

Análisis comparativo de la cantidad y calidad de agua en las microcuencas El Capiro y El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras

Jacqueline Soliz Nagatoshi

ZAMORANO

Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente

Diciembre, 2005

Análisis comparativo de la cantidad y calidad de agua en las microcuencas El Capiro y El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras

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

Presentado por

Jacqueline Soliz Nagatoshi

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2005

La autora 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.

Jacqueline Soliz Nagatoshi

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2005

**Análisis comparativo de la cantidad y calidad de agua en las
microcuencas El Capiro y El Zapotillo, Güinope, El Paraíso,
Honduras**

Presentado por

Jacqueline Soliz Nagatoshi

Aprobado por:

Luis Caballero, M.Sc.
Asesor principal

Mayra Falck, M.Sc.
Directora Carrera de Desarrollo
Socioeconómico y Ambiente

Erika Tenorio, M.Sc.
Asesora

George Pilz, Ph.D.
Decano Académico

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

DEDICATORIA

A Dios, por darme las oportunidades y bendiciones que me han ayudado y guiado en mi camino.

A mi Padre Guillermo Soliz Silva (Q.E.P.D.) porque aunque no está a mi lado, siempre está guiándome.

A Selva Nagatoshi, madre y fiel compañera que confió siempre en mí.

A mi abuelo Roberto Nagatoshi, por darme su cariño y apoyo incondicional.

A mi hermano Guillermo Soliz, y a toda mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su amor y por permitirme llegar a esta etapa de mi vida y poder decir simplemente “Gracias”.

A mi madre, por su constante apoyo, infinita confianza y ejemplo de esfuerzo y tenacidad.

A mi padre, que desde muy lejos siempre está dándome ánimos y ese espíritu de ser cada vez mejor.

Al Ingeniero Caballero por todas sus enseñanzas y por darme la oportunidad de poder realizar este trabajo.

A la Ingeniera Tenorio, por su ayuda y paciencia para la realización de este estudio.

A la familia Pilz, en especial a Angélica, por hacerme sentir en casa, y enseñarme que lo importante es dar sin esperar ninguna retribución.

A la Familia Gálvez Santizo, por su hospitalidad y apoyo.

A Eliana Sakamoto, mi gran amiga y compañera, por su apoyo y amistad.

A Julio César, por ser parte de mi vida y darme la oportunidad crecer y conocerme a mi misma.

A mis compañeras de Residencia quienes hicieron de Zamorano mi segundo hogar, en especial a Sara y Wendy.

A mis grandes amigos de DSEA, por los lindos momentos en clases y en trabajo, así también por las alegrías y tristezas compartidas. En especial a mis grandes amigos Violeta, Eduardo y Lian.

A Diana y Federico, por su amistad y su ayuda para la realización de este trabajo.

A Alejandra por enseñarme que siempre hay espacio para una nueva amistad, y sobre todo por haberme escuchado y entendido sin juzgarme.

A todas las personas que ayudaron de una u otra forma a la realización de este estudio.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A Nippon Foundation, por el financiamiento brindado para realización de mis 4 años de estudio, y no sólo por el financiamiento sino también por las enseñanzas que llevan dentro de su filosofía.

Al proyecto MIRA (Manejo Integrado de Recursos Ambientales) por el financiamiento y facilidades para el desarrollo de este estudio.

RESUMEN

Soliz Nagatoshi J. 2005. Análisis comparativo de la cantidad y calidad de agua en las microcuencas El Capiro y El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras. Tesis de proyecto especial de Ingeniera en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Valle del Yegüare, Zamorano, Honduras.

Actualmente las microcuencas El Capiro y El Zapotillo, fuentes de agua para el municipio de Güinope, presentan grandes diferencias en su tipo de cobertura, esto implica que podrían tener diferencias en la producción de flujos hídricos, tanto flujos base como en flujos de escorrentía superficial. Este estudio se enfocó en desarrollar una base científica del comportamiento hidrológico de dichas microcuencas, mediante la medición de precipitaciones, caudales diarios, y análisis de calidad de agua para el período de mayo a septiembre del 2005. Se analizó el comportamiento de los caudales con relación a la precipitación generando de esta manera hidrogramas únicos, con los cuales se obtuvo los índices de escorrentía para ambas microcuencas. La precipitación promedio para el período en estudio fue de 1521 mm, la cual es más alta que el promedio para años anteriores (1020 mm) tomando en cuenta que los datos no concluyeron la época lluviosa. Los caudales promedios fueron de 41.66 l/s para la microcuenca El Capiro y 27.07 l/s para El Zapotillo. Los caudales mínimos para la microcuenca El Capiro fueron 0 l/s (tomado en los vertederos) en la época seca y 4.93 l/s al inicio de la época lluviosa. El Zapotillo presentó un caudal mínimo de 5.01 l/s en la época Seca y 11.04 l/s en la época lluviosa. Los índices de escorrentía fueron similares para las dos microcuencas, 0.04 para El Capiro y 0.04 para El Zapotillo, respectivamente, lo que demostró que la cobertura no está afectando el nivel de escorrentía, sino que ésta se ve afectada por factores geológicos y de tipos de suelos; los cuales según la hoja geológica de Yuscarán son los mismos para las dos microcuencas. Los datos de calidad de agua mostraron valores similares para ambas microcuencas, en los parámetros de temperatura, pH y oxígeno disuelto. Sin embargo en los parámetros de conductividad eléctrica, TDS, turbidez, coliformes totales y coliformes fecales se presentaron diferencias significativas entre las dos microcuencas, siendo más altos para El Zapotillo. Por otro lado la microcuenca El Zapotillo exporta 4.40 Kg/ha de nitrógeno, mientras la microcuenca El Capiro exporta 3.22 Kg/ha. Esto influenciado de alguna manera por alguna fuente de contaminación puntal. En resumen se debe trabajar en programas de ordenamiento territorial, con el fin de proteger la cobertura permanente, y así permitir la sostenibilidad de estas dos importantes fuentes de agua para el municipio de Güinope.

Palabras claves: cobertura, escorrentía, hidrograma único, protección.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimientos a Patrocinadores.....	vi
Resumen.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de cuadros.....	x
Índice de gráficas.....	xi
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. JUSTIFICACION	2
1.2. LIMITES DE ESTUDIO.....	2
1.3. OBJETIVOS	2
1.3.1. General.....	2
1.3.2. Específicos.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. SITUACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	4
2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA	4
2.2.1. Cuenca.....	4
2.2.2. Morfología	4
Parámetros de forma	4
Parámetros de relieve.....	5
Parámetros relativos a la red hidrográfica	5
2.3. CANTIDAD DE AGUA	6
2.3.1. Hidrograma	6
2.3.2. Escorrentía	7
2.4. CALIDAD DE AGUA	7
2.4.1. Calidad del cuerpo de agua.....	7
2.4.2. Monitoreo de calidad de agua.....	7
2.4.3. Parámetros físico-químicos.....	7
Turbidez	7
Temperatura	7
pH.....	8
Oxígeno Disuelto	8

Conductividad Eléctrica.....	8
Nitratos.....	8
Fosfatos.....	8
2.4.4. Parámetros bacteriológicos.....	9
Coliformes fecales.....	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3.1. LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....	10
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS MICROCUENCAS.....	11
3.2.1. Microcuenca El Capiro.....	11
3.2.2. Microcuenca El Zapotillo.....	12
3.3. CANTIDAD DE AGUA.....	13
3.3.1. Precipitación.....	13
3.3.2. Caudal.....	13
Instrumento de medición.....	13
Cálculo de caudal.....	13
3.3.3. Estimación de índices de escorrentía.....	14
3.4. CALIDAD DE AGUA.....	15
3.4.1. Sitios y frecuencia de muestreos.....	15
3.4.2. Procedimiento para obtención de muestras para el análisis en laboratorio ...	16
3.4.3. Análisis de exportación de nutrientes.....	17
4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS.....	18
4.1. CANTIDAD DE AGUA.....	18
4.1.1. Precipitación.....	18
4.1.2. Caudales.....	19
Microcuenca El Capiro.....	19
Microcuenca El Zapotillo.....	21
4.1.3. Índices de escurrimiento por mes para el período de mayo a septiembre.	23
4.1.4. Índice de escorrentía superficial por eventos.....	23
4.2. CALIDAD DE AGUA.....	25
4.2.1. Análisis físico-químico.....	25
Microcuenca El Capiro:.....	25
Microcuenca El Zapotillo.....	26
4.2.2. Análisis bacteriológico.....	26
Microcuenca El Capiro.....	26
Microcuenca El Zapotillo.....	27
4.3. EXPORTACIÓN DE NUTRIENTES.....	27
5. CONCLUSIONES.....	31
6. RECOMENDACIONES.....	32
7. BIBLIOGRAFÍA.....	33

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Clasificación de la forma de una cuenca según el coeficiente de gravelius.	5
2.	Tipo de cobertura para el área de contribución de la microcuenca El Capiro	11
3.	Tipos de coberturas presentes en el área de contribución de la microcuenca El Zapotillo.....	12
4.	Caudales mensuales promedios de la microcuenca El Capiro, para el período de junio a septiembre del 2005.	20
5.	Caudales mensuales promedios de la microcuenca El Zapotillo, para el período de junio a septiembre del 2005.	21
6.	Índices de escurrimiento para las microcuencas El Capiro y El Zapotillo incluyendo los caudales básicos y la escorrentía superficial.	23
7.	Índice de escorrentías obtenidos a partir de 3 eventos representativos del período, para las dos microcuencas.....	23
8.	Valores de los análisis físico-químicos para la microcuenca El Capiro.	25
9.	Resultados de los análisis físico-químicos para la microcuenca El Zapotillo.	26
10.	Valores de coliformes totales y fecales para la microcuenca El Capiro.	27
11.	Valores de coliformes totales y fecales para la microcuenca El Zapotillo.	27
12.	Total de masa exportada de nitrógeno, fósforo y sólidos totales.....	28
13.	Cantidad de masas totales exportadas por hectárea de nitrógeno, fósforo y sólidos totales de cada microcuenca.	28

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica

1.	Precipitación mensual en milímetros de lluvia de los años 2003 y 2005, para las microcuencas El Capiro y El Zapotillo, güinope, el paraíso.....	18
2.	Comportamiento de la precipitación en el período junio a septiembre de 2005, expresada en mm por día.....	19
3.	Relación existente entre el caudal promedio mensual y la precipitación del período de junio a septiembre del 2005 para la microcuenca El Zapotillo.....	20
4.	Relación existente entre el caudal promedio mensual y la precipitación del período de junio a septiembre del 2005 para la microcuenca El Zapotillo.....	22
5.	Comportamiento del caudal para las dos microcuencas en el período junio- septiembre 2005.	22
6.	Hidrograma de eventos del mes de junio para la microcuenca El Zapotillo, donde muestra la cantidad de caudal en flujo base y el de escorrentía.....	24
7.	Hidrograma de eventos del mes de junio para la microcuenca El Zapotillo, donde muestra la cantidad de caudal en flujo base y el de escorrentía.....	24
8.	Concentración del nitrógeno según las variaciones de caudal de la microcuenca El Zapotillo.....	29
9.	Concentración del nitrógeno según variaciones de los flujos de caudales para la microcuenca El Capiro.....	29

INDICE DE FIGURAS

Figura

1.	Partes de un hidrograma y sus componentes de escorrentía rápida o superficial y escorrentía lenta.	6
2.	Mapa de ubicación geográfica de las microcuencas El Capiro y El Zapotillo.	10
3.	Ejemplo de la separación de componentes de un hidrograma para una determinada tormenta. (sánchez, 1999).	14
4.	Diagrama de los parámetros de físico-químicos y bacteriológicos medidos en los vertederos de tipo V-notch de las dos microcuencas.	15

INDICE DE ANEXOS

Anexo

1. Precipitación diaria de las microcuencas El Capiro y El Zapotillo.	35
2. Caudales promedios mensuales del período de junio a septiembre de 2005 para las microcuencas El Capiro y El Zapotillo.	38
3. Hidrogromas del mes de julio utilizados para el cálculo de índices de escorrentías, para las dos microcuencas.....	42
4. Hidrogromas del mes de agosto utilizados para el cálculo de índices de escorrentías, para las dos microcuencas.....	43
5. Mapa de tipo de suelo del área de contribución de los vertederos de la microcuenca El Capiro y El Zapotillo.	44
6. Mapa de tipos de cobertura del área de contribución de los vertederos de la microcuenca El Capiro y El Zapotillo.	45
7. Mapa de rangos de pendiente del área de contribución de los vertederos de la microcuenca El Capiro y El Zapotillo.	46
8. Regresiones lineales utilizadas para obtener las concentraciones diarias de nitrógenos para las dos microcuencas.....	47

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día los países de América latina se desenvuelven en una realidad que muestra grandes desafíos para su desarrollo, ya que conforme la población crece, aumentan con ella sus necesidades y demandas por espacios productivos, incrementando así la presión hacia los recursos naturales

El 86% del territorio de Honduras cuenta con una topografía montañosa la cual se caracteriza por grandes pendientes y profundos valles. El 60 % de la población vive en áreas rurales y en situación de extrema pobreza, por lo que la población no ha tenido otras opciones que utilizar las tierras de ladera en usos agrícolas y ganaderos; sin tomar en cuenta las medidas adecuadas de conservación de los suelos. Ocasionando de esta manera la pérdida de la fertilidad de suelos, la erosión y la degradación de la calidad de las fuentes de agua (PLANFOR, 1996).

Los flujos hídricos nos ayudan a cuantificar los caudales salientes de una microcuenca, y ayudados con los análisis de calidad de agua, nos permiten visualizar la oferta de agua disponible para una creciente demanda, tanto para consumo humano, riego y recreación.

Es necesario profundizar en el estudio del comportamiento hidrológico de las fuentes de agua, ya que con base en ello se pueden desarrollar políticas y acciones orientadas a la protección, y recuperación de dichas fuentes, conllevando esto a un manejo más eficiente del agua.

Por esta razón, el presente estudio se enfoca en desarrollar una base científica del comportamiento hidrológico de las microcuencas El Capiro y El Zapotillo, las cuales son fuente de agua para el municipio de Güinope. En estas microcuencas por diversas razones se han ido observando diferencias significativas en el manejo y uso de la tierra, conllevando esto a desarrollar diferentes comportamientos hidrológicos a pesar de contar con similares orígenes en los aspectos medioambientales.

1.1. JUSTIFICACION

Según CEPIS (2005) el actual deterioro ambiental impacta negativamente de manera directa en los niveles de cobertura permanente en las microcuencas, los cuales al reducirse vuelven precario el abastecimiento de agua en calidad y cantidad para las futuras generaciones, demandantes del recurso.

Actualmente las microcuencas El Zapotillo y El Capiro, presentan grandes diferencias en el tipo de cobertura, esto implica que podrían tener diferencias en la producción de flujos hídricos, tanto en tiempo y volumen; por lo que esta investigación pretende estudiar los comportamientos hidrológicos de dichas microcuencas; mediante el análisis de hidrogramas en diferentes escalas de tiempo.

1.2. LIMITES DE ESTUDIO

El análisis de cantidad y calidad de agua se enfocó en las salidas de las microcuencas, y abarcó el período de mayo a septiembre de 2005. Dado que es el primer año que se tienen mediciones precisas y continuas para ambas microcuencas, los hidrogramas fueron analizados solamente para ese período.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Evaluar el comportamiento hidrológico de las microcuencas El Zapotillo y El Capiro, mediante la medición de la cantidad y calidad de agua en las mismas, en el período de mayo a septiembre de 2005.

1.3.2. Específicos

- Instalar una estación permanente para el monitoreo de flujos hídricos en la microcuenca El Capiro, mediante la construcción de un vertedero de tipo V-notch de 90 °.
- Determinar el efecto del uso del suelo, en el área de contribución de las microcuencas y el tiempo de despunta en la magnitud de los flujos hídricos, mediante el análisis de hidrogramas únicos y del período.
- Evaluar y comparar los datos de calidad de agua de las dos microcuencas en el período mayo a septiembre de 2005.

- Estimar los índices de escorrentía para cada microcuenca mediante el análisis de al menos dos eventos de lluvia y sus respectivos hidrogramas únicos.
- Calcular la cantidad de nutrientes (nitratos y fosfatos), así como también la de sólidos totales que exportan las dos microcuencas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. SITUACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

El crecimiento poblacional a grandes escalas trae consigo un gran deterioro de los recursos naturales. Uno de ellos es la deforestación de bosques, la cual acarrea consigo consecuencias negativas como, la modificación del ciclo hidrológico a escalas de microcuencas, subcuencas y cuencas.

La amplia deforestación de cuencas hidrográficas trae consigo la escasez estacional del agua, problemas de escorrentía de aguas superficiales, erosión de suelos sedimentación y destrucción de hábitat de fauna y flora (SECPLAN, 1999).

Así también esta estacionalidad de lluvias conlleva a problemas en la calidad y cantidad de agua, es por ello que es importante el monitoreo del comportamiento de caudales, los cuales nos dan una idea de la oferta de agua existente.

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

2.2.1. Cuenca

Se denomina cuenca vertiente o cuenca de drenaje de un cauce, en una sección dada de su curso, a la superficie de terreno limitada por el contorno a partir del cual la precipitación caída drena por esa sección (TRAGSA, 1998).

Desde el punto de vista de su funcionamiento la cuenca puede caracterizarse por su morfología, por la naturaleza del suelo y por la cobertura vegetal.

2.2.2. Morfología

La morfología de la cuenca está definida por tres parámetros:

Parámetros de forma: la forma influye sobre los escurrimientos y la marcha de los hidrogramas resultantes de una precipitación dada. Ésta se puede calcular con el coeficiente de Gravelius:

$$C_g = P / 2 \sqrt{\pi} * A \quad [1]$$

Donde:

C_g , es el coeficiente de Gravelius
 P , Perímetro de la cuenca en Km
 A , Superficie de la cuenca en Km²

Para analizar el coeficiente se tiene la siguiente clasificación:

Cuadro 1. Clasificación de la forma de una cuenca según el Coeficiente de Gravelius.

C_g	Forma
1 - 1.25	Redonda
1.25 - 1.50	Ovalada
1.50 - 1.75	Oblongada

Fuente: TRAGSA. 1998.

Parámetros de relieve: la influencia del relieve sobre el hidrograma es aún más evidente. Ya que a mayor pendiente corresponderá una menor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje. Se analiza a través de los siguientes parámetros:

- Altura media (A_m)

$$A_m = \text{Altura máx.} + \text{Altura min} / 2 \quad [2]$$

- Pendiente media de la cuenca (P_c)

$$P_c = \{(E_{\max} - E_{\min})\} * 100 \quad [3]$$

Parámetros relativos a la red hidrográfica: es el drenaje natural, temporal o permanente, por la que fluyen las aguas de los escurrimientos superficiales. Se analiza a través de los siguientes parámetros:

- Densidad de drenaje (D_d)

$$D_d = \sum L / A \quad [4]$$

Donde:

L = Largo en Km. de todos los segmentos de ríos.

A = Área de la cuenca (Km²)

- Pendiente media del cauce principal (Scl)

$$Scl = E_{85} - E_{10} / 0.75 * Lc \quad [5]$$

Donde:

Lc = Longitud del cauce principal

2.3. CANTIDAD DE AGUA

2.3.1. Hidrograma

Es cualquier gráfico que relaciona alguna propiedad de flujo del agua en un medio de transporte lineal (cauce, canal.) con el tiempo (TRAGSA, 1998).

Con los hidrogramas podemos estimar qué parte del mismo está producido por la escorrentía rápida y qué parte se debe a la escorrentía lenta.

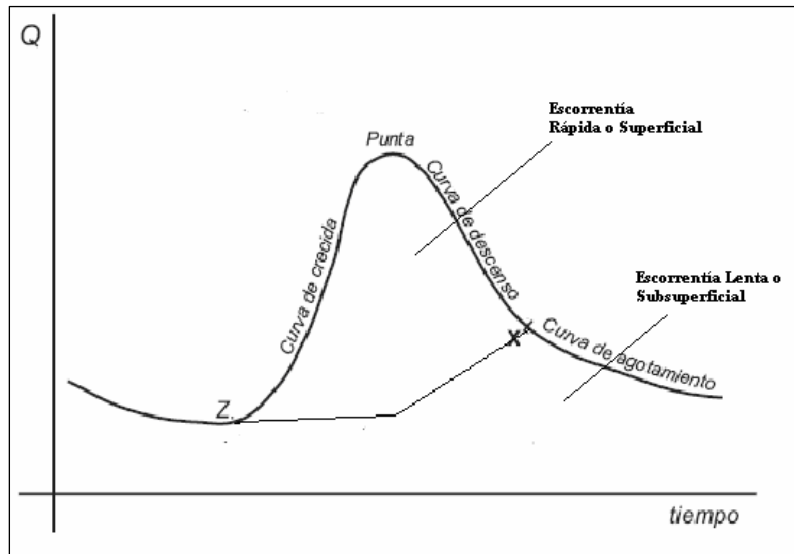


Figura 1. Partes de un hidrograma y sus componentes de escorrentía rápida o superficial y escorrentía lenta (Sánchez, 1999).

2.3.2. Escorrentía

Es la parte de la precipitación que llega a la red hidrográfica de la cuenca y escurre por ella dando lugar a los caudales líquidos.

Existen dos tipos de escorrentía:

Las escorrentías rápidas, que escurren por la superficie del terreno, llegando a cauces en poco tiempo y son las causantes de los caudales puntas de las avenidas.

Las escorrentías subsuperficiales y subterráneas que alimentan los cauces de forma lenta y dan lugar a los caudales base que escurren por la red hídrica (TRAGSA, 1998).

2.4. CALIDAD DE AGUA

2.4.1. Calidad del cuerpo de agua

Es el estado del cuerpo de agua obtenido a través de la caracterización física, química y biológica para determinar su composición y utilidad al hombre y demás seres vivos (Secretaría de salud, 2000).

2.4.2. Monitoreo de calidad de agua

Es una actividad continua y periódica de supervisión de los parámetros que determinan los posibles usos del agua (Secretaría de Salud, 2000).

2.4.3. Parámetros físico-químicos

Turbidez: es una medida de las propiedades de luz que transmite el agua y se abarca del material suspendido y coloidal. La turbidez se expresa como unidades nefelométricas de la turbidez (NTU). La turbidez es importante por razones estéticas y de la salud (Mays, 1996).

Temperatura: es un parámetro importante ya que afecta a la mayoría de los procesos biológicos que tienen lugar en un ecosistema fluvial. Simultáneamente, la temperatura afecta la solubilidad de los gases presentes en el agua; un aumento de la temperatura disminuye esta solubilidad, es el caso del oxígeno disuelto (Poch, 1999).

La temperatura del agua afecta algunos de las importantes propiedades físicas y características del agua, tales como densidad, peso específico, viscosidad, tensión superficial, conductividad, salinidad y solubilidad de gases disueltos como el oxígeno. La

temperatura varía de 0 a 35° C, dependiendo de la fuente, la profundidad y la estación (Mays, 1996).

pH: es una medida de la tendencia de acidez o de 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. El pH aceptable para el consumo humano fluctúa entre 5.0 y 9.0 (Guillén *et al*, 1999).

Oxígeno Disuelto: éste proviene de la mezcla del agua con el aire ocasionada por el viento y, en la mayoría de los casos, principalmente del oxígeno que liberan las plantas acuáticas en sus procesos de fotosíntesis. La solubilidad del oxígeno como la de cualquier gas en el agua, depende de la presión imperante en cada punto, de la temperatura media del cuerpo de aguas y de su contenido en sales disueltas. En términos generales la solubilidad del O₂ es directamente proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura y a la salinidad del agua. (Perdomo, 2002)

Conductividad Eléctrica: es la capacidad que presenta el agua para conducir electricidad, debido a las sales que lleva disueltas. Entre los iones que aparecen de forma más habitual se encuentran el sodio, el calcio, el magnesio, el bicarbonato, el sulfato y el cloruro (Poch, 1999).

Nitratos: este nutriente existe en suelo principalmente en formas orgánicas, que se convierten lentamente a formas inorgánicas más disponibles (amonio y nitrato). Los nitratos son muy solubles y se lixivian fácilmente o se pueden ir en con la escorrentía. El nitrógeno orgánico y el amoníaco, por otra parte, se fijan por adsorción sobre partículas del suelo y por lo tanto tienden a seguir donde están, es decir estos no se van por la erosión. (Van Lier, 1999)

Fosfatos: el fósforo (P) en sistemas naturales está presente como anión de ortofosfato (PO₄⁻³), en formas inorgánicas (fosfato insoluble en calcio) y orgánicas (de las plantas y de la biomasa orgánica).

La cantidad de fósforo que viene de fuentes difusas cambia considerablemente con varios factores pedológicos, meteorológicos, y ambientales. En contraste con el nitrógeno, el fósforo no es particularmente móvil en suelos. El ión del fosfato no se lixivian fácilmente porque está fijado a la arcilla y a la materia orgánica y es perdido en gran parte por procesos erosivos. (Van Lier, 1999)

La concentración de fósforo bajo la forma de ortofosfato, en aguas naturales, es relativamente baja y en general rara vez excede los 10 ppm. Los lodos y sedimentos, en

donde se acumulan los fosfatos precipitados suelen contener cantidades mayores a las existentes en solución. (Perdomo, 2002)

2.4.4. Parámetros bacteriológicos

Coliformes fecales: es el grupo de microorganismos adecuado como indicador de contaminación bacteriana ya que los coliformes, son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente, están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades, permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas y se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección.

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44.5 °C. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. (CYTED, 2000).

Las coliformes fecales entran al agua por medio de:

- Aguas residuales no tratadas, o tratadas inadecuadamente.
- Escorrentías de establos, zonas de pasto o praderas.
- Flujos difusos de aguas residuales (Spellman, 2000).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Las microcuencas El Zapotillo y Capiro están ubicadas entre las latitudes $13^{\circ} 50' 26.5''$ N, $13^{\circ} 54' 14.6''$ N y las longitudes $86^{\circ} 54' 11.13''$ W, $86^{\circ} 57' 14.3''$ W.

La microcuenca El Zapotillo tiene un área total aproximada de 4.8 Km², sus rangos de elevación van de 1300 a 1700 m.s.n.m., mientras que la microcuenca El Capiro tiene un área total aproximada de 4.2 km², y sus rangos de elevación van de 1300 a 1780 m.s.n.m.

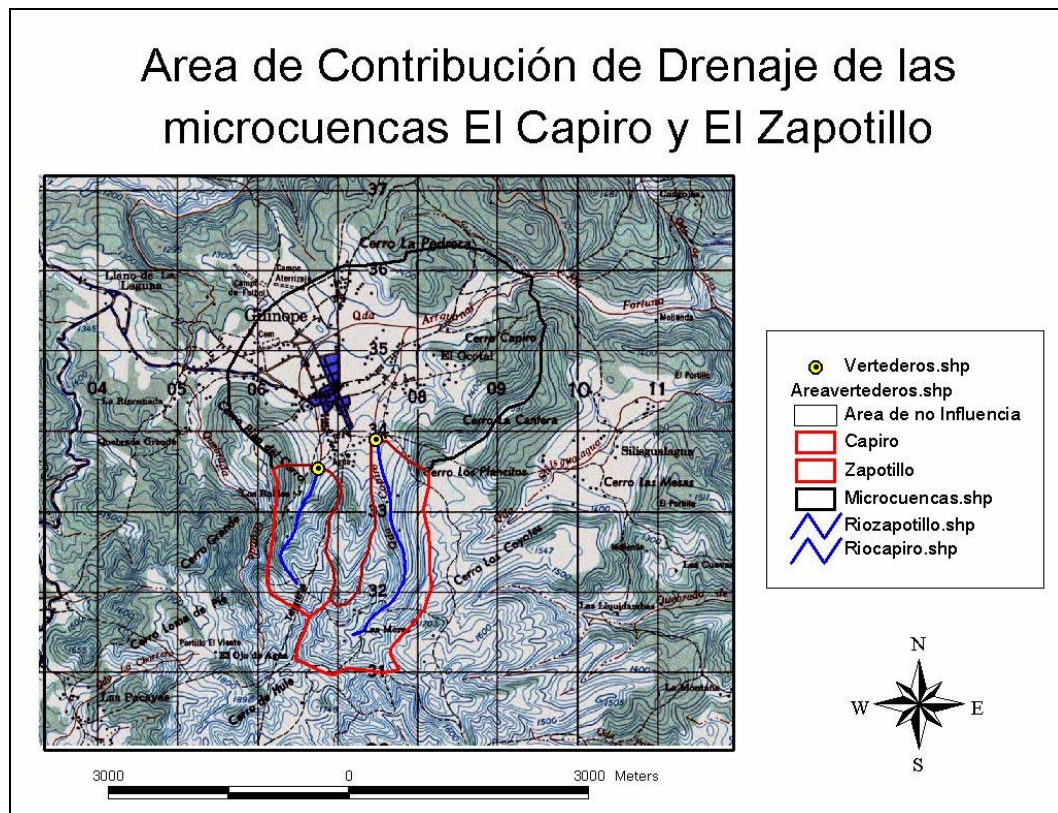


Figura 2. Mapa de ubicación geográfica de las microcuencas El Capiro y El Zapotillo.

3.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS MICROCUENCAS

3.2.1. Microcuenca El Capiro

El área de contribución arriba de los vertederos es de 2, 444, 270 m² (244.4 Ha). Según Ramírez (1998) esta microcuenca tiene suelos de profundidad efectiva de 20 a 50 centímetros, con una apreciación textural media y un drenaje natural bueno, y pertenece a la clasificación de suelos Basalto cuaternario.

El análisis de cobertura nos dice que el 56 % de su área esta ocupado por cultivos agrícolas anuales y/o tierras de descanso. Esto debido al crecimiento acelerado de la frontera agrícola. Ésta cuenta con un 44 % de cobertura boscosa (anexo 6). Distribuidos entre bosques de coníferas y latifoliadas, tal como la muestra el cuadro 2.

Cuadro 2. Tipo de cobertura para el área de contribución de la microcuenca El Capiro

Tipo de cobertura	Ha	%
Bosque de conífera denso	26,4	10,8
Bosque de conífera ralo	24,1	9,9
Bosque latifoliado	56,8	23,2
Subtotal	107,3	43,9
Pastos y/o cultivos	137,1	56,1
Total área	244,4	100,0

La morfología de la cuenca está definida por tres parámetros, los cuales en este caso solo están definidos para el área de contribución arriba del vertedero.

Parámetros de forma: tiene un de 1.48 coeficiente de Gravelius el cual nos dice que es una microcuenca de forma ovalada. Sin embargo según el método de proporción de Largo: Ancho, tiene una forma oblongada, ya que presenta una proporción de 3:1.

Parámetros de relieve: los rangos de elevación van desde 1340 a 1680 m.s.n.m. Así mismo la pendiente de la microcuenca para el área de contribución a los vertederos es de 11%.

Parámetros relativos a la red hidrográfica: El Capiro tiene una densidad de drenaje de 1.10 Km de río por cada km². La pendiente del río principal es de 7% Aproximadamente.

3.2.2. Microcuenca El Zapotillo

El área de contribución arriba del vertedero es de 1, 307,330 m² (130.7 Ha). Según Ramírez (1998) la microcuenca El Capiro presenta suelos de profundidad efectiva de 20 a 50 centímetros, con una apreciación textural media y un drenaje natural bueno, y pertenece a la clasificación de suelos Basalto cuaternario.

A diferencia de la microcuenca El Capiro, esta microcuenca tiene mayor porcentaje de cobertura boscosa, representado por un 80 % del total de su área (anexo 6). Solo un 20 % dedicado a uso agrícola. Así como lo detalla el cuadro 3.

Cuadro 3. Tipos de coberturas presentes en el área de contribución de la microcuenca El Zapotillo.

Tipo de cobertura	Ha	%
Bosque de conífera denso	61,04	46,69
Bosque de conífera ralo	12,26	9,38
Bosque latifoliado	30,85	23,60
Subtotal	104,15	79,66
Pastos y/o cultivos	26,586	20,34
Total área	130,7	100,00

La morfología de la cuenca está definida por tres parámetros, los cuales en este caso solo están definidos para el área de contribución de arriba de los vertederos.

Parámetros de forma: la microcuenca El Zapotillo tiene un coeficiente de Gravelius de 1.22 el cual nos dice una forma redonda. Sin embargo mediante el método de proporción Largo: Ancho, presenta una forma ovalada, ya que tiene una proporción de 2:1, y es menos larga que la microcuenca El Capiro.

Parámetros de relieve: los rangos de elevación van desde 1350 a 1720 m.s.n.m. Así mismo la pendiente de la microcuenca para el área de contribución a los vertederos es de 19 %.

Parámetros relativos a la red hidrográfica: El Zapotillo tiene una densidad de drenaje de 1.22 Km de río por cada km². La pendiente del río principal es de 12%.

3.3. CANTIDAD DE AGUA

3.3.1. Precipitación

Para la precipitación se utilizó un pluviómetro manual, colocado a campo abierto en el terreno de una persona de la comunidad. De esta forma se midió la precipitación total de la zona, desde junio hasta mediados de septiembre del año 2005. Las lecturas del pluviómetro fueron tomadas diariamente por un habitante de la comunidad, estas fueron expresadas como mm de lluvia.

3.3.2. Caudal

Instrumento de medición: se utilizó el método de medición de caudales con estructuras controladas. Para ello se construyó el vertedero de tipo V-notch, en la microcuenca El Capiro. Éste se construyó con las siguientes dimensiones: 4 m de ancho, 1.25 m de alto y una V de 90°, la cual tiene una altura máxima de 50 cm. por la cual pasa un caudal de 244 l/s.

El vertedero fue ubicado en la salida de la microcuenca, así mismo, el lugar fue elegido con los siguientes criterios:

- Sección del cauce con poca pendiente.
- Cauce en línea recta (golpe de agua)
- Fácil acceso para las mediciones futuras y demás investigaciones.
- Que no hubiera influencias de área urbanas.

Al contrario, en la microcuenca El Zapotillo ya se tenía construido el vertedero de tipo V-notch, desde el año 2003. Este vertedero con coordenadas UTM (506,761.59; 1,533,887.00) está ubicado así también en la salida de la microcuenca, y cuenta con las siguientes dimensiones: 1.60 metros de ancho, 1.10 metros de largo, 0.5 metros de alto y en la V un ángulo de 90°, la altura máxima de la misma es de 30 centímetros, por la cual pasa un caudal esperado de 68.03 l/s.

Cada vertedero contó con una caja donde estaba ubicado el medidor de presión del agua “water level looger” marca Wl 15, este tomó datos de elevación del agua cada tres minutos.

Así también se tomaron mediciones manuales en la V del los vertederos, con el fin de calibrar los datos del medidor de presión. Ya que este toma la altura total del vertedero por lo que se tiene que restar la altura muerta debajo de la V.

Cálculo de caudal: los caudales se calcularon mediante una fórmula ya predeterminada para las alturas de la V. las con la ayuda de una hoja electrónica de Excel.

$$Q \text{ (l/s)} = (h)^{2.5} * 1380 \quad [6]$$

Donde:

Q = Caudal (l/s)

h = Altura en metros

Los flujos que llegaron a ser mayores a la capacidad de la V de los vertederos, el caudal se estimó con la siguiente fórmula:

$$Q = K (L - 0.2 H)^{1.5} \quad [7]$$

Donde:

Q = Caudal en l/s

H = Altura del agua en el área rectangular. (Sobre la V).

L = Longitud (ancho del vertedero)

K = La constante dependiente de las unidades solicitadas. Este caso para l/s es 1838.

3.3.3. Estimación de índices de escorrentía

Este se obtuvo a través de la separación de componentes de hidrogramas para determinados eventos de tormenta. La separación de componentes consistió en ver qué parte del caudal es debido a escorrentía básica y que parte se debe a escorrentía directa o superficial, para luego calcular el volumen agua, comprendida en dichas áreas como muestra la figura 3.

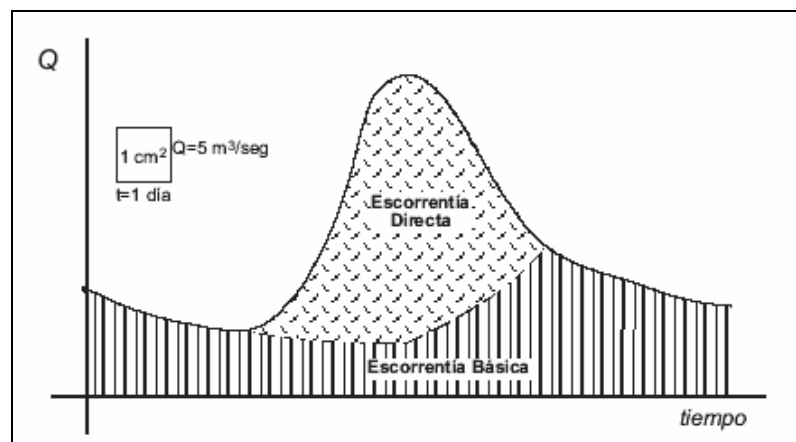


Figura 3. Ejemplo de la separación de componentes de un hidrograma para una determinada tormenta (Sánchez, 1999).

Una vez obtenidos los volúmenes de entrada y los correspondientes a la escorrentía superficial se calcularon los índices de la siguiente manera:

$$\text{Índice de escorrentía} = \text{Volumen de salida} / \text{volumen de entrada} \quad [8]$$

Donde el volumen de entrada es el total de precipitación dada por el área de contribución de la microcuenca, para ese evento y el volumen de salida es el caudal que genera escorrentía, es decir que no toma en cuenta el flujo base.

3.4. CALIDAD DE AGUA

Se tomaron muestras antes (dominancia de caudal base) y después (dominancia de flujos superficiales) de un evento lluvioso. Esto con el objetivo de ver el comportamiento de ciertos parámetros según las variaciones de caudal.

3.4.1. Sitios y frecuencia de muestreos

Los sitios de muestreo de calidad de agua fueron los lugares donde se encuentran los vertederos de tipo V-notch de ambas microcuencas. Se realizaron cuatro muestreos diferidos en tiempo, los dos primeros fueron realizados con un intervalo de 15 días a que es en inicio de las lluvias donde se dan las mayores diferencias. Y los siguientes dos con un mes de diferencia entre ellos. En el cuadro 4 se explica los parámetros medidos en dichos sitios.

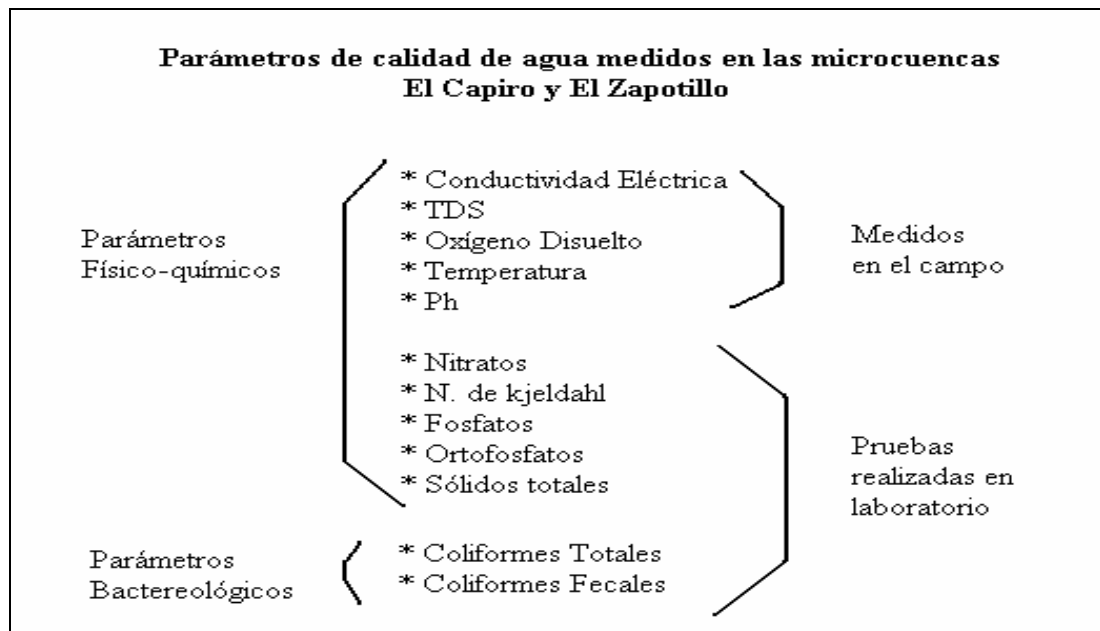


Figura 4. Diagrama de los Parámetros de físico-químicos y bacteriológicos medidos en los vertederos de tipo V-notch de las dos microcuencas.

Estos parámetros *in situ* (de campo) fueron medidos con un Portable Multiparameter Meter (medidor de temperatura, Ph, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto) digital marca HACH Modelo sensION™ 156 del laboratorio de aguas de la Escuela Agrícola Panamericana.

3.4.2. Procedimiento para obtención de muestras para el análisis en laboratorio

Muestreo para nitratos, fosfatos y sólidos totales

Toma de muestras: las muestras fueron tomadas de la caída de la V del vertedero de tipo V-notch, en botes de polietileno de 500 ml, boca ancha, los cuales fueron lavados 3 veces con agua de la quebrada antes de tomar la muestra.

Identificación de la muestra: una vez se tomó la muestra, se rotularon los botes con el nombre de cada microcuenca.

Preservación de la muestra: las muestras se colocaron en una hielera para mantenerlos a 4 ° C, para su transporte al laboratorio de UNITEC en Tegucigalpa.

Muestreo bacteriológico

Toma de muestras: las muestras se colectaron de la caída de la V del vertedero de tipo V-notch, en bolsas estériles marca Nasco whirl-Pak, utilizando guantes desechables para mantener la esterilidad de la muestra.

Identificación de la muestra: una vez se tomó la muestra, se rotularon las bolsas con el nombre de cada microcuenca.

Preservación de la muestra: Las muestras se colocaron en una hielera para mantenerlos a 4 ° C, para su transporte al laboratorio de UNITEC en Tegucigalpa.

Métodos utilizados en el laboratorio¹ (UNITEC) para el análisis de muestras:

¹ Los métodos utilizados para hacer los análisis fueron tomados del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater de APHA-AWWA-WPCF. Edición 1985.

Nitrógeno Total Kjeldahl: Se utilizó el método Microkjeldahl 420B.

Nitratos: Mediante el método 418 A. Espectrofotometría UV.

Fósforo total: Medido a través del método 424 C III. Y D. Digestión preliminar con Persulfato y medición colorimétrica mediante ácido vanadomolibdofosfórico.

Ortofosfatos: Con el método 424 D. Colorimétrico. Acido vanadomolibdofosfórico.

Sólidos totales: A través del método 209 A. Residuo total secado a 103° - 105° C.

Turbiedad: Con el método 214. A, Nefelométrico.

Coliformes totales: Con el método 908 A. Multiple Tube Fermentation Technic for Members of the Coliform Group.

Coliformes Fecales: Con el método 908 C. Multiple Tube Fermentation Technic for Members of the Coliform Group. Fecal coliform MPN Procedure.

3.4.3. Análisis de exportación de nutrientes

En este caso se analizó nitrógeno, fósforo y sólidos totales. En eventos extremos y períodos normales, para ver el efecto de la escorrentía en la concentración de nutrientes.

Así mismo con los datos diarios de caudal y los cuatro muestreos físico-químicos, se obtuvo las concentraciones diarias de N, P, Y sólidos totales. En el caso del Nitrógeno y los sólidos totales dichas concentraciones se obtuvieron a partir de la aplicación de una regresión lineal, ver anexo 8, en el caso del Fósforo las estimaciones diarias se obtuvieron a través de la interpolación de datos ya que el R^2 de dicha regresión fue muy bajo.

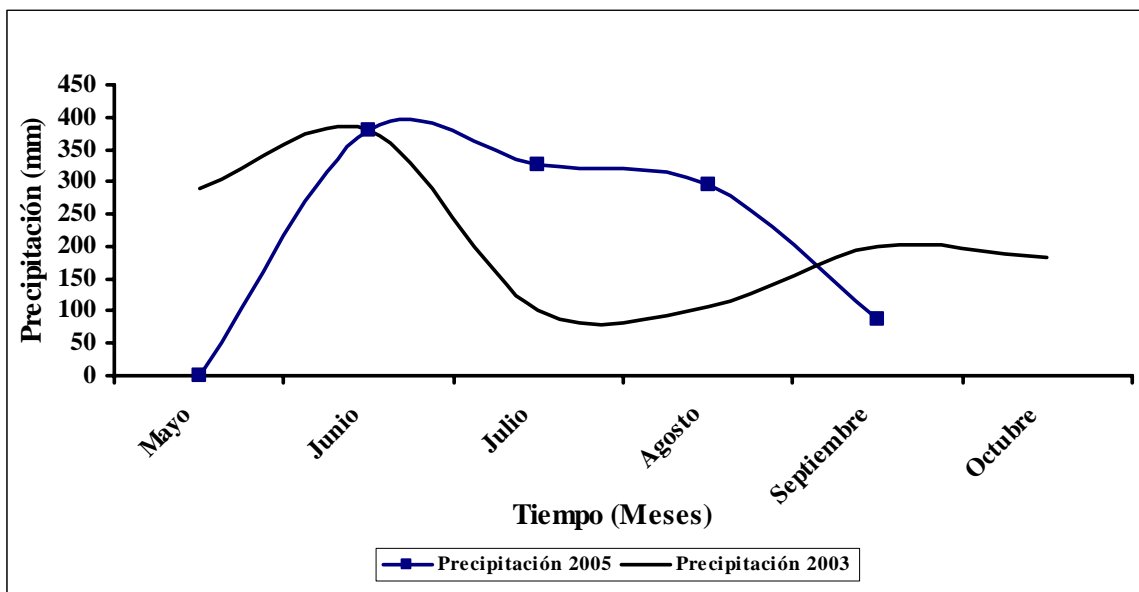
4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

4.1. CANTIDAD DE AGUA

4.1.1. Precipitación

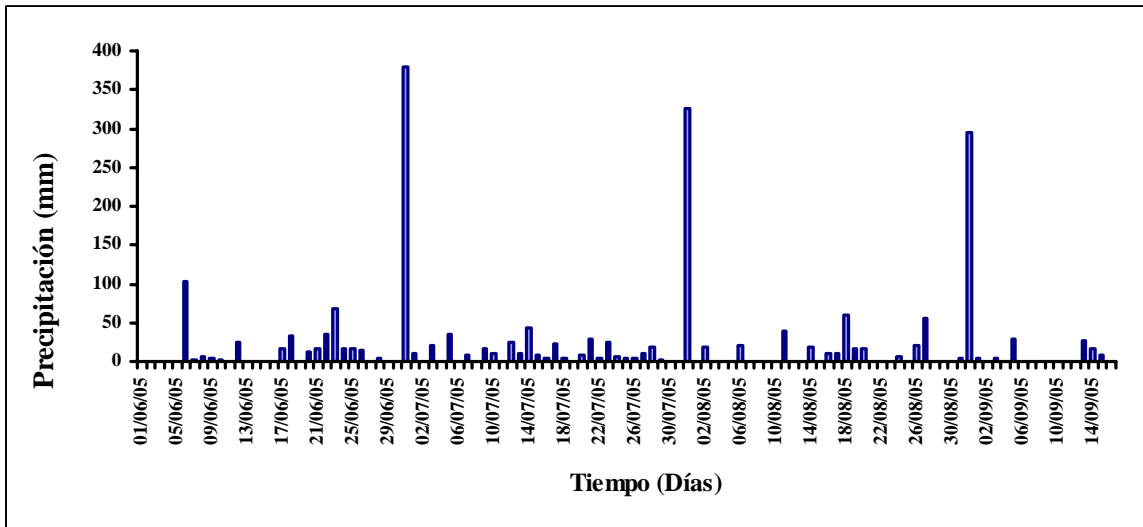
Según la dirección General de Recursos hídricos de Honduras, Güinope presenta una precipitación promedio de 1020 milímetros, los datos obtenidos en el período de mayo a septiembre de 2005 muestran una precipitación promedio de 1521 milímetros, lo que muestra precipitaciones por encima del promedio histórico, cabe destacar que los datos solo fueron tomados hasta la mitad del mes de septiembre. Por lo cual el total de precipitaciones del año 2005 será mucho mayor.

En la gráfica 1 podemos ver la precipitación promedio mensual de dos años, los datos obtenidos en este estudio y los de Orellana (2003). Estos no muestran variaciones en el mes de junio, pero si en los meses de julio y agosto presentando mayor cantidad de milímetros de precipitación para las mediciones del 2005.



Gráfica 1. Precipitación mensual en milímetros de lluvia de los años 2003 y 2005, para las microcuencas El Capiro y El Zapotillo, Güinope, El Paraíso.

Al analizar el comportamiento de las lluvias en el transcurso del período de junio a septiembre de 2005, se puede observar que junio fue el mes con mayor precipitación, ya que en este mes se presentó el pico más alto del período, llegando éste a 104 mm el día siete de junio por la noche, destacándose que este evento de lluvia se fue al inicio de la época lluviosa. Después de ese pico alto, las precipitaciones mostraron un comportamiento uniforme como se puede observar en la gráfica 2.



Gráfica 2. Comportamiento de la precipitación en el período junio a septiembre de 2005, expresada en mm por día.

4.1.2. Caudales

Microcuenca El Capiro: la microcuenca El Capiro presentó un caudal promedio de 45.69 l/s en el período de junio a septiembre (anexo 1) a diferencia del caudal en época seca el cual es 0 l/s, en el sitio de medición ya que arriba de éste, existen tomas de aguas para riego dejando seca la quebrada de enero a mayo. Como se puede ver el cuadro 4, Junio fue el mes que presentó mayores caudales lo cual esta relacionado con la cantidad de precipitación caída para ese mismo mes, así como también eventos de alta intensidad.

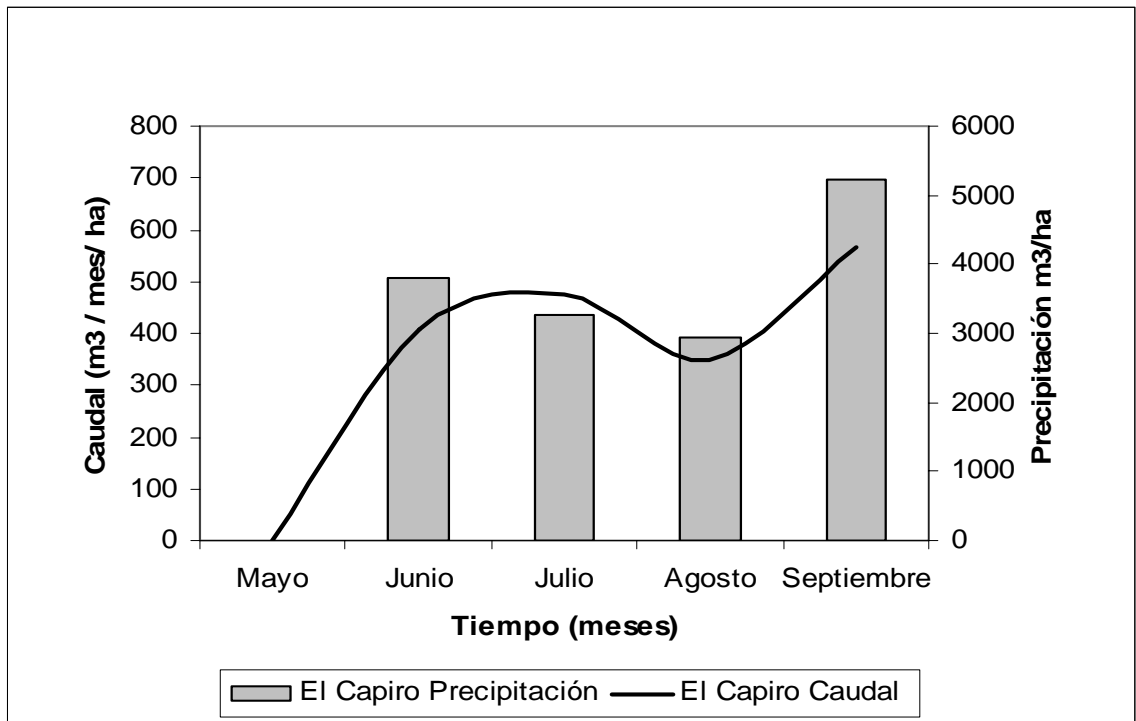
El cuadro 4 también muestra la variabilidad que existen en los flujos del mes de Junio, presentando una desviación estándar alta (50.63) ya que lo picos de flujos son muy distantes del promedio, debido a que son las primeras lluvias y estas generan grandes cantidades de flujo. Hasta que en los siguientes meses llegan a estabilizarse, como se ve en el mes de junio y julio.

Cuadro 4. Caudales mensuales promedios de la microcuenca El Capiro, para el período de junio a septiembre del 2005.

Mes	Caudal l/s			Desviación estándar
	Mínimo	Máximo	Promedio	
Mayo	0.0	0.0	0.0	0.0
Junio	4.93	251.76	38.38	50.63
Julio	23.19	75.28	44.63	17.07
Agosto	16.98	72.38	32.71	12.87
Septiembre*	44.62	71.68	53.31	6.14
Total de período	0	251.76	41.66	28.53

* datos tomados hasta el 28 de septiembre

Así también en la gráfica 3, se observa la relación entre precipitación caída y caudales generados, donde la cantidad de precipitación llega a ser mayor que los mismos caudales dados. Indicando que gran parte de la precipitación se quede almacenada en la cuenca.



Gráfica 3. Relación existente entre el Caudal promedio mensual y la precipitación del período de junio a septiembre del 2005 para la microcuenca El Zapotillo.

Microcuenca El Zapotillo: la microcuenca El Zapotillo presentó un caudal promedio de 27.71 l/s (anexo 1), un caudal mínimo de 11.04 l/s dándose los mayores caudales en el mes de Julio, 34.99 l/s. En contraste con el flujo presentado en la época seca el cual fue de 4.68 l/s, según estudios realizados por Orellana (2003).

A diferencia de la microcuenca El Capiro, El Zapotillo presentó los mayores caudales en Julio, a pesar de tener las mayores precipitaciones en junio.

En el cuadro 5 se muestra los caudales promedios mensuales, los cuales, en el primer mes del período presentan picos muy grandes que se alejan del promedio, de allí una desviación estándar de 21.82, pero se van estabilizando en los siguientes meses.

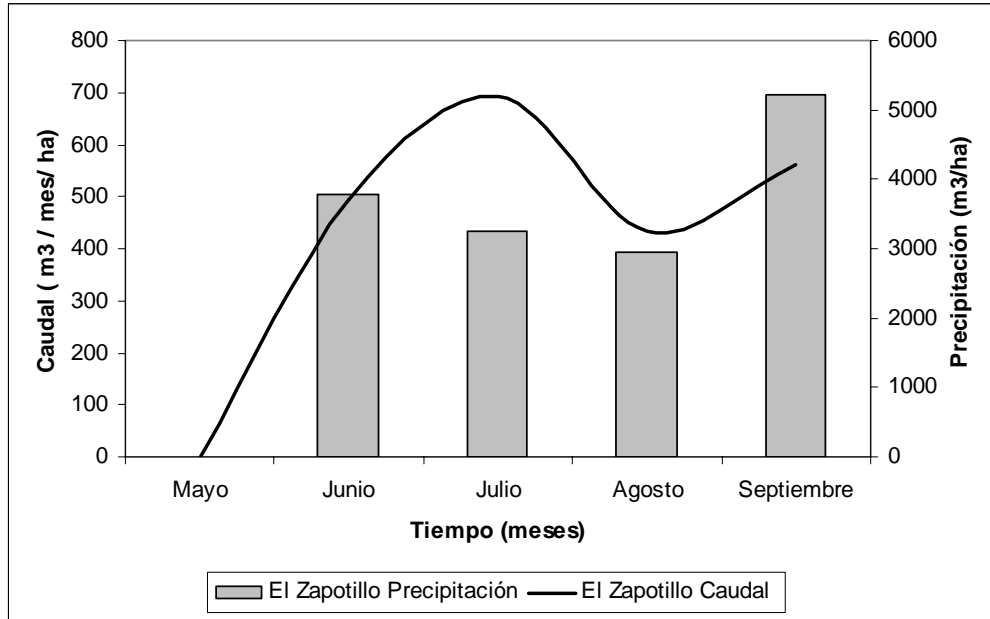
Cuadro 5. Caudales mensuales promedios de la microcuenca El Zapotillo, para el período de junio a septiembre del 2005.

Mes	Caudal l/s			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar
Mayo	2.84	8.41	5.01	2.97
Junio	11.04	110.92	24.97	21.82
Julio	27.16	46.76	34.99	4.40
Agosto	14.31	39.66	21.89	6.47
Septiembre*	16.72	41.33	28.35	5.74
Total Período	2.84	110.92	27.01	12.93

* Datos tomados hasta el 28 de septiembre

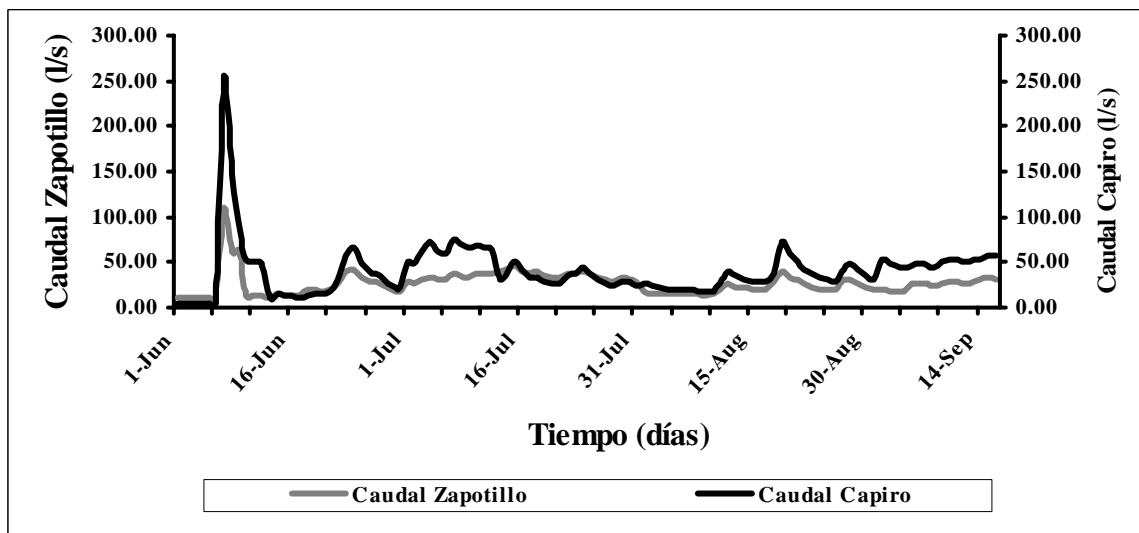
Tal como lo muestra la gráfica 4, la microcuenca El Zapotillo se puede ver que inicialmente en el mes de junio una parte de la precipitación caída queda en la cuenca, y conforme pasa el tiempo la misma cantidad de agua que entra va saliendo.

La desviación estándar de los caudales a partir de julio es bastante similar y mucho menor que la desviación de la de El Capiro, por lo cual podemos inferir que la microcuenca El Zapotillo muestra mayor estabilidad hidrológica.



Gráfica 4. Relación existente entre el Caudal promedio mensual y la precipitación del período de junio a septiembre del 2005 para la microcuenca El Zapotillo.

En la gráfica 5, se muestra el comportamiento del caudal de las dos microcuencas a lo largo del período de junio a septiembre, el cual tiene un comportamiento uniforme y similar, con un poco de diferencia, al ser los picos de El Capiro un más pronunciados que los de El Zapotillo



Gráfica 5. Comportamiento del caudal para las dos microcuencas en el período junio-septiembre 2005.

4.1.3. Índices de escurrimiento por mes para el período de mayo a septiembre.

Como se puede ver en el cuadro 6 las dos microcuencas presentan una pequeña diferencia en sus índices de escurrimiento, siendo un poco más alto el de El Zapotillo. Estos índices nos muestran que en el caso del Zapotillo el 15% de la precipitación está llegando al cauce, el restante queda en la cobertura y en los suelos para alimentar y recargar los flujos subterráneos o básicos.

Cuadro 6. Índices de escurrimiento para las microcuencas El Capiro y El Zapotillo incluyendo los caudales básicos y la escorrentía superficial.

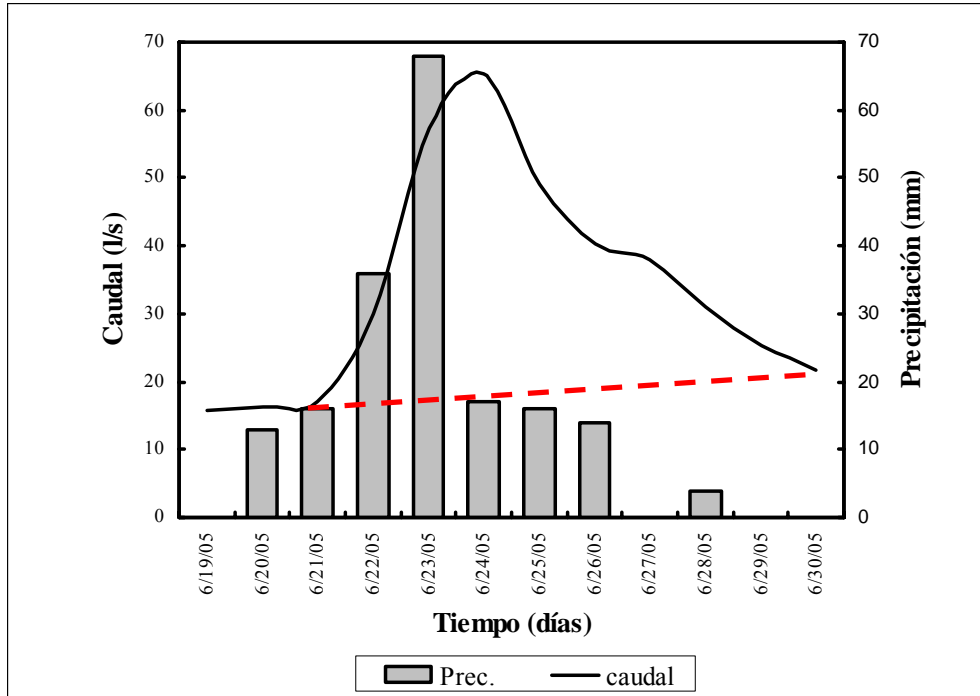
Mes	El Capiro	El Zapotillo
	Índice de escurrimiento	Índice de escurrimiento
Junio	0.11	0.13
Julio	0.15	0.21
Agosto	0.12	0.15
Septiembre	0.11	0.11
Total	0.12	0.15

4.1.4. Índice de escorrentía superficial por eventos

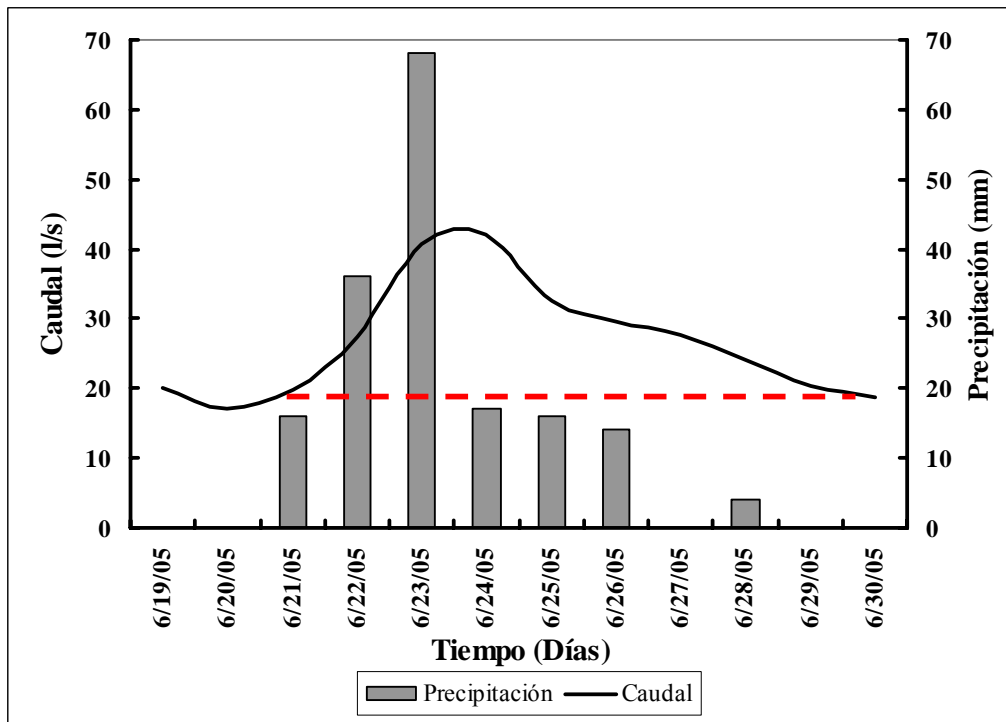
Como muestra el cuadro 7, las dos microcuencas presentaron similares índices de escorrentía, lo que nos muestra que la cobertura no esta influenciando directamente sobre dichos índices. Sino que estos pueden estar relacionados con la geología y el tipo de suelo; ya que estas microcuencas cuentan con el mismo tipo de suelo, con una profundidad efectiva de 20 a 50 centímetros.

Cuadro 7. Índice de escorrentías obtenidos a partir de 3 eventos representativos del período, para las dos microcuencas.

Evento	Microcuenca	
	El Capiro	El Zapotillo
Del 21 al 30 de Junio	0.042	0.042
Del 21 al 26 de Julio	0.029	0.036
Del 18 al 23 Agosto	0.046	0.035
Promedio	0.04	0.04



Gráfica 6. Hidrograma de eventos del mes de junio para la microcuenca El Capiro, donde muestra la cantidad de caudal en flujo base y el de escorrentía.



Gráfica 7. Hidrograma de eventos del mes de junio para la microcuenca El Zapotillo, donde muestra la cantidad de caudal en flujo base y el de escorrentía.

4.2. CALIDAD DE AGUA

4.2.1. Análisis físico-químico

Microcuenca El Capiro: a continuación se presenta los resultados obtenidos del análisis físico-químico para la microcuenca El Capiro, los cuales están detallados en el cuadro 8.

Los valores de temperatura para la microcuenca El Capiro estuvieron en un rango de 19.6 a 20.2 C °. Éstos estuvieron dentro del valor de la norma de agua la cual debe ser mayor a 35 ° C.

Los valores de pH oscilaron entre 6.3 y 6.8, están dentro de los rangos dentro de los valores aceptables, los cuales van desde 6.00 a 9.00 unidades de pH.

La conductividad eléctrica presentó un rango de 45.5 a 57.3 $\mu\text{s}/\text{cm}$, el valor de este rango puede estar relacionado con los elevados valores que también presentaron los parámetros de turbidez y sólidos totales.

El oxígeno disuelto osciló en un rango de 7.05 a 8.8 mg/l, está dentro del valor aceptable para el desarrollo de la vida acuática, es decir 5 mg/l. Éste parámetro se puede ver afectado por la pendiente de los ríos, que incrementa la turbulencia de los ríos.

El rango de los valores de turbidez fue de 24.2 a 63.5 NTU, estos son mayores a los valores normales que recomendó el laboratorio, los cuales fueron tomados de las Normas Técnicas Nacionales para reglar el Uso del recurso Hídrico. La misma que establece un máximo de 15 NTU. Así mismo la elevación de este rango podría estar influenciada por el comportamiento del caudal, como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Valores de los análisis físico-químicos para la microcuenca El Capiro.

Fecha	Temp. C°	Ph	Cond. Elect. $\mu\text{s} / \text{cm}$	TDS mg /L	Ox. Disuelto mg /L	Turbidez NTU	Caudal L / s
07/06/05	20.1	6.8	57.3	29.9	7.05	63.5	252.3
21/06/05	19.9	6.3	51.2	24.0	7.84	27.2	14.1
11/07/05	20.2	6.4	45.5	21.3	7.05	27.0	68.0
16/08/05	19.6	6.5	46.5	21.8	8.8	24.2	21.7

Microcuenca El Zapotillo: A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis físico-químico para la microcuenca El Zapotillo, los cuales están detallados en el cuadro 9.

Los valores de temperatura para la microcuenca El Capiro, los cuales anduvieron en un rango de 19.4 a 20.1 C °. Éstos fueron similares para a los valores de la microcuenca El Zapotillo, esto puede ser, debido a que ambas se ven influenciadas por las mismas condiciones meteorológicas y climáticas.

Los valores de pH estuvieron en un rango de de 6.6 a 7.2, similares a los de El Capiro, y al igual que ésta, se encuentran dentro de los valores aceptables que van desde 6.00 a 9.00 unidades de pH.

La conductividad eléctrica presentó un rango de 67.2 a 80.4 $\mu\text{s}/\text{cm}$, mayor que la microcuenca El Capiro, esto influenciado de alguna forma por el hecho que El Zapotillo tiene mayor impacto antropogénico que El Capiro. Así también está relacionado con los elevados valores de turbidez y de sólidos totales.

El oxígeno disuelto osciló en un rango de 6.17 a 8.40 mg/l, al igual que la microcuenca El Capiro, el rango está dentro del valor aceptable para el desarrollo de la vida acuática, es decir 5 mg/l. Así también, este parámetro se puede ver afectado por la pendiente de los ríos, que incrementa la turbulencia de los ríos.

El valor de turbidez estuvo en un rango de 23.6 a 61.4 NTU, de igual forma que El Capiro estos valores fueron mayores que el máximo permisible que es 15 NTU. Así también como muestra el cuadro 9, el máximo valor de este rango pudo estar influenciado por el aumento de caudal en ese determinada fecha.

Cuadro 9. Resultados de los análisis físico-químicos para la microcuenca El Zapotillo.

Fecha	Temp. C°	Ph	Cond. Elect. $\mu\text{s} / \text{cm}$	TDS mg /L	Ox. Disuelto mg /L	Turbidez NTU	Caudal L / s
07/06/05	19.8	7.2	72.3	34.7	8.27	61.4	110.9
21/06/05	19.9	6.8	79.5	37.6	6.17	31.4	19.0
11/07/05	20.1	7.1	67.2	31.6	6.78	30.6	36.9
16/08/05	19.4	6.6	80.4	38.0	8.40	23.6	14.1

4.2.2. Análisis bacteriológico

Microcuenca El Capiro: a continuación se presentan los resultados de los valores del análisis bacteriológico para la microcuenca El Capiro, los cuales están detallados en el cuadro 10.

Esta presentó valores mayores a los aceptados por la Norma Técnica para la calidad de agua potable de Honduras la cual establece 0 coliformes totales y fecales. Pero a pesar de

ello los valores están dentro del valor presentado por el laboratorio, el cual tomo como referencia las Normas Técnicas para Regular el Uso del Recurso. De la categoría A, es decir aguas que desde el punto sanitario pueden ser potabilizadas con la sola adición de desinfectantes.

Cuadro 10. Valores de coliformes totales y fecales para la microcuenca El Capiro.

Fecha	Coliformes Totales / 100 ml	Coliformes Fecales / 100 ml	Caudal l/s
6/7/05	1700	200	252.3
6/21/05	9300	300	14.1
7/11/05	2100	300	68.0
8/16/05	430	40	21.7

Microcuenca El Zapotillo: a continuación se presentan los resultados de los valores del análisis bacteriológico para la microcuenca El Zapotillo, los cuales están detallados en el cuadro 11.

Esta microcuenca presentó valores por encima de los valores recomendados por el laboratorio, el cual tomo como referencia las Normas Técnicas para Regular el Uso del Recurso. De la categoría A, es decir aguas que desde el punto sanitario pueden ser potabilizadas con la sola adición de desinfectantes. La categoría A acepta un máximo de 500/100 ml de coliformes totales y un máximo de 100/100 ml de coliformes fecales.

Cuadro 11. Valores de coliformes totales y fecales para la microcuenca El Zapotillo.

Fecha	Coliformes Totales / 100 ml	Coliformes Fecales / 100 ml	Caudal L / s
6/7/05	9000	7000	110.9
6/21/05	2300	400	19.0
7/11/05	15000	1500	36.9
8/16/05	4600	230	14.1

4.3. Exportación de nutrientes

En el período de junio a septiembre, como se puede ver en el cuadro 12, ambas microcuencas exportaron grandes cantidades de nitrógeno, ya que este elemento se ve afectado directamente por los cambios en el caudal, tal como lo muestra la gráfica 8. A

diferencia del fósforo el cual presentó menores cantidades debido a su propia naturaleza de poca movilidad. Cabe recalcar que estas cifras son en total de masa en Kg. de nitrógeno, fósforo y sólidos totales para el período de junio a septiembre, como se había mencionado anteriormente. Por lo estas cifras no están tomando en cuenta el efecto del área de las microcuencas.

Cuadro 12. Total de masa exportada de nitrógeno, fósforo y sólidos totales.

Masas totales Kg	CAPIRO	ZAPOTILLO
Nitrógeno	786.75	571.78
Fósforo	142.61	128.87
Sólidos Totales	46,793.88	44,895.69

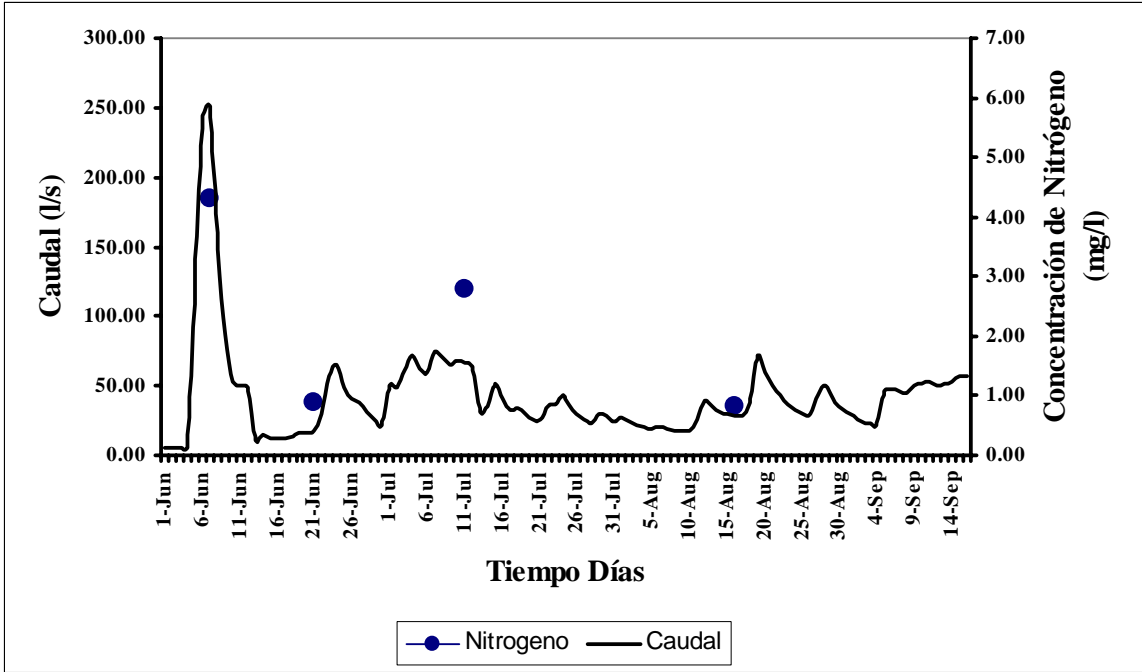
En el cuadro 13 se puede ver las cantidades de nutrientes exportados por hectárea por las dos microcuencas, el cual muestra mayores cantidades para El Zapotillo, esto influenciado por alguna fuente de contaminación puntual que ayudó a elevar dicho valor, así como también podría estar de algún modo afectado por las diferencias en pendientes. Ya que El Zapotillo tiene una pendiente de 19 % y El Capiro tiene una pendiente aproximada de 12 %. Las cantidades exportadas de nutrientes nos dan una idea de la cantidad de lo que esta perdiendo un productor, ya que es cantidad de fertilizante que se esta perdiendo.

Cuadro 13. Cantidad de masas totales exportadas por hectárea de nitrógeno, fósforo y sólidos totales de cada microcuenca.

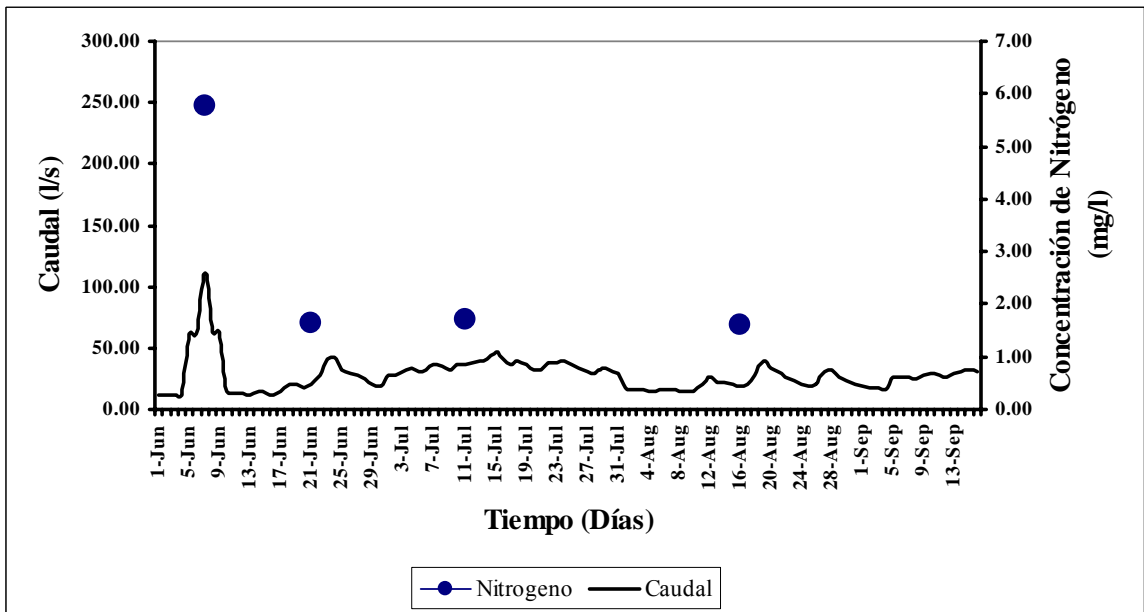
Masas totales Kg / ha	CAPIRO	ZAPOTILLO
Nitrógeno Total	3.22	4.40
Fósforo Total	0.58	0.99
Sólidos Totales	191.46	345.35

Cabe destacar que el nitrógeno al cual hace mención este análisis es una aproximación del nitrógeno total donde suma nitratos y nitrógeno de Kjeldahl. De igual forma para el fósforo total, es una suma de ortofosfatos y Fósforo orgánico.

En las gráficas 8 y 9 se puede observar el comportamiento del nitrógeno, según el caudal, donde se observa un comportamiento lineal, ya que a medida que el caudal sube, éste también sube en concentración, es decir mayor cantidad de este elemento tiene posibilidades de irse por escorrentía.



Gráfica 8. Concentración del Nitrógeno según variaciones de los flujos de caudales para la microcuenca El Capiro.



Gráfica 9. Concentración del Nitrógeno según las variaciones de caudal de la Microcuenca El Zapotillo.

Si bien en las gráficas 8 y 9 se puede observar un comportamiento lineal, ya que a medida aumenta el caudal, aumenta también la concentración de N, a excepción de un punto que se muestra en la gráfica 8, donde el caudal baja y se mantiene una alta concentración de N. Esto pudo estar influenciado por alguna fuente de contaminación puntal que hizo que ese día de muestreo haya variado dicho valor, ya que se descartan posibilidades en el error de muestreo o de análisis en el laboratorio.

5. CONCLUSIONES

Los análisis de precipitación comparados con el estudio de Orellana (2003) mostraron para el actual período (2005) una mejor distribución de las lluvias, ya que los mismos fueron constantes en el período de junio a agosto, donde anteriormente se tuvo un pequeño período de sequía.

Las microcuencas El Capiro y El Zapotillo presentaron comportamientos hídricos similares, prueba de ello fueron las cantidades de sus caudales base promedio en invierno. El Capiro con 19.92 l/s y El Zapotillo con 17.71 l/s.

Ambas microcuencas si presentaron diferencias en los comportamientos hídricos en verano, ya que éstos fueron, para la microcuenca El Capiro 0 l/s (en el punto de medición) y para la microcuenca El Zapotillo 5.01 l/s.

En general las dos microcuencas presentaron los análisis físico-químicos y bacteriológicos dentro de las normas aceptables de uso para la preservación de la flora y fauna (calidad básica del agua) siendo la microcuenca El Capiro la que presentó mejor calidad de agua

Los índices de escorrentía obtenidos en el período de estudio, para ambas microcuencas fueron similares, 0.04 para El Capiro y 0.04 para El Zapotillo. Lo anterior indica que las diferencias en cobertura de estas microcuencas, no está influenciando el incremento o disminución de la escorrentía superficial, la misma esta determinada por la geología de los suelos, la cual es muy similar en ambas microcuencas.

El Zapotillo exporta 4.40 Kg./ha de nitrógeno, mayor a la cantidad exportada por El Capiro, el cual 3.22 Kg./ha. Esto está influenciado en cierta forma por fuentes de contaminación puntal.

6. RECOMENDACIONES

Estudios futuros que deban enfocarse a encontrar las diferencias existentes en los índices de escurrimiento y comportamientos hídricos de las dos microcuencas en el período seco y lluvioso, analizando datos de precipitación y flujos a nivel de horas.

Hacer un balance hídrico para la microcuenca El Capiro que permita ver la oferta de agua, ya que tiene un gran potencial como cuenca abastecedora de agua para riego y consumo de Güinope, ya que cuenta con una mejor calidad de agua que El Zapotillo.

Trabajar en conjunto con la UMA (Unidad Municipal Ambiental) y otras entidades para establecer un plan de ordenamiento territorial para la microcuenca El Capiro, ya que si bien esta cuenta con un mejor calidad de agua, esto se debe a que aún no cuenta con un gran impacto antropogénico sobre la misma

Establecer un sitio de monitoreo de precipitación en la microcuenca El Capiro, con el fin de mejorar la precisión de los datos y los análisis de los mismos.

Promover los programas de extensión agrícola continua para la protección de la cobertura anual permanente (cultivos agrícolas, frutales y plantaciones maderables) ya que aunque ésta no afecta considerablemente a los flujos, si afecta a la calidad del agua.

Incentivar la adopción de prácticas de conservación de suelo, especialmente en aquellos suelos de mayor pendiente, y con ello reducir la erosión de suelos. Así también reducir las cantidades exportadas de nutrientes, las cuales hacen que el productor incurra en más costos relacionados con las cantidades de fertilizantes aplicados por Hectárea.

7. BIBLIOGRAFÍA

Guillén *et al*, 1999. Química del agua. México, D.F. Editorial Limusa. 256 p.

Hoyos, L.F. 2002. Modelación de un sistema de información para la gestión integrada del agua en cuencas hidrográficas. (en línea). Consultado el 28 de Oct. 2004. Disponible en: http://www.uco.edu.co/grupos/g_agua2.doc.

CYTED. 2000. Indicadores de contaminación fecal en aguas. (en línea). Consultado el 13 de octubre.2005. Disponible en: http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf

Mays, L. 1996. Water Resources Handbook. Mc Graw Hill.USA. 500p.

OPS 2005. Norma técnica para la calidad de agua potable. (en línea). Consultado el 12 de oct. 2005. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/normas2/Norma-Hon.pdf>

Orellana.A. 2003. Línea base de la calidad y cantidad de agua en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, El Paraíso, Honduras. Tesis Ing. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. 77p.

Perdomo, P. 2002. Fósforo. (en línea). Consultado el 29 de jul. de 2005. Disponible en: <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/P.htm>

PLANFOR. 1996. Plan de Acción Forestal 1996-2015. Tegucigalpa, Honduras. Profor. S.p.

Poch, M.1999. Las Calidades del Agua. Barcelona, Es. Editorial Rubens. 159p.

Ramírez, E. 1998. Caracterización Biofísica de la microcuenca El Capiro, Municipio de Güinope, Departamento de El Paraíso, Honduras. Tesis Ing. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. 33p.

Secretaría de salud. 2000. Norma Técnica Nacional de agua. Honduras. 14p

Sánchez, J. 1999. Hidrología Superficial: Hidrogramas. (en línea). Consultado el 26 de ag. 2005. Disponible en: <http://www.usal.es/javisan/hidro>.

SECPLAN 1989. Perfil Ambiental de Honduras. Secretaría de Planificación, Coordinación y presupuesto. Honduras. 346 p.

Spellman, F. 2000. Manual del agua potable. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, ES. 255p.

TRAGSA. 1998. Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión. Ingeniería Medioambiental. Madrid, Es. Mundi-prensa Libros, s.a. 2ed. 925p.

Van Lier H. N. 1999. Handbook of Agricultural Engineering. The society fotengineering in agricultural, food and biological systems. USA. 557p.

Anexo 1. Precipitación diaria de las microcuencas El Capiro y El Zapotillo.

Fecha	Precipitación mm
6/1/05	0
6/2/05	0
6/3/05	0
6/4/05	0
6/5/05	0
6/6/05	104
6/7/05	3
6/8/05	6
6/9/05	4
6/10/05	3
6/11/05	0
6/12/05	24
6/13/05	0
6/14/05	0
6/15/05	0
6/16/05	0
6/17/05	17
6/18/05	34
6/19/05	0
6/20/05	13
6/21/05	16
6/22/05	36
6/23/05	68
6/24/05	17
6/25/05	16
6/26/05	14
6/27/05	0
6/28/05	4
6/29/05	0
6/30/05	0
Sub total	379
7/1/05	10
7/2/05	0
7/3/05	20
7/4/05	0
7/5/05	36
7/6/05	0
7/7/05	9
7/8/05	0
7/9/05	16
7/10/05	10
7/11/05	0

Fecha	Precipitación mm
7/12/05	24
7/13/05	10
7/14/05	44
7/15/05	8
7/16/05	4
7/17/05	23
7/18/05	4
7/19/05	0
7/20/05	8
7/21/05	28
7/22/05	4
7/23/05	24
7/24/05	6
7/25/05	4
7/26/05	4
7/27/05	10
7/28/05	18
7/29/05	2
7/30/05	0
7/31/05	0
Sub total	326
8/1/05	0
8/2/05	18
8/3/05	0
8/4/05	0
8/5/05	0
8/6/05	20
8/7/05	0
8/8/05	0
8/9/05	0
8/10/05	0
8/11/05	40
8/12/05	0
8/13/05	0
8/14/05	18
8/15/05	0
8/16/05	10
8/17/05	10
8/18/05	60
8/19/05	16
8/20/05	16
8/21/05	0
8/22/05	0
8/23/05	0

Fecha	Precipitación
	mm
8/24/05	6
8/25/05	0
8/26/05	20
8/27/05	56
8/28/05	0
8/29/05	0
8/30/05	0
8/31/05	4
Sub total	294
9/1/05	4
9/2/05	0
9/3/05	4
9/4/05	0
9/5/05	28
9/6/05	0
9/7/05	0
9/8/05	0
9/9/05	0
9/10/05	0
9/11/05	0
9/12/05	0
9/13/05	27
9/14/05	16
9/15/05	8
9/16/05	13
9/17/05	85
9/18/05	0
9/19/05	0
9/20/05	143
9/21/05	39
9/22/05	8
9/23/05	2
9/24/05	1
9/25/05	0
9/26/05	19
9/27/05	125
9/28/05	0
Sub total	522
Total	1521

Anexo 2. Caudales promedios mensuales del período de junio a septiembre de 2005 para las microcuencas El Capiro y El Zapotillo.

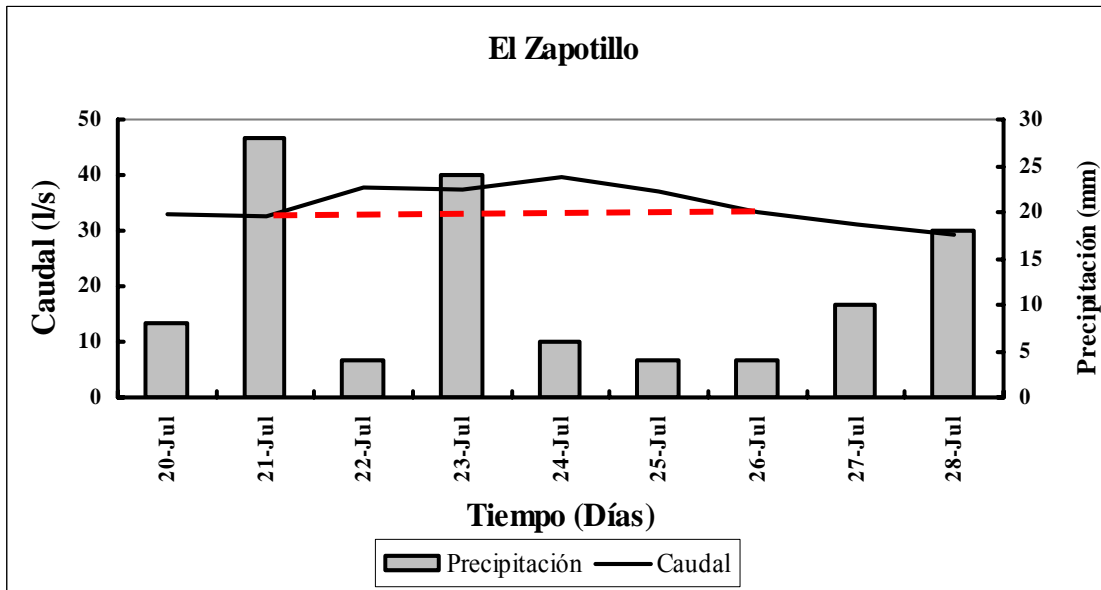
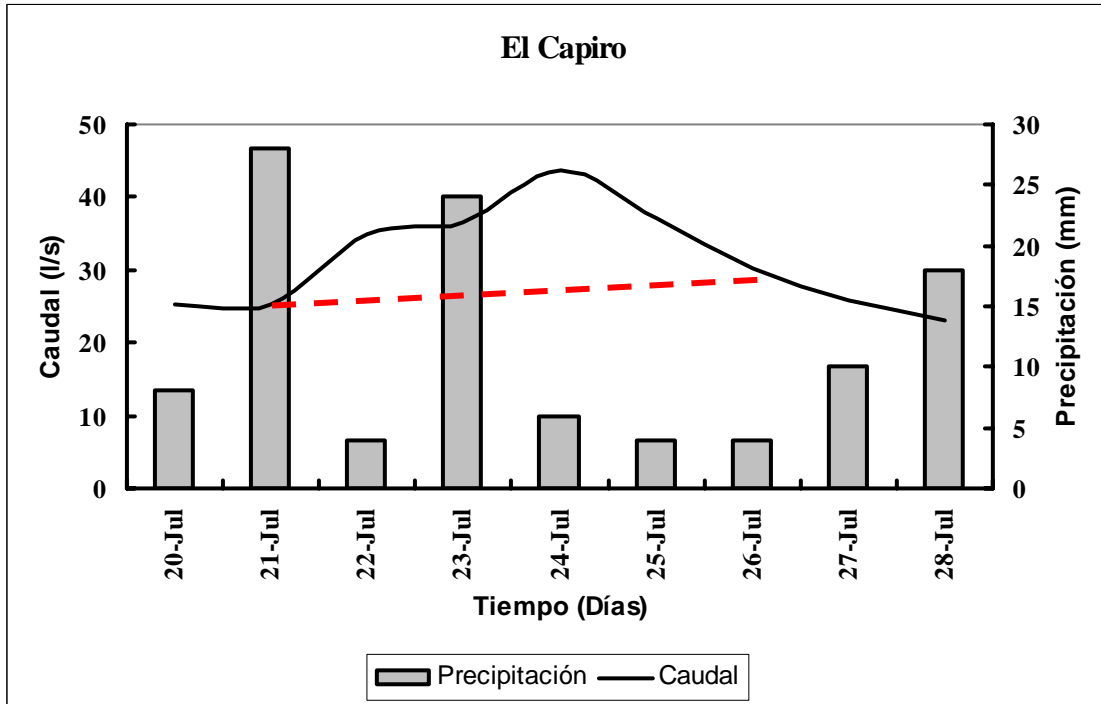
Fecha	Caudal Zapotillo l/s	Caudal Capiro l/s
6/1/05	11.04	4.93
6/2/05	11.04	4.93
6/3/05	11.04	4.93
6/4/05	11.04	4.93
6/5/05	11.93	4.93
6/6/05	11.93	4.93
6/7/05	110.92	251.76
6/8/05	62.55	148.54
6/9/05	62.55	86.33
6/10/05	14.18	52.40
6/11/05	13.37	50.68
6/12/05	12.91	48.95
6/13/05	12.08	11.07
6/14/05	14.97	14.72
6/15/05	13.06	12.87
6/16/05	12.36	12.27
6/17/05	13.96	11.68
6/18/05	19.81	13.61
6/19/05	20.2	15.69
6/20/05	17.02	16.32
6/21/05	19.92	17.14
6/22/05	27.52	29.86
6/23/05	40.58	57.24
6/24/05	41.97	65.43
6/25/05	32.50	48.95
6/26/05	29.60	40.25
6/27/05	27.62	38.02
6/28/05	24.24	31.08
6/29/05	20.37	25.29
6/30/05	18.74	21.81
Subtotal	25.03	38.38
7/1/05	27.81	49.87
7/2/05	27.16	48.67
7/3/05	31.33	61.56

Fecha	Caudal Zapotillo l/s	Caudal Capiro l/s
7/4/05	33.23	72.05
7/5/05	30.81	62.66
7/6/05	31.53	59.55
7/7/05	36.95	75.28
7/8/05	34.57	70.87
7/9/05	32.24	65.26
7/10/05	37.0	68.46
7/11/05	36.74	66.11
7/12/05	38.18	63.3
7/13/05	38.99	31.54
7/14/05	40.98	34.95
7/15/05	46.76	51.18
7/16/05	40.66	41.06
7/17/05	36.95	33.06
7/18/05	40.03	33.83
7/19/05	36.11	29.36
7/20/05	32.82	25.37
7/21/05	32.77	25.39
7/22/05	37.65	34.76
7/23/05	37.51	36.67
7/24/05	39.66	43.78
7/25/05	37.02	37.06
7/26/05	33.37	30.2
7/27/05	31.01	25.96
7/28/05	29.38	23.19
7/29/05	34.07	29.73
7/30/05	31.75	28.15
7/31/05	29.65	24.54
Subtotal	34.99	44.63
8/1/05	17.43	27.33
8/2/05	16.46	24.65
8/3/05	15.64	22.07
8/4/05	15.08	20.45
8/5/05	14.72	19.06
8/6/05	15.81	20.3
8/7/05	15.50	19.41
8/8/05	14.67	17.64

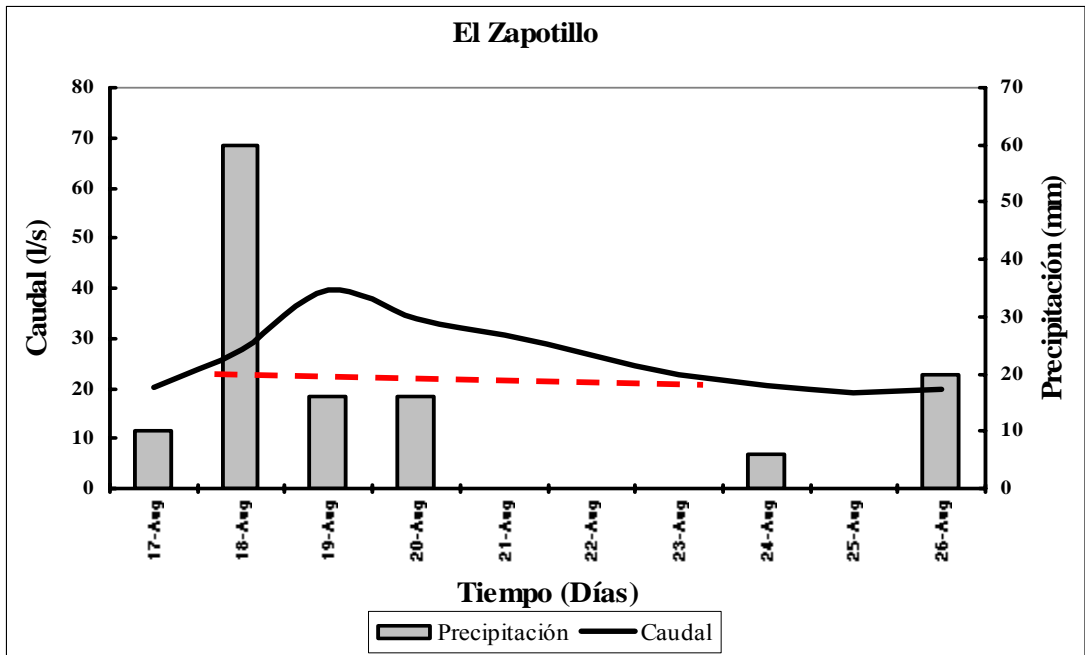
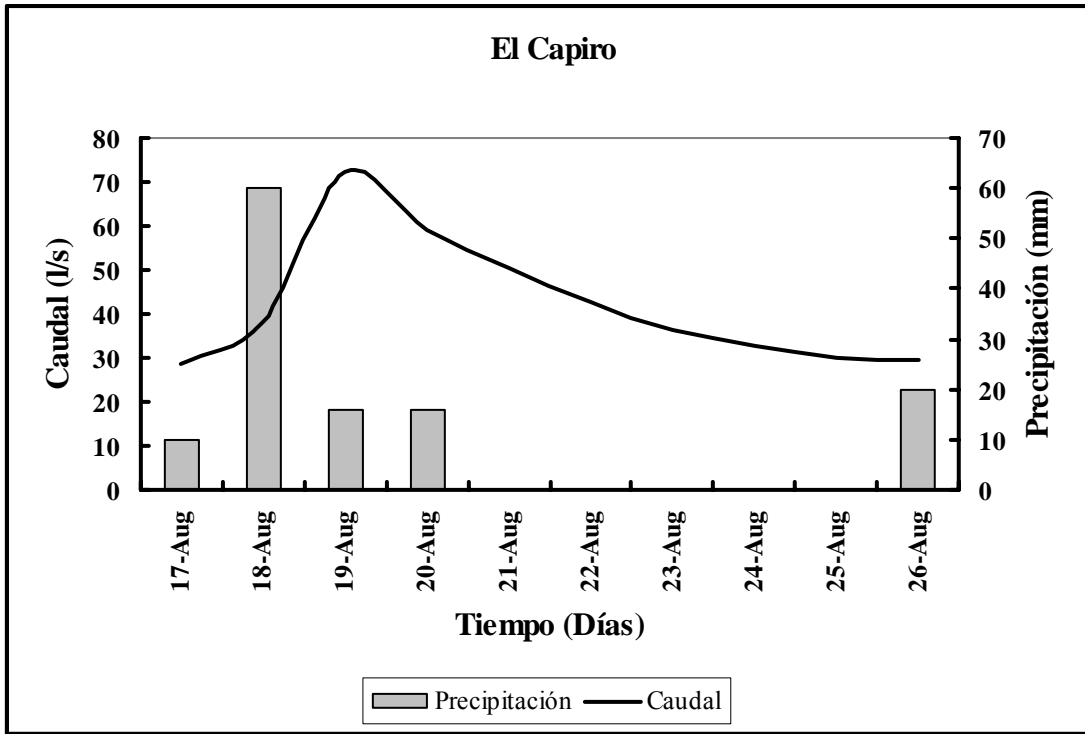
Fecha	Caudal Zapotillo l/s	Caudal Capiro l/s
8/9/05	14.31	17.00
8/10/05	14.75	16.98
8/11/05	20.46	25.75
8/12/05	26.53	39.34
8/13/05	22.60	35.03
8/14/05	21.85	31.53
8/15/05	20.70	29.44
8/16/05	19.61	27.85
8/17/05	20.27	28.7
8/18/05	27.61	38.26
8/19/05	39.66	72.38
8/20/05	33.81	59.15
8/21/05	30.64	50.36
8/22/05	26.50	42.91
8/23/05	22.81	36.54
8/24/05	20.62	32.79
8/25/05	18.92	29.83
8/26/05	19.78	29.41
8/27/05	30.25	43.01
8/28/05	31.96	49.62
8/29/05	26.59	41.14
8/30/05	22.69	34.77
8/31/05	20.35	31.30
Subtotal	21.89	32.71
9/1/05	18.92	53.69
9/2/05	17.83	49.59
9/3/05	16.99	46.33
9/4/05	16.72	44.63
9/5/05	27.00	46.79
9/6/05	26.67	47.46
9/7/05	25.99	46.37
9/8/05	24.98	44.62
9/9/05	27.54	49.88
9/10/05	29.15	52.03
9/11/05	28.08	52.48
9/12/05	26.82	49.73
9/13/05	29.29	52.04

Fecha	Caudal Zapotillo l/s	Caudal Capiro l/s
9/14/05	31.39	53.58
9/15/05	31.99	56.85
9/16/05	31.43	56.92
9/17/05	32.4	58.94
9/18/05	32.36	59.51
9/19/05	29.79	56.29
9/20/05	32.34	57.87
9/21/05	38.42	62.29
9/22/05	34.5	60.74
9/23/05	31.21	57.31
9/24/05	29.11	54.06
9/25/05	27.43	51.09
9/26/05	26.41	48.71
9/27/05	28.04	51.01
9/28/05	41.33	71.78
Subtotal	28.36	53.31
Promedio del período	27.57	42.26

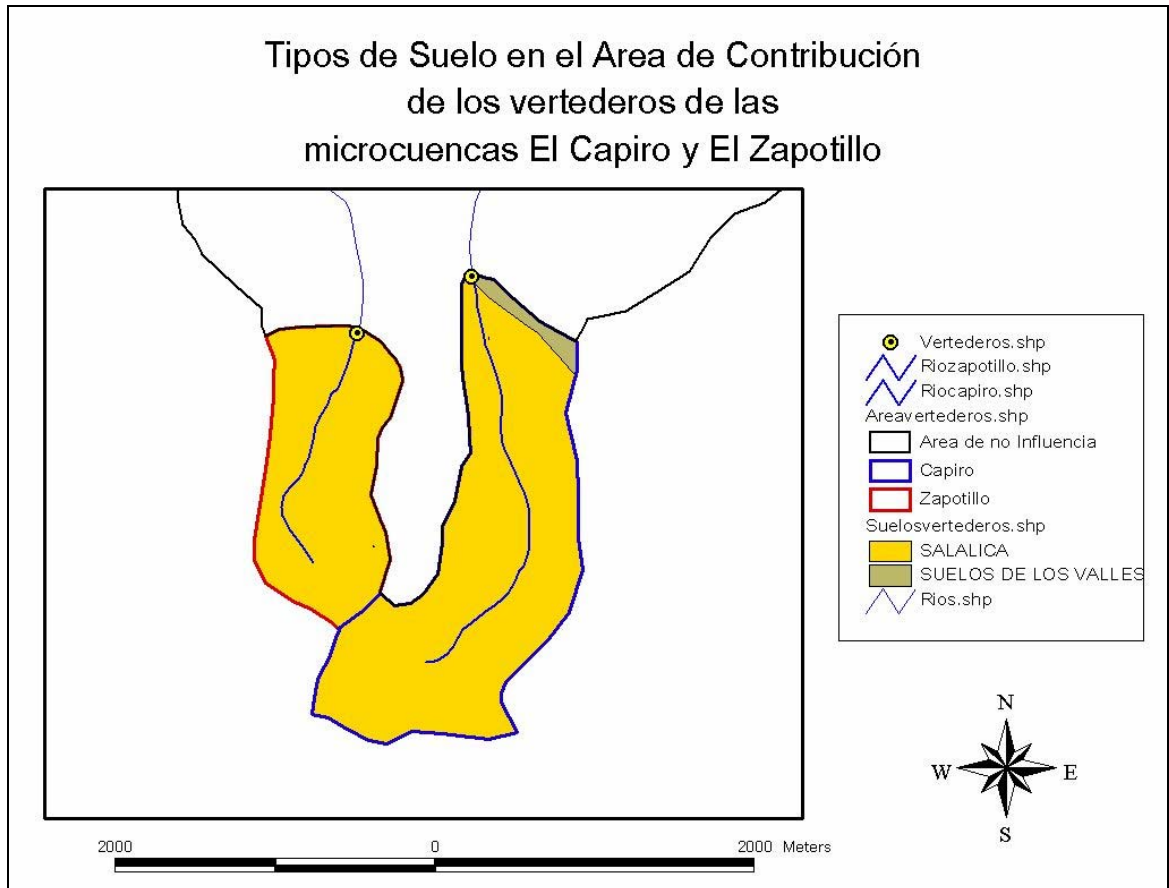
Anexo 3. Hidrogromas del mes de julio utilizados para el cálculo de índices de escorrentías, para las dos microcuencas.



Anexo 4. Hidrogromas del mes de agosto utilizados para el cálculo de índices de escorrentías, para las dos microcuencas.



Anexo 5. Mapa de Tipo de suelo del área de contribución de los vertederos de la microcuenca El Capiro y El Zapotillo.



Anexo 8. Regresiones lineales utilizadas para obtener las concentraciones diarias de nitrógenos para las dos microcuencas.

