

**Línea base de la calidad y cantidad de agua  
en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El  
Paraíso, Honduras**

**Andrea Cecilia Orellana Zelaya**

**ZAMORANO**  
**Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente**  
Diciembre, 2003

# **Línea base de la calidad y cantidad de agua en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras.**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
por el título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente  
en el grado Académico de Licenciatura.

Presentada por

**Andrea Cecilia Orellana Zelaya**

**Honduras**  
Diciembre, 2003

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.

---

Andrea Cecilia Orellana Zelaya

**Honduras**  
**Diciembre, 2003**

# **Línea base de la calidad y cantidad de agua en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras.**

**Presentado por**

**Andrea Cecilia Orellana Zelaya**

Aprobada:

---

Luis Caballero, M.Sc.  
Asesor Principal

---

Mayra Falk, M.Sc  
Coordinadora de la Carrera de  
Desarrollo Socioeconómico  
y Ambiente

---

Marco Granadino, M.Sc  
Asesor

---

Antonio Flores, Ph.D.  
Decano Académico

---

Lina Andrea García, M.Sc  
Asesor

---

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

## DEDICATORIA

A Dios por darme el valor y la fuerza en todos estos cuatro años porque estuvo a mi lado siempre en cada instante en que más necesité de su presencia, pero sobretodo por darme la oportunidad de vivir y mostrarme que a pesar de los problemas la vida es un regalo muy preciado que hay que aprovechar, que los buenos amigos son como piedras preciosas que rara vez se encuentran que están ahí para alegrarte los días y apoyarte, que aunque a veces los sueños parecen imposibles si tenemos Fe y creemos para Él no hay nada imposible y que no importan las veces que caigamos y seamos derrotados porque Él nos levantará para seguir luchando.

A mi madre por ser mi razón de vivir, por todos los sacrificios que ha hecho para darme siempre lo mejor, por darme un ejemplo digno de valor y lucha, pero sobretodo por brindarme su inmenso amor y apoyo en todo momento. Por quien resistí tantas cosas en este lugar para no defraudarla y creyó en mí.

A un ser muy especial “Mi Papito” que aunque hoy no esté aquí físicamente, sé que ha estado conmigo cuidándome y bendiciéndome desde el cielo, te quiero y ojala podamos estar juntos de nuevo para no separarnos más.

A mis hermanos por darme su amor y apoyo siempre.

A mis tíos Gloria, Concepción y Juan Manuel por apoyarme siempre, los quiero.

*Un camino sinuoso, difícil puede conducir a la meta sino  
se le abandona bajo ninguna circunstancia.....  
Paulo Coelho*

## AGRADECIMIENTOS

A Diosito por estar conmigo siempre por guiarme y darme valor para aceptar muchas cosas difíciles en estos cuatro años.

A mi madre por darme la vida y por todo su apoyo incondicional en toda mi carrera, por todas sus enseñanzas y por ser lo mejor de mi vida, sin ti no lo hubiera logrado, y en memoria de mi padre (†) quien me cuida desde el cielo. A mis hermanos Juan José y Manuel Antonio por su amor incondicional por todos sus consejos y todo su apoyo. A mis abuelos por darme su cariño y transmitirme su sabiduría, en especial a mi abuela Lola por enseñarme a dar siempre una sonrisa y transmitir alegría a los demás, aunque no siempre se sonría por dentro.

A mis primos (Gerardo, Ana, Letty, Lorena, Suyapa) por todos sus consejos y por darme su apoyo y cariño.

A mis tíos (Gloria, Juan Manuel, Pablo, Concepción, Iris, Nolvía) por estar al pendiente de mí siempre, por darme su apoyo en todo momento y por todos sus consejos y regaños que me han servido de mucho.

A mis asesores (Ing. Luis Caballero, Marco Granadino y Lina García) por todo el tiempo y apoyo brindado en esta última etapa de gran importancia en mi vida.

A Pathy L. por toda su ayuda, fue de mucho apoyo llegó en el momento justo, mil gracias.

A los señores Marco y Dilcia por su amistad y por estar al pendiente de mí siempre.

A mis mejores amigas (Gloria, Masbelly, Julia, Ivonne, Carmen) por todos sus palabras de aliento, por todos esos bellos momentos que hemos pasado, las quiero.

A mis amigas zamoranas por siempre (Paola, Alejandra, Elizabeth, Cristina, Ingrid, Marlen, Adela, Arlen y Sindy) las llevo dentro de mi corazón y siempre las recordaré. A mis amigos (Jorge C., Álvaro, Rubén, Joel, Marco, Luis, Nelson, Ventura, Jorge H., Melvin, Cristian, Pablo, Héctor O. y Manuel) por todo su apoyo, sus consejos, sus palabras de aliento y por todo el tiempo que estuvieron conmigo.

A la clase “Stigma 03” por compartir tantos momentos inolvidables en estos cuatro años, les deseo muchos éxitos a todos.

A todos los maestros de Zamorano por brindarme sus conocimientos y su tiempo.

A todo el personal de la carrera DSEA, en especial a Iris gracias por su tiempo.

A Zamorano por todos los conocimientos adquiridos, pero sobretodo por darme lo mejor que tengo “*Mis Amigos*”.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

A mi familia por darme el apoyo financiero durante los cuatro años.

A la fundación Food for Progress por financiar mis estudios en estos cuatro años de estudio.

A la carrera DSEA por ayudarme a financiar mis estudios este último año, en especial al Ing Caballero.

Al Dr. Flores por financiar mis estudios este año.

Al Consorcio de Manejo Integrado de Suelos (MIS-CIAT) por patrocinar financieramente el desarrollo de este estudio.

Al Proyecto FAO-Zamorano por financiar parte de este estudio.

## RESUMEN

Orellana Zelaya, Andrea Cecilia. 2003. Línea base de la calidad y cantidad de agua en la microcuenca, El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras. Tesis de proyecto especial de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Valle del Yegüare, Honduras.

La microcuenca El Zapotillo, una de las principales fuentes de abastecimiento de agua del municipio de Güinope, presenta serias limitaciones para soportar usos agropecuarios y poder cumplir a futuro su función hídrica. Desde 1996 Zamorano con apoyo de la alcaldía han desarrollado procesos de investigación y transferencia de tecnologías para proteger y revertir la degradación en la microcuenca. En el presente estudio se desarrolló una línea base de cantidad y calidad de agua. Para ello se monitorearon parámetros físico, químicos, bacteriológicos y biológicos. Además se construyó un vertedero tipo “V-Notch” de concreto para medir el caudal permanente que sale de la microcuenca. Como parte complementaria del estudio se estimó la demanda y oferta del agua. Los resultados del balance hídrico demuestran que la quebrada tiene un flujo permanente y que este se ve ligeramente influenciado por la época lluviosa. El caudal básico al final de la época seca fue de 4.4 l/s, mientras que en invierno fue de 5.02 l/s lo cual representa un incremento del 12%. Mientras que los flujos superficiales (escorrentía generada después de cada tormenta) en el mes más lluvioso (junio) fué de un 25% de la precipitación bruta en toda la cuenca. El monitoreo de la calidad del agua demostró claramente el impacto de las actividades antropogénicas. Los análisis de turbidez, conductividad y dureza muestran un incremento que es producto de aguas de escorrentía de hogares y calles. Lo anterior es corroborado con los análisis biológicos en donde el índice (BMWP) clasificó la calidad de las aguas en la salida de la cuenca con valores de 44 (clase III) lo que significa que pertenecen a la clase de aguas contaminadas, mientras que los sitios de la parte media-alta tuvieron valores de 88 (clase II) que equivalen a aguas con algunos efectos de contaminación. En cuanto al uso del agua se estimó que el 26% es para consumo humano, 3% para riego y el 71% queda como caudal ecológico que por observaciones directas es usado para transportar los desechos urbanos de Güinope.

**Palabras clave:** Balance hídrico, indicadores físico-químicos del agua, macroinvertebrados, contaminación del agua, oferta de agua.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimiento a patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de cuadros.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de gráficas.....	xii
Índice de mapas.....	xiii
Índice de anexos.....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
Descripción del Área de Investigación.....	3
Cálculo del Balance Hídrico.....	4
Precipitación.....	4
Intercepción.....	5
Evapotranspiración.....	6
Caudal.....	6
Frecuencia de las mediciones.....	7
Índice de escorrentía.....	8
Análisis de suelo.....	8
Infiltración.....	8
Análisis de la calidad del agua.....	8
Descripción de los sitios de muestreo.....	9
Localización de muestreos biológicos del agua.....	9
Calidad bacteriológica del agua.....	11
Parámetros físico-químicos del agua.....	11
Conductividad eléctrica.....	11
Temperatura.....	11
Oxígeno disuelto.....	11
pH.....	12
Turbidez.....	12
Dureza.....	12
Nitratos y nitritos.....	13

Indicadores biológicos del agua.....	14
Macroinvertebrados acuáticos.....	14
¿Por qué utilizar macroinvertebrados como indicadores biológicos del agua?.....	14
Clasificación de macroinvertebrados.....	15
Descripción de los órdenes encontrados.....	15
Trichoptera.....	15
Coleóptera.....	15
Decápoda.....	15
Odonata.....	16
Hemíptera.....	16
Ephemeroptera.....	16
Diptera.....	16
Plecóptera.....	16
Caracterización de las estaciones de monitoreo.....	16
Método de muestreo.....	17
Análisis de las muestras biológicas.....	17
Evaluación biológica con el método BMWP.....	18
Estudio de demanda y oferta de agua.....	19
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>20</b>
Componentes de medición del Balance Hídrico.....	20
Precipitación bruta.....	20
Escorrentía (caudal).....	22
Cálculo del balance hídrico.....	26
Análisis de suelo.....	27
Análisis de la calidad del agua.....	28
Análisis bacteriológicos.....	28
Análisis fisico-químicos.....	29
Indicadores biológicos.....	32
Riqueza, diversidad y dominancia.....	33
Índice BMWP.....	35
Demanda y oferta del agua.....	37
Demanda de agua.....	37
Uso para riego.....	37
Uso doméstico.....	40
Percepción del flujo de agua de la quebrada El Zapotillo.....	40
Usos y percepción de la calidad del agua.....	40
Oferta de agua.....	41
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pág.</b>
1. Tasas de intercepción de los diferentes usos de suelo de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	6
2. Determinación de niveles de dureza en términos de ppm de carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> ).....	13
3. Descripción de las estaciones de muestreo de calidad de aguas en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	17
4. Precipitación promedio en milímetros de lluvia para cada uno de los pluviómetros colocados en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	20
5. Rangos de intensidad para las precipitaciones del periodo lluvioso 2003 en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	21
6. Caudal del vertedero de la quebrada El Zapotillo, Güinope, El Paraíso en periodo lluvioso mayo-octubre de 2003.....	23
7. Resultado del análisis de varianza para el caudal del vertedero medido en el periodo abril-octubre de 2003 en la microcuenca El Zapotillo.....	24
8. Balance hídrico expresado en milímetros para la microcuenca El Zapotillo, Güinope; El Paraíso en el periodo lluvioso en los meses de mayo-octubre 2003.....	26
9. Resultados del análisis de suelo que reportan los nutrientes extractables que se pierden en la microcuenca El Zapotillo por erosión.....	27
10. Cantidad de sedimentos que se acumulan en la parte baja de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras.....	27
11. Resultados de los análisis bacteriológicos realizados en las estaciones de monitoreo de la quebrada El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	29
12. Valores promedio de los parámetros físico-químicos encontrados en las estaciones de monitoreo en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	31
13. Lista de especies de macroinvertebrados encontrados en la quebrada El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	32
14. Variación de los índices de diversidad de Shannon y dominancia de Simpson en las cuatros estaciones de monitoreo en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	32
15. Valores calculados por el índice BMWP según la importancia biológica de cada familia encontrada en las estaciones de monitoreo en la quebrada El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	35
16. Estimación de la demanda de agua de riego en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	37
17. Áreas de las parcelas que están bajo riego en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	38
18. Estimación de la demanda de agua en m <sup>3</sup> según los diferentes usos que le dan en los barrios La Reforma, Barrio Arriba y La Crucita.....	40
19. Estimación de la oferta de agua en la microcuenca El Zapotillo en m <sup>3</sup> .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig.</b>		<b>Pág.</b>
1.	Dibujo del tipo del vertedero tipo “V-Notch” que se construyó en la parte baja de la microcuenca El Zapotillo, Guinope, El Paraíso.....	7
2.	Origen de bicarbonato y carbonato en agua dulce.....	13

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráf.</b>	<b>Pág.</b>
1. Relación de la precipitación y la altura de los pluviómetros colocados en la parte alta (1640 m) y media-baja (1380 m) de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	21
2. Distribución de la precipitación promedio en el periodo lluvioso 2002-2003 y su relación con los promedios de 16 años (1972-1988) de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	22
3. Relación de la precipitación y caudal para el periodo lluvioso 2003 de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	24
4. Hidrograma del caudal promedio mensual de marzo-octubre de 2003 en litros por segundo de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	25
5. Mediciones de caudales diarios en el vertedero “V-Notch” desde el 10 junio hasta el 28 de octubre de 2003 en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	25
6. Resultados de los análisis bacteriológicos en dos muestras de agua realizados en la parte baja de la quebrada El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	28
7. Número de familias encontradas en cada estación de monitoreo en la quebrada El Zapotillo, según la evolución de los valores de riqueza con respecto a la variación entre los sitios de muestreo.....	33
8. Relación de riqueza y abundancia según el número de individuos por familia dentro de las estaciones de monitoreo de la quebrada El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	

## ÍNDICE DE MAPAS

<b>Mapa</b>		<b>Pág.</b>
1.	Localización del área de investigación microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	3
2.	Localización de las estaciones de monitoreo de calidad de aguas en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	10
3.	Clasificación de la calidad de aguas según el método BMWP en las estaciones de monitoreo de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	36
4.	Parcelas bajo riego de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Pag.</b>
1. Mapa de uso de suelo de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	46
2. Caudal total en m <sup>3</sup> (caudal del vertedero, más caudal de la caja recolectora y el caudal de las mangueras en época de riego) de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	47
3. Estimación de caudal diario de los meses de marzo, abril y mayo para el vertedero “V-Notch”.....	48
4. Datos diarios de caudal tomados por el señor Carlos Aystas en el vertedero “V-notch” en la parte baja de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	49
5. Datos de precipitación en milímetros tomados en diferentes partes de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	52
6. Datos de intensidad de lluvias y escorrentía generada para los 90 eventos registrados en los meses de mayo-octubre 2003 en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	56
7. Lectura de datos de precipitación, intercepción, evapotranspiración, caudal expresados en m <sup>3</sup> por cada mes en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	58
8. Lista de costos para la construcción del vertedero “V-Notch”.....	64
9. Clases de calidad, significación de los valores del BMWP (Biological Monitoring Working Party) y los colores a utilizar para las representaciones cartográficas.....	66
10. Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención de BMWP (Biological Monitoring Working Party).....	67
11. Valores para el cálculo del índice BMWP según el nombre de cada familia.....	68
12. Constancia del flujo de agua que reciben los habitantes del Barrio La Reforma en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	70
12. Porcentaje de personas, según el uso que destinan al agua.....	70
12. Percepción de la calidad del agua por parte de los habitantes de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	70
12. Porcentaje de personas que poseen finca en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	71
12. Porcentaje de productores que riegan su finca en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	71
12. Diferentes tipos de cultivo que tienen sembrado los productores de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	71
12. Participación en capacitaciones por parte de los productores de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	72

<b>Anexo</b>	<b>Pag.</b>
13. Caudal de las mangueras que colectan agua de la quebrada El Zapotillo, Guinope, El Paraíso.....	73
13. Número de personas beneficiarias del recurso agua de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras, 2001.....	73
13. Datos para estimar la demanda por los diferentes usos que le dan en la microcuenca El Zapotillo, Guinope, El Paraíso.....	73
14. Encuesta realizada a los pequeños productores en la parte baja de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.....	74
15. Encuesta realizada a los usuarios del agua en el Barrio La Reforma, Güinope, El Paraíso.....	75

## INTRODUCCIÓN

El acceso a agua de buena cantidad y calidad es uno de los factores más importantes para el desarrollo sostenido y saludable de una comunidad, país o región, por lo que el monitoreo y manejo eficiente del recurso hídrico ha cobrado un gran auge en estas últimas décadas.

Se estima que las prácticas de uso de la tierra tienen impactos, tanto en la disponibilidad como la calidad de los recursos hídricos. Estos impactos pueden ser tanto positivos como negativos. Los beneficios que acarrearán las mejoras del manejo de la tierra o las consecuencias negativas por uso inadecuado de los recursos, no sólo repercuten en los usuarios directos del agua, sino también en las poblaciones aguas abajo. Así está demostrado la interrelación existente entre aguas superficiales y las aguas subterráneas, por lo que el mantener los flujos en los ríos y quebradas es parte de la recarga de las aguas subterráneas, recurso del cual cada vez dependeremos más dada su calidad. Para evaluar los efectos así como los costos y beneficios del manejo, es importante tomar en cuenta la perspectiva del medio físico, y ver hasta qué punto las diferentes prácticas de uso de la tierra afectan al régimen hidrológico y la calidad del agua y en qué tamaño de cuenca son relevantes estos impactos (Kiersch, 2000).

La microcuenca El Zapotillo, fuente de agua para Guinope, presenta una fuerte degradación de su cobertura boscosa original afectando los procesos de infiltración y por ende generando erosión de suelos, pérdida y contaminación de fuentes de agua. Este desequilibrio afecta el balance hídrico en la microcuenca, algunos de los efectos de la degradación son visibles por el abandono de áreas de cultivo, debido a la erosión y pérdida de la fertilidad. Los efectos en la fuente de agua, por el contrario, han sido menos estudiados es por ello que la calidad y cantidad son prioritarios en las investigaciones en dicha microcuenca.<sup>1</sup>

Estudios anteriores estimaron que aproximadamente 60 familias del barrio La Reforma consumen el agua de la microcuenca, por lo tanto el estudio de la contaminación reviste gran importancia (Donaire, 2002).

Zamorano en conjunto con la alcaldía y líderes locales priorizaron esta microcuenca como parte del Proyecto PROCUENCAS financiado por el fondo Ambiental Honduras Canadá ACIDI, 1996. Los trabajos de investigación realizados a la fecha se han concentrado en la caracterización biofísica y socioeconómica de la microcuenca (Rodríguez 1999, Vega 2000, Medina y García 2001).

Hasta la fecha no hay estudios que proporcionen información acerca de la producción de agua en la microcuenca, con lo cual se pretende ampliar y actualizar la

---

<sup>1</sup> Caballero, L. (2003). Escuela Agrícola Panamericana. Comunicación personal.

información que se tiene sobre los principales componentes del balance hidrológico estimados por Donaire (2002) e Ixmatá (2003).

El balance hídrico es una herramienta para entender las rutas que sigue el agua desde la precipitación hasta su salida de la microcuenca. Este sirve como mecanismo de monitoreo de los cambios en los flujos en el sistema a largo plazo. Dado que los programas de manejo de cuencas de Zamorano en la región del Yegüare enfocan no solo en proteger las fuentes de agua, si no revertir procesos de degradación.

Este estudio es parte de las investigaciones en microcuencas en las cuales se están desarrollando actividades de extensión con pequeños productores rurales. Con lo anterior se busca desarrollar modelos efectivos de manejo y uso del agua.

El presente estudio se realizó con el fin de establecer una línea base de la calidad y cantidad de agua de la microcuenca El Zapotillo. El estudio por primera vez proporciona datos medidos sobre aspectos del balance hídrico (precipitación, intercepción y escorrentía) también se hacen estimaciones de infiltración y evapotranspiración.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

- Contribuir al conocimiento del comportamiento hidrológico de la microcuenca como abastecedora de agua a comunidades rurales de Honduras.

### **Objetivos específicos:**

- Completar la red de monitoreo hidro-meteorológica y calcular el balance hídrico para la microcuenca El Zapotillo.
- Determinar la variabilidad de la calidad de agua, tanto en la parte físico-química, bacteriológica y biológica.
- Determinar la demanda del agua según el uso doméstico y de riego y proponer estrategias para su optimización.

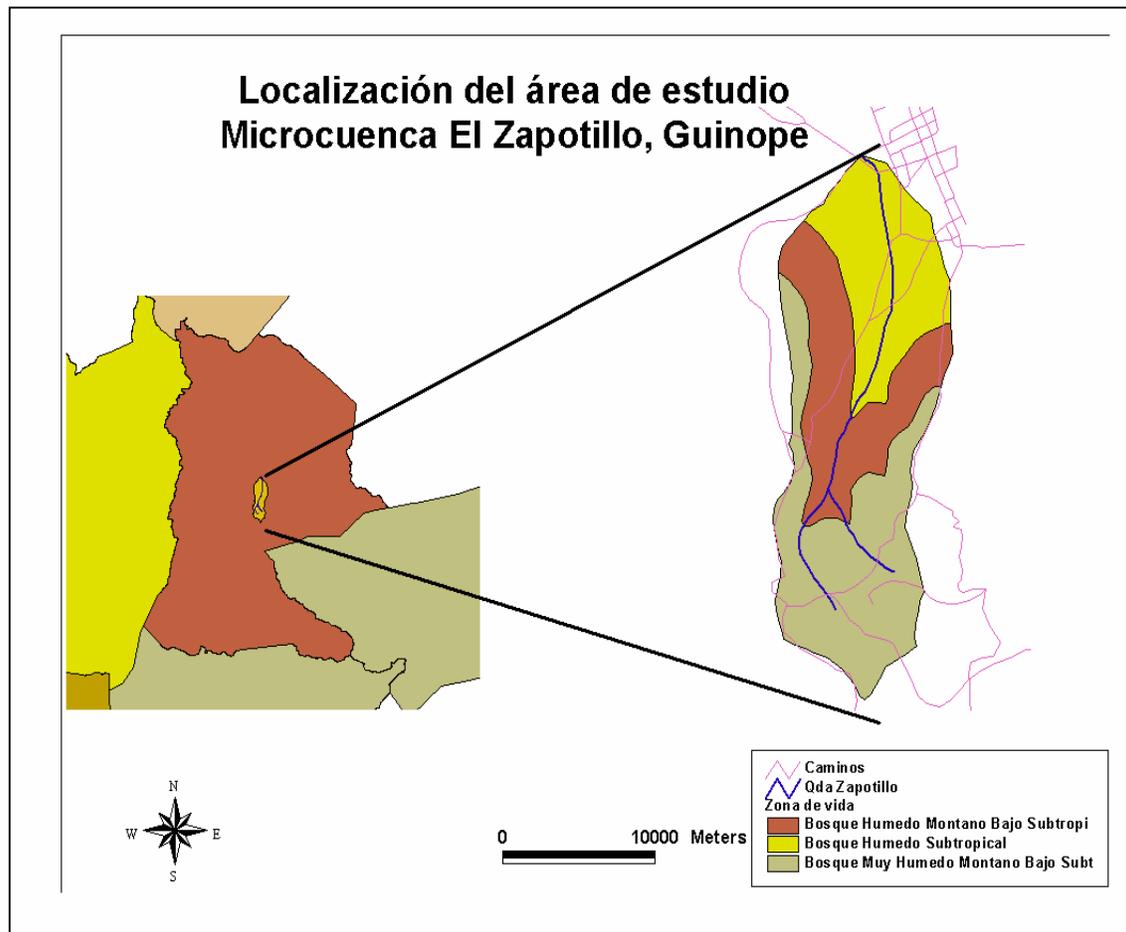
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de la investigación

Esta investigación fue realizada en la microcuenca El Zapotillo, municipio de Güinope, El Paraíso, Honduras. La microcuenca se encuentra entre las coordenadas UTM (506,000; 1, 534,000).

Tiene un área de aproximada de 190.5 hectáreas incluyendo parte del casco urbano de la cabecera municipal. Los rangos de elevación van desde los 1300 hasta los 1630 metros sobre el nivel del mar, según los registros de precipitación del municipio de Güinope desde 1972 hasta el 2000 la precipitación promedio anual es de 1020 mm (Donaire, 2002). La quebrada posee una longitud de 3.11 kilómetros (Medina, 2001).

**Mapa 1.** Localización del área de investigación microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.



A continuación se describen la metodología utilizada para medir las diferentes variables del ciclo hidrológico y la calidad del agua.

### **Cálculo del balance hídrico**

El balance hídrico se emplea para determinar las rutas que sigue el flujo de agua desde que ocurre la precipitación hasta su salida por la boca de la microcuenca. El agua almacenada en el suelo depende del aporte que hace la lluvia y de la extracción que hacen las plantas a través de la evapotranspiración. Tanto el relieve como la cobertura vegetal tienen gran influencia en el balance hídrico, no es lo mismo el balance hídrico de un terreno de ladera que uno plano, el cual tiende a unir el agua de escurrimiento que viene de los terrenos más altos. (CLIMAGRO, sf)

Según Turcios (1995), el balance hídrico de una cuenca con una cubierta boscosa se puede expresar como la siguiente fórmula:

$$P = ET + R + I + H \quad [1]$$

donde:

P = precipitación

ET = evapotranspiración

R = caudal

I = infiltración

H = variaciones de la reserva del agua en el suelo

Con todos los valores expresados en mm de agua por unidad de tiempo (día, semana, mes o año).

Además:

$$P = P \text{ suelo} + P \text{ tallo} + I \quad [2]$$

Donde

P suelo = precipitación que atraviesa el dosel.

E tallo = escurrimiento del tallo

I = intercepción

El cálculo se obtuvo de los datos de precipitación bruta medida menos el agua que es interceptada por la vegetación y la evapotranspiración promedio que tiene la microcuenca. El resto del agua que cae directamente al suelo puede seguir dos rutas infiltrarse o irse por flujos superficiales o escorrentía.

A continuación se explican en forma breve cada uno de los parámetros anteriores.

### **Precipitación**

La precipitación es la variable principal del ciclo hidrológico y se define como el agua en forma líquida o sólida que llega a la superficie terrestre (Elías y Castellvi, 1996). Generalmente se mide en milímetros de profundidad, pero también se puede expresar en volumen de agua caída por metro cuadrado de superficie horizontal.

Así un milímetro de profundidad (altura en el pluviómetro) de lluvia es equivalente a un litro por metro cuadrado de superficie ( $1\text{mm} = 1 \text{ L/m}^2$ ) (Caballero, 2003).

Para la medición de precipitación se instalaron tres pluviómetros, dos manuales y uno digital. Se obtuvo una lectura general de la precipitación del área y se realizaron lecturas diarias en las viviendas designadas dentro de la comunidad, donde fueron instalados los pluviómetros manuales. El pluviómetro digital se instaló en la parte alta de la microcuenca, dicho aparato posee un chip integrado el cual graba los pulsos de la lluvia cada 0.369 milímetros y se conecta a una computadora para leer los datos (Donaire, 2002). La ventaja de este tipo de instrumentos es que no solamente son más precisos que los convencionales, si no que nos dan datos de intensidades y la duración de cada tormenta por pequeña que sea.

La precipitación que se obtuvo fue la precipitación bruta (mediada directamente en los pluviómetros instalados en la microcuenca) y para el dato final se calculó un promedio aritmético de los tres pluviómetros, ya que la posición de los mismos era lineal y no aplicaba el promedio de los polígonos de Thiessen por la distribución que tenían, sacando de esta manera un promedio general para el periodo lluvioso de los meses mayo-octubre.

Se calcularon las intensidades y duración de lluvias que hubo en los meses de medición, mediante la fórmula 3.

$$Tr = (n+1)/m \quad [3]$$

Tr = intervalo de recurrencia (días)

n= número total de precipitaciones

m = No. Precipitaciones por rango

Y para calcular la probabilidad de ocurrencia de dicho evento se utilizó la fórmula 4.

$$P = 1/Tr \quad [4]$$

P= probabilidad de ocurrencia

Tr= intervalo de recurrencia

### **Intercepción (It)**

La intercepción depende del tipo de vegetación o cubierta vegetal que exista en el suelo. Un cambio en la cobertura con especies de mayor área foliar puede conducir a un descenso en el caudal anual (Bosh y Hewlett, 1982).

Según Castellvi (1996) para bosques de coníferas se tiene un porcentaje de intercepción del orden de 30%, mientras que en los bosques latifoliados se han encontrado diferencias en la época sin hojas 15% y con hojas de 19%. Esto es muy variable según el clima y tipo de vegetación y tipo de precipitación predominante.

La importancia de la intercepción no se circunscribe únicamente a la cantidad de agua que se pierde antes de alcanzar el suelo, sino que también la cubierta vegetal modifica la distribución espacial de la lluvia, lo que puede originar variaciones espaciales de la humedad y de las propiedades físicas y químicas del suelo (Mateos y Schnabel, *sf*)

Para el cálculo de la intercepción se estimó un promedio general para toda la microcuenca, según el área de cada uso de suelo (Cuadro 1), basándose en las diferentes tasas de intercepción de los diferentes usos de suelo del mapa desarrollado

por Rodríguez 1999 (Ver Anexo 1) y los datos de intercepción de los estudios de Donaire (2002) e Ixmatá (2003).

**Cuadro 1.** Tasas de intercepción de los diferentes usos de suelo de la microcuenca El Zapotillo.

Uso de Suelo	Hectáreas	% de área	% de Intercepción
Ladera sin cultivo o guamil	16	9.72	
Bosque denso	11	6.5	** 32
Bosque ralo	34	20.31	* 27.7
árboles forestales			19-27
Café	61	36.64	* 44.9
Hortalizas	5	3.07	10
Granos Básicos	22	13.3	* 21.6
Pastizal	18	10.46	Ω 30-40
Total	190	100	<u>29.04</u>

\* Dato proporcionado por el estudio de Ixmatá (2003).

\*\* Dato proporcionado por el estudio de Donaire (2002).

Ω Dato proporcionado por el Dr. Vélez.

### Evapotranspiración (ET)

La evapotranspiración es una variable clave para el cálculo del balance de agua del suelo, para la detección de estrés hídrico, como también para los modelos de rendimiento de cultivos (INTA, sf).

La evapotranspiración se estimó con base en los datos de evaporación de la Pana tipo "A" de la estación meteorológica de Zamorano. La cual tiene una tasa de evaporación de 3.15 mm en los días más calientes del año. Debido a que la microcuenca el Zapotillo tiene elevaciones dos veces mayores que El Zamorano, se le redujo el 50% de la tasa de evaporación aplicada al Zapotillo. Estos datos deberán ser corroborados en los próximos estudios una vez que se instalen los instrumentos respectivos.

### Caudal

Según Chacón *et al.* (1993), el caudal es la cantidad de unidades de volumen de agua que pasan en un tiempo dado a través de un conducto natural o artificial. Para la medición de este parámetro se construyó un vertedero tipo "V-notch" en la salida de la microcuenca.

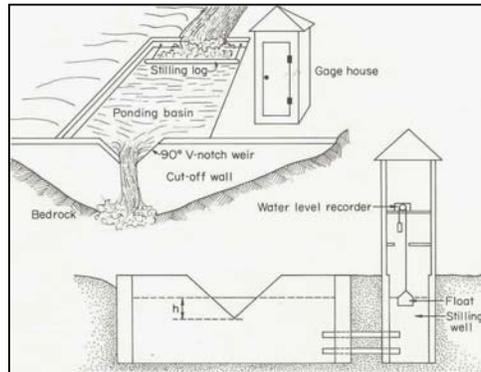
Para la selección del sitio de construcción se utilizaron los siguientes criterios:

- Punto de salida del área de la cuenca.
- Sección de cauce con poca pendiente.
- Cauce en línea recta (bancos laterales de la quebrada bien definidos).
- Que fácilmente se encuentre la base sólida o rocosa del cauce para que evite pérdida de agua por infiltración.

- Sitio de fácil acceso para el transporte de materiales y seguridad para las personas<sup>2</sup>.

El vertedero tiene las dimensiones de 1.6 mts, de ancho, 1.10 mts de largo, 0.5 mts de alto y un ángulo de 90°, tal como se ve en la figura 1.

**Figura 1.** Dibujo del tipo del vertedero tipo “V-Noch” que se construyó en la parte baja de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.



Fuente: Hewlett (1982)

Los cálculos de caudal se sacaron basándose en la fórmula:

$$Q = 1.34 h^{2.48} \quad [3]$$

Esta es la ecuación general para cualquier vertedero que tenga hasta 90°, el coeficiente C incluye todos los efectos debidos a la velocidad de aproximación hacia la lámina del vertedero y también incluye las unidades de medida (m<sup>3</sup>/s y/o f<sup>3</sup>/s). Si el caudal es medido en metros cúbicos por segundo y h en metros el valor del coeficiente C es 1.34. Si se usa pies cúbicos por segundo el coeficiente es 2.48. Los coeficientes para otros medidores de flujos están dados en los libros de hidráulica (Hewlett, 1982).

### Frecuencia de las mediciones.

Durante la estación seca la medición del caudal se realizó una vez por semana, mientras se construía la estación permanente (vertedero V-Notch); una vez construido el vertedero, se midió el caudal dos veces por día, una por la mañana y otra por la tarde. Los datos de campo se transcribieron a una tabla electrónica del programa de Excel para su posterior análisis, se realizó un análisis de varianza para ver como es la variación de los datos usando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System).

### Índice de escorrentía

<sup>2</sup> Caballero, L. (2003). Escuela Agrícola Panamericana. Comunicación personal.

Se calculó un índice de escorrentía para la cuenca con base en los datos de precipitación bruta y el de escorrentía o flujo superficial. El porcentaje de escorrentía se refiere a la proporción de agua que se pierde por escorrentía (flujos superficiales) con respecto al agua que cae como precipitación.

### **Análisis de suelo**

Se realizó un análisis de suelo para conocer los nutrientes extractables que se están perdiendo por erosión en la parte baja de la quebrada donde fue construido el vertedero. Se calculó la cantidad de sedimentos que está produciendo el acarreo del agua desde la parte alta en el vertedero, para ello se tomaron tres transeptos a lo largo de este de 0.75 centímetros cada uno, se midieron las profundidades de los sedimentos en dichos transeptos y se calculó un promedio de las profundidades, las cuales se les multiplicó por el ancho del segmento dos metros.

### **Infiltración**

La infiltración es el volumen de agua procedente de las precipitaciones que atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo y del subsuelo (Aguas Tenerife, sf).

Se calculó según la diferencia entre la precipitación que llega al suelo menos la cantidad de agua que sale del sistema por flujo superficial o escorrentía.

### **Análisis de la calidad del agua**

El concepto de calidad de agua está estrechamente asociado con un estado de referencia, calificado como idóneo para el desarrollo de la vida en el ecosistema acuático y como óptimo atendiendo a los criterios de aprovechamiento específicos en el marco de la relación hombre-naturaleza (IDEAM, 2000).

Las aguas superficiales pueden ser contaminadas por el vertido de ciertos efluentes cargados de sustancias orgánicas, en particular al atravesar las aglomeraciones. Estas sustancias, absorben el oxígeno disuelto del agua y provocan la destrucción de la vida animal y vegetal y promueven la formación de fermentaciones pútridas (Cauvin y Diddier, 1964). La contaminación de las fuentes de agua debida a plaguicidas ocurre por la descarga de los residuos industriales y sobrantes de agua del lavado de equipos, por su aplicación directa al agua, por el desplazamiento de plaguicidas arrastrados por la lluvia hacia los cauces y las aplicaciones cerca de ríos (IDEAM, 2000).

Los parámetros que se midieron fueron: dureza, turbidez, pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad eléctrica, nitratos y nitritos, los cuales fueron medidos durante los meses de septiembre- octubre en intervalos de 2 semanas.

Se recolectó una muestra de 2 litros de agua en cada estación y se colocó en las hieleras para tratar de no dañar las muestras recolectadas hasta llegar al laboratorio para su posterior análisis.

### **Descripción de los sitios de muestreo.**

La calidad del agua se analizó en diferentes sitios de la quebrada, los cuales se describen a continuación según el tipo de análisis realizado, los sitios se seleccionaron de la siguiente manera:

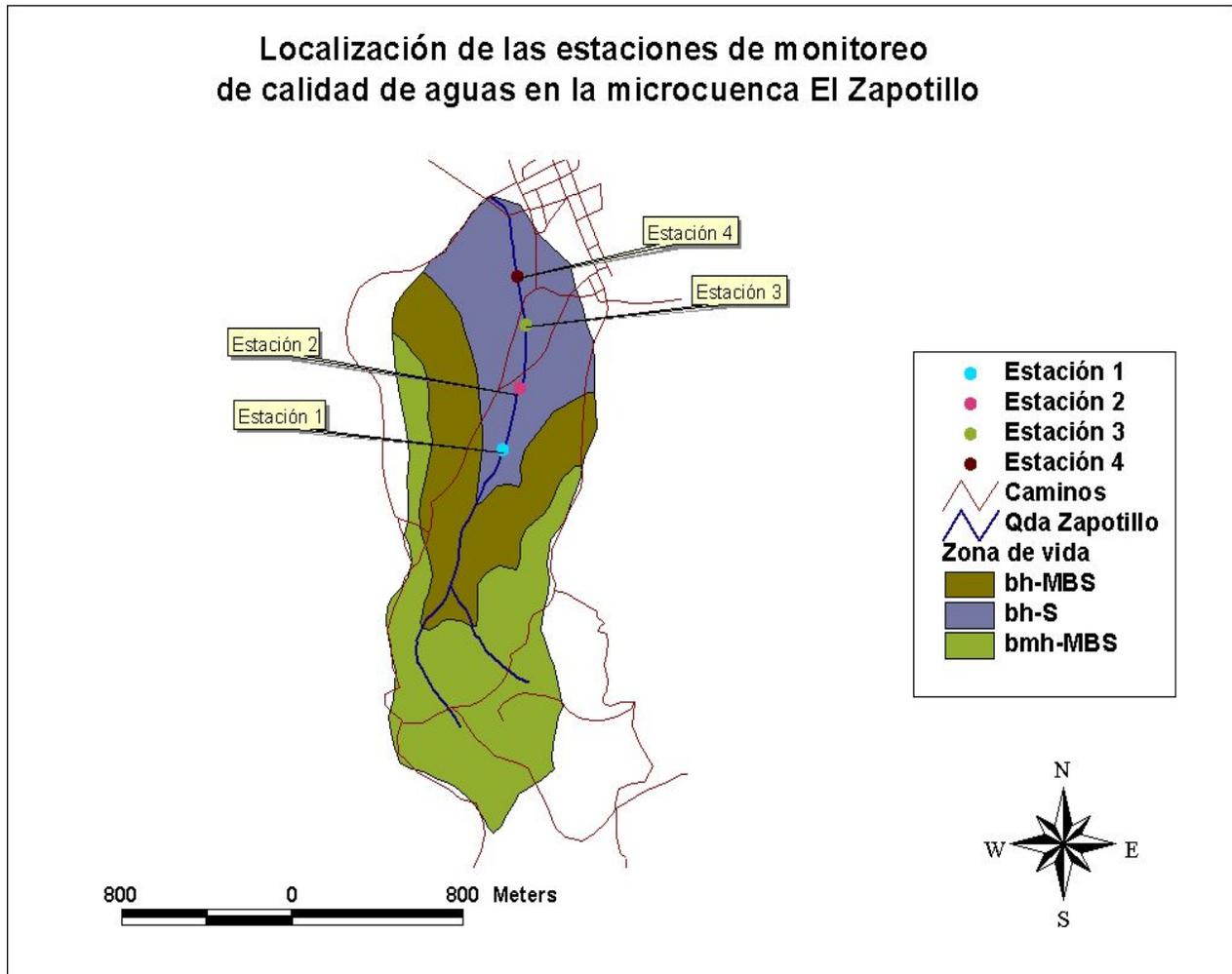
- **Análisis biológico:** Enfocado al estudio de especies macro invertebrados como indicadores de calidad de agua para ello se seleccionaron cuatro estaciones de monitoreo a lo largo de la quebrada El Zapotillo, dejando alrededor de 200 metros entre cada una, la primera en el vertedero y luego las tres restantes a cada 200 metros hacia arriba.
- **Análisis bacteriológico:** Se analizó en el lugar de construcción del vertedero durante la época de verano y durante la época de invierno se analizaron en los sitios donde se llevo a cabo el análisis biológico.
- **Análisis físico-químico:** Se realizaron tres muestreos en cada una de las cuatro estaciones donde se llevó a cabo el análisis biológico para poder determinar como las características del agua influyen en el hábitat biológico de la quebrada.

En cada punto se recogieron muestras de 2 L de agua e inmediatamente de su recolección se almacenaban en hieleras para su conservación y eran transportadas al laboratorio de aguas en Tegucigalpa CESCO.

### **Localización de muestreos biológicos del agua**

Los muestreos se realizaron en la quebrada El Zapotillo, para ello se tomó en cuenta los sitios de acuerdo a la facilidad de acceso, teniendo en cuenta también los sitios donde había impacto antropogénico (según el número de viviendas alrededor). Las estaciones se encuentran separadas alrededor de 20 metros entre sí siguiendo un transepto en línea recta tal y como se observa en el mapa 2.

**Mapa 2.** Localización de las estaciones de monitoreo de calidad de aguas en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.



### **Calidad bacteriológica del agua**

Para evaluar la calidad microbiológica del agua, se usan tres grupos de bacterias como indicadores de contaminación bacteriana: coliformes totales, coliformes fecales y coliformes streptococcos, los cuales no deben estar presentes en el agua (Vega, 2001). En este estudio se tomaron como indicadores del agua los dos primeros. Según la OPS (1995), en su norma para agua potable indica que no debe haber presencia de unidades formadoras de colonias por 100ml de muestra.

Las muestras de agua fueron analizadas en el laboratorio de calidad de agua de Zamorano y se utilizó los procedimientos establecidos para dicho parámetros.

### **Parámetros físico-químicos del agua**

Los parámetros de conductividad eléctrica, temperatura y oxígeno disuelto fueron medidos directamente en el campo con el medidor de oxígeno, temperatura y conductividad eléctrica modelo 50B de la marca YSI.

Los demás parámetros fueron analizados en el laboratorio de aguas en Tegucigalpa Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO).

### **Conductividad eléctrica**

Este parámetro se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica (Vega, 2001).

Según CESCCO (2003) el valor óptimo para el agua de consumo debe tener un valor de  $400\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### **Temperatura**

Según MacDonald *et al.* (1991), la temperatura es la cantidad de calor de energía radiante que hay en la atmósfera, en el agua o en la tierra, puede ser definida en términos de calor y trabajo.

Según la OPS (1995), el valor de temperatura recomendado para el agua potable debe fluctuar en un rango de  $15 - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Al igual que la conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto este parámetro fue medido con el oxigenómetro modelo 50B de la marca YSI.

### **Oxígeno disuelto**

Según Turk, *et al.* (1981), el oxígeno es un gas soluble y su concentración en el agua se mide en partes por millón o miligramos por litro. Este parámetro fue medido directamente en el campo. La medición de éste parámetro nos da una idea capacidad

del agua para soportar la vida acuática, valores por debajo de 4 mg/L afectan la vida acuática en los ríos.

## **pH**

La determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico, debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Un pH muy ácido o muy alcalino, puede ser indicio de una contaminación industrial. El valor del pH en el agua, es utilizado también cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante (Guillén *et al*, 1999).

El impacto directo de éste en la salud humana radica en que promueve la solubilidad de metales y afectan diversos métodos de tratamiento de agua que contribuyen a la remoción de virus, bacterias y otros organismos patógenos. El pH aceptable para el consumo humano fluctúa entre 5.0 y 9.0 (OPS, 1995).

## **Turbidez**

La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra y puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos.

Según la Universidad de Tamaulipas (1999), la turbidez es de importante consideración en las aguas para abastecimiento público por tres razones:

- Estética: cualquier turbiedad en el agua para beber, produce en el consumidor un rechazo inmediato y pocos deseos de ingerirla y utilizarla en sus alimentos.
- Filtrabilidad: la filtración del agua se vuelve más difícil y aumenta su costo al aumentar la turbidez.
- Desinfección: un valor alto de la turbidez, es una indicación de la probable presencia de materia orgánica y microorganismos que van a aumentar la cantidad de cloro u ozono que se utilizan para la desinfección de las aguas para abastecimiento de agua potable (Universidad de Tamaulipas, 1999).

La turbidez se mide en término de unidades nefelométricas, para el agua potable este debe estar en un rango de 1 – 5 UNT (OPS, 1995).

## **Dureza**

La dureza es una característica del agua la cual se refiere a la cantidad de nitratos de calcio y magnesio, carbonatos, cloruros, bicarbonatos disueltos en el agua. Estos minerales tienen su origen en las formaciones rocosas calcáreas, y pueden ser encontrados, en mayor o menor grado, en la mayoría de las aguas naturales. (Vega, 2001). Según la OPS (1999), el valor recomendado para el agua potable es de no mayor de 300 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

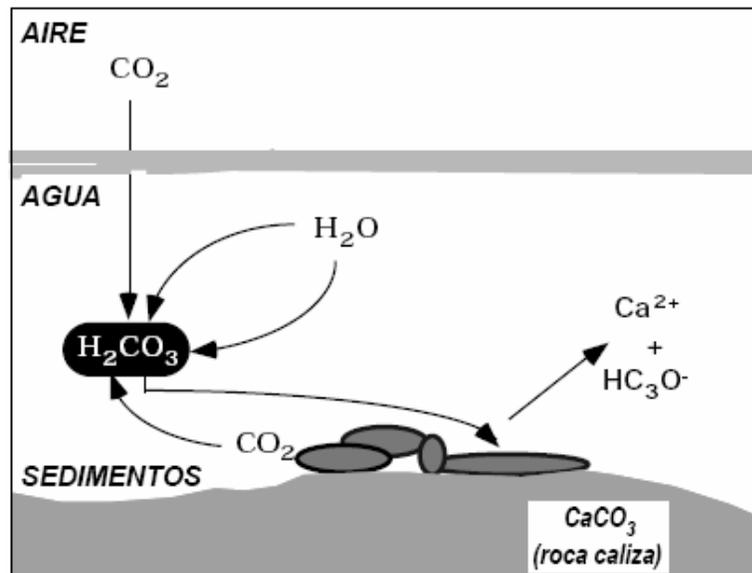
Para aguas de consumo humano altos niveles de dureza son indeseables ya que hacen al agua no apta. Las industrias de bebidas, lavanderías, pertenecen valores superiores a 300 mg/L (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Determinación de niveles de dureza en términos de ppm de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

Dureza como $\text{CaCO}_3$	Interpretación
0-75	agua suave
75-150	agua poco dura
150-300	agua dura
> 300	agua muy dura

Es importante señalar que el origen de carbonatos y bicarbonatos en agua dulce proceden generalmente del desgaste y disolución de rocas en la cuenca que contienen carbonatos tales como la piedra caliza (Figura 1). A pesar de que la piedra caliza no es muy soluble en agua pura, su disolución es promovida por la presencia de  $\text{CO}_2$  disuelto en el agua ( $\text{CO}_2$  atmosférico o  $\text{CO}_2$  generado en sedimentos ricos en materia orgánica).

**Figura 2.** Origen de bicarbonato y carbonato en agua dulce.



**Fuente:** Parámetros físico-químicos: Alcalinidad. HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK (sf).

### Nitratos y nitritos.

Las aguas potables deben tener bajas concentraciones de nitratos y nitritos, ya que estos absorbidos en dosis demasiado elevadas pueden ser origen de ciertas enfermedades infantiles tal como la cianosis. El aumento en el porcentaje de los nitratos y nitritos puede ser ocasionado por una contaminación de origen fecal (Cauvin y Diddier, 1964).

Medir los niveles de nitrato en el agua es un paso muy importante a la hora de determinar la calidad del agua. El nitrógeno está presente en el agua de muchas maneras, dos de las cuales son nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ). De estas dos, la primera suele ser la más importante. Los nitritos se pueden encontrar en aguas subtóxicas. Los nitratos son un nutriente esencial para el crecimiento de las algas y de otras plantas acuáticas, y pueden encontrarse en niveles muy grandes, debido a los aportes que proceden de una variedad de fuentes. Es muy difícil medir el nitrato directamente, así que se lo reduce a nitrito y la concentración de nitritos que resulta de aquí es lo que se mide. Esta medición nos da la concentración combinada de nitrito (si la hubiera), así como las concentraciones de nitratos. Dado que estamos interesados en la medición de nitratos, los antecedentes de niveles de nitritos también deberán medirse. Las mediciones de nitratos se reportarán como nitrógeno del nitrato (mg/l), mientras que las de nitritos serán reportadas como nitrógeno del nitrito (mg/l) (GLOBE, 1997).

### **Indicadores biológicos del agua**

Se considera que un medio acuático tiene una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que le son propias (Alba-Tercedor, 1996).

### **Macroinvertebrados acuáticos.**

Los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista y por lo tanto tienen tamaño superiores a los 0.5 mm de longitud. Dentro de ellos están: Poríferos, Hidrozoos, Turbelarios, Oligoquetos, Hirudineos, Insectos, Arácnidos, Crustáceos, Gasteropodos y Bivalbos y otros grupos similares se toman en cuenta.). Estos organismos viven en lagos y ríos enterrados en el fondo sobre rocas y troncos sumergidos, adheridos a vegetación flotante o enraizada, algunos nadan libremente dentro del agua o sobre la superficie (Roldán, 1998).

A fin de conocer el estado del agua utilizando estos organismos como indicadores se realizaron muestreos en cuatro estaciones de la quebrada El Zapotillo, con lo cual se desarrolló una línea base de macroinvertebrados presentes. Los muestreos fueron realizados en el mes de septiembre del 2003 a manera de conocer únicamente la fauna existente en la quebrada.

### **¿Por qué utilizar macroinvertebrados como indicadores biológicos del agua?**

La utilidad de dichos organismos se basa en que ocupan un hábitat a cuyas exigencias ambientales están adaptados, así especies que habitan un medio dado se encuentran acoplados a esas condiciones y cualquier cambio en él se reflejará por lo tanto en la estructura de sus comunidades (García, 2000).

Según Hellowell (1986) las razones fundamentales por las cuales se escoge este tipo de indicador, radica en el tamaño que es relativamente grande (visibles a simple vista), por lo que su muestreo no es difícil y existen técnicas de muestreo muy estandarizadas que no requieren equipos costosos, además presentan ciclos de desarrollo lo suficientemente largos que les hace perdurar en el agua el tiempo suficiente para detectar cualquier cambio, y la diversidad que presentan es tal que existe un infinito grado de tolerancia a diferentes parámetros de contaminación.

Cuando estos organismos llegan a una fuente contaminante las especies tienen como alternativa, sobrevivir o morir. La desaparición de las especies crea pérdida en los eslabones tróficos que ocasiona el incremento en número de algunas poblaciones, que conlleva en último a una disminución de la riqueza específica y al aumento de las que se han adaptado (Roldán, 1992).

### **Clasificación de Macroinvertebrados.**

Vannote et al. (1980), Cummins y Klug (1979), Anderson y Sedell (1979) clasificaron a estos organismos según su tipo de alimento, morfología y comportamiento en cuatro grupos:

- **Colectores:** Se subdividen en dos: organismos que poseen un aparato bucal especializado para atrapar las partículas de materia orgánica directamente de la corriente o con redes que ellos mismos tejen y organismos que toman las partículas de materia orgánica de los depósitos de sedimentos;
- **Raspadores:** Atrapan algas y otros materiales adheridos a hojas, rocas y troncos;
- **Fragmentadores:** Disgregan las partículas grandes y las convierten en finas en asociación con el metabolismo de bacterias y hongos;
- **Predadores:** Cazán activamente a sus presas y completan la transformación engullendo porciones u otros organismos.

### **Descripción de las órdenes encontradas.**

**Trichoptera:** Según Roldán (1998) la mayoría de los tricópteros viven en aguas con corrientes limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal; algunas especiales viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas. Una de sus principales características es la capacidad que tienen para hacer casas o refugios, de diferentes formas propias de cada especie. Son buenos indicadores de aguas oligotróficas. Son cosmopolitas.

**Coleóptera:** La mayoría de los coleópteros acuáticos viven en aguas continentales lólicas y lénticas. En las zonas lólicas los sustratos más representativos son troncos, hojas en descomposición, gravas, piedra, etc. En las zonas lénticas se encuentran principalmente en las zonas ribereñas, ya sea en la superficie o vegetación. Algunas familias como por ejemplo, Gyrinidae, Hydrophilidae y Halipidae es común encontrarlos en zonas con valores de temperatura, conductividad eléctrica, y dióxido de carbono por encima de lo normal, son cosmopolitas. La mayor diversidad de especies y géneros se encuentra en las zonas tropicales (Roldán, 1998).

**Decápoda:** Los crustáceos se han adaptado a una gran variedad de hábitats y modos de vida, son importantes en la cadena alimentaria, en parte porque muchos se alimentan de plantas y animales pequeños. Otros filtran partículas de comida del agua, los crustáceos de mayor tamaño como el camarón, los cangrejos son depredadores, omnívoros. A su vez son alimento de otros muchos animales, incluidos el ser humano, son ricos en proteína (Planeta Animal, *sf*).

**Odonata:** Según Roldán (1998) odonatos viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundos; por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente, las larvas son generalmente depredadoras, para lo cual juega un papel importante su aguda visión. Viven en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas.

**Hemíptera:** Viven en remansos de ríos y quebradas; poco resisten las corrientes rápidas. Son frecuentes en lagos, ciénagas y pantanos. Algunas especies resisten cierto grado de salinidad y las temperaturas de aguas termales. Son depredadores de insectos acuáticos y terrestres (Roldán 1998). Son cosmopolitas y se conocen cerca de 3000 especies alrededor del mundo.

**Ephemeroptera:** Según Roldán (1998) viven por lo general en aguas con corrientes limpias y bien oxigenadas, solo que algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. Deben su nombre debido a su corta o “efímera” vida que tienen en estado adulto, algunos pueden vivir hasta cinco minutos. Sus ninfas son herbívoras, en general son considerados como buenos indicadores de calidad del agua. Las ninfas se alimentan de algas y tejidos de plantas acuáticas, constituyen una parte importante en la dieta alimenticia de los peces.

**Díptera:** Su hábitat es muy diverso; se pueden encontrar desde ríos, arroyos, quebradas, lagos a todas las profundidades, depósitos de agua y en orificios de troncos viejos y hasta en las costas marinas. Existen familias representantes de aguas muy limpias como Simuliidae, o contaminadas como Tipulidae y Chironomidae. Su alimentación es muy variada hay algunos que son carnívoros entre tanto otros son herbívoros, son cosmopolitas (Roldán, 1998).

**Plecóptera:** Son indicadoras de aguas muy limpias y oligotróficas, sus ninfas viven en aguas rápidas y bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Son prácticamente cosmopolitas (Roldán, 1998).

### **Caracterización de las estaciones de monitoreo**

En el cuadro 3 se describen las estaciones en las cuales se realizaron los muestreos, todas ellas están dentro de la Zona de vida Bosque Húmedo Subtropical

**Cuadro 3.** Descripción de las estaciones de muestreo de calidad de aguas en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

<b>Estación</b>	<b>Altura msnm</b>	<b>Uso de la tierra</b>
Cerca de la casa del Señor Bivlin Andino (Estación 1) $\omega$	1380	Bosque de galería
Cerca de la casa del Sr. Víctor (Estación 2) $\omega$	1360	Bosque de galería
Después del vertedero “V-notch”(Estación 3) $\sigma$	1340	Actividades agrosilvopastoriles (cultivo de café)
Después del puente (Estación 4) $\Omega$ .	1320	Vegetación silvestre y construcción de caminos

$\omega$  Parte media alta

$\sigma$  Parte media baja

$\Omega$  Parte baja

### **Método de Muestreo**

Las muestras que se colectaron consistieron de piedra, arena y hojarasca. Seguidamente se utilizó una red manual acuática (25cmx40cm) para colectar los organismos, luego fueron colocados en tarros con 10 ml de formalina para su conservación al momento de ser transportados al laboratorio. Se separaron los macroinvertebrados de cada estación en los tarros debidamente rotulados.

Una vez separados se colocaron los organismos en bandejas para poder ser clasificados con ayuda de un estereoscopio y la guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía.

### **Análisis de las muestras biológicas**

Para describir la distribución temporal de la comunidad se calculó la abundancia relativa de los organismos a nivel de orden y familia. Para efectuar comparaciones entre la estructura de las diferentes estaciones en los diferentes puntos de muestreo se utilizaron los siguientes índices:

- Diversidad de Shannon-Weaver
- Dominancia de Simpson (Simpson 1949)
- Riqueza numérica de taxa (a nivel de orden, familia y género).

Estos índices se calcularon utilizando el nivel de identificación de familia y el último se calculó empleando el nivel de orden y familia. Con los valores obtenidos se realizaron curvas de riqueza, dominancia y abundancia (García, 1999).

La riqueza representa el número de individuos de cierta especie presentes en un área de interés.  $R_h \geq 1$ ; es 1 cuando el área de interés contiene solamente un tipo de especie natural (no hay diversidad) y se incrementa a medida que aumenta el número de individuos (Instituto Alexander Von Humboldt, 2002).

El índice de diversidad de Shannon-Weaver, representa la abundancia proporcional de cada tipo de organismo dentro de un área de interés. Es una medida ampliamente usada para medir la diversidad de las comunidades ecológicas y organismos vivos. El SDI  $\geq 0$ ; es 0 cuando la estación o sitio contiene solamente un tipo de familia (no hay diversidad) SDI ( $H'$ ) se incrementa a medida que aumenta el número de familias de diferentes especies.

$$H' = -\sum p_i \log p_i \quad [4]$$

Donde  $p_i = \frac{n_i}{N}$

El índice de dominancia de Simpson expresa la probabilidad compuesta de que dos individuos extraídos al azar de una comunidad pertenecen a la misma especie. Si dicha probabilidad es alta la comunidad es poco diversa.

$$D_s = 1 - \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad [5]$$

$n_i$  = el número de individuos de la especie

$N$  = el número total de total de individuos de todas las especies.

### **Evaluación biológica con el método BMWP.**

Adicional a los índices anteriores se utilizó otro índice “Biological Monitoring Working Party (BMWP)” para macroinvertebrados adaptado para España (Alba Tercedor y Sánchez Ortega, 1988) el cual da una buena aproximación sobre el estado ecológico de las aguas de ríos y quebradas. Según Alba-Tercedor y Ortega Sánchez (1988) se le ha asignado un valor determinado a cada familia el cual está descrito en los anexo 10 y 11. Este método asigna valores que oscilan entre 10 y 1, en el cual 10 indica familias indicadoras de buena calidad de agua, y 1 presencia de familias que indican mala calidad de agua.

## **Estudio de demanda y oferta del agua**

Para poder establecer las relaciones entre los usuarios del agua de la cuenca, es importante tomar en cuenta los posibles impactos de los usos de la tierra tanto sobre el régimen hidrológico (disponibilidad de agua) así como sobre la calidad del agua (Kiersch, 2000).

La demanda de agua de la quebrada El Zapotillo se determinó por medio de una encuesta en el Barrio La Reforma, el cual es el principal favorecido por el agua de la quebrada El Zapotillo. Esta se hizo para conocer la percepción que tienen los usuarios sobre la cantidad y calidad de agua que consumen. Esto sirvió para estimar la demanda de los barrios La Reforma, Arriba y el sector de la Crucita, haciendo un total de 475 personas beneficiarias en 120 viviendas (Ver anexo 13).

Para la realización de las encuestas se escogió una muestra de 20 personas de este lugar, las encuestas fueron realizadas en la época de verano ahí mismo se midió el caudal de las mangueras dentro de cada una de las casas para poder determinar la cantidad de agua que reciben y cuales son los principales usos que le dan, a la vez se encuestó a los productores que tienen áreas bajo riego (Ver anexo 14).

Para calcular la demanda por uso doméstico se tomó en cuenta la cantidad de agua que es destinada para preparación de alimentos, lavado de vegetales y para beber, según el estudio que realizó Cartagena (2001), en el cual compara la cantidad de agua que se necesita por casa para los usos mencionados anteriormente, determinando un promedio de 11.35 litros por casa para la preparación de alimentos, 4.5 litros en promedio para el lavado de las frutas y vegetales y un promedio de 5.07 litros de agua para beber ( Ver anexo 13).

Se realizó un levantamiento de campo en la parte baja de la microcuenca con el GPS a fin de conocer el área de las parcelas que están bajo riego y de esta manera establecer la cantidad de agua que utilizan en el periodo de verano para regar sus cultivos. Además se midió el caudal de la caja recolectora, la cual está ubicada en la parte baja de la microcuenca antes de la construcción del vertedero, al cual se le sumó el caudal del vertedero más el caudal de las mangueras, para estimar la cantidad total de agua que se produce en la microcuenca.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Componentes de medición del balance hídrico.

A continuación se presenta y analiza los resultados obtenidos en la medición del balance hídrico.

#### Precipitación bruta

Se observó que la distribución de las lluvias no es uniforme a lo largo del año (Cuadro 4). El mayor promedio de precipitación en la microcuenca fue el mes de junio con 380.7 milímetros, lo cual coincide con el estudio realizado anteriormente por Donaire (2002), después hay una baja en los meses de julio y agosto lo que corresponde al período de canícula de la microcuenca (Medina, 2001), y luego sube a 201 mm en el mes de septiembre.

Debido a que los datos tomados en la parte baja no fueron congruentes comparados a los otros datos se decidió no tomarlo en cuenta para el cálculo de los promedios (Ver anexo 5).

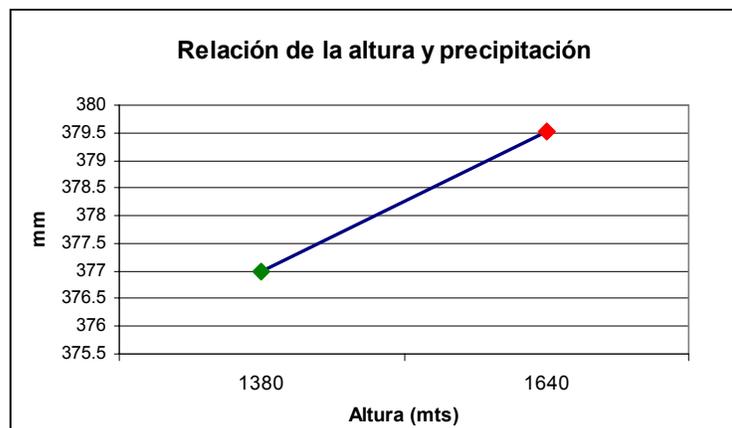
**Cuadro 4.** Precipitación promedio en milímetros de lluvia para cada uno de los pluviómetros colocados en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Mes	Ppt parte alta (1640m)	Ppt parte Media (1380m)	Ppt parte baja	Promedio
Mayo	274	306	106	228
Junio	380	377	779	378
Julio	112	102	45	107
Agosto	114	107	68	111
Septiembre	216	186	152	201
Octubre	**67	*185	*179	182

\*Datos tomados hasta el 28 de octubre de 2003.

\*\*Datos tomados hasta el 8 de octubre de 2003.

En la grafica 1 se puede observar la relación que existe entre la altura (metros sobre el nivel del mar) donde están ubicados los pluviómetros y la precipitación medida, se ve claramente que la parte alta tiende a acumular mayor precipitación que la parte baja.



**Gráfica 1.** Relación de la precipitación y la altura de los pluviómetros colocados en la parte alta (1640 m) y media-baja (1380 m) de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Se obtuvo un total de 90 eventos de precipitación para las mediciones que tomó el pluviómetro digital, los cuales se agruparon de acuerdo a la intensidad de lluvias en rangos de 5 milímetros por hora, según la frecuencia de las precipitaciones. Se observó un total 59 eventos para los rangos cortos de intensidad de 0-5.9 mm/h, cuyo tiempo de retorno resultó de 1.7 días (Cuadro 5).

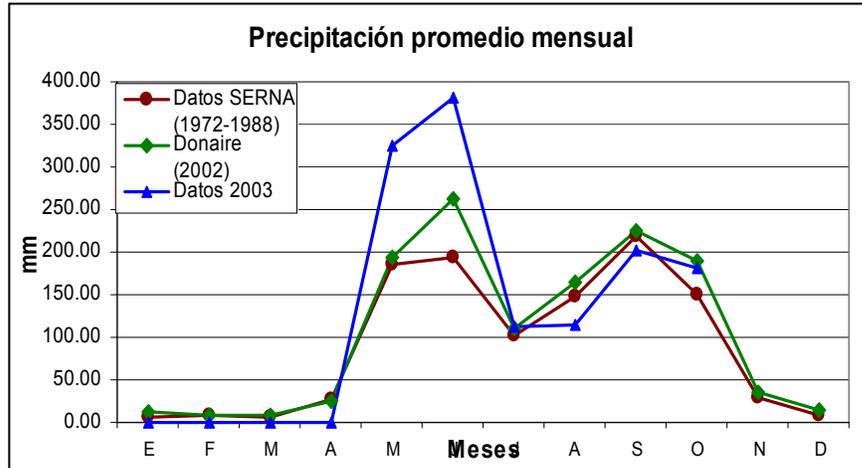
Se registró un evento de 44.1 mm/hora en la fecha del 27 de mayo con la mayor intensidad registrada, en cuya tormenta cayeron un total de 40 milímetros en un periodo de 0.91 horas, el cual tiene un tiempo de retorno de 91 días con una probabilidad de ocurrencia del 1.1%.

**Cuadro 5.** Rangos de intensidad para las precipitaciones del periodo lluvioso 2003 en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Rango de intensidad (mm/h)	No. precipitaciones	Tr (días)	P (%)
0 - 5	54	1.7	59.3
5--10	18	5.1	19.8
10--15	7	13	7.7
15--20	3	30	3.3
20--25	3	30.3	3.3
25--30	2	45.5	2.2
30--35	2	45.5	2.2
35--45	1	91	1.1
<b>Total de eventos</b>	<b>90</b>		

En la gráfica 2 se puede observar como ha sido la variación de la precipitación promedio desde los registros de 1972 al 2003.

Según los registros pluviométricos que se tienen desde 1972 hasta el 1988 por la Dirección General de Recursos Hídricos de Honduras para el municipio de Güinope se registra un promedio de 1020 milímetros, pero en los datos tomados en el periodo lluvioso de este año el promedio de precipitación fue de 1261 milímetros (Ver Anexo 5).



**Grafica 2.** Distribución de la precipitación promedio en el periodo lluvioso 2002-2003 y su relación con los promedios de 16 años (1972-1988) de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

### Escorrentía (caudal)

La microcuenca El Zapotillo mantiene un caudal permanente, es por ello que en los meses de marzo y abril, aunque no llueva se obtiene un flujo que corresponde al flujo base, éste es producto del flujo de las aguas subterráneas que almacena la microcuenca durante los periodos de precipitación. De ahí la importancia de mantener un manejo adecuado de los suelos y cobertura para garantizar el proceso de infiltración<sup>3</sup>.

El promedio de caudal base para abril que representa el fin del periodo seco es de 4.68 L/seg (404 m<sup>3</sup>/ día). Esto quiere decir que la microcuenca produce en las condiciones actuales de época seca (noviembre-abril) 147,460 m<sup>3</sup> de agua al año, basado únicamente en el caudal base, el cual siendo bien utilizado puede satisfacer la demanda de agua para los 475 beneficiarios, previo tratamiento bacteriológico.

<sup>3</sup> Caballero, L. (2003). Escuela Agrícola Panamericana. Comunicación personal

De los meses en estudio, junio presentó el mayor flujo superficial con  $170,770 \text{ m}^3$ , lo que coincide con los datos de precipitación mostrados en el cuadro 9, en donde presentó una precipitación promedio de 378 mm y el mes de marzo es el que presenta menor flujo de escorrentía ( $12,538 \text{ m}^3$ ) por la ausencia de lluvias (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Caudal del vertedero de la quebrada El Zapotillo, Güinope, El Paraíso en periodo de medición marzo-octubre de 2003.

Meses	Promedio diario L/s	Total diario L	Total mensual $\text{m}^3$
Marzo	4.7	404,460	12,538
Abril	5	429,003	12,870
Mayo	9.6	830,154	25,735
Junio	66	5,692,331	170,770
Julio	10	1,677,746	26,844
Agosto	7.1	612,678	18,993
Septiembre	15.5	1,338,100	40,143
Octubre	* 26.1	* 2,259,446	* 63,265

\* Datos tomados hasta el 28 de octubre 2003

Los datos del cuadro 10 representan el caudal en la salida de la microcuenca y medidos en el vertedero. Para estimar el caudal total de agua que produce la microcuenca se han de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- El caudal promedio de las mangueras que recogen agua para riego en los meses de verano (noviembre-abril), ya que en invierno no se riega, las cuales están ubicadas a lo largo de la quebrada antes del sitio de referencia donde se encuentra el vertedero “V-Notch”.
- El caudal de la toma de agua la cual distribuye el agua en toda la comunidad.

En las figura 3 se puede observar el sitio donde fue construido el vertedero en la parte baja de la quebrada El Zapotillo y en la figura 4 el vertedero “V-Notch” ya construido.



Fig. 3: Sitio antes de la construcción del vertedero.



Fig 4: Vertedero “V-notch” en funcionamiento.

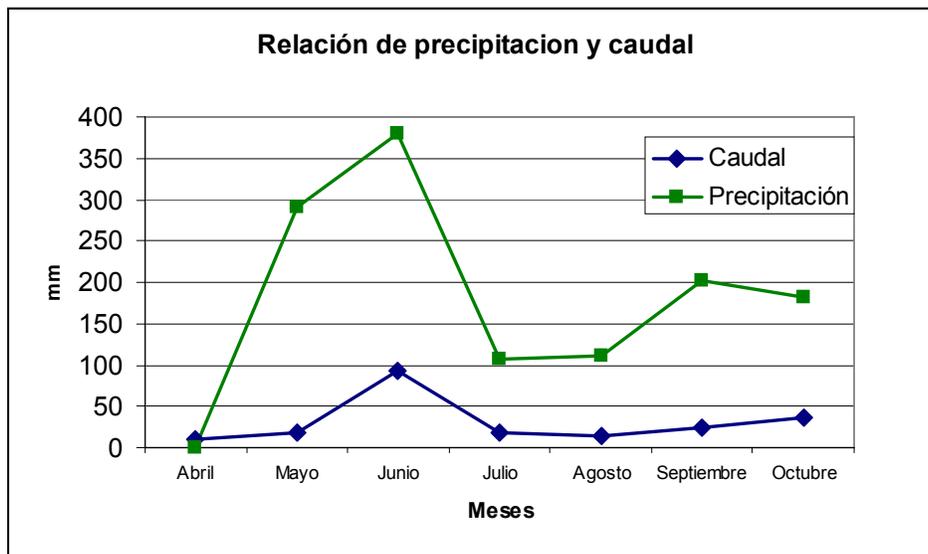
En el análisis de varianza de los flujos se encontró que el mes más variable fue junio, pues como muestra el cuadro 7 los valores mínimo y máximo oscilan entre los 4.4 a 387 litros por segundo, además este resultado se relaciona directamente con la variabilidad de la precipitación del mismo mes, el cual presenta un valor mínimo de 0 mm y un valor máximo de 58 mm de lluvia. El mes que tiene la menor variación es abril seguido de agosto, debido a que estos meses no hubo incidencia de lluvias o si hubo fueron mínimas.

**Cuadro 7.** Resultado del análisis de varianza para el caudal del vertedero medido en el periodo abril-octubre de 2003 en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Mes	Media L/seg	Desviación estándar	Coefficiente Variación	Valor mínimo L/seg	Valor máximo L/seg
Abril	5	0.35	7.13	4.40	6.5
Mayo	9.6	4.53	51.18	5.30	21
Junio	67	85.11	<u>127.81</u>	4.44	387
Julio	10.3	7.58	73.24	4.44	40.06
Agosto	7	1.67	23.98	4.44	13.
Septiembre	15	12.43	84.1	5.62	62
Octubre	$\alpha$ 26.1	13.98	53.46	9.36	66

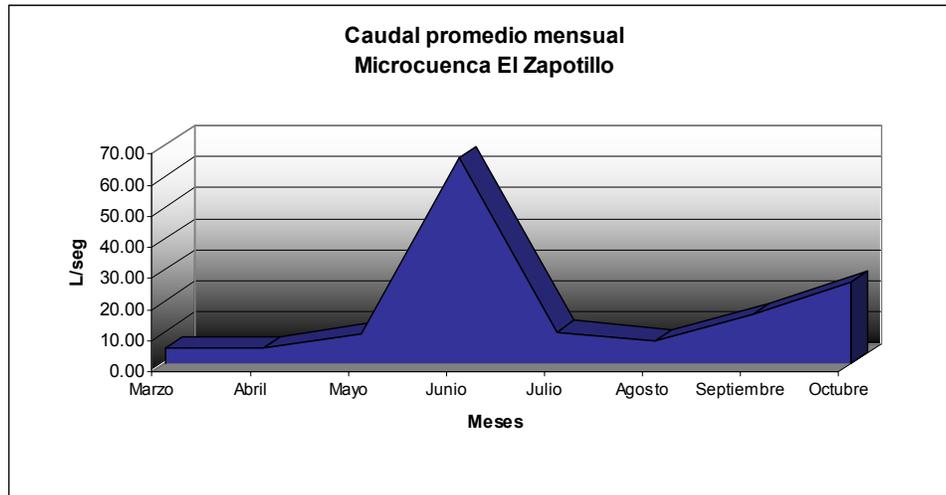
$\alpha$  Datos tomados hasta el 28 de octubre de 2003.

La gráfica 3 muestra la relación entre la precipitación y el caudal, se observa que a medida aumentan las lluvias aumenta el caudal.



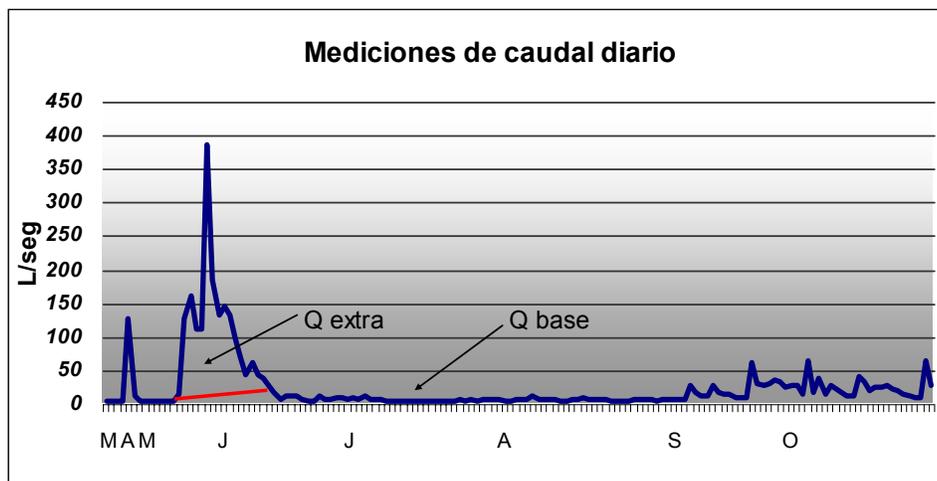
**Grafica 3.** Relación de la precipitación y caudal para el periodo lluvioso 2003 de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

En el hidrograma de la quebrada El Zapotillo se observa como varía el caudal promedio mensual en litros por segundo en los meses de marzo-octubre, teniendo los mayores flujos en los meses de mayo y junio (Gráfica 4).



**Gráfica 4.** Hidrograma del caudal promedio mensual de marzo-octubre de 2003 en litros por segundo de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

En la gráfica 5 se aprecia todas las mediciones de caudal que se hicieron diariamente en el vertedero, se presentan dos subidas, una en el mes de mayo y otra en junio. Los flujos se mantienen constantes en los meses de julio y agosto y a principios de septiembre vuelven a aumentar ligeramente (Ver anexo 4).



**Gráfica 5.** Mediciones de caudales diarios en el vertedero "V-Notch" desde el 10 junio hasta el 28 de octubre de 2003 en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

## Cálculo del balance hídrico

Aunque algunos parámetros del balance hídrico no han sido medidos directamente en la microcuenca, se ha usado información primaria del estudio de Ixmatá (2003) e información secundaria proveniente de Donaire (2002).

Los meses que mostraron mayor precipitación en el balance fueron mayo y junio, como se explicó anteriormente, el mes de junio fue el que presentó la mayor precipitación (378 mm), fue el que tuvo la mayor escorrentía (94 mm). El mes de mayo presenta el menor índice de escorrentía (6%) y el mayor índice de infiltración (88%), debido a que en este mes es cuando comienzan las lluvias en el municipio de Güinope, por lo que el suelo tiene una mayor capacidad de retención de agua, puesto que ha estado en un periodo de pocas lluvias.

Se observó que el índice de infiltración resultó tener los menores valores en los meses de julio y agosto, pues las lluvias en estos meses fueron las mínimas, además que la capacidad de retención de humedad del suelo va disminuyendo a medida éste se va saturando de agua. Después en los meses de septiembre y octubre al aumentar de nuevo las lluvias sucede el mismo comportamiento, el índice de infiltración crece en septiembre (72%) y baja en octubre (51%) (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Balance hídrico expresado en milímetros para la microcuenca El Zapotillo, Güinope; El Paraíso en el periodo lluvioso en los meses de mayo-octubre 2003.

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
<b>Ppt bruta</b>	290.0	378.0	106.8	110.5	201.1	*182.0
<b>%</b>						
<b>Intercepción</b>	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
<b>Intercepción</b>	91.1	118.7	33.5	34.7	63.2	57.2
<b>Ppt neta</b>	198.9	259.3	73.2	75.8	137.9	124.8
<b>EVT</b>	49	49	49	49	49	49
<b>Ppt efectiva</b>	150.1	210.4	24.4	27.0	89.1	76.0
<b>Escorrentía</b>						
<b>Q</b>	17.5	93.7	18.1	13.9	24.9	*37.2
<b>% Q</b>	0.06	0.25	0.17	0.13	0.12	0.20
<b>Infiltración</b>	132.6	116.8	6.2	13.0	64.1	38.8
<b>% de</b>						
<b>infiltración</b>	0.88	0.55	0.26	0.48	0.72	0.51

\*Datos tomados hasta el 28 de octubre

### Análisis de suelo

En los análisis realizados a los sedimentos, se encontró que el pH de la muestra de suelo está dentro de los rangos para suelos normales, por lo que se puede considerar que el suelo de la microcuenca tiene un buen nivel de pH. La materia orgánica que se pierde constituye alrededor de un 4.02%, éste valor está en los rangos adecuados de contenido de materia orgánica para suelos normales, mientras que el N y P presentan pérdidas que representan sus niveles esperados en los suelos normales.

Por otro lado la pérdida de K, Ca, Mg están por encima de los rangos normales de suelo, se puede deducir que existe un sobre-utilización de fertilizantes, ya que no se realizan análisis de suelo antes de hacer la siembra y hacen aplicaciones incorrectas a los cultivos, por lo que se tienen dosis elevadas de estos nutrientes.

Estos resultados indican que se están perdiendo nutriente valiosos que mantienen la fertilidad en los suelos de la microcuenca, de importancia para los pequeños productores (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Resultados del análisis de suelo que reportan los nutrientes extractables que se pierden en la microcuenca El Zapotillo por erosión.

	Nutrientes extractables de suelo						
		%	%	ppm			
	pH	MO	N total	P	K	Ca	Mg
<b>Parte Baja</b>	6.89	4.02	0.2	9	334	1990	490
<b>Rangos Normales</b>	6 - 6.8	3.00- 4.00	0.2 - 0.5	13 - 20	98 - 195	800 - 1200	180 - 250

Del cálculo de sedimentos, se obtuvo una pérdida total de 1.91 m<sup>3</sup> de sedimentos acumulados en el vertedero, debido al acarreo que traen consigo las lluvias y que las aguas arrastran desde la parte alta de la microcuenca (Cuadro 10).

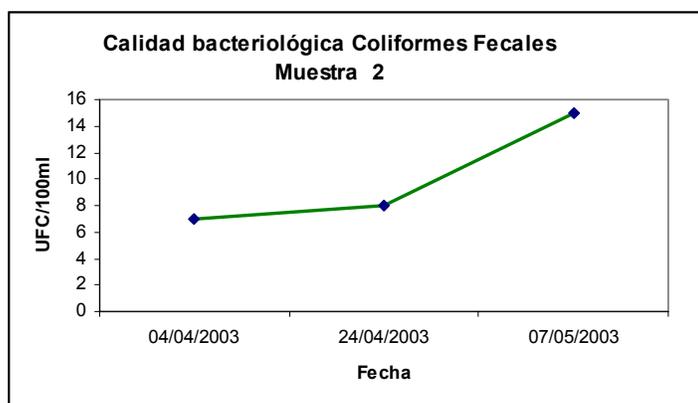
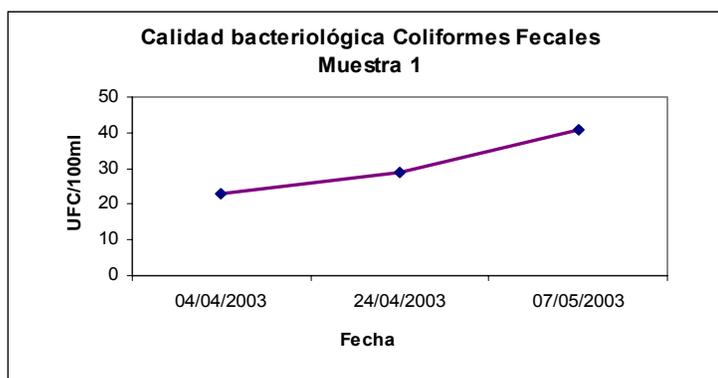
**Cuadro 10.** Cantidad de sedimentos que se acumulan en la parte baja de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras.

Distancia	Profundidad en cm	Profundidad en cm	Profundidad en cm	Promedio en cm	cm3	m3
0 - 75	38	34	38	36.7	550000	0.55
75-150	44	33	39	38.7	580000	0.58
150-225	34	26	35	31.7	475000	0.475
225-300	18	21	17	18.7	280000	0.28
300-310	9	12	10	10.3	20667	0.02
<b>Total</b>					<b>1905667</b>	<b>1.91</b>

## Análisis de la calidad del agua

### Análisis bacteriológicos

Según los resultados obtenidos en los análisis se puede observar que la cantidad de bacterias coliformes y fecales va en aumento a medida que se originan las lluvias en la microcuenca, debido al acarreo de sedimentos u otro tipo de sólidos que vienen desde la parte alta de la microcuenca. Los coliformes totales salieron en todos los resultados como incontables (Gráfica 6).



**Gráfica 6.** Resultados de los análisis bacteriológicos en dos muestras de agua realizados en la parte baja de la quebrada El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

En los resultados de los análisis bacteriológicos realizados en las estaciones de monitoreo muestran que las aguas si tienen presencia de coliformes fecales y totales, por lo que hace el agua no apta para consumo humano (Cuadro 11).

Las concentraciones están dentro de la categoría A, donde el agua puede ser destinada para riego, sin embargo no puede ser usada para vegetales que se consumen crudos (Hasta 1000 UFC Categoría A, Hasta 2000 UFC Categoría B), lo que indica que el agua debe ser tratada convencionalmente antes de ser empleada en el consumo humano (CAPRE, 2003).

Pueden ser usadas para la preservación de la flora y fauna (Hasta 5000 UFC) (CAPRE, 2003).

Para algunos organismos esto puede resultar beneficioso, ya que algunos se alimentan de desechos orgánicos como por ejemplo algunas familias de coleóptero.

**Cuadro 11.** Resultados de los análisis bacteriológicos realizados en las estaciones de monitoreo de la quebrada El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Fecha	UFC/100ml	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
26/08/2003	Coliformes Fecales	0	0	4	13
	Coliformes Totales	122	284	incontables	Incontables
02/09/2003	Coliformes Fecales	0	0	8	17
	Coliformes Totales	135	301	incontables	Incontables
17/09/2003	Coliformes Fecales	0	0	11	19
	Coliformes Totales	187	310	incontables	Incontables
07/10/2003	Coliformes Fecales	0	5	17	22
	Coliformes Totales	incontables	incontables	incontables	incontables

### **Análisis físico-químicos**

Dentro de los parámetros analizados los más altos resultaron ser la turbidez (29 UNT) y la conductividad eléctrica (108  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) encontrados en la estación 4 (Cuadro 12).

Los rangos promedio de conductividad eléctrica dentro de las estaciones oscilaron entre 95.23  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (estación 1) y 108  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (estación 4). Posiblemente el mayor valor encontrado, sea debido al incremento de vertimientos domésticos y a los procesos erosivos del cauce que traen consigo materiales de origen geológico que aumentan paulatinamente hacia las zonas bajas (Roldán P. 1992), produciéndose allí un acumulamiento de estos materiales.

Comparando los valores obtenidos con la norma nacional de Honduras, estos valores son aceptados y están en la categoría A, siendo necesario aplicar tratamiento de desinfección al agua para que pueda ser usada para el abastecimiento de las poblaciones (Hasta 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Categoría A, Hasta 1600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Categoría B) (CAPRE 2003).

Los valores de turbidez oscilaron entre los 7.5 UNT (estación 1) y 29 UNT (estación 4). Cabe recalcar que la fecha en que se mostró este valor para la estación 4 se mostraron los valores más altos de turbidez analizados en las estaciones de monitoreo, tal vez debido a que días anteriores se presentaron lluvias en la zona según los registros (Cuadro 12).

Los valores de turbidez en las estaciones son considerados muy bajos, clasificando el agua dentro de la categoría A, solo necesita tratamiento de desinfección para ser potabilizada (Hasta 15 NTU Categoría A, Hasta 600 NTU Categoría B) (CAPRE, 2003).

Aunque en algunos resultados se encontraron valores menores a 5 UNT (valor óptimo para el agua potable según CESSCO, 2003), en algunas estaciones, no se puede finalizar que el agua se puede utilizar para consumo humano, ya que en las mismas estaciones la fluctuación de los valores varió mucho.

El pH osciló entre los valores de 6.4 (estación 1) y 6.6 (estación 4) (Cuadro 12). Los valores obtenidos están dentro del rango de categoría A para uso potable, siendo necesario tratamiento de desinfección (Entre 6.5 y 8.5 Categoría A, entre 6 y 9 Categoría B) y para conservación de la flora y fauna es apta (Entre 4.5 y 9.5) (CAPRE 2003).

Los rangos temperatura se mantuvieron entre los 18 °C y 20 °C, según CESSCO (2003) los rangos de temperatura son los adecuados para el consumo de agua potable.

Para el oxígeno disuelto se registraron valores entre 6.9 mg/L (estación 1) y 7.5 mg/L (estación 4). Las concentraciones obtenidas, son aptas para el uso potable categoría A (Hasta 5 ppm Categoría A, Hasta 4 ppm Categoría B) y para la conservación de la flora y fauna es apta (Hasta 3 ppm) (CAPRE, 2003).

Los nitritos se mantuvieron entre los valores de 0.03 mg/L y 0.04 mg/L. Para los valores obtenidos de nitritos para la categoría A el rango permisible es hasta 3 ppm, en la categoría B es 3 ppm, también para la preservación de flora y fauna hasta 3 ppm es una concentración apta (CAPRE, 2003).

Los nitratos mantuvieron valores entre 0.32 ppm (estación 1) y 1.34 ppm (estación 4) (Cuadro 19). Las concentraciones obtenidas son consideradas muy bajas, y nos indica que el agua puede ser empleada para uso potable con tratamiento de desinfección (Hasta 50 ppm Categoría A, Hasta 50 ppm Categoría B). Para la preservación de la flora y fauna es apta (Hasta 50 ppm) (CAPRE 2003).

La presencia de nitrógeno y compuestos nitrogenados indica la ocurrencia reciente de vertimientos domésticos. Con el transcurso del tiempo el nitrógeno orgánico es convertido a nitrógeno amoniacal y en condiciones aeróbicas por la acción bacteriana es convertido a nitrito y luego a nitratos (Roldán P. 1992)

Para la dureza los valores estuvieron entre 33.6 ppm (estación 1) y 34.5 (estación 4). El rango para el agua potable es entre 75 y 300 mg/L por lo que para éste parámetro el agua es apta para consumo OPS (1999). Cabe recalcar que el origen de carbonatos y bicarbonatos en agua dulce proceden generalmente del desgaste y disolución de rocas en la cuenca que contienen carbonatos tales como la piedra caliza

**Cuadro 12.** Valores promedio de los parámetros físico-químicos encontrados en las estaciones de monitoreo en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Estaciones	$\mu\text{S/cm}$	UNT	[H]	$^{\circ}\text{C}$	mg/L			
	<b>Conductividad eléctrica</b>	<b>Turbidez</b>	<b>pH</b>	<b>Temp</b>	<b>Oxígeno</b>	<b>NO<sub>3</sub></b>	<b>NO<sub>4</sub></b>	<b>Dureza</b>
Estación 1	95.3	7.5	6.4	18.4	6.9	0.03	0.32	33.6
Estación 2	96.3	10.9	6.4	18.7	6.9	0.03	0.38	34.2
Estación 3	99.6	20.4	6.4	18.7	7.1	0.04	0.45	32.5
Estación 4	108	29.0	6.6	19.4	7.5	0.04	1.34	34.5

**Temp:** temperatura, **NO<sub>3</sub>:** nitritos, **NO<sub>4</sub>:** nitratos

### Indicadores biológicos

Estos índices biológicos están referidos a las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos encontrados, que constituyen los bioindicadores más representativos de la calidad de las aguas de los ríos y quebradas. Se encontraron alrededor de 18 diferentes familias de macroinvertebrados dentro de las cuatro estaciones en las que se realizó el muestreo (Cuadro 13).

**Cuadro 13.** Lista de especies de macroinvertebrados encontrados en la quebrada El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

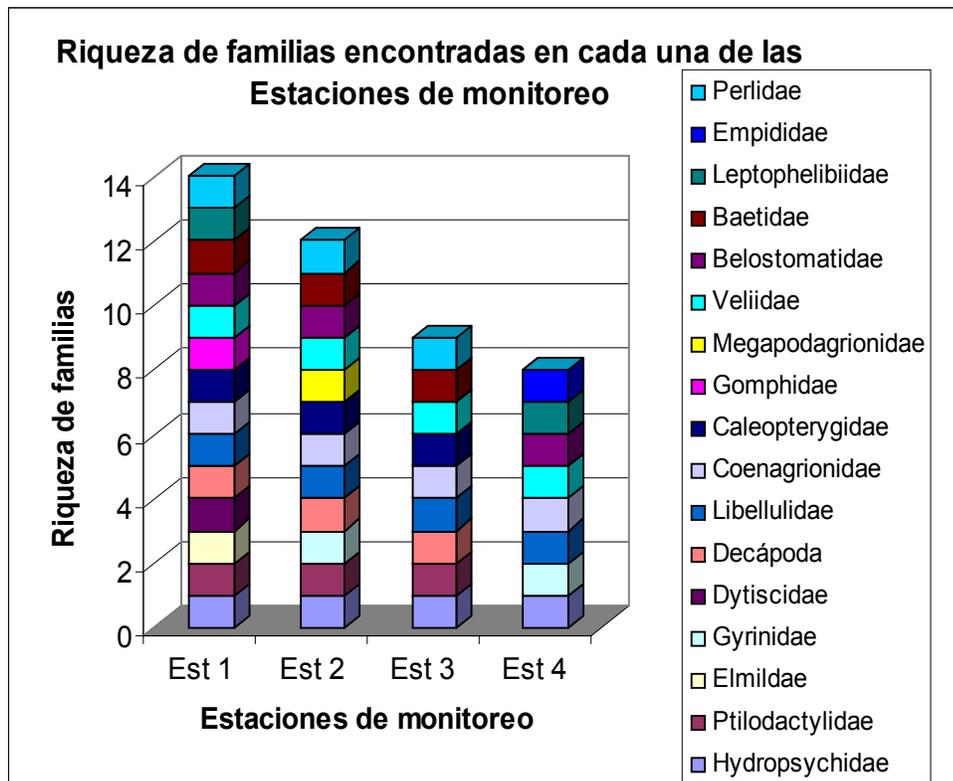
Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	
				<i>Smicridae</i>	
		Coleóptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	
			Elmildae	<i>Macrelmis</i>	
			Gyrinidae	<i>Dineutrus</i>	
			Pytiscidae	<i>Laccophylus</i>	
		Malacastraca	Decapoda		
			Odonata	Libellulidae	<i>Pantala</i>
					<i>Macrothermis</i>
	Coenagrionidae			<i>Argia</i>	
				<i>Coenagrionidae</i>	
	Caleopterygidae			<i>Hetaerina</i>	
	Gomphidae			<i>Progomphus</i>	
	Hemíptera	Coenagrionidae	<i>Telebasis</i>		
		Megapodagrionidae	<i>Megapodagrion</i>		
		Veliidae		<i>Rhagovelia</i>	
				<i>Stridulivelia</i>	
		Belostomatidae	<i>Belostoma</i>		
Ephemeroptera		Baetidae	<i>Baetis</i>		
	Leptophyidae	<i>Leptophydes</i>			
Díptera	Empididae	<i>Chelifera</i>			
Plecóptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>			

### Riqueza, diversidad y dominancia

Con respecto a la riqueza se hizo una comparación en la variación entre las estaciones según el número de individuos encontrados utilizando dos niveles de identificación taxonómica familia y el orden (Gráfica 7).

Se puede observar como el número de familias encontradas en las estaciones disminuye a medida se va bajando en la quebrada. En la estación 1 se encontraron alrededor de 14 familias, y un número de 7 en la estación 4 (Gráfica 7).

Esto puede ser debido a que a medida que se va bajando en la quebrada el impacto antropogénico es mayor, por ejemplo en la estación 1 el número de casas que hay alrededor es menor, pero conforme se va bajando en la quebrada se puede observar mayor actividad humana, tales como: producción agrícola, entre otras y la población es más numerosa (mayor número de viviendas en la parte baja).



**Gráfica 7.** Número de familias encontradas en cada estación de monitoreo en la quebrada El Zapotillo, según la evolución de los valores de riqueza con respecto a la variación entre los sitios de muestreo.

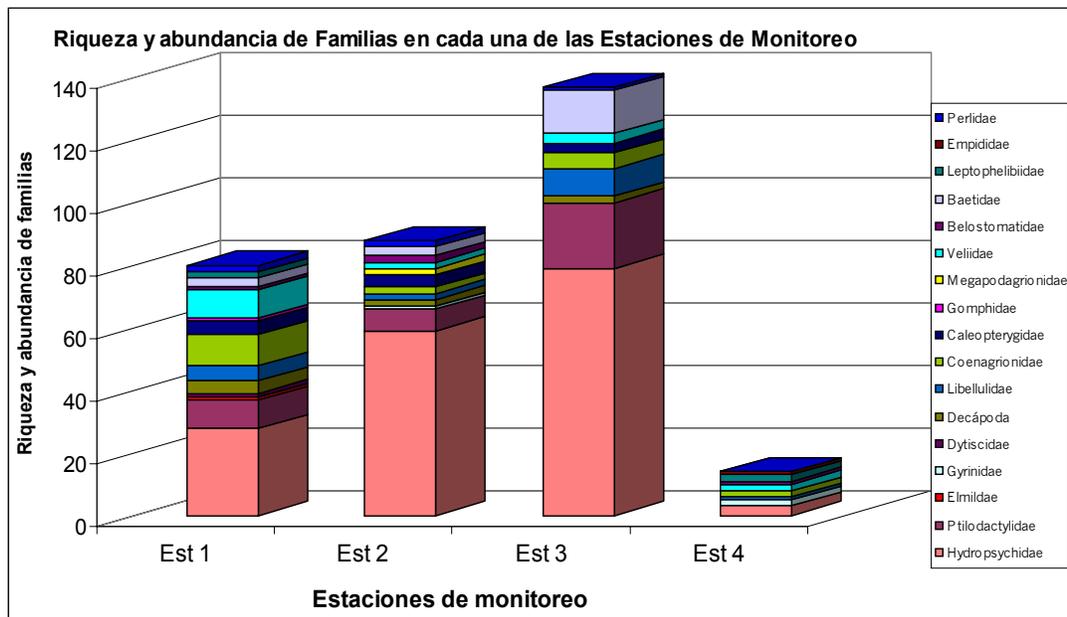
Los índices de diversidad de Shannon y dominancia de Simpson no reflejaron ninguna variación en incremento o disminución. (Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Variación de los índices de diversidad de Shannon y dominancia de Simpson en las cuatro estaciones de monitoreo en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Estación	Diversidad de Shannon	Dominancia de Simpson
1	0.92	0.84
2	0.6	0.54
3	0.609	0.63
4	0.87	0.92

A pesar de que la riqueza de familia decreció hacia la parte baja de la microcuenca los valores del Índice de Diversidad (Gráfica 8), posiblemente no siguieron un comportamiento igual o similar, ya que este índice es más sensitivo a la abundancia relativa de los taxa que a su número de taxa (Hughes 1978, Magurran, 1998).

Otros reportes muestran un decrecimiento del índice de diversidad hacia las zonas perturbadas cuando existe un grado de contaminación muy significativo; ya que bajo estas condiciones desaparece la mayoría de taxa pertenecientes a una familia, quedando solamente los grupos resistentes con una abundancia muy alta. Es así que en estos casos este índice puede medir el estrés (Magurran 1988).



**Gráfica 8.** Relación de riqueza y abundancia según el número de individuos por familia dentro de las estaciones de monitoreo de la quebrada El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

### Índice BMWP.

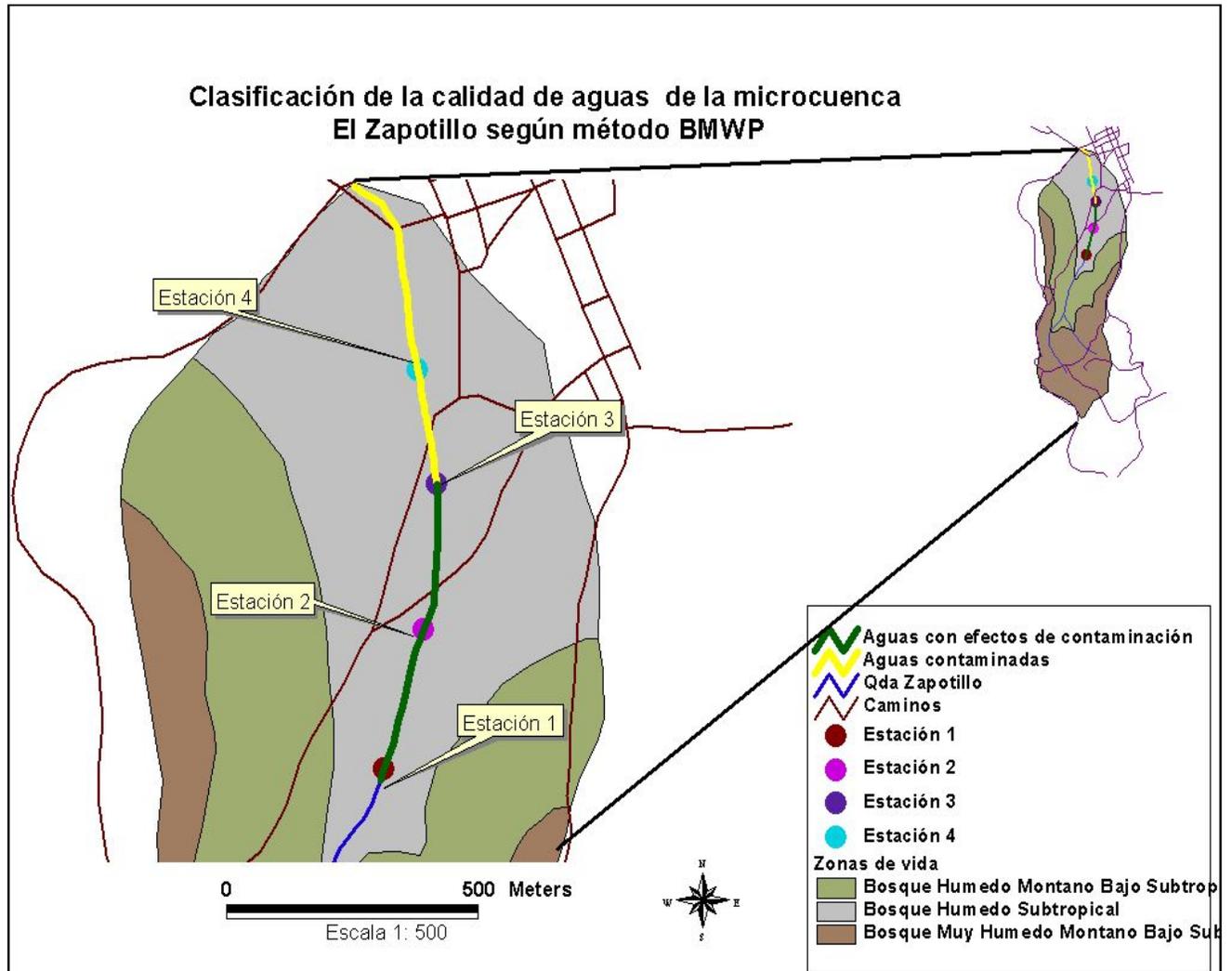
Al calcular el índice se observó que dentro de las estaciones existen dos tipos de calidad de aguas (Cuadro 15), aguas donde son evidentes algunos efectos de contaminación (estación 1 y 2) y aguas contaminadas (estación 3 y 4). Estos resultados pueden confirmarse de acuerdo a los análisis físico-químicos del agua y bacteriológicos que se realizaron en la quebrada (Ver anexo 9).

**Cuadro 15.** Valores calculados por el índice BMWP según la importancia biológica de cada familia encontrada en las estaciones de monitoreo en la quebrada El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Estación	Clase	Valor BMWP	Significado
Estación 1	II	81	Son evidentes algunos efectos de contaminación
Estación 2	II	65	Son evidentes algunos efectos de contaminación
Estación 3	III	50	Aguas contaminadas
Estación 4	III	44	Aguas contaminadas

Se puede observar la clasificación de la calidad de aguas dentro de la quebrada El Zapotillo de acuerdo a los colores que se le da según el valor que se obtuvo por la presencia de ciertas familias de macroinvertebrados en cada estación, por ejemplo para las aguas donde son evidentes algunos efectos de contaminación se le da un color verde (Mapa 3), y para las aguas contaminadas el color es amarillo (Ver Anexo 9).

**Mapa 3.** Clasificación de la calidad de aguas según el método BMWP en las estaciones de monitoreo de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.



## **Demanda y oferta de agua**

Según Medina (2001) el 75% la población beneficiaria vive en la parte baja de la microcuenca y fuera de ella, mientras el Sector La Reforma representa el 25% de los beneficiarios y concentra toda su población dentro de la microcuenca.

### **Demanda de agua**

Para poder estimar la demanda total de agua que existe en la zona se determinó por uso de riego y doméstico.

### **Uso para riego**

Del total de las personas encuestadas un 60% posee finca, de los cuales un 75% riega sus cultivos, el resto no lo hace, dado el ejemplo del café de altura, el cual por su sitio de ubicación de siembra cubre con sus necesidades hídricas debido a las altas precipitaciones (Ver anexo 12).

Entre los cultivos que siembran los productores se pueden mencionar: hortalizas (40%), granos básicos (19%), frutales de altura (16%), café (16%) y otros (10%), por ejemplo tubérculos (Ver anexo 12).

La demanda de agua para uso de riego por parte de los pobladores, se determinó en época de verano (enero- abril), ya que en época de invierno (mayo-octubre) no se riega por las constantes precipitaciones, siendo la frecuencia de riego cada 8 días con un tiempo promedio de 12 horas continuas. El riego se hace por medio de aspersores conectados directamente a las mangueras que están extendidas desde la quebrada hasta la parcela (Cuadro 16).

Se observó claramente que en el periodo de verano la demanda de agua requerida por los cultivos es mayor, puesto que en esta época las altas temperaturas hacen que el suelo no mantenga su capacidad de campo, lo cual provoca una mayor frecuencia de riego por parte de los productores.

**Cuadro 16.** Estimación de la demanda de agua de riego en la microcuenca El Zapotillo, Guinope, El Paraíso.

	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>
# de horas/mes riego	46.50	43.50	46.50	45.00
Demanda riego L/mes	681142	637197	681142	659170
Demanda riego m <sup>3</sup> /mes	681.14	637.20	681.14	659.17

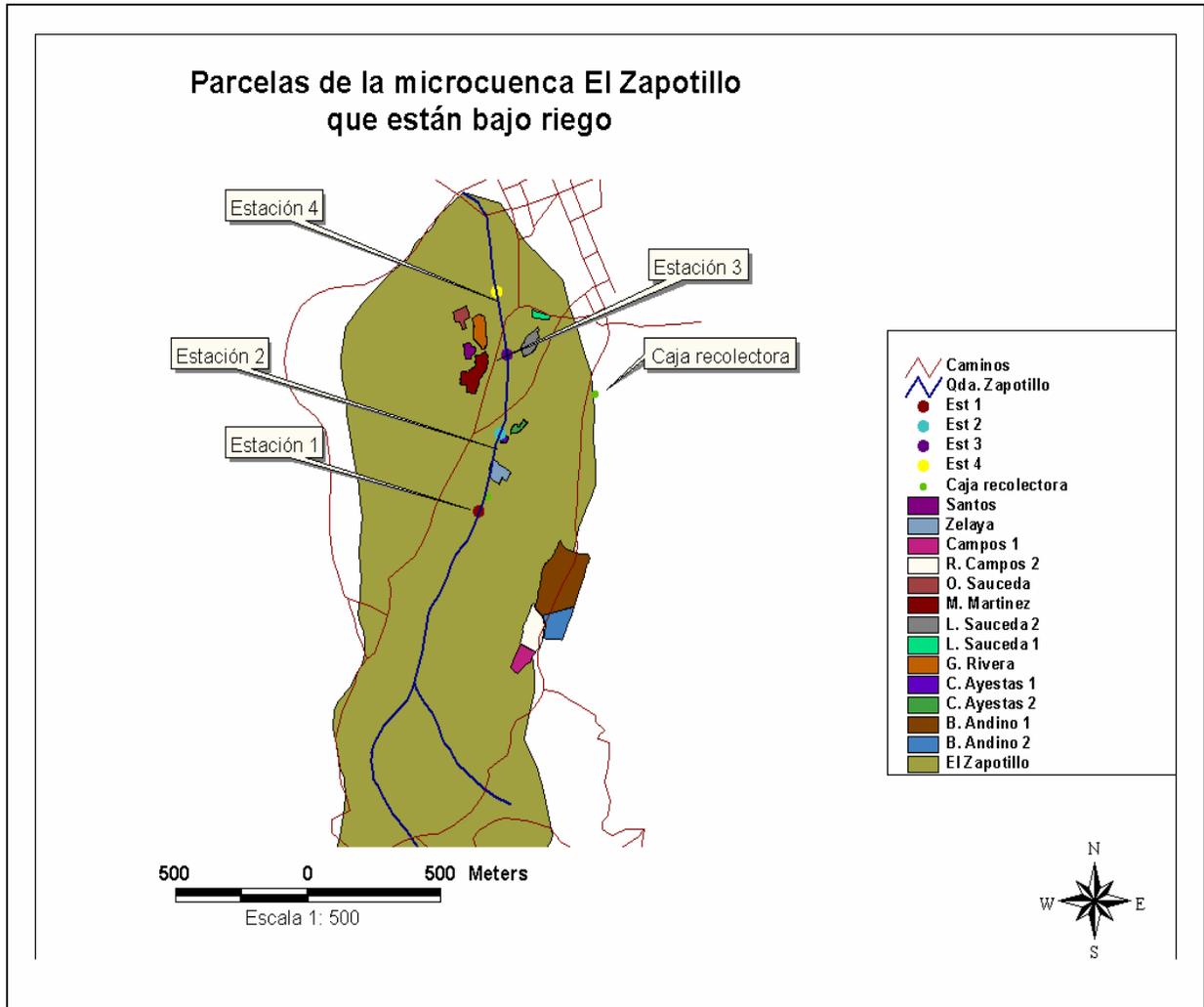
Las áreas de riego se muestran en el cuadro 17, las que suman un total de 12 hectéreas que representan alrededor del 6% del área total de la microcuenca.

**Cuadro 17.** Áreas de las parcelas que están bajo riego en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

<b>Propietario</b>	<b>Área en Ha</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
Carlos Ayestas	0.204	2040
Gelmin Rivera	0.489	4890
Leonardo Saucedo	0.513	5130
Miguel Martínez	0.761	7610
Oswaldo Saucedo	0.304	3040
Rodimiro Zelaya	0.377	3770
Santos	0.18	1800
Blivin Andino	7.764	77640
Ramiro López Campos	1.406	14060
<b>Total</b>	<b>12.00</b>	<b>119,980</b>

En el siguiente mapa se muestran las parcelas de los productores que demanda agua para riego en la época de verano (Mapa 4).

**Mapa 4.** Parcelas bajo riego de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.



De las personas encuestadas que si poseen finca un 75% ha recibido capacitaciones por parte del personal técnico de Zamorano en los siguientes temas: prácticas de conservación de suelos, abonos orgánicos (bokashi), control de bosque, protección de cuencas, plan de fincas, reforestación de bosque y protección contra incendios (Ver anexos 12).

### Uso doméstico.

En la parte de uso doméstico del agua, la demanda de agua se estimó con base en el estudio de Cartagena (2001), cuáles son las cantidades de agua en litros que se utilizan en promedio por cada casa según los diferentes usos, doméstico (preparación de alimentos, lavado de vegetales), para beber y otros usos (Cuadro 18).

**Cuadro 18.** Estimación de la demanda de agua en m<sup>3</sup> según los diferentes usos que le dan en los barrios La Reforma, Barrio Arriba y La Crucita.

Meses	Demanda doméstica	Demanda beber	Demanda de otros usos
Enero	56.80	18.86	4674
Febrero	53.14	17.64	4372
Marzo	56.80	18.86	4674
Abril	54.97	18.25	4523
Mayo	56.80	18.86	7376
Junio	54.97	18.25	7138
Julio	56.80	18.86	7376
Agosto	56.80	18.86	7376
Septiembre	54.97	18.25	7138
Octubre	56.80	18.86	7376

### Percepción del flujo de agua de la quebrada El Zapotillo

Dentro de los resultados que se obtuvieron en la encuesta figuran la constancia del flujo de agua que reciben los habitantes. Un 25% de la población opinó que el agua si tiene un flujo constante, y el resto 75% afirmó que el flujo de agua no es constante, debido a que en verano la cantidad de agua que reciben es menor que la que reciben en invierno ( Ver anexos 12).

### Usos y percepción de la calidad del agua

Entre los principales usos que le dan al agua los habitantes del Barrio La Reforma son uso doméstico con un 38%, para beber 39%, para riego 17% y para uso industrial (beneficiados de café en su mayoría) con un 6 % (Ver anexo 12).

Respecto a la calidad del agua de la quebrada, el 45% de las personas encuestadas opinaron que la calidad es buena, mientras que un 55% opinó que la calidad es regular, ya que describieron que en invierno el agua sale con más suciedad, a causa del acarreo de sedimentos que trae el agua desde la parte alta a la baja de la microcuenca (Ver anexo 12).

## Oferta de agua

Para calcular la oferta total de agua hay que considerar para determinar la cantidad de agua se tiene que sumar el caudal del tanque de recolección de la comunidad (3.36 litros por segundo) más el caudal del vertedero, el cual está construido después de la caja y también se le debe sumar el caudal promedio de las mangueras (4.07 litros por segundo) que sacan agua de la quebrada que es almacenada en el tanque de recolección de la comunidad, el cual posee un caudal de 1.77 litros por segundo en verano y en invierno de 2.78 litros por segundo (Cuadro 19).

Se puede observar que la demanda de agua si es abastecida por la oferta de agua que produce la microcuenca.

**Cuadro 19.** Estimación de la oferta de agua en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso en m<sup>3</sup>.

Meses	Caudal total Vertedero	Estimación Caja Recolectora	Riego	Oferta Total
Enero		4,750	681.14	
Febrero		4,443	637.20	
* Marzo	12,538.26	4,750	681.14	17,969.1
** Abril	12,870.10	4,596	659.17	18,125.7
** Mayo	25,734.76	7,452		33,186.7
Junio	170,769.92	7,212		177,981.4
Julio	26,843.94	7,452	175.80	34,471.6
Agosto	18,993.02	7,452		26,444.9
Septiembre	40,143.01	7,212		47,354.5
Octubre	63,264.47	7452		70,716.4

\* Estimación hecha con 1 dato

\* Estimación hecha con 2 datos

\*\*\*Datos tomados hasta el 28 de octubre

**Fuente:** Datos de caudal de la caja recolectora obtenidos por la Junta de Agua del Barrio Arriba.

Tomando en cuenta únicamente el caudal del vertedero (el caudal base de verano (4.4l/seg) y el de invierno (5.02l/seg)), la microcuenca El Zapotillo puede producir alrededor de 148,561 m<sup>3</sup> anuales.

## CONCLUSIONES

El balance hídrico demostró ser un método muy útil para estimar la oferta y demanda de agua, sin embargo se requiere de instrumentos precisos de medición que en muchos casos son costosos.

Los datos de intensidad de lluvia estudiados por Ixmatá (2003), demuestran que las pocas tormentas muy intensas (35-45 mm/hr) producen efectos en el hidrograma por la escorrentía superficial generada, la cual genera agua con alta turbidez. Un ejemplo, es la precipitación que ocurrió el 27 de mayo de 2003, la cual fue de 44 mm/hr y tuvo una escorrentía del 14.5%.

La microcuenca El Zapotillo tiene un caudal básico de 4.4 l/s al final de la época seca, mientras que en el invierno es de 5.02 l/s, lo cual representa un incremento del 12% con respecto al caudal base de época seca.

Los análisis de balance hídrico demuestran que la microcuenca El Zapotillo tiene un general un índice de escorrentía del 19%, esto quiere decir que la microcuenca aún posee mucho de su cobertura boscosa que le ayuda en la retención e infiltración del agua.

Según el análisis físico-químico se encontró en las estaciones de monitoreo, que a medida se va bajando en la microcuenca se presenta un leve aumento en los parámetros de conductividad eléctrica, turbidez, temperatura y nitratos, mostrando la estación 4 los valores más altos en estos parámetros, lo cual es producto del incremento de las actividades antropogénicas.

El análisis biológico encontró una disminución en la riqueza de individuos por clasificación de familias a medida se descendía de las estaciones, confirmando el impacto que tienen las actividades antropogénicas. Así mismo el índice BMWP clasificó las estaciones 3 y 4 como aguas contaminadas de calidad dudosa.

A pesar de la influencia de contaminación doméstica los valores de oxígeno disuelto se mantienen en rangos aceptables (valores entre 6.9 y 7.5 ppm), esto debido a la oxigenación del agua producto de la turbulencia de flujos.

La microcuenca El Zapotillo tienen capacidad de satisfacer la demanda actual de agua para los diferentes usos, incluyendo el caudal ecológico, sin embargo se deben tomar medidas preventivas para evitar la degradación en la parte alta y tomar medidas correctivas en cuanto a la calidad, si se uso para consumo humano y riego de hortalizas de consumo fresco.

## **RECOMENDACIONES**

Que la UMA y los proyectos que intervienen en la microcuenca desarrollen campañas de educativas para que los pobladores se involucren en la reducción de contaminación por desechos de hogares y productivos.

Los programas de apoyo al mejoramiento de los sistemas productivos (FAO) deben enfocarse en mantener cobertura de residuos de cosecha en las parcelas para evitar la pérdida de suelos a inicios de periodo lluvioso ya que es en este periodo cuando se generan las precipitaciones más intensas y escorrentía superficial.

Informar y concientizar a los usuarios de agua sobre la problemática actual y estudiar la posibilidad de implementar un sistema de pago por servicios ambientales (PSA) a fin de crear sostenibilidad en la protección de la microcuenca como fuente de agua y a la vez mejorar el servicio de agua.

Continuar con investigaciones y estudios de este tipo que completen, refinan y aporten con nueva información para obtener estudios más completos sobre el comportamiento del régimen hídrico de una cuenca.

Terminar con la instalación de instrumentos y equipos de medición en el caso del medidor y graficador de flujos en la parte baja donde está el vertedero, para obtener mediciones más precisas el próximo año.

## BIBLIOGRAFÍA

Alba-Tercedor, J. and Sánchez Ortega, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética* 4: 51-56.

Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Eds. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA). Almería, 203-213.

Borle, J. (1973). La industria y el agua. México, D.F. Editorial MacGRAW-GILL. 145 p.

Caballero, L. 2003. Apuntes de la clase de manejo integrado de cuencas. Zamorano. 20 p.

Chacón, M.; García, E.; Guier, E. 1993. Introducción a la problemática costarricense: principios básicos y posibles soluciones. Programa de Educación Ambiental a Distancia. San José, Costa Rica. 217p.

Cartagena, J. M. 2001. Prueba de la aceptación del filtro de cerámica impregnado con plata coloidal en el barrio El Ocotal de Güinope, Honduras. Tesis Ing. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. 60 p.

Cauvin, F.; Didier, G. 1986. La contaminación del agua. Universidad de Monterrey. México, D.F. 231 p.

CLIMAGRO, S/f. Balance hídrico. Consultado el 30 de Septiembre de 2003. Disponible en: <http://www.climagro.com.ar/demo/premium/bal/introbal.htm>

Donaire. 2002. Establecimiento de una red de monitoreo hidrológico en tres tipos de cobertura en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras. Tesis Ing. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. 38 p.

Eliás, F. y Castellvi, F., 1996. Agrometeorología. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa, España. 420 p.

Esperanza, M.L. 1995. Calidad del agua. Suplemento de medio ambiente para América Latina y el Caribe. Laboratorio del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias (CEPIS). Año 1, Num. 2. 67 P.

García, L. 2000. Distribución espacial y temporal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el río guadalajara de buga con relación a la calidad de agua. Universidad del Valle Facultad de Ciencias. Programa académico de biología. Santiago de Cali, Colombia. 133 p.

Guillen, J. Domínguez, H. Juárez K. 1999. Química del agua. México, D.F. Editorial Limusa. 256 p.

HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK, *sf*. Parámetros físico-químicos: Alcalinidad. Consultado el 30 de octubre de 2003. Disponible en: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alcalinidad.pdf>

Hellawell, J. 1986. *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier Applied. Science Publ. 546 p. London & New York.

Hewlett, J. 1982. Principles of Forest Hydrology. University of Georgia Press, Athens, Georgia. 183 p.

INTA, clima y agua, *sf*. Utilización de la Evapotranspiración Real. Consultado el 16 de octubre de 2003. Disponible en: <http://www.evapotranspiracion.org.ar/conceptos/utilizacion.htm>

Instituto Alexander Von Humboldt. Sistema de indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad, Unidad de Sistemas de Información Geográfica SIG. Bogotá, mayo del 2002. Consultado el 20 de octubre de 2003. Disponible en: <http://araneus.humboldt.org.co/sig/lineabase/AnexoIV/Indiversidad.pdf>

Kiersch, B. 2000. Relaciones tierra-agua en cuencas hidrográficas rurales. Taller electrónico. Impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos. Dirección de fomento de Tierras y Aguas. 12 p.

Lomeli, M., Tamayo, R., Aquiles, I. *sf*. Proyecto del CCH de la UNAM. Consultado el 29 de octubre de 2003. Disponible en: [http://www.sagan-gea.org/hojared\\_AGUA/paginas/16agua.html](http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/16agua.html)

Macdonald, H.; Smart, A.; Wismar C. 1991. Monitoring guidelines to evaluate effects of forestry activities on streams in the Pacific Northwest and Alaska. University of Washington. Seattle Washington. 166p.

Mateos y Schnabel, *sf*. El papel del arbolado en el ciclo del agua. Consultado el 1 de noviembre de 2003. Disponible en: <http://www.bme.es/juntaex/consejerias/opt/sgtc/aqua/aqua12.htm+importancia+de+interceptacion+del+agua&hl=es&ie=UTF-8>

Medina, P. J. 2001. Plan de manejo participativo orientado a la protección y conservación del recurso agua en la microcuenca El Zapotillo, Guinope, El Paraíso, Honduras. Tesis Ing. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. 48 p.

Miller, L. 1978. El Agua. México, D.F. Editorial MacGRAW-GILL. 89 p.

NETSALUD. 1998. Campaña para la prevención de enfermedades infectocontagiosas. Ministerio de Salud de Costa Rica. Editorial del Ministerio de Salud de Costa Rica. San José, C. 49 p.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). 1999. Calidad del agua: Guías para la calidad de agua de bebida. Consultado el 26 de septiembre de 2003. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/>.

Planeta Animal. Consultado el 26 de septiembre de 2003. Disponible en: <http://www.geocities.com/juandres123/planetaviviente/planetaanimal/masinformacion/invertebrados/crustaceos.html#Ecologia>

Roldán, G. 1998. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquía. Editorial Presencia, Medellín (Colombia).

Rodríguez, V. 1999. Caracterización y evaluación participativa de aspectos biofísicos y socioeconómicos de las microcuencas El Capiro y El Zapotillo, Guinope, El Paraíso. Tesis Ing. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. 89 p.

Tenerife y el agua *sf*. Hidrometeorología. Infiltración. Consultado el 16 de octubre de 2003. Disponible en: [http://www.aguastenerife.org/4\\_tfeyelagua/4\\_1\\_hidrometeorologia/4\\_1\\_6.html](http://www.aguastenerife.org/4_tfeyelagua/4_1_hidrometeorologia/4_1_6.html)

Turcios, W. 1995. Producción y valoración económica del componente hídrico y forestal de los robledales de altura bajo intervenciones silviculturales. Tesis de Magíster Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 80 p.

Turk, A.; Turk, J.; Wittes, J.; Wittes, R. 1981. Tratado de ecología. Trad. por José Manuel Rubio. 2da. México, D. F. Edición. Nueva Editorial Interamericana, S. A. de C.V. 542p

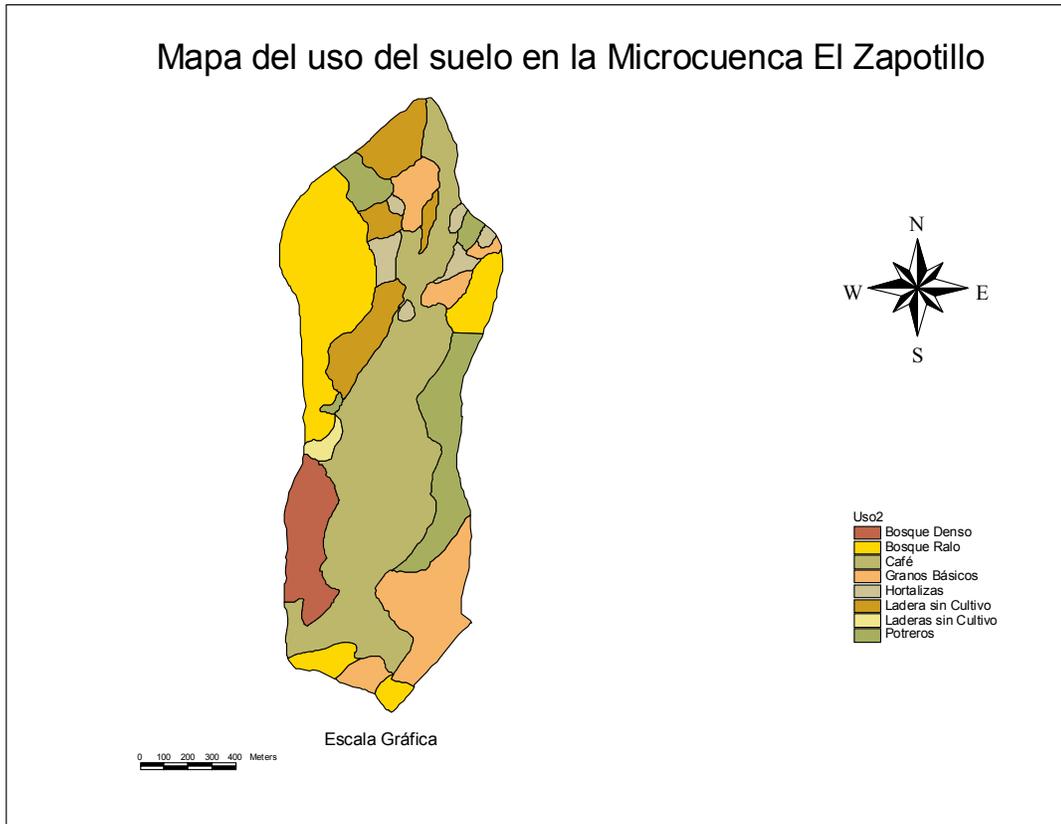
Vannote, R. L., Minshall, G. W. Et al. 1980. The River Continuum Concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37: 130-137.

Vega, J.M. 2000. Evaluación de la calidad, cantidad y fuentes de contaminación del agua en la microcuenca El Zapotillo. Tesis Ing. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. 45 p.

Ward, R.C. and Robinson, M. 1990. Principles of Hydrology. McGraw Hill, London. 3rd ed. 365 p.

ZAMORANO/FAO. 2002. Proyecto de apoyo al mejoramiento de los sistemas productivos en el municipio de Güinope, departamento de El Paraíso. Plan de actividades. Zamorano, Honduras.

# **ANEXOS**

**Anexo 1.** Mapa de uso de suelo de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

**Fuente:** Rodríguez, (1999); adaptado por el autor

**Anexo 2.** Caudal total en m<sup>3</sup> (caudal del vertedero, más caudal de la caja recolectora y el caudal de las mangueras en época de riego) de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

<b>Meses</b>	<b>Caudal total Vertedero</b>	<b>Estimación Caja Recolectora</b>	<b>Riego</b>	<b>Caudal Total</b>
Enero		4,750	681.14	
Febrero		4,443	637.20	
* Marzo	12,538.26	4,750	681.14	17,969.1
** Abril	12,870.10	4,596	659.17	18,125.7
** Mayo	25,734.76	7,452		33,186.7
Junio	170,769.92	7,212		177,981.4
Julio	26,843.94	7,452	175.80	34,471.6
Agosto	18,993.02	7,452		26,444.9
Septiembre	40,143.01	7,212		47,354.5
Octubre	63,264.47	7452		70,716.4

**Anexo 3.** Estimación de caudal diario de los meses de marzo, abril y mayo para el vertedero “V-Notch”.

<b>Fecha</b>	<b>Caudal diario L/seg</b>	<b>Fecha</b>	<b>Caudal diario L/seg</b>
28 marzo	4.7	01-05-03	5.3
29 marzo	4.8	02-05-03	5.3
30 marzo	4.5	03-05-03	5.3
31 marzo	4.7	04-05-03	5.4
01-04-03	<b>4.4</b>	05-05-03	5.4
02-04-03	5.1	06-05-03	5.4
03-04-03	4.8	07-05-03	5.4
* 04-04-03	5.0	08-05-03	5.5
05-04-03	4.8	09-05-03	5.5
06-04-03	4.8	10-05-03	5.5
07-04-03	4.8	11-05-03	5.5
08-04-03	4.8	12-05-03	5.6
09-04-03	4.9	13-05-03	5.6
10-04-03	4.7	14-05-03	5.6
11-04-03	4.7	15-05-03	5.6
12-04-03	4.7	16-05-03	7.8
13-04-03	4.7	17-05-03	8.2
14-04-03	4.6	18-05-03	8.5
15-04-03	6.5	19-05-03	8.8
16-04-03	4.8	20-05-03	10.2
* 17-04-03	4.8	21-05-03	11.5
18-04-03	4.8	22-05-03	12.3
19-04-03	4.9	23-05-03	9.5
20-04-03	5.0	24-05-03	13.2
21-04-03	5.0	25-05-03	16
22-04-03	5.0	26-05-03	14
23-04-03	5.1	27-05-03	17
24-04-03	5.1	28-05-03	21.0
25-04-03	5.1	29-05-03	17.36
26-04-03	5.2	30-05-03	19.97
27-04-03	5.2	31- 05-03	20.66
* 28-04-03	5.2		
29-04-03	5.2		
30-04-03	5.2		

\* Datos medidos.

**Anexo 4.** Datos diarios de caudal tomados por el señor Carlos Ayestas en el vertedero “V-notch” en la parte baja de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Fecha	Altura del vertedero en metros		Caudal en L/seg		Promedio diario
	a.m.	p.m.	Q a.m.	Q p.m.	
10-Jun	0.115		6.28		6.28
11-Jun	0.115	0.105	6.28	6.28	6.28
12-Jun	0.11	0.11	5.62	5.62	5.62
13-Jun	0.11	0.115	5.62	5.62	5.62
14-Jun	0.105	0.1	5.01	5.01	5.01
15-Jun	0.1	0.095	4.44	4.44	4.44
16-Jun	0.17	0.155	16.54	16.54	16.54
17-Jun	0.27	0.42	64.11	76.11	129.49
18-Jun	0.42	0.35	194.87	206.87	161.27
19-Jun	0.35	0.32	127.67	139.67	113.27
20-Jun	0.32	0.35	98.87	110.87	113.27
21-Jun	0.32	0.92	98.87	110.87	386.87
22-Jun	0.42	0.4	194.87	206.87	185.27
23-Jun	0.36	0.35	137.27	149.27	132.47
24-Jun	0.38	0.36	156.47	168.47	146.87
25-Jun	0.37	0.34	146.87	158.87	132.47
26-Jun	0.34	0.3	118.07	130.07	98.87
27-Jun	0.3	0.26	79.67	91.67	69.56
28-Jun	0.24	0.21	50.91	62.91	45.42
29-Jun	0.28	0.25	69.02	81.02	62.04
30-Jun	0.24	0.21	50.91	62.91	45.42
Jul-03	0.22	0.2	43.36	36.75	40.06
2/7/03	0.21	0.18	27.94	27.94	27.94
3/7/03	0.18	0.16	19.06	19.06	19.06
04-Jul	0.16	0.14	3.00	14.23	8.62
05-Jul	0.15	0.14	12.13	12.13	12.13
06-Jul	0.16	0.15	14.23	14.23	14.23
07-Jul	0.15	0.13	12.13	12.13	12.13
08-Jul	0.13	0.11	8.51	8.51	8.51
09-Jul	0.115	0.11	6.28	5.62	5.95
10-Jul	0.115	0.1	6.28	4.44	5.36
11-Jul	0.18	0.13	19.06	8.51	13.78
12-Jul	0.13	0.105	8.51	5.01	6.76
13-Jul	0.13	0.12	8.51	6.97	7.74
14-Jul	0.15	0.13	12.13	8.51	10.32
15-Jul	0.15	0.13	12.13	8.51	10.32
16-Jul	0.12	0.14	6.97	10.22	8.60
17-Jul	0.13	0.15	8.51	12.13	10.32
18-Jul	0.14	0.12	10.22	6.97	8.60
19-Jul	0.16	0.14	14.23	10.22	12.23
20-Jul	0.13	0.11	8.51	5.62	7.06
21-Jul	0.14	0.12	10.22	6.97	8.60
22-Jul	0.13	0.12	8.51	6.97	7.74
23-Jul	0.11	0.11	5.62	5.62	5.62
24-Jul	0.11	0.1	5.62	4.44	5.03
25-Jul	0.11	0.1	5.62	4.44	5.03
26-Jul	0.11	0.1	5.62	4.44	5.03
27-Jul	0.1	0.1	4.44	4.44	4.44
29-Jul	0.11	0.1	5.62	4.44	5.03
30-Jul	0.11	0.1	5.62	4.44	5.03

## Anexo 4. Continuación

Fecha	Lectura a.m.	Lectura p.m.	Caudal a.m.	Caudal p.m.	Promedio diario
31-Jul	0.1	0.11	4.44	5.62	5.03
Ago-01	0.1	0.1	4.437	4.437	4.4
02-Ago	0.115	0.11	6.275	5.620	6
03-Ago	0.11	0.11	5.620	5.620	5.6
04-Ago	0.1	0.1	4.437	4.437	4.4
05-Ago	0.12	0.12	6.974	6.974	7
06-Ago	0.11	0.11	5.620	5.620	5.6
07-Ago	0.12	0.12	6.974	6.974	7
08-Ago	0.11	0.11	5.620	5.620	5.6
09-Ago	0.12	0.12	6.974	6.974	7
10-Ago	0.12	0.12	6.974	6.974	7
11-Ago	0.12	0.14	6.974	10.221	9
12-Ago	0.12	0.12	6.974	6.974	7
13-Ago	0.12	0.11	6.974	5.620	6.3
14-Ago	0.11	0.1	5.620	4.437	5.0
15-Ago	0.12	0.13	6.974	8.505	7.7
16-Ago	0.11	0.13	5.620	8.505	7.1
17-Ago	0.12	0.12	6.974	6.974	7
18-Ago	0.12	0.18	6.974	19.063	13.
19-Ago	0.14	0.12	10.221	6.974	8.6
20-Ago	0.13	0.12	8.505	6.974	7.7
21-Ago	0.12	0.12	6.974	6.974	6.9
22-Ago	0.12	0.12	6.974	6.974	6.97
23-Ago	0.12	0.11	6.974	5.620	6.3
24-Ago	0.11	0.11	5.620	5.620	5.6
25-Ago	0.11	0.13	5.620	8.505	7.
26-Ago	0.12	0.12	6.974	6.974	7
27-Ago	0.12	0.15	6.974	12.129	10
28-Ago	0.12	0.12	6.974	6.974	7
29-Ago	0.12	0.14	6.974	10.221	8.6
30-Ago				0	8.6
31-Ago				0	8.6
01-Sep				0	6
02-Sep				0	6.
03-Sep				0	6.1
04-Sep				0	6.2
05-Sep				0	6.6
06-Sep				0	6.7
07-Sep				0	7
08-Sep				0	7
09-Sep	0.11		5.62	0	5.6
10-Sep	0.11	0.13	5.62	8.51	7
11-Sep	0.11	0.13	5.62	8.51	7
12-Sep	0.12	0.12	6.97	6.97	7
13-Sep	0.12	0.12	6.97	6.97	7
14-Sep	0.12	0.14	6.97	10.22	8.6
15-Sep	0.25	0.17	43.05	16.54	29.8
16-Sep	0.2	0.16	24.75	14.23	19.5

## Anexo 4. Continuación

Fecha	Lectura a.m.	Lectura p.m.	Caudal a.m.	Caudal p.m.	Promedio diario
17-Sep	0.16	0.16	14.23	14.23	14.2
18-Sep	0.15	0.15	12.13	12.13	12.13
19-Sep	0.15	0.25	12.13	43.05	27.590
20-Sep	0.2	0.15	24.75	12.13	18.442
21-Sep	0.18	0.14	19.06	10.22	14.642
22-Sep	0.14	0.18	10.22	19.06	14.642
23-Sep	0.14	0.14	10.22	10.22	10.221
24-Sep	0.14	0.14	10.22	10.22	10.221
25-Sep	0.16	0.13	14.23	8.51	11.370
26-Sep	0.22	0.34	31.36	92.29	61.825
27-Sep	0.24	0.19	38.91	21.80	30.352
28-Sep	0.22	0.2	31.36	24.75	28.055
29-Sep	0.24	0.2	38.91	24.75	31.831
30-Sep	0.2	0.26	24.75	47.45	36.103
01-Oct	0.25	0.2	43.05	24.75	33.90
02-Oct	0.18	0.22	19.06	31.36	25.21
03-Oct	0.24	0.18	38.91	19.06	28.98
04-Oct	0.2	0.22	24.75	31.36	28.06
05-Oct	0.17	0.17	16.54	16.54	16.54
06-Oct	0.14	0.38	10.22	121.61	65.92
07-Oct	0.23		35.01	0.00	17.50
08-Oct	0.24	0.24	38.91	38.91	38.91
09-Oct	0.13	0.2	8.51	24.75	16.63
10-Oct	0.22	0.2	31.36	24.75	28.06
11-Oct	0.2	0.19	24.75	21.80	23.28
12-Oct	0.18	0.17	19.06	16.54	17.80
13-Oct	0.16	0.16	14.23	14.23	14.23
14-Oct	0.15	0.15	12.13	12.13	12.13
15-Oct	0.27	0.22	52.11	31.36	41.73
16-Oct	0.21	0.24	27.94	38.91	33.42
17-Oct	0.19		21.80	0.00	21.80
18-Oct	0.19	0.22	21.80	31.36	26.6
19-Oct	0.18	0.23	19.06	35.01	27.0
20-Oct	0.22	0.2	31.36	24.75	28.1
21-Oct	0.2	0.2	24.75	24.75	24.8
22-Oct	0.2	0.17	24.75	16.54	20.6
23-Oct	0.17	0.16	16.54	14.23	15.4
24-Oct	0.14	0.16	10.22	14.23	12.2
25-Oct	0.14	0.14	10.22	10.22	10.2
26-Oct	0.14	0.13	10.22	8.51	9.4
27-Oct	0.14	0.38	10.22	121.61	65.9
28-Oct	0.21		27.94		27.9

Se cálculo con base en la siguiente fórmula :  $Q = 1.34 h^{2.48}$   
donde h = altura medida en metros y el caudal es dado en m<sup>3</sup>/seg.

**Anexo 5.** Datos de precipitación en milímetros tomados en diferentes partes de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Fecha	Parte alta	Parte media	Parte baja	Promedio mm
19/05/2003	0.38	0	0	0.38
20/05/2003	2.51	4	0	3.25
21/05/2003	1.40	0	0	0.70
22/05/2003	5.27	8.5	0	6.88
23/05/2003	3.68	0	0	1.84
24/05/2003	32.08	22	0	27.04
25/05/2003	55.00	60	0	57.50
26/05/2003	10.00	18	0	14.00
27/05/2003	40.00	62	0	51.00
28/05/2003	33.00	33	40.0	33.00
29/05/2003	59.00	58	31.0	58.50
30/05/2003	25.00	32	2.5	28.50
31/05/2003	7.00	8	32.0	7.50
<b>Total</b>	<b>274.32</b>	<b>305.5</b>	<b>105.5</b>	<b>290</b>
01/06/2003	5	5	10	5
02/06/2003	0	0	2	0
03/06/2003	4	4	3	4
04/06/2003	4	3	0	3.5
05/06/2003	3	3	0	3
06/06/2003	6	6	0	6
07/06/2003	9	10	0	9.5
08/06/2003	3	0	0	1.5
09/06/2003	0	0	0	0
10/06/2003	0	0	0	0
11/06/2003	4	4	0	4
12/06/2003	4	3	3	3.5
13/06/2003	3	3	2	3
14/06/2003	0	0	70	0
15/06/2003	27	28	54	27.5
16/06/2003	28	32	0	30
17/06/2003	55	50	120	52.5
18/06/2003	25	24	0	24.5
19/06/2003	15	16	150	15.5
20/06/2003	27	18	150	22.5
<b>21/06/2003</b>	<b>52</b>	<b>62</b>	<b>60</b>	<b><u>58</u></b>
22/06/2003	21	25	31	23
23/06/2003	30	27	40	28.5
24/06/2003	22	21	14	21.5
25/06/2003	5	3	24	4
26/06/2003	0	0	20	0
27/06/2003	8	6	26	7
28/06/2003	20	24	0	22
29/06/2003	0	0	0	0
30/06/2003	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>380</b>	<b>377</b>	<b>779</b>	<b>379.5</b>

## Anexo 5. Continuación

Fecha	Parte alta	Parte media	Parte baja	Promedio mm
01/07/2003	0	0		0
02/07/2003	0	0		0
03/07/2003	0	0		0
04/07/2003	0	0		0
05/07/2003	2.5	2		2
06/07/2003	0	0		0
07/07/2003	0	0		0
08/07/2003	0	0		0
09/07/2003	0	0		0
10/07/2003	24	20		20
11/07/2003	0	2	23	2
12/07/2003	18	17	12	17
13/07/2003	16.5	17	10	17
14/07/2003	4	4		4
15/07/2003	9.5	8		8
16/07/2003	3	2		2
17/07/2003	6.5	6		6
18/07/2003	4	4		4
19/07/2003	1.5	0		0
20/07/2003	0	0		0
21/07/2003	0	0		0
22/07/2003	0	0		0
23/07/2003	0	0		0
24/07/2003	0	0		0
25/07/2003	3	2		2
26/07/2003	3.5	4		4
27/07/2003	0	0		0
28/07/2003	0	0		0
29/07/2003	0	0		0
30/07/2003	13	12		12
31/07/2003	2.5	2		2
<b>TOTAL</b>	<b>111.5</b>	<b>102</b>	<b>45</b>	<b>102</b>
01/08/2003	0	0		0
02/08/2003	0	0		0
03/08/2003	6.5	6		6
04/08/2003	6	6	20	6
05/08/2003	6.3	6		6
06/08/2003	0	0		0
07/08/2003	0	0		0
08/08/2003	5.5	6		6
09/08/2003	2.5	2		2
10/08/2003	7	6		6
11/08/2003	10	8		8
12/08/2003	0	0		0
13/08/2003	0	0		0
14/08/2003	19.5	18		18
15/08/2003	0	0	13	0
16/08/2003	4	4		4
17/08/2003	16	16		16
18/08/2003	0	0	3	0

## Anexo 5. Continuación

Fecha	Parte alta	Parte media	Parte baja	Promedio mm
19/08/2003	0	0	12	0
20/08/2003	0	0		0
21/08/2003	0	0		0
22/08/2003	0	0		0
23/08/2003	0	0		0
24/08/2003	0	0		0
25/08/2003	8.5	8		8
26/08/2003	0	0		0
27/08/2003	10.5	10		10
28/08/2003	4	4	10	4
29/08/2003	3.3	3	10	3
30/08/2003	0	0		0
31/08/2003	4.5	4		4
<b>TOTAL</b>	<b>114.1</b>	<b>107</b>	<b>68</b>	<b>107</b>
01/09/2003	6.0	0		6
02/09/2003	0.0	4	4	4
03/09/2003	0.0	0		0
04/09/2003	0.0	0		0
05/09/2003	0.0	0		0
06/09/2003	18.0	0		18
07/09/2003	0.0	15		15
08/09/2003	0.0	0		0
09/09/2003	5.0	0		5
10/09/2003	14.0	4		9.0
11/09/2003	5.6	14		9.8
12/09/2003	0.0	4	16	2.0
13/09/2003	6.5	0	6	3.3
14/09/2003	41.0	6	6	23.5
15/09/2003	10	38	42	24.0
16/09/2003	0	12	12	6.0
17/09/2003	0	0	0	0.0
18/09/2003	8	2	0	5.0
19/09/2003	16	7	10	11.5
20/09/2003	3	15	10	9.0
21/09/2003	4	2	0	3.0
22/09/2003	0	4	0	2.0
23/09/2003	18	0	12	9.0
24/09/2003	5	15	0	10.0
25/09/2003	28.5	6	0	17.3
26/09/2003	0	26	26	13.0
27/09/2003	0	0	0	0.0
28/09/2003	6.5	0	0	3.3
29/09/2003	6	6	0	6.0
30/09/2003	15	6	12	10.5
<b>TOTAL</b>	<b>216.1</b>	<b>186</b>	<b>152</b>	<b>201.1</b>
01/10/2003	10.7	16	18	17
02/10/2003	2.0	0	0	0
03/10/2003	0	0	0	0
04/10/2003	4.8	2	0	1

## Anexo 5. Continuación

Fecha	Parte alta	Parte media	Parte baja	Promedio mm
05/10/2003	3.8	16	14	15
06/10/2003	0.5	2	0	1
07/10/2003	38.9	25	24	24.5
08/10/2003	6.1	12	16	14
09/10/2003		12	12	12
10/10/2003		0	0	0
11/10/2003		0	0	0
12/10/2003		0	0	0
13/10/2003		0	0	0
14/10/2003		0	2	1
15/10/2003		2	30	16
16/10/2003		34	1	17.5
17/10/2003		0	0	0
18/10/2003		18	18	18
19/10/2003		12	10	11
20/10/2003		2	5	3.5
21/10/2003		0	0	0
22/10/2003		2	2	2
23/10/2003		0	0	0
24/10/2003		2	0	1
25/10/2003		0	0	0
26/10/2003		0	0	0
27/10/2003		0	0	0
28/10/2003		28	27	27.5
<b>Total</b>		<b>185</b>	<b>179</b>	<b>182</b>
<b>Gran-Total</b>				<b>1261.6</b>

**Anexo 6.** Datos de intensidad de lluvias y escorrentía generada para los 90 eventos registrados en los meses de mayo-octubre 2003 en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Fecha	Ppt mm	Ppt en m3	Duración (horas)	Intensidad (mm/h)	Escorrentía L/seg	m3/día
05/19/03	0.38	726	0.1	4		
05/20/03	2.51	4778	0.3	10		
05/21/03	1.40	2661	0.5	3		
05/22/03	5.27	10032	1.1	5		
05/23/03	3.68	7016	3.5	1		
05/24/03	32.08	61116	2.2	15		
05/25/03	55.00	104775	2.4	23		
05/26/03	10.00	19050	2.6	4		
05/27/03	40.00	<b>76200</b>	0.9	44		
05/28/03	33.00	62865	18.6	2	128	<b>11059</b>
05/29/03	59.00	112395	3.3	18		
05/30/03	25.00	47625	4.8	5		
05/31/03	7.00	13335	1.4	5		
06-01-03	5	9525	5.0	1		
06-03-03	4	7715	9.6	0		
06-04-03	4	7620	8.0	1	14	1210
06-05-03	3	5715	0.5	6		
06-06-03	6	10478	2.4	2		
06-07-03	9	17145	1.1	8		
06-08-03	3	5715	0.8	4		
06-11-03	4	7715	0.4	11	6	542
06-12-03	4	7620	2.0	2		
06/13/03	3	6487	0.4	9	6	486
06/15/03	27	51435	6.7	4	4	383
06/16/03	28	53222	4.2	7	17	1429
06/17/03	55	104722	16.3	3	129	11188
06/18/03	25	47625	6.5	4	161	13933
06/19/03	15	27821	10.0	1	113	9786
06/20/03	27	51258	9.0	3	113	9786
06/21/03	52	99216	11.0	5	387	33425
06/22/03	21	40022	1.5	14	185	16007
06/23/03	30	57150	11.0	3	132	11445
06/24/03	22	41910	8.2	3	147	12689
06/25/03	5	9525	0.6	8	132	11445
06/27/03	8	15240	0.3	29	70	6010
06/28/03	20	38100	8.0	3	45	3925
07-05-03	2.5	4763	0.7	4	12	1048
07-10-03	24.0	45720	5.2	5	5	463
07-12-03	18.0	34290	8.4	2	7	584
07/13/03	16.5	31433	4.6	4	8	669
07/14/03	4.0	7620	0.4	10	10	891
07/15/03	9.5	18098	3.8	3	10	891
07/16/03	3.0	5715	0.4	9	9	743
07/17/03	6.5	12383	1.2	5	10	891
07/18/03	4.0	7620	2.7	1	9	743
07/24/03	1.5	2858	0.7	2	5	434
07/25/03	3.0	5715	0.6	5	5	434

## Anexo 6. Continuación

Fecha	Ppt mm	Ppt en m3	Duración (horas)	Intensidad (mm/h)	Escorrentía L/seg	m3/día
07/26/03	3.5	6668	0.6	5	5	434
07/30/03	13.0	24765	2.2	6	5	434
07/31/03	2.5	4763	1.1	2	5	434
08-03-03	6.5	12383	0.3	26	6	486
08-04-03	6.0	11430	2.0	3	4	383
08-05-03	6.3	11906	0.3	25	7	603
08-08-03	5.5	10478	1.5	4	6	486
08-09-03	2.5	4763	0.7	4	7	603
08-10-03	7.0	13335	2.0	4	7	603
08-11-03	10.0	19050	2.6	4	9	743
08/14/03	19.5	37148	5.3	4	5	434
08/16/03	4.0	7620	1.2	3	7	610
08/17/03	16.0	30480	4.4	4	7	603
08/25/03	8.5	16193	2.4	4	7	610
08/27/03	10.5	20003	3.0	3	10	825
08/28/03	4.0	7620	1.2	3	7	603
08/29/03	3.3	6191	1.0	3	9	743
08/31/03	4.5	8573	1.3	4	9	743
09-01-03	6.0	11430	1.6	4	6	498
09-06-03	18.0	34290	2.0	9	7	578
09-09-03	5.0	9525	0.3	17	6	486
09-10-03	14.0	26670	1.3	11	7	610
09-11-03	5.6	10668	1.3	4	7	610
09/13/03	6.5	12383	1.6	4	7	603
09/14/03	41.0	78105	3.6	11	9	743
09/15/03	10	19050	2.2	5	30	2575
09/18/03	8	15240	0.6	13	12	1048
09/19/03	16	30480	2.8	6	28	2384
09/20/03	3	5715	0.1	30	18	1593
09/21/03	4	7620	1.2	3	15	1265
09/23/03	18	34290	2.6	7	10	883
09/24/03	5	9525	0.8	6	10	883
09/25/03	28.5	54293	1.6	18	11	982
09/28/03	6.5	12383	0.8	8	28	2424
09/29/03	6	11430	0.5	12	32	2750
09/30/03	15	28575	0.7	22	36	3119
10-01-03	10.7	20323	2.3	5	34	2929
10/02/2003	2.0	3871	3.1	1	25	2178
10/04/2003	4.8	9194	2.6	2	28	2424
10/05/2003	3.8	7258	2.0	2	17	1429
10/06/2003	0.5	968	0.1	4	66	5695
10/07/2003	38.9	74032	1.3	31	18	1512
10/08/2003	6.1	11613	0.9	7	39	3362

**Anexo 7.** Lectura de datos de precipitación, intercepción, evapotranspiración, caudal expresados en m<sup>3</sup> por cada mes en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Fecha	Ppt bruta	%Interce	Ppt después		Ppt neta	Caudal	Flujo Base	Escorrentía	Agua en	Balance
			Interc	EVT					suelo ppt-	
19-May	724	218	506	2775	-2269	760.3	434	326.3	-2594.9	-
20-May	4765	1434	3331	1549	1782	881.3	434	447.3	1334.9	+
21-May	2654	799	1855	2184	-329	993.6	434	559.6	-888.3	-
22-May	10005	3012	6994	2983	4011	1062.7	434	628.7	3382.1	+
23-May	6998	2106	4891	877	4015	820.8	434	386.8	3627.9	+
24-May	60956	18348	42608	0	42608	1140.5	434	706.5	41901.6	+
25-May	128666	38728	89938	0	89938	1382.4	434	948.4	88989.2	+
26-May	28924	8706	20218	0	20218	1209.6	434	775.6	19442.1	+
27-May	100645	30294	70351	0	70351	1468.8	434	1034.8	69316.0	+
28-May	86125	25924	60201	0	60201	1810.1	434	1376.1	58825.4	+
29-May	118321	35615	82706	0	82706	1499.8	434	1065.8	81640.3	+
30-May	52358	15760	36598	0	36598	1725.6	434	1291.6	35306.9	+
31-May	15804	4757	11047	2983	8064	1785.3	434	1351.3	6712.9	+
01-Jun	8645	2602	6043	343	5700	1581.1	434	1147.1	4552.9	+
02-Jun	0	0	0	2945	-2945	1425.6	434	991.6	-3936.6	-
03-Jun	7695	2316	5379	629	4750	1356.5	434	922.5	3827.5	+
04-Jun	5700	1716	3984	1229	2755	1229.5	434	795.5	1959.5	+
05-Jun	5700	1716	3984	1229	2755	1062.7	434	628.7	2126.3	+
06-Jun	10450	3145	7305	2945	4360	993.6	434	559.6	3800.0	+
07-Jun	17100	5147	11953	-2202	14155	846.7	434	412.7	13742.3	+
08-Jun	1900	572	1328	2373	1328	699.8	434	265.8	1062.3	+
09-Jun	0	0	0	2945	-2945	622.1	434	188.1	-3133.1	-
10-Jun	0	0	0	2945	-2945	542.6	434	108.6	-3053.6	-
11-Jun	7695	2316	5379	667	4712	542.2	434	108.2	4603.8	+
12-Jun	6745	2030	4715	953	3762	485.6	434	51.6	3710.4	+
13-Jun	6470	1947	4522	1036	3487	485.6	434	51.6	3434.9	+
14-Jun	0	0	0	2983	-2983	432.7	434	-1.3	-2981.7	-
15-Jun	52178	15706	36472	0	36472	383.4	434	-50.6	36522.9	+
16-Jun	53082	15978	37104	0	37104	1429.3	434	995.3	36109.1	+

## Anexo 7. Continuación

Fecha	Ppt después				Ppt neta	Caudal	Flujo Base	Escorrentía	Agua en suelo ppt-		Balance
	Ppt bruta	%Interce	Interc	EVT					Esc		
17-Jun	104447	31438	73008	0	73008	11187.6	434	10753.6	62254.8	+	
18-Jun	51756	15579	36177	0	36177	13933.3	434	13499.3	22678.1	+	
19-Jun	27748	8352	19396	0	19396	9786.1	434	9352.1	10043.5	+	
20-Jun	51123	15388	35735	0	35735	9786.1	434	9352.1	26383.1	+	
21-Jun	98956	29786	69170	0	69170	33425.2	434	32991.2	36178.9	+	
22-Jun	39917	12015	27902	0	27902	16006.9	434	15572.9	12329.1	+	
23-Jun	57743	17381	40362	0	40362	11445.0	434	11011.0	29351.3	+	
24-Jun	39254	11815	27439	0	27439	12689.2	434	12255.2	15183.4	+	
25-Jun	11778	3545	8233	2983	5250	11445.0	434	11011.0	-5761.1	-	
26-Jun	2850	858	1992	2125	1992	8542.0	434	8108.0	-6115.8	-	
27-Jun	15200	4575	10625	2983	7642	6009.8	434	5575.8	2066.0	+	
28-Jun	41800	12582	29218	0	29218	3924.5	434	3490.5	25727.7	+	
29-Jun	0	0	0	2983	-2983	5360.1	434	4926.1	-7909.1	-	
30-Jun	0	0	0	2983	-2983	3924.5	434	3490.5	-6473.5	-	
01-Jul	0	0	0	2983	-2983	3460.8	434	3026.8	-6009.8	-	
02-Jul	0	0	0	2983	-2983	2413.9	434	1979.9	-4962.9	-	
03-Jul	0	0	0	2983	-2983	1647.0	434	1213.0	-4196.0	-	
04-Jul	0	0	0	2983	-2983	744.5	434	310.5	-3293.5	-	
05-Jul	4750	1430	3320	1553	1767	1047.9	434	613.9	1153.1	+	
06-Jul	0	0	0	2983	-2983	1229.8	434	795.8	-3778.8	-	
07-Jul	0	0	0	2983	-2983	1047.9	434	613.9	-3596.9	-	
08-Jul	0	0	0	2983	-2983	734.8	434	300.8	-3283.8	-	
09-Jul	0	0	0	2983	-2983	513.9	434	79.9	-3062.9	-	
10-Jul	45600	13726	31874	2983	28891	462.8	434	28.8	28862.6	+	
11-Jul	1900	572	1328	2411	1328	1190.9	434	756.9	571.2	+	
12-Jul	34200	10294	23906	0	23906	583.8	434	149.8	23756.0	+	
13-Jul	31350	9436	21914	0	21914	668.7	434	234.7	21679.0	+	
14-Jul	7600	2288	5312	695	4617	891.4	434	457.4	4159.6	+	
15-Jul	18050	5433	12617	2983	9634	891.4	434	457.4	9176.6	+	
16-Jul	5700	1716	3984	1267	2717	742.8	434	308.8	2408.2	+	
17-Jul	12350	3717	8633	2983	5650	891.4	434	457.4	5192.3	+	
18-Jul	7600	2288	5312	695	4617	742.8	434	308.8	4308.2	+	

## Anexo 7. Continuación

Fecha	PPT después				Ppt neta	Caudal	Flujo Base	Escorrentía	Agua en suelo ppt-		Balance
	Ppt bruta	%Interce	Interc	EVT					Esc		
19-Jul	1900	572	1328	2411	1328	1056.5	434	622.5	705.6	+	
20-Jul	0	0	0	2983	-2983	610.2	434	176.2	-3159.2	-	
21-Jul	0	0	0	2983	-2983	742.8	434	308.8	-3291.8	-	
22-Jul	0	0	0	2983	-2983	668.7	434	234.7	-3217.7	-	
23-Jul	0	0	0	2983	-2983	485.6	434	51.6	-3034.6	-	
24-Jul	2850	858	1992	2125	1992	434.5	434	0.5	1991.7	+	
25-Jul	5700	1716	3984	1267	2717	434.5	434	0.5	2716.5	+	
26-Jul	6650	2002	4648	981	3667	434.5	434	0.5	3666.5	+	
27-Jul	0	0	0	2983	-2983	383.4	434	-50.6	-2932.4	-	
28-Jul	0	0	0	2983	-2983	383.4	434	-50.6	-2932.4	-	
29-Jul	0	0	0	2983	-2983	434.5	434	0.5	-2983.5	-	
30-Jul	24700	7435	17265	0	17265	434.5	434	0.5	17264.8	+	
31-Jul	4750	1430	3320	1553	1767	434.5	434	0.5	1766.5	+	
01-Ago	0	0	0	2983	-2983	383.4	434	-50.6	-2932.4	-	
02-Ago	0	0	0	2983	-2983	513.9	434	79.9	-3062.9	-	
03-Ago	12350	3717	8633	2983	5650	485.6	434	51.6	5598.1	+	
04-Ago	11400	3431	7969	2983	4986	383.4	434	-50.6	5036.2	+	
05-Ago	11875	3574	8301	2411	5890	602.5	434	168.5	5721.5	+	
06-Ago	0	0	0	2983	-2983	485.6	434	51.6	-3034.6	-	
07-Ago	0	0	0	2983	-2983	602.5	434	168.5	-3151.5	-	
08-Ago	10450	3145	7305	2983	4322	485.6	434	51.6	4270.0	+	
09-Ago	4750	1430	3320	1553	1767	602.5	434	168.5	1598.5	+	
10-Ago	13300	4003	9297	2983	6314	602.5	434	168.5	6145.2	+	
11-Ago	19000	5719	13281	2983	10298	742.8	434	308.8	9989.2	+	
12-Ago	0	0	0	2983	-2983	602.5	434	168.5	-3151.5	-	
13-Ago	0	0	0	2983	-2983	544.1	434	110.1	-3093.1	-	
14-Ago	37050	11152	25898	0	25898	434.5	434	0.5	25897.5	+	
15-Ago	2850	858	1992	2125	-133	668.7	434	234.7	-367.7	-	
16-Ago	7600	2288	5312	695	4617	610.2	434	176.2	4440.8	+	
17-Ago	30400	9150	21250	0	21250	602.5	434	168.5	21081.1	+	
18-Ago	0	0	0	2983	-2983	1124.8	434	690.8	-3673.8	-	
19-Ago	0	0	0	2983	-2983	742.8	434	308.8	-3291.8	-	

## Anexo 7. Continuación

Fecha	PPT después			EVT	Ppt neta	Caudal	Flujo Base	Escorrentía	Agua en	Balance
	Ppt bruta	%Interce	Interc						suelo ppt- Esc	
20-Ago	0	0	0	2983	-2983	668.7	434	234.7	-3217.7	-
21-Ago	0	0	0	2983	-2983	602.5	434	168.5	-3151.5	-
22-Ago	0	0	0	2983	-2983	602.5	434	168.5	-3151.5	-
23-Ago	0	0	0	2983	-2983	544.1	434	110.1	-3093.1	-
24-Ago	0	0	0	2983	-2983	485.6	434	51.6	-3034.6	-
25-Ago	16150	4861	11289	2983	8306	610.2	434	176.2	8129.6	+
26-Ago	0	0	0	2983	-2983	602.5	434	168.5	-3151.5	-
27-Ago	19950	6005	13945	2983	10962	825.2	434	391.2	10570.8	+
28-Ago	7600	2288	5312	695	4617	602.5	434	168.5	4448.5	+
29-Ago	6175	1859	4316	1124	3192	742.8	434	308.8	2883.2	+
30-Ago	0	0	0	2983	-2983	742.8	434	308.8	-3291.8	-
31-Ago	8550	2574	5976	409	5567	742.8	434	308.8	5258.2	+
01-Sep	0	0	0	5643	-5643	498.3	434	64.3	-5707.3	-
02-Sep	7600	2288	5312	3355	1957	520.0	434	86.0	1871.0	+
03-Sep	0	0	0	5643	-5643	526.2	434	92.2	-5735.2	-
04-Sep	0	0	0	5643	-5643	539.0	434	105.0	-5748.0	-
05-Sep	0	0	0	5643	-5643	568.8	434	134.8	-5777.8	-
06-Sep	0	0	0	5643	-5643	578.5	434	144.5	-5787.5	-
07-Sep	28500	8579	19922	0	19922	594.3	434	160.3	19761.2	+
08-Sep	0	0	0	5643	-5643	614.0	434	180.0	-5823.0	-
09-Sep	0	0	0	5643	-5643	485.6	434	51.6	-5694.6	-
10-Sep	7600	2288	5312	3355	1957	610.2	434	176.2	1780.8	+
11-Sep	26600	8007	18593	0	18593	610.2	434	176.2	18417.2	+
12-Sep	19000	5719	13281	-76	13357	602.5	434	168.5	13188.5	+
13-Sep	5700	1716	3984	3927	57	602.5	434	168.5	-111.5	-
14-Sep	11400	3431	7969	2212	5757	742.8	434	308.8	5448.2	+
15-Sep	76000	22876	53124	0	53124	2574.5	434	2140.5	50983.5	+
16-Sep	22800	6863	15937	0	15937	1684.3	434	1250.3	14686.9	+
17-Sep	0	0	0	5643	-5643	1229.8	434	795.8	-6438.8	-
18-Sep	1900	572	1328	5071	1328	1047.9	434	613.9	714.2	+
19-Sep	16150	4861	11289	782	10507	2383.8	434	1949.8	8557.2	+
20-Sep	23750	7149	16601	5643	10958	1593.4	434	1159.4	9798.9	+

## Anexo 7. Continuación

Fecha	Ppt después				Ppt neta	Caudal	Flujo Base	Escorrentía	Agua en	Balance
	Ppt bruta	%Interce	Interc	EVT					suelo ppt- Esc	
21-Sep	1900	572	1328	5071	1328	1265.1	434	831.1	497.0	+
22-Sep	3800	1144	2656	4499	2656	1265.1	434	831.1	1825.1	+
23-Sep	11400	3431	7969	2212	5757	883.1	434	449.1	5307.9	+
24-Sep	14250	4289	9961	1354	8607	883.1	434	449.1	8157.9	+
25-Sep	5700	1716	3984	3927	57	982.3	434	548.3	-491.3	-
26-Sep	49400	14869	34531	0	34531	5341.6	434	4907.6	29623.0	+
27-Sep	0	0	0	5643	-5643	2622.5	434	2188.5	-7831.5	-
28-Sep	0	0	0	5643	-5643	2424.0	434	1990.0	-7633.0	-
29-Sep	5700	1716	3984	5643	-1659	2750.2	434	2316.2	-3974.9	-
30-Sep	17100	5147	11953	5643	6310	3119.3	434	2685.3	3624.6	+
01-Oct	32300	9722	22578	0	22578	2929.3	434	2495.3	20082.4	+
02-Oct	0	0	0	2983	-2983	2178.1	434	1744.1	-4727.1	-
03-Oct	0	0	0	2983	-2983	2504.3	434	2070.3	-5053.3	-
04-Oct	1900	572	1328	2411	1328	2424.0	434	1990.0	-661.9	-
05-Oct	28500	8579	19922	2983	16939	1429.3	434	995.3	15943.2	+
06-Oct	1900	572	1328	2411	1328	5695.1	434	5261.1	-3933.0	-
07-Oct	46550	14012	32538	0	32538	1512.4	434	1078.4	31460.0	+
08-Oct	26600	8007	18593	0	18593	3361.6	434	2927.6	15665.8	+
09-Oct	22800	6863	15937	0	15937	1436.8	434	1002.8	14934.4	+
10-Oct	0	0	0	2983	-2983	2424.0	434	1990.0	-4973.0	-
11-Oct	0	0	0	2983	-2983	2011.1	434	1577.1	-4560.1	-
12-Oct	0	0	0	2983	-2983	1538.2	434	1104.2	-4087.2	-
13-Oct	0	0	0	2983	-2983	1229.8	434	795.8	-3778.8	-
14-Oct	1900	572	1328	2411	1328	1047.9	434	613.9	714.2	+
15-Oct	30400	9150	21250	0	21250	3605.5	434	3171.5	18078.1	+
16-Oct	33250	10008	23242	0	23242	2887.7	434	2453.7	20788.0	+
17-Oct	0	0	0	2983	-2983	2801.5	434	2367.5	-5350.5	-
18-Oct	34200	10294	23906	0	23906	2296.2	434	1862.2	22043.6	+
19-Oct	20900	6291	14609	0	14609	2335.9	434	1901.9	12707.2	+
20-Oct	6650	2002	4648	981	3667	2424.0	434	1990.0	1677.0	+
21-Oct	0	0	0	2983	-2983	2138.8	434	1704.8	-4687.8	-
22-Oct	3800	1144	2656	2599	57	1784.1	434	1350.1	-1293.1	+

## Anexo 7. Continuación

Fecha	Ppt bruta	%Interce	PPt después		Ppt neta	Caudal	Flujo Base	Escorrentía	Agua en suelo ppt-	
			Interc	EVT					Esc	Balance
23-Oct	0	0	0	2983	-2983	1329.6	434	895.6	-3878.6	-
24-Oct	1900	572	1328	2411	1328	1056.5	434	622.5	705.6	+
25-Oct	0	0	0	2983	-2983	883.1	434	449.1	-3432.1	-
26-Oct	0	0	0	2983	-2983	809.0	434	375.0	-3358.0	-
27-Oct	0	0	0	2983	-2983	5695.1	434	5261.1	-8244.1	-
28-Oct	52250	15727	36523	2983	33540	2413.9	434	1979.9	31559.8	+

El flujo base se cálculo con base en el caudal mínimo registrado durante el periodo porlongado sin lluvias en el periodo lluvioso. Este se dió del 20-31 julio, con un total de 11 días sin lluvias. Se estimó que al final de este periodo no hay escorrentía superficial contrinuyendo al caudal. Este dato fue de 434 metros cúbicos al día (5 litros por segundo).

**Anexo 8.** Lista de costos para la construcción del vertedero “V-Notch”.

FECHA	ACTIVIDAD	CANTIDAD	PRECIO LPS	TOTAL LPS
<b>Costrucción de vertedero (1) parte baja</b>				
<b>MATERIALES</b>				
07/05/2003	Compra de cemento	2	86.00	172.00
07/05/2003	Compra de cemento	5	78.00	390.00
28/03/2003	Lance de tubo PVC de 2"	1	36.00	36.00
05/06/2003	Tapon PVC copa	1	3.50	3.50
	Lamina de hierro 1/4	1	1270.00	1270.00
24/04/2003	Cemento	10	78.00	780.00
	Varilla de 3/8	8	33.00	264.00
	Varilla de 1/4	7	12.00	84.00
	Clavos de 2"	2	5.50	11.00
	Alambre de amarre	1	7.00	7.00
26/04/2003	Compra de arena	6	100.00	600.00
29/04/2003	Compra de cemento	3	78.00	234.00
05/05/2002	Compra de cemento	5	80.00	400.00
06/05/2003	Compra de cemento	5	78.00	390.00
07/05/2003	Codo de presión	1	87.50	87.50
	Pegamento PVC	1	17.50	17.50
07/05/2003	Compra de ladrillos	1000	0.80	800.00
08/05/2003	Compra de tablas	10	31.50	315.00
08/10/2003	Compra de cemento	2	88.00	176.00
	<b>Subtotal</b>			<b>6037.50</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
24/04/2003	Pago de mano de obra en construcción de zanjos			450.00
08/05/2003	Mano de obra en acarreo de materiales			585.00
13/05/2003	Acarreo de materiales			100.00
15/05/2003	Pago de mano de obra calificada en construcción de vertedero			2800.00
14/05/2003	Pago de mano de obra calificada en construcción de vertedero			700.00
	<b>Subtotal</b>			<b>4635.00</b>
<b>ALIMENTACIÓN</b>				
24/05/2003	Alimentación a estudiantes en tesis			660.00
01/09/2003	Alimentación a estudiantes en tesis			447.00
30/09/2003	Alimentación a estudiantes tesis			60.00
	<b>Subtotal</b>			<b>1167.00</b>



**Anexo 9.** Clases de calidad, significación de los valores del BMWP (Biological Monitoring Working Party) y los colores a utilizar para las representaciones cartográficas.

<b>Clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Significado</b>	<b>Color</b>
I	“Buena”	> 150 ó 101-120	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas o alteradas de modo sensible	Azul
II	“Aceptable”	61-100	Son evidentes algunos efectos de contaminación.	Verde
III	“Dudosa”	36-60	Aguas contaminadas	Amarillo
IV	“Crítica”	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	“Muy crítica”	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

**Fuente:** Alba-Tercedor. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos.

**Anexo 10.** Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención de BMWP (Biological Monitoring Working Party).

<b>Familias</b>	<b>Puntuación</b>
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Athericidae, Blephariceridae	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae	8
Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Thiridae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Atyidae, Platycnemididae, Coenagrinidae	6
Oligoneuriidae, Polymitarcidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiiidae	5
Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae, Sialidae, Piscicolidae, Hidracarina	4
Mesoceliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naurcoridae, Pleidae, Veliidae, Notonectidae, Corixidae, Helodidae, Hydrophilidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda	3
Oligochotea (todas las clases), Syrphidae	1

**Fuente:** Alba-Tercedor. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos.

**Anexo 11.** Valores para el cálculo del índice BMWP según el nombre de cada familia.

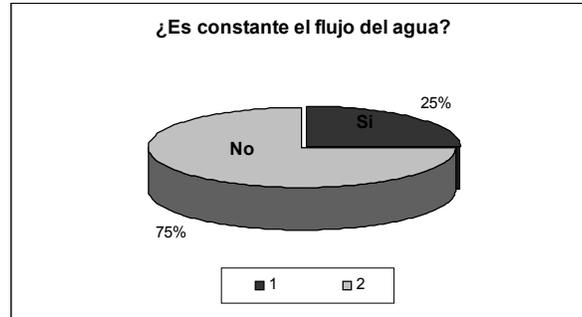
Orden	FAMILIA	Valor propuesto	Valor
D	BLEPHARICERIDAE	10	O.K.
D	ATHERICIDAE	10	O.K.
E	LEPTOPHLEBIIDAE	10	6
P	PERLIDAE	10	O.K.
T	LEPIDOSTOMATIDAE	10	talvez un 9
T	ODONTOCERIDAE	10	O.K.
E	HEPTAGENIIDAE	10	talvez un 9
T	LEPTOCERIDAE	10	8
O	CORDULEGASTRIDAE	8	O.K.
O	CORDULIIDAE	8	O.K.
T	CALAMOCERATIDAE	8	O.K.
T	GLOSSOSOMATIDAE	8	O.K.
O	AESHNIDAE	8	talvez un 7
C	PTILODACTYLIDAE	7	O.K.
O	GOMPHIDAE	7	O.K.
O	CALOPTERYGIDAE	7	4
O	LESTIDAE	7	O.K.
O	MEGAPODAGRIONIDAE	7	O.K.
O	PROTONEURIDAE	7	O.K.
T	LIMNEPHILIDAE	7	9
T	PHILOPOTAMIDAE	7	O.K.
O	COENAGRIONIDAE	6	talvez un 5
M	CORYDALIDAE	6	talvez un 5
O	LIBELLULIDAE	6	talvez un 5
T	HYDROPTILIDAE	6	5
T	POLYCENTROPODIDAE	6	O.K.
E	CAENIDAE	6	talvez un 5
T	HYDROPSYCHIDAE	5	O.K.
C	DRYOPIDAE	5	O.K.
E	LEPTOHYPHIDAE	5	6
E	OLIGONEURIIDAE	5	6
E	POLYMITARCYIDAE	5	
E	BAETIDAE	5	6
C	HYDRAENIDAE	5	O.K.
C	CHRYSOMELIDAE	4	quitar
C	CURCULIONIDAE	4	quitar
C	HALIPLIDAE	4	
C	LAMPYRIDAE	4	quitar
C	PSEPHENIDAE	4	6
C	STAPHYLINIDAE	4	O.K.
D	DIXIDAE	4	O.K.
D	SIMULIDAE	4	O.K.
D	TIPULIDAE	4	6
D	DOLICHOPODIDAE	4	O.K.
D	EMPIDIDAE	4	talvez un 5?
D	MUSCIDAE	4	O.K.
D	SCIOMYZIDAE	4	quitar
H	BELOSTOMATIDAE	4	O.K.
C	DYTISCIDAE	4	O.K.
H	CORIXIDAE	4	O.K.
H	NAUCORIDAE	4	5
C	GYRINIDAE	4	5

## Anexo 11. Continuación

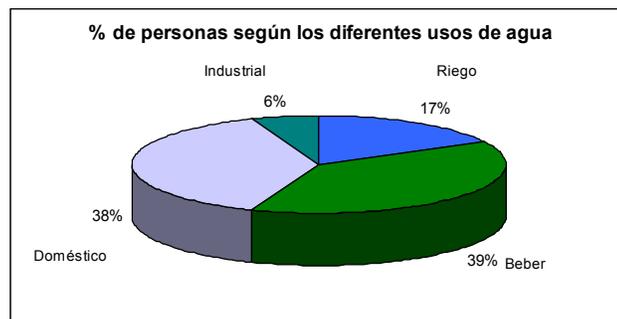
Orden	FAMILIA	Valor propuesto	Valor
D	CERATOPOGONIDAE	4	O.K.
D	STRATIOMYIDAE	4	O.K.
D	TABANIDAE	4	O.K.
H	GERRIDAE	4	O.K.
H	HYDROMETRIDAE	4	quitar
H	MESOVELIIDAE	4	O.K.
H	PLEIDAE	4	quitar
H	NEPIDAE	4	O.K.
H	NOTONECTIDAE	4	O.K.
C	ELMIDAE	3	min.5
C	HYDROPHILIDAE	3	O.K.
D	PSYCHODIDAE	3	5
H	VELIIDAE	3	O.K.
D	CHIRONOMIDAE	2	
D	CULICIDAE	2	O.K.
D	EPHYDRIDAE	2	O.K.
D	SYRPHIDAE	1	O.K.
B	BLABERIDAE		10
C	HYDROSCAPHIDAE		
C	LIMNICHIDAE		7
C	LUTROCHIDAE		7
C	NOTERIDAE		4
C	SCIRTIDAE		4
D	CHAOBORIDAE		quitar
D	CORETHRELLIDAE		quitar
D	NEMATOCERA		
E	EUTHYPLOCIIDAE		5
E	ISONYCHIIDAE		5
H	GELASTOCORIDAE		
H	HEBRIDAE		4
H	OCHTERIDAE		
H	SALDIDAE		
L	PYRALIDAE		5
N	SISYRIDAE		
O	SUBORDEN ANISOPTERA		
O	SUBORDEN ZYGOPTERA		
O	PERILESTIDAE		8
O	PLATYSTICITIDAE		7
O	POLYTHORIDAE		10
O	PSEUDOSTIGMATIDAE		
T	ANOMALOPSYCHIDAE		
T	HELICOPSYCHIDAE		5
T	HYDROBIOSIDAE		10
T	XIPHOCENTRONIDAE		6

**Anexo 12.** Gráficas varias, de los resultados de la encuesta que se aplicó en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

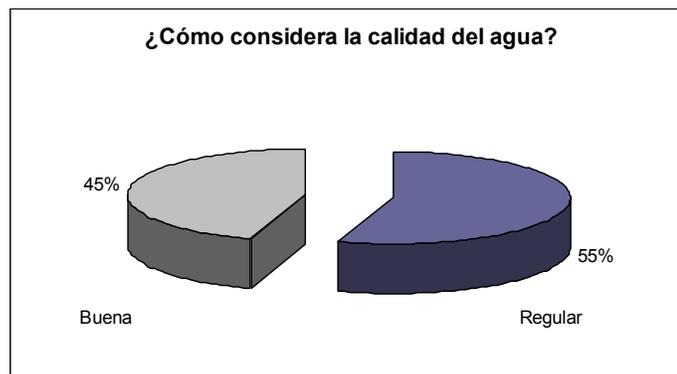
Constancia del flujo de agua que reciben los habitantes del Barrio La Reforma en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.



Porcentaje de personas, según el uso que destinan al agua.

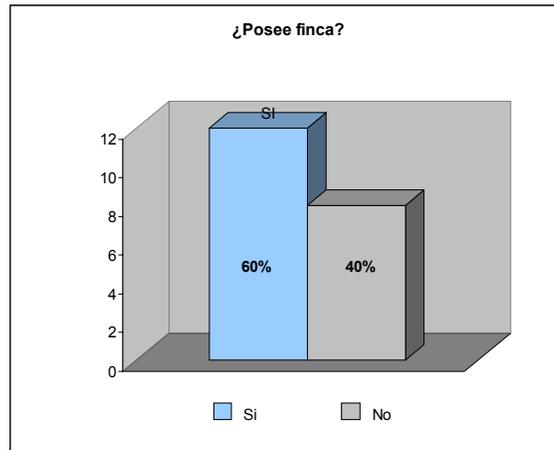


Percepción de la calidad del agua por parte de los habitantes de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

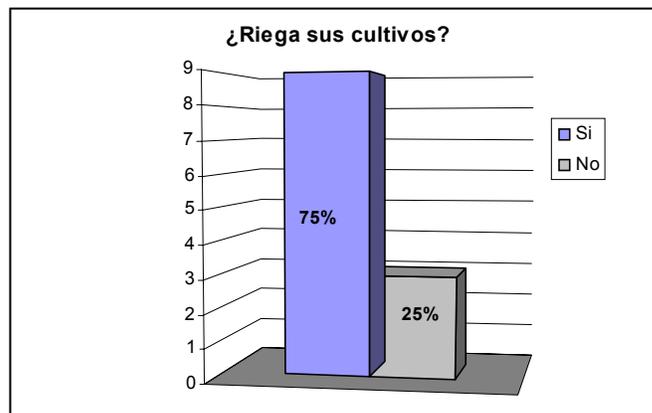


**Anexo 12.** Continuación

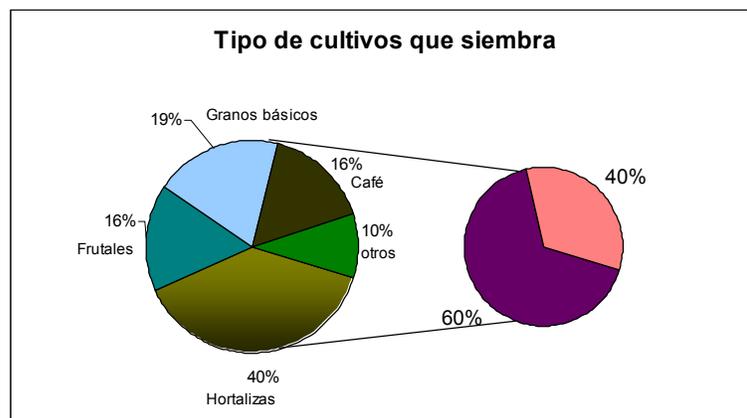
Porcentaje de personas que poseen finca en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.



Porcentaje de productores que riegan su finca en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

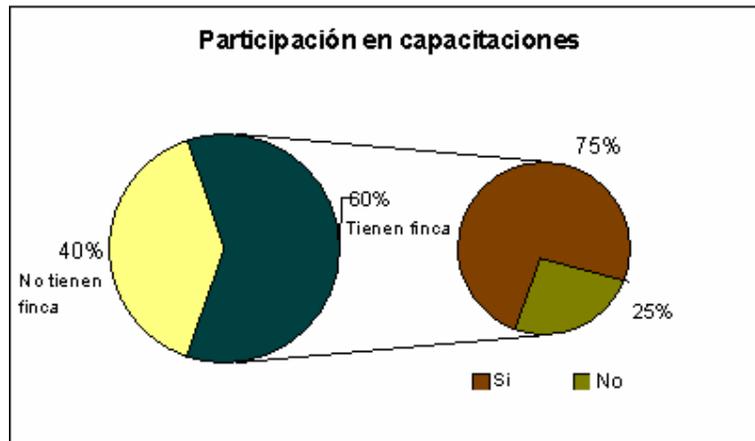


Diferentes tipos de cultivo que tienen sembrado los productores de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.



Continuación

Participación en capacitaciones por parte de los productores de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraiso.



**Anexo 13.** Cuadros varios para el cálculo de la oferta y demanda de agua en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Caudal de las mangueras que colectan agua de la quebrada El Zapotillo, Guinope, El Paraíso.

Caudal promedio de cada manguera	0.136
# de mangueras	30
Caudal total en L/s	4.07
Q diario en L/h	14648.21
Q diario en L	351557.05
L/hora c/manguera	488.27

Número de personas beneficiarias del recurso agua de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras, 2001.

Comunidades	# de personas	Porcentaje
B° Arriba	325	69
La Crucita	30	6
La Reforma	120	25
<b>Total</b>	<b>475</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Medina (2001).

Datos para estimar la demanda por los diferentes usos que le dan en la microcuenca El Zapotillo, Guinope, El Paraíso.

Actividad	L/día/casa sin filtro	L/ día/casa con filtro
Preparación de alimentos	10.38	11.35
Lavar vegetales	4.5	3.92
Para beber	5.07	3.57

**Fuente:** Cartagena, 2001

**Anexo 14.** Encuesta realizada a los pequeños productores en la parte baja de la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

**CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE.  
ZAMORANO**

**Encuesta a los Pequeños productores.**

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Estado civil: \_\_\_\_\_

Nivel de educación.

Primaria: \_\_\_\_\_ Secundaria: \_\_\_\_\_ Estudios avanzados: \_\_\_\_\_

1. ¿Qué tipo de cultivos siembra?

Granos básicos \_\_\_\_\_ Hortalizas \_\_\_\_\_ Café \_\_\_\_\_ Frutales \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

2. ¿Tiene acceso al agua? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ CAUDAL: \_\_\_\_\_

3. ¿Ud. Riega sus cultivos? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Con que frecuencia riega cada cultivo?

Granos básicos \_\_\_\_\_ Hortalizas \_\_\_\_\_ Café \_\_\_\_\_ Frutales \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

4. ¿Cuál es el área que ud. Riega por cada cultivo?

Granos básicos \_\_\_\_\_ Hortalizas \_\_\_\_\_ Café \_\_\_\_\_ Frutales \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

5. ¿Cuál es el tiempo de riego que destina por cultivo?

Granos básicos \_\_\_\_\_ Hortalizas \_\_\_\_\_ Café \_\_\_\_\_

Frutales \_\_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_

6. ¿Ha participado en algún taller o capacitación? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

7. ¿En cual? \_\_\_\_\_

¿Por cual institución fue impartida? Zamorano \_\_\_\_\_ Otra \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Anexo 15.** Encuesta realizada a los usuarios del agua en el Barrio La Reforma, Güinope, El Paraíso.

**CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE.  
ZAMORANO**

**Encuesta de calidad y cantidad de agua en Güinope.**

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_  
Nivel académico: \_\_\_\_\_ # de miembros familia: \_\_\_\_\_

1. ¿Posee acceso al agua? Si \_\_\_ No \_\_\_
2. Tiene mangueras? Si \_\_\_ No \_\_\_ ¿Cuántas? \_\_\_\_\_
3. Caudal de las mangueras \_\_\_\_\_
4. ¿Cómo varía la cantidad de agua que recibe en todo el año?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. ¿Es constante el flujo de agua que recibe durante el día? Si \_\_\_ No \_\_\_ ¿Por qué?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. ¿Cuáles son los usos que le dá al agua?

Riego \_\_\_ Doméstico \_\_\_ Beber \_\_\_ Industrial \_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_

7. ¿Cómo considera la calidad del agua?

Mala \_\_\_ Regular \_\_\_ Buena \_\_\_ Muy buena \_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_