a
Temperatura	20.56 ± 0.58 a	21.25 ± 0.58 a
Oxígeno Disuelto	8.78 ± 0.12 a	9.09 ± 0.12 a
Turbidez	42.08 ± 5.72 a	16.77 ± 5.72 b
Sólidos Totales	0.26 ± 0.04 a	0.17 ± 0.04 a

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Separación múltiple de medias para la concentración de nutrientes en los sitios de muestreo. En cada sitios tuvo una n=4

		Medias \pm EE		
Sitio		Río La Leotuna	Río La Montaña	Río Yegüare
Nutriente				
	Na		11.55 \pm 2.31 a*	11.87 \pm 2.31a
Ca		1.41 \pm 0.79 a	1.58 \pm 0.79 a	1.21 \pm 0.79 a
K		5.46 \pm 0.11 a	3.75 \pm 0.11 c	4.83 \pm 0.11 b
Mg		1.27 \pm 0.87 a	1.64 \pm 0.87 a	1.37 \pm 0.87 a
Fe		2.19 \pm 0.87 a	1.41 \pm 0.87 a	1.45 \pm 0.87 a
Mn		0.11 \pm 0.07 a	0.04 \pm 0.07 a	0.12 \pm 0.07 a
Zn		0.07 \pm 0.04 a	0.07 \pm 0.04 a	0.07 \pm 0.04 a

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Separación múltiple de medias para la concentración de nutrientes durante la época lluviosa y seca. En cada sitios tuvo una n=6

		Medias \pm EE	
Epoca		Lluviosa	Seca
Nutriente			
	Na		7.86 \pm 1.88 b*
Ca		0.26 \pm 0.64 b	2.54 \pm 0.64 a
K		4.27 \pm 0.09 b	5.09 \pm 0.09 a
Mg		0.27 \pm 0.71 a	2.58 \pm 0.71 a
Fe		2.81 \pm 0.60 a	0.56 \pm 0.60 a
Mn		0.02 \pm 0.06 a	0.15 \pm 0.06 a
Zn		0.03 \pm 0.03 a	0.11 \pm 0.03 a

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Anexo 2. Encuesta aplicada en las comunidades de Galeras, Güinope, Liquidambar, Casitas y Lavaderos.

Nombre _____
Fecha _____

Comunidad _____
Entrevistador _____

1.

Cultivo	Época de siembra	Área (mz)	Insumos			Frecuencia de aplicación	Forma de aplicación
			Tipo	Cantidad	Producto		

Cultivos	Época	Insumos	Forma de aplicación
1. Maíz	8. Zafra	1. Fertilizantes	1. Al suelo
2. Frijol	9. Café	2. Herbicidas	2. Por riego
3. Maicillo	10. Platano	3. Insecticidas	3. Al cultivo (follaje)
4. Cebolla	11. Caña de azúcar	4. Fungicidas	
5. Tomate	12. Mangos		
6. Ajo	13. Aguacates		
7. Chile	14. Citricos		

2. ¿ Principales problemas fitosanitarios que tiene con los cultivos ?

- a. _____ d. _____
b. _____ e. _____
c. _____ f. _____

3. ¿ Tiene obras de conservación de suelos en su terreno ?

Sí _____
No _____

4. ¿ Que tipos de obras de conservación de suelo tiene ?

- a. Barreras vivas _____ d. Barreras muertas _____
b. Curvas a nivel _____ e. Terrazas _____
c. Cultivos de cobertura _____

5. ¿ Tiene producción pecuaria de ?

- a. Gallinas _____ d. Cabras _____
b. Pollos _____ e. Cerdos _____
c. Ganado _____ f. Bestias (caballos, bueyes y mulas) _____

6. ¿ Tiene acceso a servicios como ?

- a. Agua potable _____
b. Letrina o servicios sanitarios _____
c. Educación _____

7. ¿ Tiene riego ?

Sí _____
No _____

8. ¿ De donde toma agua para el riego ?

- a. Río _____ c. Quebrada _____
b. Pozo _____ d. Otros _____

9. ¿ A que distanciamiento esta su finca de la fuente de agua ?

- a. 1-2 km
b. 2-6 km
c. 4-6 km
d. 6 o más km

10. ¿ De donde toma el agua para la preparación de mezclas ?

- a. Río _____
b. Pozo _____
c. Quebrada _____
d. Otros _____

11. ¿ Donde realiza la limpieza del equipo de aplicación ?

- a. Río _____
b. _____
c. _____
d. _____

12. ¿ Cree usted que gente aguas abajo hace uso del agua que usted utiliza para sus actividades ?

- Si _____
No _____

13. ¿ Opina usted que con sus actividades de producción afectan de algún modo la calidad de agua de las fuentes ?

- Si _____
No _____

Anexo 3 Análisis de la encuesta aplicada en las comunidades de Galeras, Güinope, Liquidambar, Casitas y Lavanderos realizado con el modelo estadístico SPSS.

1.

1a. Cultivos

	Maíz		Frijol		Café		Cítricos	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Si	52	100	40	77	22	42	15	29
No	0	0	12	23	30	58	37	71
Total	52	100	52	100	52	100	52	100

	Tomate		Cebolla		Chile		Zanahoria	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Si	13	25	4	7.7	4	7.7	3	5.8
No	39	75	48	92	48	92	49	94
Total	52	100	52	100	52	100	52	100

1.b Época de siembra

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Todo el año	33	63.5
Primera y postrera	9	17.3
Primera y verano	5	9.6
Primera	4	7.7
Postrera y verano	1	1.9
Total	52	100

1.c Área

Opción	Frecuencia	Porcentaje
0-1 mz	25	48.1
1-3 mz	16	30.8
3-5 mz	8	15.4
Más de 5 mz	3	5.8
Total	52	100

1.d Insumos tipo, cantidad y producto

Opción de tipo de insumo	Frecuencia	Porcentaje
Fertilizantes	32	61.5
Fertilizante e insecticida	19	36.5
Herbicidas	1	1.9
Total	52	100

Opción de cantidad de insumo	Frecuencia	Porcentaje
0-1 qq / mz	20	38.5
1-2 qq / mz y 1-2 lts / mz	15	28.8
1-3 qq / mz	13	25
3-5 qq / mz y 1-2 lts / mz	4	7.7
Total	52	100

Opción del producto	Frecuencia	Porcentaje
Urea y 18-46-0	28	53.8
Urea, 18-46-0 y Tamarón	18	34.6
18-46-0	3	5.8
Urea	2	3.8
Urea, 18-46-0 y Evisec	1	1.9
Total	52	100

1.e Frecuencia de aplicación

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Una vez por ciclo	22	42.3
Dos veces por ciclo	21	40.4
Tres veces por ciclo	9	17.3
Total	52	100

1.f Forma de aplicación

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Al suelo	32	61.5
Al suelo y al cultivo	18	34.6
Al suelo y el riego	2	3.8
Total	52	100

2. Principales problemas fitosanitarios que tiene con los cultivos

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Cogollero	10	19.2
Tizón y mosca blanca	8	15.4
Nematodos, roya, picudo y cogollero	7	13.5
Picudo	6	11.5
Roya y tizón	6	11.5
Tizón	5	9.6
Mosca blanca	4	7.7
Roya	3	5.8
Nematodos	2	3.8
Nematodos y tizón	1	1.9
Total	52	100

3. Tiene obras de conservación de suelos en su terreno

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Si	40	76.9
No	12	23.1
Total	52	100

4. Que tipos de obras de conservación de suelo tiene

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Barreras vivas y curvas a nivel	27	51.9
Ninguna	12	23.1
Barreras vivas, curvas a nivel y barrera muerta	7	13.5
Curvas a nivel	3	5.8
Barreras vivas, curvas a nivel y cultivo de cobertura	2	3.8
Barreras vivas	1	1.9
Total	52	100

5. Que tipo de producción pecuaria tiene

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Ninguno	38	73.1
Gallinas	6	11.5
Ganado	3	5.8
Gallinas y cerdos	3	5.8
Cerdos	2	3.8
Total	52	100

6. Tiene acceso a servicios de agua, letrina y educación

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Agua, letrina y educación	44	84.6
Agua y letrina	8	15.4
Total	52	100

7. Tiene riego

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Si	33	63.5
No	19	36.5
Total	52	100

8. De donde toma el agua para el riego

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Otras fuentes	27	51.9
Quebrada	18	34.6
Río	7	13.5
Total	52	100

9. A que distanciamiento esta su finca de la fuente de agua

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Más de 6 km	19	36,5
1-2 km	18	34,6
2-4 km	8	15,4
4-6 km	7	13,5
Total	52	100

10. De donde toma el agua para la preparación de mezclas

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Otras fuentes	27	51,9
Quebrada	18	34,6
Río	7	13,5
Total	52	100

11. Donde realiza la limpieza del equipo de aplicación

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Terreno	52	100
Total	52	100

12. Cree usted que la gente aguas abajo hace uso del agua que usted utiliza para sus actividades

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Sí	8	15,4
No	44	84,6
Total	52	100

13. Opina usted que con sus actividades de producción afecta de algún modo la calidad de agua de las fuentes

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Sí	14	26,9
No	38	73,1
Total	52	100

Anexo 4. Métodos utilizados en la FHIA para el análisis de la extracción de residuos de plaguicidas y detección de la concentración de nutrientes en el agua.

✦ PLAGUICIDAS

Método 1: Se toman 500 ml de muestra y se le agregan 25 ml de Benceno. Esto en un embudo de separación, y se agita constantemente durante dos minutos. Se dejan separar las capas y se drena la capa inferior. Se filtra el extracto pasándolo por una columna de sulfato de sodio y se evapora con Nitrógeno a un volumen de un mililitro, luego se inyecta en el cromatógrafo un microlitro.

Método 2: Se toman 1000 ml de muestra y se agregan 10 ml de una mezcla de éter de petróleo con 15% de Hexano, se agita por dos minutos y se deja que se separen las capas y se drena la capa inferior, y luego se pasa por el extracto de una columna de sulfato de sodio. Se lava la capa acuosa (que se ha drenado) dos veces más con 100 ml de la mezcla de éter de petróleo con 15% de Hexano, evaporar los 300 ml en baño maría hasta obtener un volumen de cinco mililitros. Posteriormente se pone en el evaporador de nitrógeno hasta llegar a un volumen de 0.5 ml, se inyecta en el cromatógrafo un microlitro.

✦ NUTRIENTES

La concentración se determina en partes por millón utilizando el Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

a.- Sodio: Se hacen tres titulaciones distintas para determinar los aniones y cationes existentes en la solución acuosa (bicarbonatos, sulfatos, cloruros, calcio y magnesio).

b.- Calcio: Se aplica el método titrimétrico dado por el manual *Estándar Methods for the examination of Water and Waste Water (3500-Ca D, EDTA, Titrimetric Method)*, en donde el pH de la solución debe estar alrededor de 12-13 para que el Magnesio precipite en forma de Hidróxido usando Murexide como indicador.

c.- Potasio: Se utiliza el método tetrafenilborato, compuesto que al combinarse con el potasio forma un sólido blanco insoluble. La cantidad de turbidez producida es proporcional a la cantidad de potasio presente en la muestra. Este análisis se realiza mediante un Espectrofotómetro.

d.- Manganeso: El método utilizado es por oxidación con peryodato, con el cual el manganeso pasa a su forma oxidada de permanganato el cual es color púrpura. La intensidad del color púrpura es proporcional a la cantidad de manganeso presente en la muestra. Se realiza mediante el Espectrofotómetro.

e.- Zinc: Se utilizó el método Zincon (adaptación del manual *Standard Methods for the examination of water and waste water, 3500-Zn F.*) en el cual el Zinc al igual que otros

metales forma un complejo con el cianuro. La adición de ciclohexanona, causa una liberación selectiva del Zinc, el cual reacciona con el Zincon (2-carboxi-2-hidroxi-5-sulfoformacil Benceno) que es el indicador. La concentración de Zinc es proporcional a la intensidad del color azul formado.

f.- Magnesio: Para la determinación del magnesio se realiza una doble titulación, determinando primero la concentración de iones calcio y magnesio en su totalidad, y luego solamente los de calcio. La diferencia de estos dos será la cantidad de iones Magnesio presentes en la muestra. La titulación se realiza con EDTA, usando como indicadores murexide y NET (negro eriocromo T).