

# **Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras**

**Sergio Marcelo Álvarez Carrión  
Lucilizabeth Pérez Rivera**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2007

**ZAMORANO**  
**Carrera Desarrollo Socioeconómico y Ambiente**

**Evaluación de la calidad de agua mediante la  
utilización de macroinvertebrados acuáticos  
en la subcuenca del Yeguaré, Honduras**

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

Presentado por:

**Sergio Marcelo Álvarez Carrión**  
**Lucilizabeth Pérez Rivera**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2007

El autor y la autora conceden a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reserva el derecho de autor.

---

Sergio Marcelo Álvarez Carrión

---

Lucilizabeth Pérez Rivera

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2007

**Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de  
macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras**

Presentado por:

Sergio Marcelo Álvarez Carrión  
Lucilizabeth Pérez Rivera

Aprobado por:

---

José Manuel Mora, Ph.D.  
Asesor Principal

---

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

---

Lucía López, Biol.  
Asesora

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Erika Alejandra Tenorio, M.Sc.  
Asesora

---

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

## **DEDICATORIA**

**Lucilizabeth Pérez**

A mis padres por ser mis ejemplos a seguir, por darme amor, apoyo incondicional y por ser mi mejor fuente de aprendizaje.

A mis hermanos por inspirarme a superarme y darme felicidad.

## **DEDICATORIA**

**Sergio Álvarez**

A mi familia que a pesar de la distancia estuvieron conmigo durante todo momento y me apoyaron incondicionalmente. Todo para ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Lucilizabeth Pérez**

A mis padres Emilio y Teresa por darme amor incondicional, fuerzas y confianza para salir adelante y por creer en mí en todo momento.

A mis hermanos Alejandro y Teresa por llenarme de alegría, amor, confianza, amistad y estar siempre a mi lado.

A toda mi familia, mis abuelos, tíos y primos en general por su gran apoyo y buenos deseos, en especial a mi abuelita Isabel Castellón por confiar en mí y por siempre estar pendiente de mi bienestar.

A James Lassoie y Ruth Sherman por siempre estar orgullosos de mí, impulsarme hacia el éxito y apoyarme durante estos cuatro años.

A mi compañero de tesis, Sergio Álvarez por compartir este estudio conmigo, por la amistad creada durante este tiempo y por aprender de él tanto como demostrarnos respeto y comprensión.

A Álvaro Chávez por este tiempo compartido juntos y por demostrarme constante apoyo, paciencia y amor cuando más lo necesito.

A mis amigas y compañeras de cuarto, Lucia Guevara y Nadia Reyes con las que he convivido y compartido tantos momentos de amistad y hermandad durante estos cuatro años.

A todas las amistades que forme dentro de Zamorano, como en otros lugares durante mi vida, gracias por hacer mis días más felices y agradables.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Sergio Álvarez**

A Dios, que es vida, amor, sabiduría y paz.

A mis padres Augusto y Wilma, gracias por su apoyo, confianza, por haberme inculcado los valores que guían mi vida, ser mi ejemplo a seguir y brindarme su amor incondicional.

A mis hermanos, Rita y Miguel con los que compartí las alegrías, tristezas y picardías de mi niñez, adolescencia y juventud. Gracias por su amor, comprensión y continuo aliento.

A mis abuelos Juana y Valentín que a pesar de la distancia me recibieron siempre con una sonrisa y un abrazo sincero y reconfortante.

A mi tios, en especial a mi tío Genaro por alentarme siempre a seguir adelante.

Al Colegio Nocturno Vicente Tejada, que considero mi segundo hogar, en el que pase los mejores años de la adolescencia.

A mis compañeros de cuarto Carlos Cerda y Marco Choquehuanca porque mas que amigos son hermanos, con los que peleé, sufrí, compartí y festeje durante estos cuatro años.

A mi compañera de Tesis y amiga Lucilizabeth Pérez, por su paciencia, alegría y conocimiento.

A la familia Misselem por haberme apoyado en un momento muy importante de mi vida y abrirme las puertas de su casa, muchas gracias.

Al Dr. S. Chandramohan, la Dra. Elise Pearlstine, el Dr. Curtis Rainbolt por su confianza, apoyo y amistad durante la pasantía

Al M. Sc. Arie Sanders, por su apoyo durante los dos años que estuve en la carrera.

A Alejandra Claire Alvaro Chávez, Ana Belén Marín, Eliana Nuñez, Jessica Mostacedo, Jorge Araque, por su apoyo para la realización de este estudio.

A mis amigos y amigas que siempre tienen algo que enseñarme, Julia Adriana Calderón, Adriana Muñoz, Alexandra Manueles, Amparo Pando, Carla Gámez, Domingo Cordones,



Edin Dubon, Edis Rosales, Fabiola Melgarejo, Felipe González, Fernando Triviño, Geraldine Aliaga, Gustavo Navarro, Jazmín Contreras Jenny Orozco, Lucia Orantes, Marcelo Goyzueta, Maria del Carmen, Marie Sabine, Noemí Nina Rubén Rosso y Wendys González.

A los chicos de la infancia misionera, la Colonia Boliviana, mis compañeros de CDSEA, el club de teatro, el club de cine, la Zeta, todo el personal de la Biblioteca y la Carrera de DSEA, a la Clase CENTAURO 07, mis vecinos de Morazán “A”, al grupo EPC, a los chicos de trabajo comunitario,

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Agradecimiento conjunto de los autores**

A nuestros asesores, Dr. José Mora y Lucía López por estar al pendiente de nosotros y aceptarnos en su casa con gran confianza, por su tiempo, sus conocimientos, sabiduría, amistad y su gran apoyo y deseo de cumplir con un trabajo bien elaborado, completo y valioso.

A nuestra asesora Ing. Erika Tenorio por todos sus consejos conocimiento, amistad y apoyo durante la realización del trabajo.

A Ernesto Colindres por todo el tiempo, amistad y ayuda que compartió con nosotros durante la etapa más crítica del estudio.

A la Ing. Magaly Beraun por su amistad, comprensión y ayuda durante nuestros años de estudio en CDSEA.

Al personal de la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, por su valioso apoyo en la realización de este estudio.

A todos los estudiantes y amigos que nos ayudaron en la etapa de recolección de datos para realizar este estudio.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

### **Lucilizabeth Pérez**

A mis padres por el apoyo financiero durante los cuatro años de mis estudios.

A James Lassoie y Ruth Sherman por financiar parte de mis estudios estos cuatro años.

Al Fondo Fiduciario de la Escuela Agrícola Panamericana por la beca que permitió mis estudios estos cuatro años.

A todas las personas que me apoyaron de alguna forma financiera para la realización de mis estudios.

Al proyecto Iniciativa del Yeguaire, Fundación W. K. Kellogg, por el financiamiento para la realización del presente estudio.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

**Sergio Álvarez**

A mis padres por apoyarme económicamente durante el periodo de mis estudios en Zamorano.

Al Fondo Fiduciario de la Escuela Agrícola Panamericana por la beca parcial que permitió mis estudios estos cuatro años.

Al proyecto Iniciativa del Yeguaré, Fundación W. K. Kellogg, por el financiamiento para la realización del presente estudio.

## RESUMEN

Álvarez, Sergio y Pérez, Lucilizabeth. 2007. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de Macroinvertebrados Acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Valle de Yeguaré, Honduras. 50p.

Durante los últimos años la utilización de macroinvertebrados acuáticos para evaluar la calidad de agua ha venido ganando notoriedad y es actualmente aceptada como una herramienta biológica moderna. El objetivo de este estudio es caracterizar la calidad de las aguas del río Yeguaré y cinco de sus afluentes mediante la utilización de índices biológicos complementada con parámetros fisicoquímicos. El estudio presente se realizó en la subcuenca del río Yeguaré y los ríos Santa Inés, Chupadero, Salada, Gallo y Pita. En cada río se midieron parámetros fisicoquímicos como demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), pH, temperatura, fosfatos, amonios y nitratos. En los seis ríos se recolectaron macroinvertebrados para determinar la diversidad por medio del índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ), similitud a través del índice de Morisita y se calcularon índices bióticos como el Índice Biótico de Familias (IBF), el Biological Monitoring Working Party (BMWP) y el Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) para determinar la calidad del agua. El número total de individuos resultados del estudio en la subcuenca del Yeguaré corresponde a 1815, representados por 21 órdenes, 62 familias y 219 géneros. Santa Inés es la microcuenca que además de contar con más géneros (45), mantiene valores altos tanto en diversidad de taxa (29) como en el total de la población colectada (425). De igual manera el índice  $H'$  de Santa Inés fue uno de los más altos con 1.36. Con respecto a la diversidad, todos los ríos mostraron ser diferentes, con excepción de Pita-Santa Inés ( $T=0.388$ ,  $gl=388$ ,  $P=0.698$ ), Salada-Chupadero ( $T=-1.022$ ,  $gl=261$ ,  $P=0.308$ ) y Yeguaré-Chupadero ( $T=1.111$ ,  $gl=231$ ,  $P=0.268$ ). Por otro lado, el Gallo a pesar de caracterizarse por sus aguas muy claras, es el río que presenta las peores condiciones biológicas y fisicoquímicas, por su bajo pH y conductividad eléctrica relativamente alta en comparación a los otros ríos, posiblemente porque además de su acidez natural, es la microcuenca más afectada por el impacto de poblaciones humanas. Aunque hubo algunas leves variaciones al comparar los resultados con los fisicoquímicos, estos complementaron el estudio, pues las tendencias mostradas por ambos métodos fueron similares. Se recomienda hacer trabajos similares posteriores, para enriquecer el listado de familias y géneros de macroinvertebrados de la región y conocer mejor la variación de la calidad del agua durante el transcurso del año.

**Palabras claves:** Bioindicadores, diversidad, comunidad acuática, índices biológicos

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimientos.....	vi
Agradecimiento a patrocinadores.....	x
Resumen .....	xii
Contenido .....	xiii
Índice de figuras .....	xv
Índice de cuadros.....	xvi
Índice de anexos .....	xviii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2 LÍMITES DE ESTUDIO.....	3
1.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo general .....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 LIMITANTES .....	4
1.6 ALCANCES .....	4
1.7 PREGUNTAS DE INVESTIGACION.....	4
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
2.1 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA.....	5
2.1.2 Contaminación del ambiente acuático.....	5
2.2 MONITOREO Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA.....	6
2.3 VELOCIDAD Y MEDICIÓN DE CAUDAL.....	6
2.4 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.....	6
2.4.1 pH .....	6
2.4.2 Conductividad eléctrica .....	6
2.4.3 Turbidez.....	7
2.4.4 Oxígeno disuelto.....	7
2.4.5 Demanda bioquímica de oxígeno .....	7
2.4.6 Temperatura.....	8
2.4.7 Nitritos y nitratos.....	8
2.5 ANÁLISIS BIOLÓGICOS.....	8
2.5.1 Bioindicadores.....	8
2.5.2 Macroinvertebrados acuáticos.....	9
2.5.3 Importancia ecológica de los macroinvertebrados acuáticos .....	9

2.5.4 Ventajas del uso de macroinvertebrados acuáticos .....	10
2.5.5 Descripción de los principales órdenes de macroinvertebrados comunes.....	10
2.5.6 Índice de diversidad.....	11
2.5.7 Índice de similitud.....	11
2.5.8 Índices biológicos.....	11
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	13
3.1.1 Santa Inés.....	13
3.1.2 Gallo.....	13
3.1.3 Pita.....	13
3.1.4 Chupadero.....	14
3.1.5 Salada.....	14
3.1.6 Yeguaré.....	14
3.2 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS.....	16
3.3 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS BIOLÓGICAS.....	17
3.3.1 Diversidad (H').....	18
3.3.2 Similitud.....	19
3.3.3 Cálculo del Índice Biótico de Familias (IBF).....	19
3.3.4 Cálculo del Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT).....	20
3.3.5 Cálculo del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP).....	20
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
4.1 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.....	21
4.2 DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA.....	22
4.3 SIMILITUD DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS.....	27
4.4 ÍNDICES BIÓTICOS.....	27
4.4.1 Índice Biótico de Familias (IBF).....	27
4.4.2 EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).....	27
4.4.3 BMWP-CR.....	28
<b>5. DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>33</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>36</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>41</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		
1	Mapa de ubicación geográfica de las estaciones muestreadas para la evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados en la región del Yeguaré, Honduras. 2007....	15
2	Número y abundancia de familias encontradas en los seis ríos de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	23
3	Numero de individuos de las familias más abundantes de macroinvertebrados de los seis ríos de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	24
4	Número de individuos encontrados en cada uno de los seis ríos de la subcuenca del Yeguaré, Honduras.2007.....	24
5	Número de familias y géneros de los macroinvertebrados presentes en los seis ríos estudiados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	25
6	Número de individuos colectados en los microhábitats de sedimento-hojarasca y piedra de seis ríos de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	25



## ÍNDICE DE CUADROS

### Cuadro

1	Localización de las estaciones de muestreo para la recolección de macroinvertebrados por río en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	16
2	Parámetros fisicoquímicos medidos y sus respectivos equipos de medición para la calidad de agua en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	17
3	Clasificación de la calidad del agua de acuerdo a los valores del índice de Shannon – Weaver (H')......	18
4	Clasificación de calidad de agua basada en los valores del IBF de Hilsenhoff (1988).....	19
5	Clasificación de calidad de agua según el índice EPT.....	20
6	Clasificación de calidad del agua según el índice BMWP.....	20
7	Estimación de la evaluación fisicoquímica de la calidad del agua presente en cada uno de los ríos muestreados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	21
8	Clasificación fisicoquímica de la calidad del agua presente en cada uno de los seis ríos muestreados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	21
9	Valores de diversidad y equidad de los seis ríos evaluados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	26
10	Comparación de los valores del índice de diversidad (H') entre los seis ríos de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	26
11	Similitud de las comunidades de macroinvertebrados entre los seis ríos muestreados en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	27
12	Clasificación de la calidad de agua, mediante la utilización del Índice Biótico de Familias (IBF) de cada uno de los ríos muestreados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	27
13	Valores del EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) y clasificación de la calidad del agua según este índice presente en cada uno de los ríos muestreados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	28
14	Clasificación de la calidad del agua mediante el índice BMWP en cada uno de los ríos muestreados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	28

15	Comparación entre los índices bióticos y la evaluación fisicoquímica de la calidad de agua presente en cada uno de los ríos muestreados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	29
16	Clasificación de calidad de agua por análisis fisicoquímico y los índices biológicos de los seis ríos muestreados en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.....	29

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		
1	Tabla de puntuación de contaminación del índice BMWP.....	41
2	Caudal de los ríos muestreados en la subcuenca del Yeguaré.....	42
3	Tabla de tolerancia de contaminación para el índice IBF (Hilsenhoff).....	42
4	Tabla de clasificación de agua según datos fisicoquímicos.....	43
5	Familias encontradas en la subcuenca del Yeguaré.....	44

# 1 INTRODUCCIÓN

De toda el agua del planeta, sólo el 1% es útil para los seres vivos. Ese pequeño porcentaje es un bien necesario e importante para la supervivencia de los organismos del mundo, por lo tanto debe considerarse como un recurso estratégico cuya conservación es indispensable para el futuro. Roldán (1988) señala que en las últimas décadas los ecosistemas acuáticos continentales son los que más han sufrido los impactos causados por la actividad humana. Los desechos industriales y domésticos de una población cada vez más grande, tienen como destino final los ríos, y en último termino, el mar. Por estos motivos la fauna de muchos ríos del mundo ha desaparecido o se ha visto sustancialmente reducida.

Como indica Prieto (2004) a fin de conseguir un desarrollo social y económico que llegue a satisfacer las necesidades básicas humanas presentes y futuras, es fundamental conocer y comprender los problemas ambientales para lograr mantener la capacidad de producción del ambiente, utilizando racionalmente los recursos como el agua. Si no se actúa de manera diligente, la calidad y cantidad mundial del agua se verán gravemente afectadas.

El agua tiene dos dimensiones que están muy relacionadas, calidad y cantidad. Según Roldán (2003) durante los últimos años el concepto de calidad de agua ha ido cambiando rápidamente de un enfoque puramente fisicoquímico a otro que integra todos los componentes del ecosistema. Actualmente, muchos países están apoyando el uso de comunidades acuáticas y el estudio de su comportamiento a través del tiempo (biomonitoreo) como herramienta fundamental para evaluar la calidad de las aguas superficiales continentales (Rosenberg *et al*, 1986). La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA), (2001) señala que la calidad de agua está definida como las características físicas, químicas, biológicas y estéticas (apariencia y olor) del agua. Es decir que, un agua saludable debe contener una cantidad balanceada de nutrientes y fluctuaciones normales de salinidad y temperatura y al mismo tiempo un porcentaje alto de oxígeno y recibir suficiente luz solar para un adecuado crecimiento de los organismos. La contaminación del agua causada por daño o alteración de su estado en condiciones normales y la pérdida de las zonas de amortiguamiento de los ríos es un problema para la salud de todos los seres vivos que habitan el planeta (Mafla, 2006).

Figuroa *et al*, (1999) afirman que desde el siglo pasado, los métodos biológicos para determinar la calidad del agua han ganado aceptación, desarrollándose ampliamente en Europa. Esto debido a que durante la década de los 50's se aceleró el avance de estos estudios y se identificaron las respuestas que ofrecían plantas y animales como evidencia directa de la contaminación. Por medio de la utilización de bioindicadores se puede conocer, monitorear y evaluar un cambio en la calidad del agua, la salud del ambiente

natural y los usos apropiados de este recurso. De acuerdo a Mohammad *et al.*, (2007) la bioevaluación o biomonitoreo puede revelar impactos o efectos futuros y presentes que están enmascarados, tales como nuevas sustancias tóxicas que han ingresado al ambiente o posibles cambios en las propiedades físicas. Al mismo tiempo, los cambios o alteraciones a largo plazo sobre un ecosistema pueden ser estudiados. Por estas razones es importante la inclusión de los indicadores biológicos para complementar a los métodos tradicionales en la evaluación de la calidad ambiental y de la integridad de los ecosistemas.

La denominación de una especie como indicadora requiere de conocimiento previo respecto a su composición comunitaria bajo condiciones normales. Se incluye el ciclo de vida de las especies, su estacionalidad y sus variaciones naturales, de manera que sea posible comparar las condiciones antes y después de una perturbación ambiental (Raz, 2000). Entre los indicadores biológicos, los macroinvertebrados son utilizados para evaluar la calidad del agua, porque la comunidad de macroinvertebrados como indicador biológico es fácil de interpretar, ya que sus funciones esenciales son indispensables para el mantenimiento de la integridad funcional de un ecosistema acuático y aún las especies raras pueden tener un papel importante, evidente solamente después de una “perturbación” (Pino *et al.*, 2003).

Los países que más experiencia han tenido trabajando con bioindicadores son Chile, Colombia, Perú y Costa Rica. En Honduras este campo aún es muy reducido pero cuenta con un gran potencial y oportunidades de crecimiento, debido a la cercanía geográfica con Costa Rica y la similitud latitudinal con Colombia. Algunas de las primeras experiencias de trabajo con macroinvertebrados en Honduras, fueron registradas en Choluteca, La Ceiba y el Valle del Yeguaré (Chamberlain, 2005; Fenoglio, 2005; Universidad de Nuevo México, 2004). Actualmente, la UNAH, Zamorano y otras pocas instituciones están trabajando con bioindicadores como herramienta para la evaluación de la calidad de agua dentro del país.

## 1.1 JUSTIFICACIÓN

*“Un ambiente saludable es uno en donde la calidad de agua provee vida a una comunidad rica y variada de organismos y protege la salud pública”*  
(Environmental Protection Agency, 2001).

La utilización de macroinvertebrados, como indicadores de calidad de agua, ha venido ganando aceptación a nivel mundial. La subcuenca del río Yeguaré es un sitio ideal para la aplicación de esta metodología, tanto por el escaso conocimiento de la fauna de macroinvertebrados en la región -y todo el país- como por el trabajo que se ha venido realizando con el Manejo Integrado de Cuencas (MIC) y el desarrollo socioeconómico en general de la región con apoyo de la Escuela Agrícola Panamericana. Es necesario también evaluar el impacto de las actividades antropogénicas en el agua para conocer el estado actual de las microcuencas de la región del Yeguaré, pues de la calidad del agua dependen el bienestar y salud de las personas, además de toda la flora y fauna de la región. La evaluación de la calidad de agua por medio de indicadores biológicos ofrece

una técnica práctica, fácil y precisa para conocer calidad de agua ecológica y opta por tener resultados variados, comparables y diferentes a los tradicionales fisicoquímicos. Por tanto, es necesario que el efecto de los desastres ambientales y las actividades antropogénicas como deslizamientos, huracanes, la acelerada urbanización, agricultura, ganadería, construcción de puentes, presencia de botaderos y aguas mieles sean monitoreados y evaluados con ayuda de estos bioindicadores. Adicionalmente, estas nuevas metodologías presentan una serie de ventajas, entre las cuales se pueden citar: requieren de equipos simples y relativamente baratos, metodologías sencillas, rapidez en la obtención de los resultados y una alta confiabilidad, ya que dan información acerca de las variaciones a través del tiempo, lo que hace de estos métodos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de las cuencas y ríos en general (Gutiérrez *et al*, 2006). Así, la bioindicación puede contribuir en la solución de problemas ambientales y el uso sostenible de los recursos.

## **1.2 LÍMITES DE ESTUDIO**

La evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de indicadores biológicos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras, se enfocó en seis ríos de la subcuenca. Se realizaron muestreos continuos durante los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto, se invirtió el mismo esfuerzo de trabajo por río.

## **1.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO**

La utilización de algunos índices biológicos, nos puede proporcionar información útil para determinar la calidad del agua en la subcuenca hidrográfica del Yeguaré, Honduras.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Caracterizar la calidad de las aguas del río Yeguaré y cinco de sus afluentes mediante la utilización de índices biológicos y parámetros fisicoquímicos.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Determinar la calidad del agua del río Yeguaré y cinco de sus afluentes mediante la utilización de tres índices bióticos: el Índice Biótico de Familias (IBF), Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (ETP), Biological Monitoring Working Party (BMWP) y parámetros fisicoquímicos.
2. Comparar los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y los índices bióticos empleados.

3. Comparar la composición de macroinvertebrados acuáticos que se desarrollan en las comunidades estudiadas con ayuda de índices de diversidad y similitud (Shannon-Weaver y Morisita) y su relación con los índices biológicos de calidad de agua.

## **1.5 LIMITANTES**

Las principales limitantes durante la realización del estudio fueron:

1. Toma de datos.- La toma de datos fue difícil debido a la localización y el acceso a las estaciones de muestreo, poco tiempo, para recolectar las muestras, presupuesto y recursos humanos limitados, lo que dificultó el análisis de los mismos.
2. Recursos y logística.- No se pudo trabajar con datos continuos de medida del caudal debido a la falta de equipo e infraestructura necesaria en la subcuenca.
3. Las medidas de oxígeno disuelto fueron tomadas, por dos métodos, el primero con ayuda de un instrumento digital y el segundo método utilizado fue por titulación en campo. La causa principal fue la falta de un equipo calibrado en el Laboratorio de Aguas de la carrera de DSEA.

## **1.6 ALCANCES**

El estudio fue realizado en la región del Yeguaré, departamento de Francisco Morazán en el periodo de Mayo-Agosto del 2007. Sin embargo, se busca poder difundir la importancia de la metodología, su aplicación, sus resultados y recomendaciones en el país. Los resultados del estudio servirán como base de futuras investigaciones en el uso y estudio de macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua.

## **1.7 PREGUNTAS DE INVESTIGACION**

1. ¿Cuál es la calidad del agua del río Yeguaré y cinco de sus afluentes?
2. ¿Son comparables los resultados obtenidos por los métodos fisicoquímicos e índices biológicos?
3. ¿Cuál es la relación entre los índices de biodiversidad y los índices biológicos de calidad de agua?

## **2 REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA**

El término calidad, referido a las aguas continentales, no es un concepto absoluto ni de fácil definición. Por el contrario es un concepto relativo que depende del destino final del recurso. De modo que, y a título de ejemplo, las aguas fecales en ningún caso se podrían considerar de calidad apropiada para la bebida, por los problemas sanitarios que conllevaría su uso. Sin embargo, por su alto contenido en materia orgánica podrían resultar excelentes para el riego de plantas ornamentales o de plantaciones forestales. Del mismo modo aguas de alta montaña, que intuitivamente se asociarían con pureza y buena calidad, podrían resultar poco apropiadas para la bebida al calmar escasamente la sed, por su bajo contenido en sales y por su bajo pH que les confiere un carácter corrosivo del esmalte dental (Alba-Tercedor, 1996). No obstante, algunos autores definen la calidad del agua como su aptitud para los usos beneficiosos a que se ha venido dedicando en el pasado, es decir, como medio de sustento para el ser humano y los animales, para el riego de la tierra y la recreación entre otras cosas (Correa, 2000).

Según Chapman (1996) la calidad del ambiente acuático es definida como la composición y bienestar de la biota en un cuerpo de agua. Al mismo tiempo, ésta engloba las concentraciones, expectativas y divisiones físicas de sustancias orgánicas e inorgánicas. Al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de comunidades de organismos surge el término de calidad biológica. Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias (Alba-Tercedor, 1996).

#### **2.1.2 Contaminación del ambiente acuático**

De acuerdo a Chapman (1996) la contaminación del ambiente acuático se debe principalmente a la introducción directa o indirecta de sustancias por el hombre. Algunas de las consecuencias más relevantes son:

1. Daño a organismos vivientes
2. Peligros a la salud humana
3. Interferencia a actividades acuáticas que incluyen la pesca
4. Disminuir la calidad de agua según su uso en agricultura, industria y por lo general actividades económicas



## **2.2 MONITOREO Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA**

Chapman (1996) define el monitoreo de calidad de agua como la colección actual de información en ubicaciones específicas con intervalos regulares para conseguir la información necesaria para definir condiciones actuales y establecer tendencias, entre otros. Por otro lado, la evaluación de calidad de agua está definida como el proceso completo de la evaluación de la naturaleza física, química y biológica del agua en relación a la calidad natural, efectos humanos y usos adecuados, particularmente los usos que pueden afectar la salud humana y la salud del sistema acuático.

## **2.3 VELOCIDAD Y MEDICIÓN DE CAUDAL**

El caudal es el resultado del producto entre la sección o la media de varias secciones del río (expresado en  $m^2$  o  $cm^2$ ) y la velocidad media del agua (que se expresa en  $m/s$  o  $cm/s$ ). Las unidades más utilizadas son los litros por segundo ( $L/s$ ) o metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) (Leiva, 2004).

## **2.4 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS**

Los métodos fisicoquímicos ayudan a conocer con precisión el tipo de contaminante vertido en detalle. Neumann *et al*, citado por Leiva (2004) afirman que las principales desventajas de determinar la calidad de agua mediante el uso de métodos fisicoquímicos radica en parte en el costo elevado, al mismo tiempo que la información proporcionada por estos análisis es puntual y transitoria. Según Roldan (1988), los parámetros a los cuales son más sensibles los organismos son a menudo el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura.

### **2.4.1 pH**

Según Prieto (2004) el pH no mide el valor de la acidez o alcalinidad sino que la determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o su alcalinidad. Un pH menor de 7 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un pH mayor de 7 muestra una tendencia hacia la 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 indicar contaminación industrial (ABS, 1994).

### **2.4.2 Conductividad eléctrica**

Es la capacidad de una solución acuosa de conducir una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones -su concentración total, movilidad y valencia- y la temperatura de las medidas. Las soluciones de los compuestos orgánicos por lo

general son buenos conductores y las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas poco o nada contribuyen con flujo de corriente (Chapman, 1996).

### **2.4.3 Turbidez**

Según Crites y Tchobanoglous (2000) la turbiedad como una medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales, tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. Los resultados de las mediciones de turbiedad se dan en unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

### **2.4.4 Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno en el agua el cual es esencial para los riachuelos y lagos saludables; puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Este indicador depende de la temperatura, puesto que el agua más fría puede guardar más oxígeno en ella, que el agua más caliente. Los niveles típicamente pueden variar de 0-18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5-6ppm para soportar una diversidad de vida acuática (Lenntech, 2007). Por otro lado, numerosos estudios científicos sugieren que 4-5ppm de oxígeno disuelto es la mínima cantidad que soportará una gran y diversa población acuática. (Stevens Institute of Technology, 2006).

### **2.4.5 Demanda bioquímica de oxígeno**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una medida del oxígeno que usan los microorganismos para descomponer el agua. Si hay una gran cantidad de desechos orgánicos en el agua, también habrá muchas bacterias presentes trabajando para descomponer este desecho, elevando la DBO. Conforme el desecho es consumido o dispersado en el agua, los niveles de la DBO empezarán a bajar. Generalmente, cuando los niveles de la DBO son altos, hay una reducción en los niveles de OD. Esto sucede debido a que la demanda de oxígeno por parte de las bacterias es alta y ellas están tomando el oxígeno del OD en el agua. Si no hay materia orgánica en el agua, no habrá muchas bacterias presentes para descomponerla y por ende, la DBO tenderá a ser menor y el nivel de OD tenderá a ser más alto (SIT, 2006). La DBO, en su medida individual puede indicar la calidad de agua en un cuerpo de agua.

#### **2.4.6 Temperatura**

La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir (organismos estenotérmicos y euritérmicos). Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el OD, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (IDEAM, 2001).

#### **2.4.7 Nitritos y nitratos**

Los nitratos y nitritos son iones que existen de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno (Lenntech, 2007). En un medio acuático natural se espera encontrar la mayoría del nitrógeno como nitratos, en lugar de la forma oxidada. La presencia de nitritos de amonio, es un indicio de reciente contaminación orgánica o de que existen procesos reductivos predominantes (Roldán, 2003). Las fuentes principales de nitrógeno en el agua son la contaminación orgánica y la agricultura. Cuando existe un exceso de nitrógeno, se desarrolla un proceso de eutroficación provocando un alto crecimiento de algas y plantas acuáticas. Debido a todo esto, el ecosistema es el que sufre las consecuencias ya que se reduce la diversidad de especies al tener una menor fuente de oxígeno.

### **2.5 ANÁLISIS BIOLÓGICOS**

Los ecosistemas acuáticos mantienen una gran diversidad de organismos, incluso mayor a los terrestres. Los impactos como la contaminación inducen a cambios en la estructura de las comunidades, la función biológica de los sistemas acuáticos y al propio organismo, afectando su ciclo de vida, crecimiento y su condición reproductiva (Bartram y Ballance, 1996).

#### **2.5.1 Bioindicadores**

El concepto de bioindicador aplicado a la evaluación de calidad de agua, es definido como: especie (ó ensamble de especies) que posee requerimientos particulares con relación a uno ó un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indique que las variables físicas ó químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia (Rosemberg y Resh, 1993). El uso de bioindicadores como herramienta para conocer la calidad del agua simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación sólo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua (Vázquez *et al*, 2006).

### **2.5.2 Macroinvertebrados acuáticos**

Los macroinvertebrados acuáticos son un grupo variado de organismos que no tienen espina dorsal y que son fáciles de ver sin la necesidad de un microscopio, además de ser una fuente de energía para los animales más grandes (Roldán, 1993). Estos son utilizados para el biomonitoreo por su sensibilidad a cambios externos que afectan la composición de sus poblaciones (Roldán, 2003).

El empleo de índices biológicos -calculados con datos provenientes de un muestreo de macroinvertebrados-, se encuentra muy relacionado con la determinación de calidad del agua, debido a que el proceso de identificación de la contaminación de los ríos al utilizar métodos tradicionales, es muy lento y la información proporcionada es momentánea. Aún la misma presencia de peces puede que no brinde información sobre un problema de contaminación, porque éstos pueden alejarse para evitar los efectos del agua contaminada y luego regresar al mejorar las condiciones. Sin embargo, la mayoría de los macroinvertebrados benthicos no pueden mudarse para evitar la contaminación. Por esto mismo, una muestra de estos organismos acuáticos puede servir como indicador de la calidad del agua al ofrecer más información sobre la contaminación o la calidad general del agua a través de un periodo más largo de tiempo.

De acuerdo a la WRC (2001) los macroinvertebrados son sensibles a distintas condiciones físicas y químicas, por lo que un cambio en la calidad del agua, podría cambiar también la estructura y composición de las comunidades acuáticas. Por ende, la riqueza de la composición de la comunidad de macroinvertebrados puede ser utilizada para proveer un estimado de la salud de un cuerpo de agua. Chapman (1996) asegura que los organismos indicadores de la calidad del agua determinan los efectos de los impactos en el ecosistema acuático a través de un tiempo más prolongado. Sin embargo, la información biológica generada, a partir de los también llamados bioindicadores, no reemplaza los análisis fisicoquímicos, pero si reduce costos, por lo que estos estudios son importantes en el monitoreo de la calidad del agua.

### **2.5.3 Importancia ecológica de los macroinvertebrados acuáticos**

Los macroinvertebrados son considerados un eslabón importante en la cadena trófica, especialmente para peces. Un alto número de invertebrados se alimentan de algas y bacterias, las cuales se encuentran en la parte baja de la cadena alimentaria. Algunos deshacen hojas y se las comen mientras otros comen materia orgánica presente en el agua. Debido a la abundancia de los macroinvertebrados benthicos, en la cadena alimentaria acuática, ellos juegan un papel crítico en el flujo natural de energía y nutrientes. Al morir los macroinvertebrados benthicos, se descomponen dejando atrás nutrientes que son aprovechados por plantas acuáticas y otros organismos que pertenecen a la cadena (Roldán, 1988).

### **2.5.4 Ventajas del uso de macroinvertebrados acuáticos**

Según Roldán (2003) las razones por las cuales se consideran los macroinvertebrados como los mejores indicadores de calidad de agua son las siguientes:

1. Son abundantes, de amplia distribución y relativamente fáciles de recolectar
2. Son sedentarios en su mayoría, por tanto, reflejan las condiciones locales
3. Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos, como las bacterias y virus entre otros
4. Presentan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo
5. Proporcionan información para integrar efectos acumulativos
6. Poseen ciclos de vida largos
7. Son apreciables a simple vista
8. Se pueden cultivar en el laboratorio
9. Responden rápidamente a los tenses ambientales
10. Varían poco genéticamente

### **2.5.5 Descripción de los principales órdenes de macroinvertebrados comunes**

#### **a) Ephemeroptera**

Las ninfas de Ephemeroptera viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas; sólo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. En general se consideran indicadores de buena calidad del agua (Roldán, 1988).

#### **b) Plecoptera**

Las ninfas de los Plecóptera viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Se ha observado en ciertos casos que son especialmente abundantes en riachuelos con fondo pedregoso, de corrientes rápidas y muy limpias situadas alrededor de los 2000m de altura. Son, por tanto, indicadores de aguas muy limpias y oligotróficas (Roldán, 1988).

#### **c) Trichoptera**

En los ambientes acuáticos especialmente ríos y quebradas, los Trichoptera juegan un papel importante, tanto en las cadenas alimentarias como el reciclaje de nutrientes. Debido a su gran diversidad y el hecho de que las larvas poseen distintos ámbitos de tolerancia y según la familia o el género al que pertenecen, son muy útiles como bioindicadores de calidad de agua y la salud del ecosistema (Springer, 2006).

#### **d) Coleoptera**

La mayoría de Coleoptera acuáticos viven en aguas continentales lóxicas y léxicas. En las zonas lóxicas los sustratos más representativos son troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y la vegetación sumergida y emergente. Las zonas mas ricas son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias (Roldán, 1988).

### e) Odonata

Los Odonata viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas, por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Viven en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas (Roldán, 1988).

### 2.5.6 Índice de diversidad

La diversidad de Shannon-Weaver toma en cuenta tres componentes: la riqueza de especies, su abundancia y la equitabilidad (Broker *et al*, 1998). Aunque el uso de los índices de diversidad como método de bioindicación ha perdido importancia en las últimas décadas, debido a su incapacidad para diferenciar las interacciones biológicas y taxonómicas que existen entre las especies (Segnini, 2003), estos son utilizados puesto que aún no existen otros índices que los reemplacen.

### 2.5.7 Índice de similitud

La similitud de Morisita calcula la semejanza entre las comunidades de macroinvertebrados encontrados en diferentes poblaciones. Brower *et al*, (1998) menciona para estas extracciones que la medida de dispersión propuesta por Morisita en 1959 posee cualidades excelentes.

### 2.5.8 Índices biológicos

Los índices biológicos utilizados en el presente estudio son: El Índice Biótico de Familias (IBF, Hilsenhoff 1988), el Biological Monitoring Working Party Store System (BMWP, Chesters 1980), utilizando la adaptación de este índice para Costa Rica (MINAE-SALUD 2003) y el EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera).

El IBF considera la diversidad de taxa indicadores (familias) y la abundancia de cada una de ellas (Figueroa *et al*, 2003). Entre las ventajas de utilizarlo están su bajo costo, es fácil de entender, posee alta sensibilidad a la calidad de agua y además el resultado que entrega es confiable ya que por medio de un cálculo matemático (fórmula) se obtienen los datos necesarios para poder clasificar las características ambientales (Quantitativa 2004).

El EPT se refiere a la presencia o ausencia de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en una comunidad biológica. En general, las especies de estos grupos de insectos son sensibles a las perturbaciones humanas (Alonso y Camargo, 2005), de aquí su uso como indicadores en el cálculo del índice.

El BMWP es un índice de fácil utilización y de aplicabilidad, las familias de los macroinvertebrados acuáticos se ordenan en 10 grupos siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación. A cada familia se le hace corresponder una puntuación que oscila entre 10 y 1. Con este sistema de puntuación es posible comparar la

situación relativa entre estaciones de muestreo (Alba-Tercedor, 1996). Sin embargo, no permite emitir juicios respecto de la situación de calidad. Es por ello que se correlacionaron los valores del BMWP con cinco grados de contaminación, asignándoles una significación respecto de la misma (Alba-Tercedor y Sanchez-Ortega, 1988), ver Anexo 1.

## **3 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 ÁREA DE ESTUDIO**

El estudio presente se realizó en la subcuenca del río Yeguaré que pertenece a la cuenca del río Choluteca y se encuentra ubicada en la vertiente Pacífica de Honduras. Se trabajó en el curso principal del río Yeguaré y cinco de sus afluentes: Santa Inés, Chupadero, Salada, Gallo y Pita (Figura 1 y Cuadro 1).

#### **3.1.1 Santa Inés**

La microcuenca del río Santa Inés está localizada entre los municipios de San Antonio de Oriente y Güinope, ambos en el departamento de Francisco Morazán, y el municipio de Yuscarán en el departamento del Paraíso. Herrera (2001) afirma que esta microcuenca provee agua a las comunidades de Lavaderos, el Guayabo, Santa Inés, Santa Rosa, Los Lirios, El Hondable, Matahambre y Zamorano. Este cuerpo de agua es una de las fuentes de agua con mayor potencial dentro de la zona para satisfacer las necesidades de riego y consumo doméstico de las comunidades anteriores. Esta agua es utilizada como un bien de consumo por los pobladores y como un bien intermedio por los agricultores y la Escuela Agrícola Panamericana que la utilizan para riego (Herrera, 2001).

#### **3.1.2 Gallo**

El Gallo está localizado en la región centro-oriental del departamento Francisco Morazán, a 30Km de Tegucigalpa. Abastece de agua a cuatro comunidades: Jicarito, Joya Grande, Surinca y San Antonio de Oriente. La microcuenca cuenta con un perímetro de 30Km, un largo de 8.30Km, un ancho de 2.93Km, el área es de 2440ha y la forma de la microcuenca es alargada (Funes, 2000).

#### **3.1.3 Pita**

La quebrada Pita pertenece a la microcuenca del mismo nombre que nace en el Cerro Uyuca. A lo largo de su trayectoria sufre por distintos factores, ya que la parte alta se no se encuentra perturbada, protegida por el cerro, pero al aguas abajo, sus aguas son utilizadas para fines de agricultura, riego y ganadería.



### **3.1.4 Chupadero**

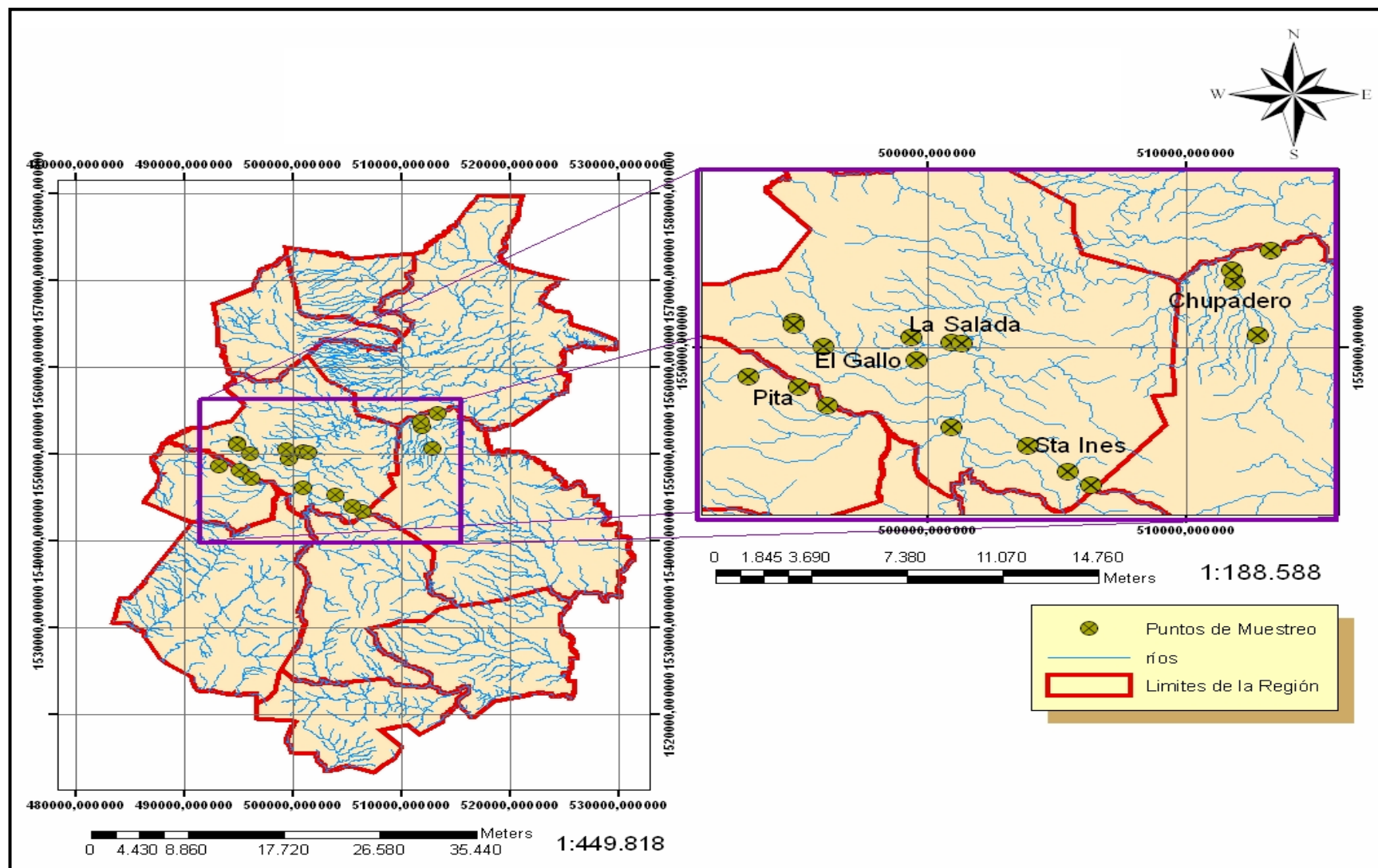
El Chupadero es una fuente de agua que supe las necesidades a algunas viviendas aledañas a Yuscarán. Los demás usos que se le dan a este cuerpo de agua es para riego en la agricultura, ganadería, pesca y uso doméstico, en especial para lavar ropa, lo cual podría representar un problema para la calidad ecológica del agua y la supervivencia de los ecosistemas acuáticos.

### **3.1.5 Salada**

La Salada es una quebrada que atraviesa algunas aldeas del Municipio de San Antonio de Oriente. Debido a este factor, parecería que la calidad de agua no es muy buena, ya que los efluentes domésticos son expulsados a esta quebrada. En su alrededor por lo general existe vegetación latifoliada y el agua es utilizada con fines agrícolas y agropecuarios.

### **3.1.6 Yeguaré**

Según Ruiz (2004) el río Yeguaré está ubicado en la región centro oriental de Honduras. Esta subcuenca del río Choluteca tiene una extensión de 52,36ha aproximadamente, la forman nueve municipios: Güinope, Yuscarán, Morocelí, San Antonio de Oriente, Tatumbla, Valle de Ángeles, Santa Lucía, Distrito Central y Maraita. Esta subcuenca tiene aproximadamente 215 ríos de los cuales el cauce principal es el río Yeguaré con una longitud de 28.95Km.



**Figura 1.** Mapa de ubicación geográfica de las estaciones muestreadas para la evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la región del Yeguaré, Honduras. 2007.

Fuente: USIG

**Cuadro 1.** Localización de las estaciones de muestreo para la recolección de macroinvertebrados por río en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

Río de Muestreo	Estación	Ubicación Geográfica [UTM]
Yeguaré	1	0500958, 1546154
	2	0494852, 1551264
	3	0513298, 1554699
Santa Inés	1	0506367, 1543328
	2	0505442, 1543979
	3	0503936, 1545244
Chupadero	1	0499398, 1550494
	2	0511920, 1553179
	3	0511816, 1553772
Pita	1	0493122, 1548608
	2	0495067, 1548113
	3	0496165, 1547178
Gallo	1	0501561, 1550041
	2	0495991, 1550057
	3	0499595, 1549412
Salada	1	0499398, 1550494
	2	0500951, 1550239
	3	0501371, 1550173

UTM: Sistema Universal de Medida Transversal

Fuente: Elaboración propia

### 3.2 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS FÍSICOQUÍMICAS

En los seis cursos de agua seleccionados se trabajó en tres estaciones de muestreo: parte alta (E1), media (E2) y baja (E3). En cada estación se evaluaron tanto parámetros físicoquímicos como biológicos. Los parámetros físicoquímicos que se midieron son los siguientes: oxígeno disuelto (OD), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), temperatura, turbidez, pH, conductividad eléctrica, fosfatos, amonio y nitratos. Los análisis de los tres últimos parámetros (fosfatos, amonio y nitratos), así como la DBO, fueron realizados en el Laboratorio de Calidad de Agua de UNILAB perteneciente a la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), ubicada en Tegucigalpa (Cuadro 2). Los demás parámetros se midieron *in situ* con el equipo disponible del laboratorio de calidad de agua de la Carrera Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Adicionalmente, se tomaron medidas de las características físicas del río en cada una de las estaciones muestreadas. Se midió el ancho, la profundidad promedio del río, la velocidad promedio de la corriente, tipo de sustrato y se hizo una breve descripción de la vegetación colindante al sitio de muestreo (Anexo 2). Cada estación se ubicó geográficamente con la ayuda de un GPS portátil marca GARMIN™.

El ancho del río fue medido con una cinta métrica de 5m y otra de 30m de longitud en casos de ríos de mayor ancho, mientras que la profundidad se midió con una cinta de 5m. La velocidad del río se midió con el método de tinta y el método de molinete. El caudal ( $m^3/s$  o  $L^3/s$ ) se calculó multiplicando la velocidad promedio a cada río por su respectiva área transversal (Anexo 2).

**Cuadro 2.** Parámetros fisicoquímicos medidos y sus respectivos equipos de medición para la calidad de agua en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

Parámetros	Equipos y modelos
Conductividad ( $\mu S/cm$ )	Hach Sension 156 Portable Multimeter Meter LaMotte Kit, Wide Range, P-3100, código 2117
Turbidez (UNT)	Hach Sension 156 Portable Multimeter Meter Micro TPW, turbidímetro (Field Portable) Scientific Inc.
Velocidad de la corriente (m/s)	Rickly Hydrological Co. Digital Impulse Counter/Timer, tinta orgánica no toxica YSI Incorporated, modelo 50B-115V SN: 94M26785
Oxígeno disuelto	Hach Sension 156 Portable Multimeter Meter LaMotte Kit, Modelo EDO, código 7414
Tiempo (s)	Cronometro Survivor II, Arcusplit
Puntos geográficos	Garmín, GPS III Plus, 92134434

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS BIOLÓGICAS

En el caso específico de los parámetros biológicos, se hizo la colecta de macroinvertebrados acuáticos en las 18 estaciones definidas (tres por cada río). En cada una de estas se muestrearon dos microhábitats (piedra y sedimento-hojarasca combinados). En el caso de las piedras, se recolectaron todos los macroinvertebrados observados con la ayuda de pinzas entomológicas, mientras que en el caso de la hojarasca y el sedimento se removió el sustrato del río y con la ayuda de una red circular de 20 cm. de diámetro (colador) y un par de pinzas se recolectaron todos los organismos visibles. Todos los individuos se depositaron en frascos etiquetados, con alcohol al 75 % y fueron trasladados posteriormente al Laboratorio de Calidad de Agua de la Carrera de Desarrollo y Ambiente de la Escuela Agrícola Panamericana para su correspondiente clasificación. La identificación de todos los insectos acuáticos se realizó con la ayuda de claves taxonómicas (Roldán 1988, Merritt y Cummins 1996, Carrera y Fierro 2001, otros documentos impresos como las claves para Costa Rica de Springer y Hanson en preparación) y la asistencia de la Biol. Lucía López U. En cada estación se muestreó cada microhábitat durante una hora dividida en periodos de 15 minutos, alcanzando un total de 216 horas de muestreos equivalente a 27 días de ocho horas de trabajo de campo.

### 3.3.1 Diversidad (H')

Este índice se mide en unidades de bits/individuo cuando la escala logarítmica es base 2. En el contexto de los ecosistemas fluviales este índice adquiere un valor máximo de 4.5bits/individuo para las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Valores inferiores a 2.4-2.5 bits/individuo son indicativos de que el ecosistema se encuentra sometido a tensión (vertidos, dragados, canalizaciones, regulación por embalses, etc.) (Cuadro 3). Este índice disminuye mucho en aguas muy contaminadas (Pino *et al.*, 2003).

**Cuadro 3.** Clasificación de la calidad del agua de acuerdo a los valores del índice de Shannon–Weaver (H').

Esquema de Wilhm y Dorris 1968		Esquema de Staub <i>et al.</i> 1970	
H'	Calidad del agua	H'	Calidad del agua
> 3	Agua limpia	3.0-4.5	Contaminación débil
1-3	Contaminación moderada	2.0-3.0	Contaminación ligera
< 1	Contaminación severa	1.0-2.0	Contaminación moderada
		0.0-1.0	Contaminación severa

Fuente: Segnini, 2003

El índice de Shannon–Weaver se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum_{i=1}^K p_i \log p_i \quad p_i = \frac{n_i}{N} \quad [1]$$

Donde K es el número de categorías,  $p_i$  es la proporción de observaciones encontradas en cada categoría,  $n_i$  es el número de individuos por especie y N es el número total de individuos en una muestra (Brower *et al.*, 1998).

El índice de Shannon–Weaver fue calculado para cada uno de los ríos muestreados y para cada uno de sus microhábitats. Los valores del índice fueron comparados con una prueba t-student modificada para índices de diversidad (Brower *et al.*, 1998).

Adicionalmente, se realizó una prueba de chi-cuadrado ( $X^2$ ) entre los datos de abundancia de macroinvertebrados para los dos tipos de microhábitats evaluados en los ríos. Así, también se realizó una prueba de chi-cuadrado para tablas de contingencia entre los datos de piedra y hojarasca-sedimento para todos los ríos. La  $X^2$  se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E} \quad [2]$$

Donde O son los datos de abundancia obtenidos para cada uno de los microhábitats en cada uno de los ríos y E es el valor esperado para en cada microhábitat (Brower *et al*, 1998).

### 3.3.2 Similitud

Para calcular el índice de Morisita, se utiliza la siguiente fórmula:

$$I_d = n \frac{\sum X^2 - N}{N(N-1)} \quad [3]$$

Donde n es el número de muestras y N es el número total de individuos contados en todas las muestras n; la  $\sum X^2$  son los cuadrados de los números de individuos por muestra, sumados para todas las muestras. Si la dispersión es aleatoria entonces  $I_d = 1.0$ ; si es perfectamente uniforme entonces  $I_d=0$ ; por último, si todos los individuos están representados en la muestra  $I_d=n$  (Brower *et al*, 1998).

### 3.3.3 Cálculo del Índice Biótico de Familias (IBF)

Uno de los índices biológicos que se utilizó en el presente estudio es El Índice Biótico de Familias (IBF), desarrollado y aplicado en Estados Unidos por Hilsenhoff (1988). El IBF asigna valores de tolerancia y toma en cuenta el número de individuos hasta el nivel taxonómico de familia o género (Anexo 3. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$IBF = 1/N \sum n_i t_i \quad [4]$$

Donde  $n_i$  es el número de individuos en una familia / género,  $t_i$  es el puntaje de tolerancia de cada familia / género y N es el número total de individuos en cada estación (Figuroa *et al*, 2003). Los valores obtenidos del IBF se expresan en siete clases de calidad ambiental, correspondiente a una escala de condición biológica que fue desarrollada para determinar el grado de contaminación orgánica (Resh *et al*, 1996) (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Clasificación de calidad de agua basada en los valores del IBF de Hilsenhoff (1988).

Clase	IBF	Características Ambientales
I	0.00 - 3.75	Excelente
II	3.76 - 4.25	Muy bueno
III	4.26 - 5.00	Bueno
IV	5.01 - 5.75	Regular
V	5.76 - 6.50	Relativamente malo
VI	6.51 - 7.25	Malo
VII	7.26 - 10.00	Muy malo

IBF: Índice Biótico de Familias

Fuente: Leiva, 2004

### 3.3.4 Cálculo del índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)

El análisis EPT se realizó mediante la utilización de estos tres grupos de macroinvertebrados (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) que son indicadores de buena calidad de agua debido a su alta sensibilidad a la contaminación. Se obtiene contando el número de taxa de estos órdenes presentes en la muestra. El valor obtenido se compara en un cuadro de calidad de agua (Klemm *et al*, 1990) (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Clasificación de calidad de agua según el índice EPT.

Índice EPT	Calidad de Agua
>10	Sin impacto
6-10	Levemente impactado
2-5	Moderadamente impactado
0-1	Severamente impactado

EPT: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera

Fuente: Klemm *et al*, 1990

### 3.3.5 Cálculo del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)

El índice BMWP ordena las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles con las puntuaciones de 1 a 10, siendo el 10 un número de mayor tolerancia y 1 de menor tolerancia (Anexo 1). Su fórmula es la siguiente:

$$\text{BMWP} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \dots \quad [5]$$

Donde T es el nivel de tolerancia y el número corresponde a la familia, al final resultando una sumatoria de todas las familias indicando los niveles de calidad de agua (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Clasificación de calidad del agua según el índice BMWP.

Clase	Valor del BMWP	Calidad del agua
I(a)	150	Muy buena calidad
I(b)	101-120	Muy buena calidad
II	61-100	Buena calidad
III	36-60	Calidad media
IV	16-35	Escasa calidad
V	<15	Calidad mala

BMWP: Biological Monitoring Working Party

Fuente: Leiva, 2004

## 4 RESULTADOS

### 4.1 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

La evaluación de la calidad del agua (Cuadro 7) para cada río y su respectiva clasificación según los parámetros fisicoquímicos medidos (Cuadro 8) muestra: que tanto Chupadero como Santa Inés son clasificados como ríos de buena calidad. Por otro lado, el Yeguaré es considerado como un río de calidad regular, mientras tanto, la quebrada Gallo presenta mala calidad (Anexo 4).

**Cuadro 7.** Estimación de la evaluación fisicoquímica de la calidad del agua presente en cada uno de los ríos muestreados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

	pH <sup>2</sup> rango	OD <sup>1</sup> mg/L	CE $\mu$ S/cm	DBO <sub>5</sub> mg/L
<b>Chupadero</b>	6.5-8.5	5.5	<600	10
<b>Santa Inés</b>	6.5-8.5	5.5	<600	5
<b>Salada</b>	6.5-8.5	<5	<600	10
<b>Pita</b>	<6.5-8.5	5	<600	5
<b>Gallo</b>	<6.5-8.5	5.5	2250	5
<b>Yeguaré</b>	6.5-8.5	5	750	10

pH: Efectividad del hidrogeno, OD: Oxígeno disuelto, CE: Conductividad eléctrica, DBO: Demanda bioquímica de oxígeno.

1= Expresado en términos de valor mínimo.

2= Expresado en términos de valor máximo y valor mínimo.

5= Expresado en número de días

Fuente: Adaptada por Autores

**Cuadro 8.** Clasificación fisicoquímica de la calidad del agua presente en cada uno de los seis ríos muestreados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

	pH	OD	CE	DBO	Clase Final	Descripción del Río
<b>Chupadero</b>	1	2	E	2	2	Buena calidad
<b>Santa Inés</b>	1	2	e	1	2	Buena calidad
<b>Salada</b>	1	4	e	2	4	Mala calidad
<b>Pita</b>	4	3	e	1	4	Mala calidad
<b>Gallo</b>	4	2	3	1	4	Mala calidad
<b>Yeguaré</b>	1	3	1	2	3	Regular calidad

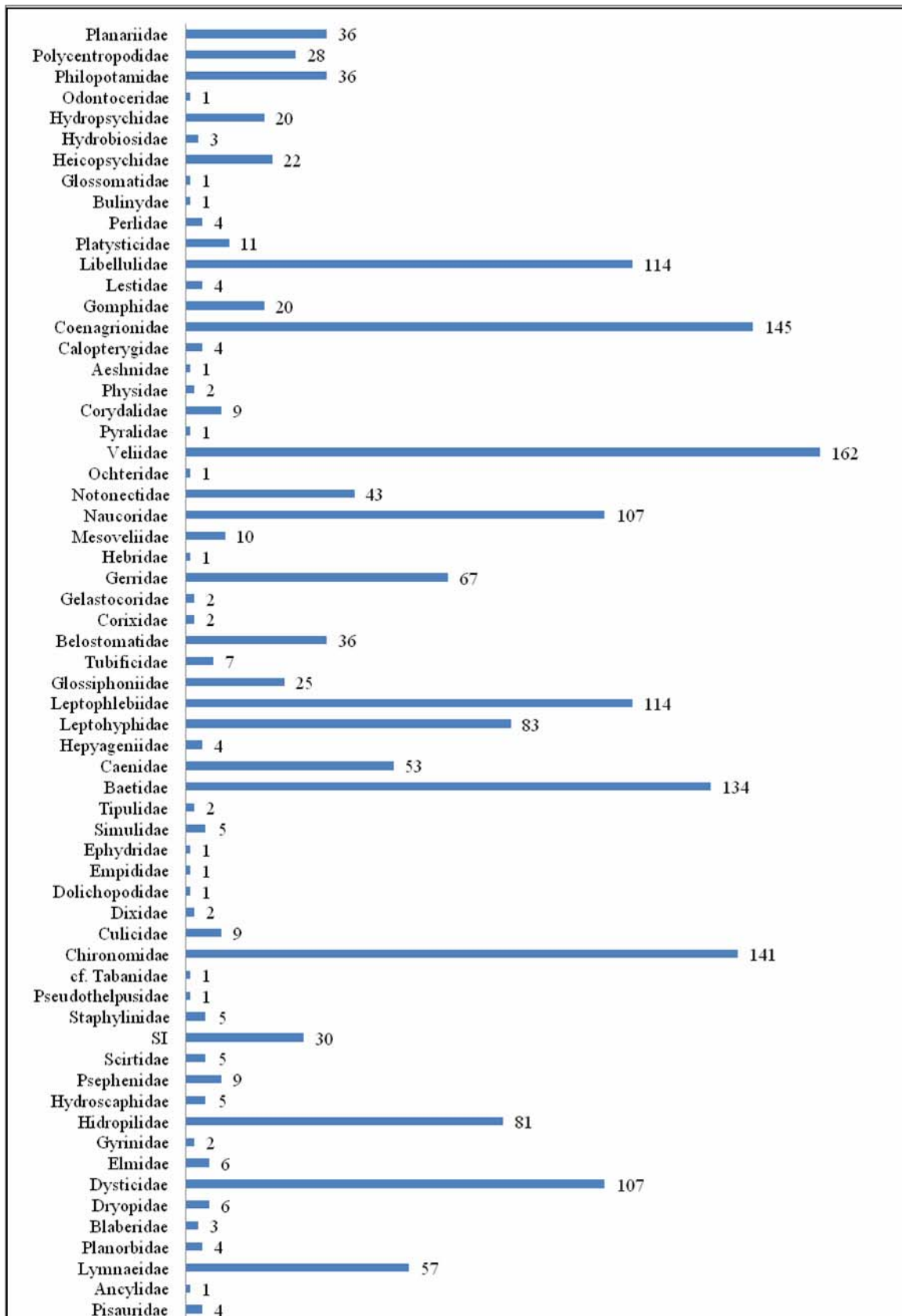
pH: Efectividad del hidrogeno, OD: Oxígeno disuelto, CE: Conductividad eléctrica, DBO: Demanda bioquímica de oxígeno.

Fuente: Elaboración propia

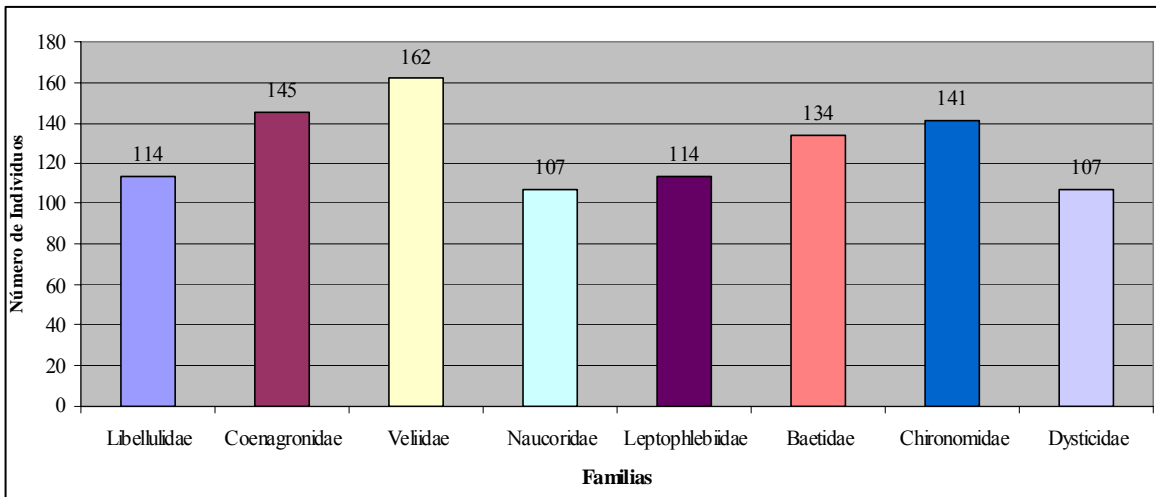


## **4.2 DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA**

Se colectaron 1815 individuos pertenecientes a 21 órdenes, 62 familias y 219 géneros (Figura 2), (Anexo 5). El mayor número de familias encontradas (10) pertenecen al orden Hemiptera. Mientras que el orden representado por el menor número de familias es Ephemeroptera con apenas 5. Las familias con poblaciones más abundantes que resultaron del estudio son Veliidae (Hemiptera), Coenagrionidae (Odonata) y Chironomidae (Diptera) con 162, 145 y 141 individuos respectivamente (Figura 3). Por el contrario se encontraron varias familias representadas con un único individuo tales como Glossomatidae (Trichoptera), Pyralidae (Lepidoptera) y Hebridae (Hemiptera) (Figura 2).

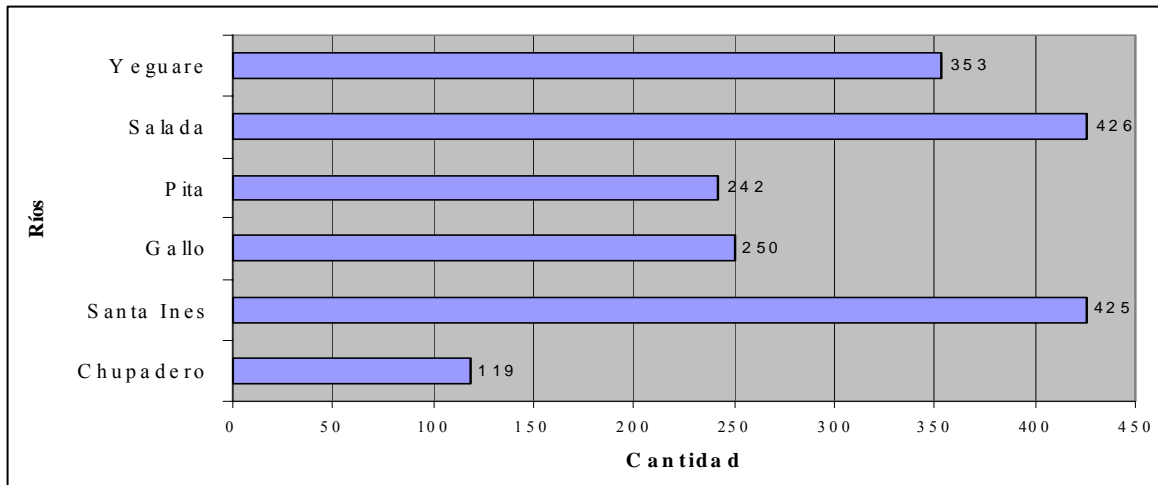


**Figura 2.** Número y abundancia de familias encontradas en los seis ríos de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.



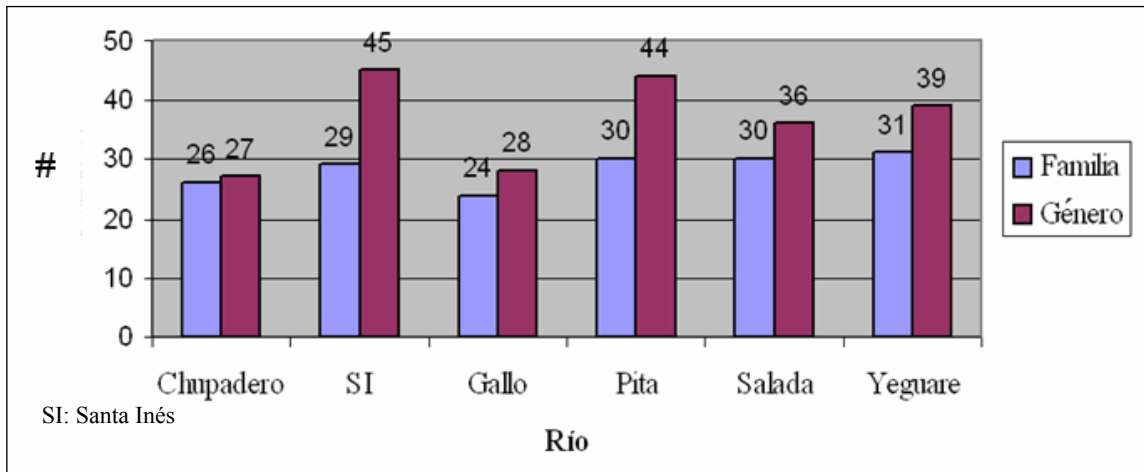
**Figura 3.** Número de individuos de las familias más abundantes de macroinvertebrados de los seis ríos de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

El número de individuos encontrados en cada uno de los ríos fue muy variable (Figura 4). Los ríos Salada y Santa Inés tienen los números más altos de individuos, con 425 y 426 respectivamente, a diferencia de Chupadero que tiene 119.



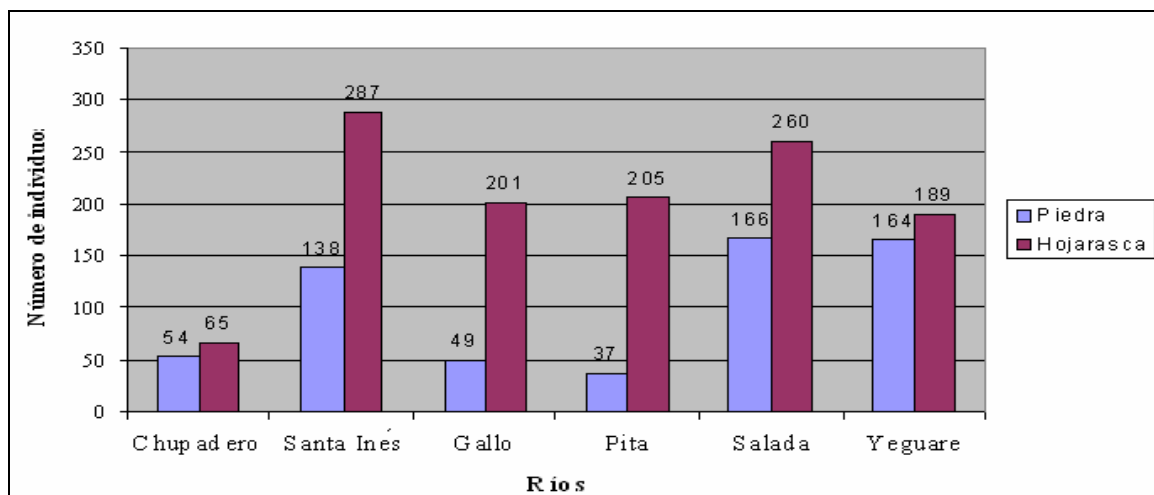
**Figura 4.** Número de individuos encontrados en cada uno de los seis ríos de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

De las 62 familias encontradas en la subcuenca del Yeguaré (Figura 2), los valores oscilan de 24 en la quebrada el Gallo a 31 familias en el río Yeguaré (Figura 5). El río que presenta mayor abundancia de géneros es Santa Inés con 45 géneros mientras que el Gallo cuenta con 28 (Figura 5).



**Figura 5.** Número de familias y géneros de los macroinvertebrados presentes en los seis ríos estudiados de la subcuenca Yeguaré, Honduras. 2007.

Se encontraron 1207 individuos en la hojarasca y el sedimento, en piedra se encontraron 608 individuos (Figura 6) siendo estadísticamente diferentes ( $X^2=197.69$ ,  $gl=1$ ,  $p<0.001$ ). La familia más abundante en hojarasca-sedimento fue Dysticidae (Coleoptera), mientras que en piedra fue Chironomidae (Diptera), con 86 y 100 individuos respectivamente. La familia Leptophlebiidae (Ephemeroptera) fue muy abundante en los dos microhábitats evaluados. Los macroinvertebrados prefirieron el microhábitat de hojarasca en todos los ríos ( $X^2=7.77$ ,  $gl=5$ ,  $p<0.001$ ) (Figura 6). El río con el mayor número de individuos en este microhábitat es Santa Inés con 287. Mientras tanto, en piedra el número mayor de individuos se obtuvo en la quebrada Salada (166) y el menor en Pita (37).



**Figura 6.** Número de individuos colectados en los microhábitats de sedimento-hojarasca y piedra de seis ríos de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

La diversidad de la quebrada Pita fue la más alta determinada ( $H'=1.46$ ) seguido por Santa Inés (1.44) (Cuadro 9). No obstante en cuanto a equidad, estas dos diversidades son iguales ( $T=0.388$ ,  $gl=388$ ,  $p=0.698$ ) (Cuadro 10). Existe baja relación entre los seis ríos

(Cuadro 10), con excepción de Pita-Santa Inés, ya citado, Salada-Chupadero ( $T=-1.022$ ,  $gl=261$ ,  $p=0.308$ ) y Yeguaré-Chupadero ( $T=1.111$ ,  $gl=231$ ,  $p=0.268$ ).

Los ríos Santa Inés y Pita ( $H^2=1.36$ ) cuentan con la diversidad más alta en hojarasca-sedimento mientras que la del Gallo ( $H^2=1.21$ ) fue la mayor para piedra. La máxima diversidad encontrada se da en el río Chupadero tanto para el microhábitat hojarasca-sedimento como en general, con 0.91 y 0.87 respectivamente (Cuadro 9). Por otro lado, aunque se observa que la Salada tiene el valor menor de equidad en el microhábitat de piedra, el Gallo es el río que presenta el valor más bajo ( $H^2=0.74$ ) entre los seis ríos muestreados (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Valores de diversidad y equidad de los seis ríos evaluados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

Micro habitat	Índices	Chupadero	Santa Inés	Pita	Salada	Yeguaré
<b>H-S</b>	<b>H</b>	1.23	1.36	1.36	1.27	1.29
	<b>Hmáx</b>	1.34	1.60	1.63	1.59	1.54
	<b>Equidad</b>	0.91	0.85	0.83	0.80	0.84
<b>Piedra</b>	<b>H</b>	0.96	1.11	1.02	0.84	1.08
	<b>Hmáx</b>	1.18	1.36	1.26	1.30	1.38
	<b>Equidad</b>	0.82	0.81	0.82	0.65	0.78
<b>Total</b>	<b>H</b>	1.32	1.44	1.46	1.27	1.37
	<b>Hmáx</b>	1.52	1.73	1.76	1.68	1.67
	<b>Equidad</b>	0.87	0.83	0.83	0.76	0.82

-HS: Hojarasca y sedimento

-H: Diversidad de cada río

-Hmáx: Diversidad máxima

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 10.** Comparación de los valores del índice de diversidad ( $H^2$ ) entre los seis ríos de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

Ríos	Valores de t y su probabilidad asociada					
	Chupadero	Santa Inés	Gallo	Pita	Salada	Yeguaré
<b>Chupadero</b>		<b>2.80</b>	<b>-3.27</b>	<b>2.81</b>	<b>-1.02</b>	<b>1.11</b>
<b>Santa Inés</b>	0.00		<b>7.04</b>	<b>0.38</b>	<b>-4.78</b>	<b>-2.16</b>
<b>Gallo</b>	0.00	0.00		<b>6.54</b>	<b>2.70</b>	<b>5.11</b>
<b>Pita</b>	0.00	0.69	0.00		<b>-4.43</b>	<b>-2.18</b>
<b>Salada</b>	0.30	0.00	0.00	0.00		<b>2.63</b>
<b>Yeguaré</b>	0.26	0.03	0.00	0.02	0.00	

T: prueba de t (t student) modificada para comparación de ( $H^2$ )

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 SIMILITUD DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS

La mayoría de los ríos fueron diferentes entre sí, con excepción de Chupadero-Santa Inés y Chupadero-Pita en donde las comunidades de macroinvertebrados eran más semejantes entre ellos (56% y 41% respectivamente) (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Similitud de las comunidades de macroinvertebrados entre los seis ríos muestreados en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

Ríos	Santa Inés	Gallo	Pita	Salada	Yeguaré
<b>Chupadero</b>	0.56	0.11	0.41	0.32	0.35
<b>Santa Inés</b>		0.14	0.38	0.14	0.37
<b>Gallo</b>			0.34	0.09	0.24
<b>Pita</b>				0.39	0.25
					0.15

Fuente: Elaboración propia

### 4.4 ÍNDICES BIÓTICOS

#### 4.4.1 Índice Biótico de Familias (IBF)

El río con menor contaminación orgánica es el Gallo con IBF de 1.12. El río con mayor contaminación de los seis estudiados fue Salada con 4.87 (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Clasificación de la calidad de agua, mediante la utilización del Índice Biótico de Familias (IBF) de cada uno de los ríos muestreados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

Ríos	IBF	Calidad de Agua	Grado de Contaminación
<b>Chupadero</b>	3.83	Muy buena	Contaminación orgánica ligera
<b>Santa Inés</b>	1.86	Excelente	Sin contaminación orgánica aparente
<b>Gallo</b>	1.12	Excelente	Sin contaminación orgánica aparente
<b>Pita</b>	3.23	Excelente	Sin contaminación orgánica aparente
<b>Salada</b>	4.87	Buena	Algo de contaminación orgánica
<b>Yeguaré</b>	2.07	Excelente	Sin contaminación orgánica aparente

IBF: Índice Biótico de Familias

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2 EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

Los valores del EPT determinados variaron de EPT=5 en el Gallo a EPT=18 para Santa Inés (Cuadro 13).

**Cuadro 13.** Valores del EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) y clasificación de la calidad del agua según este índice presente en cada uno de los ríos muestreados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

Ríos	EPT	Condición
<b>Chupadero</b>	11	Sin impacto
<b>Santa Inés</b>	18	Sin impacto
<b>Gallo</b>	5	Moderadamente impactado
<b>Pita</b>	7	Levemente impactado
<b>Salada</b>	8	Levemente impactado
<b>Yeguaré</b>	14	Sin impacto

EPT: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera,  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. 3 BMWP-CR

En el análisis del BMWP-CR, se encontró un rango de puntajes desde 95 hasta 142 (Cuadro 14). El análisis estima una valoración optimista de la calidad de agua en los seis ríos muestreados. El Gallo es el de menor valor con 95 y Santa Inés el mayor con 142, esto quiere decir que Santa Inés pertenece a la clase 1 con aguas muy limpias de buena calidad, mientras que en el Gallo la calidad de agua es menor (Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Clasificación de la calidad del agua mediante el Índice BMWP en cada uno de los ríos muestreados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

Ríos	BMWP	Calidad
<b>Chupadero</b>	137	Muy buena calidad
<b>Santa Inés</b>	142	Muy buena calidad
<b>Gallo</b>	95	Buena Calidad
<b>Pita</b>	103	Muy buena calidad
<b>Salada</b>	107	Muy buena calidad
<b>Yeguaré</b>	123	Muy buena calidad

BMWP: Biological Monitoring Working Party  
Fuente: Elaboración propia

El río con mejor valor de calidad es Santa Inés. Por otro lado y con excepción del dato positivo del IBF, el Gallo sigue siendo el cuerpo de agua con menor valor debido a su grado de contaminación (Cuadro 15).

**Cuadro 15.** Comparación entre los índices bióticos y la evaluación fisicoquímica de la calidad de agua presente en cada uno de los ríos muestreados de la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

Ríos	IBF	EPT	BMWP	Clase final (FQ)
<b>Chupadero</b>	3.83	11	137	2
<b>Santa Inés</b>	1.86	18	142	2
<b>Gallo</b>	1.12	5	95	4
<b>Pita</b>	3.23	7	103	4
<b>Salada</b>	4.87	8	107	4
<b>Yeguaré</b>	2.07	14	123	3

IBF: Índice Biótico de Familias

BMWP: Biological Monitoring Working Party

EPT: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera

Fuente: Elaboración propia

La calidad de agua del río Santa Inés como resultado general es buena mientras que la del Gallo es de mala calidad (Cuadro 16).

**Cuadro 16.** Clasificación de calidad de agua por análisis fisicoquímico y los índices biológicos de los seis ríos muestreados en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. 2007.

Ríos	IBF	EPT	BMWP	FISICOQUÍMICO
<b>Chupadero</b>	Contaminación orgánica ligera	Sin impacto	Muy buena calidad	Buena calidad
	Sin contaminación orgánica aparente			
<b>Santa Inés</b>	Sin contaminación orgánica aparente	Moderadamente impactado	Buena calidad	Buena calidad
	Sin contaminación orgánica aparente			
<b>Gallo</b>	Sin contaminación orgánica aparente	Levemente impactado	Buena calidad	Mala calidad
	Sin contaminación orgánica aparente			
<b>Pita</b>	Algo de contaminación orgánica	Levemente impactado	Muy buena calidad	Mala calidad
	Sin contaminación orgánica aparente			
<b>Salada</b>	Sin contaminación orgánica aparente	Sin impacto	Muy buena calidad	Regular calidad
	Sin contaminación orgánica aparente			

IBF: Índice Biótico de Familias

EPT: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera

BMWP: Biological Monitoring Working Party

Fuente: Elaboración propia



## 5 DISCUSIÓN

La acidez en el agua produce cambios drásticos y fatales para la mayoría de las especies, lo que disminuye considerablemente la producción primaria. A este proceso se le conoce como oligotrofización (Roldán, 1992). De acuerdo a las características fisicoquímicas y biológicas observadas en la subcuenca del Yeguaré, se puede decir que esta es oligotrófica. A la vez, la estructura de la comunidad de macroinvertebrados encontrada en la subcuenca es característica de este tipo de aguas.

Aunque la quebrada Salada tiene la mayor población de macroinvertebrados a nivel de individuos (Figura 4) y el río con mayor diversidad de familias es el Yeguaré (Figura 5), Santa Inés es la microcuenca que además de contar con más géneros, mantiene valores altos tanto en diversidad de taxa (Figura 3) como en el total de la población colectada (Figura 4). Según Roldán, (2003) una comunidad natural se caracteriza por presentar una gran diversidad de especies y un bajo número de individuos por especie; o un bajo número de especies y muchos individuos de éstas. Una comunidad bajo la presión de la contaminación se caracteriza por poseer un bajo número de especies con un gran número de individuos por especie (Roldan, 2003). En el caso de Santa Inés, esta está rodeada principalmente por bosques primarios y secundarios (Renderos, 2001) los cuales protegen el agua del río. La afirmación anterior es respaldada por los valores de las características fisicoquímicas medidas que tienden a mostrar una buena calidad del agua (Cuadro 8). Debido a las anteriores razones el índice H' de Santa Inés fue uno de los más altos (Cuadro 9).

Cinco ríos mostraron ser semejantes con respecto a la diversidad, estos son, Chupadero-Salada, Chupadero-Yeguaré, y Santa Inés-Pita (Cuadro 10). La semejanza de estos ríos se puede deber a que tanto Santa Inés, Pita, Salada y Chupadero fueron muestreados en áreas donde según las características fisicoquímicas la calidad del agua era buena durante el muestreo. De acuerdo a lo anterior, estos ríos comparten ordenes con géneros característicos de aguas limpias (Roldan, 2003). Tal es el caso de órdenes como Ephemeroptera, Trichoptera y Coleoptera, de los cuales, Ephemeroptera fue el más abundante en Santa Inés y Chupadero y, Coleoptera en Pita. Dentro de estos órdenes existen especies que en su mayoría se encuentran en ríos con ciertas condiciones y tienden a disminuir conforme aumenta el grado de contaminación (Carrera y Fierro, 2001), de aquí que al poseer estos ríos condiciones aptas para su supervivencia, estos órdenes son abundantes. Por otro lado, la diversidad del Yeguaré puede deberse a que es un río con mayor caudal y bastante ancho, lo que proporciona un mayor tipo de microhabitats dentro del río para la existencia de un mayor número y variedad de organismos.

La diferencia en diversidad entre la mayoría de los ríos puede ser una consecuencia directa de la altitud sobre el nivel del mar a la que se encuentran los ríos. Únicamente dos quebradas corresponden a ríos de montaña, Santa Inés y Pita. Los ríos de montaña se caracterizan por ser de aguas muy transparentes y bien oxigenadas. En estos se espera encontrar poblaciones dominantes de Plechoptera, Trichoptera y Ephemeroptera y en menor proporción otros grupos (Toro *et al*, 2003). Este hecho también explica la semejanza obtenida entre Santa Inés y Pita. Al contrario, los ríos de zonas más bajas (exceptuando el Gallo) como Yeguaré, Chupadero y Salada, que aunque nacen en la montaña (con excepción del Yeguaré), la mayoría de sus aguas corre por tierras bajas y se caracterizan por ser aguas turbias, con poco oxígeno. En estas aguas son comunes poblaciones de Oligoqueta, Chironomidae y algunos Mollusca, aunque a veces pueden presentarse individuos que se consideran de aguas limpias (Toro *et al*, 2003).

En términos generales, al analizar la diversidad de macroinvertebrados encontrada se puede ver que a pesar de que la riqueza sea parecida entre los ríos Chupadero y Salada (Cuadro 9), el Chupadero tiene mayor equidad y una comunidad mejor estructurada. Por el contrario, Salada presenta uno de los valores más bajos de equidad (Cuadro 9), probablemente debido a la contaminación orgánica observada y los valores bajos de oxígeno disuelto (Cuadro 8) y a la alta calificación y clasificación con el IBF (Cuadro 12). Water for Life (s.f.) considera al oxígeno disuelto el factor ambiental más importante para la supervivencia, crecimiento y reproducción de los organismos acuáticos. Al mismo tiempo ANDIA (s.f.) señala que el nivel de oxígeno es una medida mucho más importante de calidad del agua que los coliformes fecales. Por ende, el oxígeno disuelto es absolutamente esencial para la supervivencia de todos los organismos acuáticos (Roldán, 1988). Por otro lado, la relación Pita-Santa Inés muestra un mayor parecido en riqueza de géneros y familias (Cuadro 9) y resaltan a la vez los valores altos de equidad en ambos. Lo anterior sugiere una buena estructuración de los taxa a pesar de las diferencias en el número de individuos recolectados (Figura 4), el pH y el oxígeno disuelto relativamente bajo que se registraron en Pita (Cuadros 7 y 8).

El Gallo caracterizado por sus aguas muy claras, es el río que presenta las peores condiciones biológicas (Cuadro 15) y fisicoquímicas, por su bajo pH y CE relativamente alta en comparación a los otros ríos (Cuadro 8). Lo anterior, probablemente es debido a su naturaleza ácida y al impacto de su cercanía a lugares poblados, ya que esta quebrada atraviesa parte de El Jicarito y Zamorano. Roldán (2003) señala que la conductividad en las aguas superficiales tropicales de montaña por lo regular es muy baja (aguas oligotróficas) y un aumento de sales en el agua provocado por actividades humanas aumenta la conductividad disminuyendo la diversidad de especies (Roldan, 2003). Las variables fisicoquímicas a las que los macroinvertebrados tienden a ser más sensibles son el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto y la temperatura (Roldan, 1992), por esta razón, la conductividad y el pH son dos de las medidas que más aportan acerca de la estructura y funcionamiento del ecosistema acuático. En este sentido, el Gallo debido a sus características ya mencionadas, es el río más diferente a todos los otros ríos evaluados (Cuadro 15).

En el microhabitat H-S se encontró el mayor número de individuos, principalmente debido a la combinación de los microhabitats (figura 6), aunque se observó que cuando no

había hojarasca en el sitio muestreado el sedimento presentaba un menor número de individuos, lo cual coincide con otros estudios realizados (Guerrero *et al*, 2003). Chironomidae es una de las familias más tolerantes a calidad del agua, por lo que se puede encontrar en varios tipos de microhábitats dentro de los ríos (Roldan, 1988), de aquí su abundancia en piedra. En general, las especies del orden Ephemeroptera se pueden encontrar asociadas tanto a piedra como a la hojarasca, ya que muchas de estas especies poseen adaptaciones estructurales como ventosas y ganchos. La presencia de estas estructuras hace que puedan estar asociadas a sustratos de los que puedan sujetarse como las piedras u hojas (Roldan, 1988).

La mayoría de los ríos son diferentes en sus componentes biológicos. Sin embargo, a pesar de las diferencias en la cantidad de familias y géneros (Figura 5), el Chupadero se asemeja a Santa Inés, esto porque la proporción de individuos por taxón en ambos ríos es muy similar. La poca similitud encontrada en los ríos puede estar asociada con características físicas, químicas, biológicas y geomorfológicas de cada uno de los ríos muestreados como por ejemplo el caudal del río, su profundidad y ancho. No obstante, factores debido a cambios en las condiciones naturales del río, como las causadas por el vertido de aguas domésticas, agricultura o actividades industriales a lo largo del cauce del río pueden afectar la estructura de sus comunidades (Domínguez *et al*, 2005). De aquí y debido a que las condiciones de los diferentes ríos muestreados no sea idéntica afecta las comunidades que viven en ellos, dando, por lo tanto diferencias entre sí.

Es interesante notar que a pesar de concordar con que el río con mejor calidad de agua es Santa Inés y el peor el Gallo, existen algunas diferencias entre los índices biológicos (Cuadro 15). Por ejemplo, los resultados obtenidos con el IBF a diferencia de los otros índices utilizados, sobreestima, en general, la calidad de las microcuencas. Lo anterior, puede ser explicado por el hecho de que hasta el momento no se cuentan con valores de tolerancia para las familias de macroinvertebrados presentes en Honduras. Debido a esto se utilizaron adaptaciones de Estados Unidos y Perú –que son las más conocidas- (Anexo 3), las cuales no incluyen calificaciones para algunas de las familias colectadas en la subcuenca del Yeguaré. Esto trajo como consecuencia que el valor del IBF se viera incrementado (Cuadro 12). Para el caso del BMWP-CR la variación de resultados es menor, porque la mayoría de las especies recolectadas contaban con valores de ponderación, lo que brinda más confiabilidad en los resultados. No obstante, aunque con el BMWP es posible obtener puntuaciones para comparar situaciones de calidad, este índice no permite emitir juicios sobre la situación de la calidad (Alba-Tercedor 1996). El EPT brindó resultados más precisos, porque mide la presencia y ausencia de familias catalogadas como sensibles a la contaminación del agua y su relación con el total de la población de macroinvertebrados colectados. Según Roldan (1988) la determinación de la calidad del agua esta en relación a la proporción y abundancia en que estos grupos se encuentren representados en la comunidad.

## 6 CONCLUSIONES

1. Los resultados fisicoquímicos y biológicos del estudio son de gran utilidad para la evaluación de la calidad de agua de la región del Yeguaré por el uso de bioindicadores como herramienta novedosa y aún no aprovechada en Honduras que ayuda a conocer la biodiversidad acuática a nivel de microcuencas.
2. El estudio sirve para la creación de una base de datos de la biodiversidad acuática de macroinvertebrados en la región del Yeguaré. Al mismo tiempo, se iniciara una colección de las especies recolectadas durante el estudio que servirán como base fundamental para conocer la composición de las comunidades acuáticas de macroinvertebrados.
3. Los parámetros fisicoquímicos analizados en las microcuencas de la región del Yeguaré indican que la calidad del agua es buena en Santa Inés y el Chupadero, regular en el Yeguaré y mala en Pita, Salada y el Gallo.
4. Mediante la utilización de los índices bióticos para medir calidad de agua de los seis ríos se obtuvieron datos de contaminación orgánica y calidad biológica general del agua, según la composición taxonómica de los macroinvertebrados acuáticos.
5. Por medio del IBF se reconoció que los ríos Santa Inés, Pita, Yeguaré y Gallo no presentan contaminación orgánica aparente, el Chupadero sí presenta contaminación orgánica ligera y Salada tiene algo de contaminación orgánica. El índice EPT ayudo a determinar que el Chupadero, Santa Inés y Yeguaré no presentan impactos de contaminación que afecten las comunidades de las familias de estos órdenes, por ende la calidad de agua para su protección y desarrollo es adecuada. Pita y Salada están levemente impactadas por lo que el número de familias de los órdenes EPT es relativamente bajo y Gallo se encuentra moderadamente impactado con el número más bajo de familias de EPT. El ultimo índice BMWP sobreestimó los datos de calidad de agua según las familias presentes y los requisitos del mismo índice lo que resultó en una muy buena calidad de agua para un ambiente acuático saludable en los ríos Chupadero, Santa Inés, Pita, Salada y Yeguaré y para el Gallo, una buena calidad de agua por su poca diversidad de familias.
6. Los índices biológicos tienen un pequeño sesgo de variación pero, en cuanto a la mejor calidad de agua y la peor en relación a las demás se mantiene una tendencia clara. Santa Inés lleva el nivel más alto, luego le sigue Chupadero, Yeguaré, Salada, Pita y Gallo con el valor más bajo. Al comparar los índices biológicos con los parámetros fisicoquímicos, los resultados se complementan. En cuanto a Santa Inés y Chupadero,

estos tienen la clasificación fisicoquímica de clase 2 (Buena calidad), pero mediante los índices bióticos se afirma que Santa Inés tiene mejor calidad que el Chupadero, debido a valores dominantes de los índices IBT, EPT y BMWP. El Río Yeguaré por medio del análisis fisicoquímico tiene una puntuación de 3 lo que indica una calidad de agua regular y está respaldado por los resultados de los mismos índices bióticos. Salada, Pita y Gallo según los datos fisicoquímicos tienen una puntuación de 4, es decir, mala calidad de agua. Sin embargo, al analizar esta información con los resultados de los índices bióticos se puede resaltar que aunque Salada presenta un valor más alto en cuanto a contaminación orgánica, tiene mayor número de especies en los índices EPT y BMWP que Pita. Esto indica que la contaminación orgánica de Salada no afecta las comunidades de la mayoría de sus familias, por ende tiene mejor calidad de agua que Pita, aunque por poca diferencia. El río que presenta los resultados más afectados es el Gallo en cuanto a fisicoquímicos, BMWP y EPT, (la excepción es IBF, lo que indica que no tiene contaminación orgánica, pero sus aguas están contaminadas).

7. La riqueza de diversidad en el Chupadero y Salada es similar aunque presenten diferencias en cuanto a calidad de agua. Santa Inés y Pita de igual manera tienen un parecido en estructura de familias y géneros aunque en cuanto a componentes de calidad de agua ecológica descritos por los índices bióticos sean diferentes. En similitud de ríos se nota que la mayoría de los ríos son diferentes entre sí, sólo Chupadero y Santa Inés se parecen un poco debido a la proporción de individuos por taxón, de igual manera los índices bióticos indican que tienen componentes similares ya que no hay mucha diferencia en cuanto a la calidad de sus aguas.

## **7 RECOMENDACIONES**

1. Promover el uso de esta metodología en las demás microcuencas de la región del Yeguate, para enriquecer el listado de familias y géneros de la región y así conocer mejor los valores de tolerancia y sensibilidad de estos a diferentes niveles de contaminación.
2. Dar continuidad al estudio con la implementación de biomonitoreos regulares complementados con análisis fisicoquímicos de manera continua para conocer mejor la variación de la calidad del agua durante el transcurso del año y ver como los factores del tiempo y clima afectan a las comunidades acuáticas.
3. Implementar el uso de esta metodología de medición de calidad de agua debido a su simplicidad por el nivel taxonómico requerido (familia), el ahorro técnico en términos de tiempo (identificación de insectos) y bajo costo. Además que este método, permite comparar microcuencas hidrográficas con relación al uso del suelo.
4. Promover la difusión de esta metodología y la publicación del presente estudio para poder contar con una base de datos registrada en la región del Yeguate y así introducir esta metodología tan útil y acreditada a Honduras ya que no cuenta con algún estudio previo publicado de macroinvertebrados acuáticos.
5. Integrar el uso de macroinvertebrados acuáticos en estudios de calidad de agua a la Carrera Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, contando con personal técnico calificado para la identificación taxonómica y así aportar a esta tecnología creciente y popular en el área ambiental.
6. Adquirir equipo y reparar los existentes instrumentos (medidor de DBO, OD, conductímetro) para los muestreos fisicoquímicos e instalar una estación de monitoreo en la subcuenca (para facilitar la medición continua del caudal en por lo menos el río Yeguate).

## 8 BIBLIOGRAFÍA

Alba-Tercedor J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Memorias IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería no. 2: 203-213.

Alba-Tercedor J., y Sanchez-Ortega A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica* no. 4: 51-56.

Alonso A. y Camarago J.A. 2005. Evaluating the effectiveness of five mineral artificial substrates for the sampling of benthic macroinvertebrates. *Journal of Freshwater Ecology* no. 20: 311-320

Andia Ltda. 2007. (en línea). Consultado el 23 de Sep 2007. Disponible en: <http://www.andialtda.com>

ABS (Annual book of Standards). 1994. American Society for testing and Materials. Determinación de pH en el agua. Método ASTM D 1293-84 reprobado en 1990.

Bartram J. y Ballance R. 1996. *Water Quality Monitoring: A practical Guide to the Design of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*. Chapman Hill. Londres. 383 p.

Brower J.E., Zar J.H. y Von Ende C. N. 1997. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. WCB / McGraw-Hill. 273 p.

Carrera C. y Fierro K. 2001. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua: Manual de monitoreo. EcoCiencia. Quito, Ecuador. 67 p.

CIESE (Center for Innovation in Engineering and Science Education). (s.f.), DBO. (en línea). Consultado el 17 de Sep 2007. Disponible en: <http://www.k12science.org>.

---

Macroinvertebrados. (en línea). Consultado el 17 de Sep 2007. Disponible en: <http://www.k12science.org/>

Chamberlain G. 2005. Benthic Invertebrate Survey Cusuco National Park, Honduras. Final Report for the University of Nottingham / Operation Wallacea Forest Projects, Honduras 2005. 206 p.

Chapman, D. 1996. Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Chapman Hill. London. 626 p.

Correa I. 2000. Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua en los ríos de la cuenca alta del Río Chama utilizando macroinvertebrados bénticos. Tesis de grado de Licenciado en Biología. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. Venezuela. 61 p.

Crites, Tchobanoglous, G. 2000. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. McGraw Hill Interamericana, S.A. Colombia. 739p.

Domínguez L., Goethals P. y De Pauw N. 2005. Aspectos del ambiente fisicoquímico del río Chaguana: un primer paso en el uso de los macroinvertebrados bentónicos en la evaluación de su calidad de agua. Revista Tecnológica ESPOL no. 18: 127-134.

EPA (Environmental Protection Agency). 2001. Calidad y Cantidad de Agua. (en línea). Consultado el 17 de Sep 2007. Disponible en: <http://www.environment.nsw.gov.au>

Fenoglio S. 2005. Macroinvertebrados bentónicos y monitoreo biológico en el Neotrópico: una experiencia en Honduras. Acti del XV° congreso S.It.E., Torino p. 103.

Figueroa R., Araya E., Parra O. y Valdovinos C. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua de ríos del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural no. 76: 275-285.

Funes J.E. 2000. Caracterización Biofísica de la Microcuenca el Gallo, Zamorano, Francisco Morazán, Honduras. Tesis ingeniería. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana- Zamorano. 73 p.

Guerrero-Bolaño F., Manjares-Hernández A. y Núñez-Padilla N. 2003. Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (Cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. Acta Biológica Colombiana no. 8: 43-55.

Gutiérrez J.D., Riss W. y Ospina R. 2006. Bioindicación de la calidad del agua en la sabana de Bogotá – Colombia, mediante la utilización de la lógica difusa neuro-adaptativa como herramienta. Caldasia no. 28: 45-56.

Hauer F.R. y Lamberti G.A. (eds). 1996. Stream Ecology. Academic Press, Inc. San Diego, California. 674 p.

Hellawell J. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Applied Science Publ. London y New Cork. 546 p.

Herrera B., 2001. Valoración económica del agua en la microcuenca Santa Inés, San Antonio de Oriente, Honduras. Tesis Ingeniería. Tegucigalpa, Honduras. Escuela agrícola Panamericana, Zamorano, CDSEA. 67 p.



Hilsenhoff W. 1988. Rapid field assesment of organic pollution with a family level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* no. 7: 65- 68

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). Adscrito al Ministerio de Ambiente. 2001. *Temperatura, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Sistema Nacional Ambiental.* (en línea). Consultado el 16 de Sep 2007. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co>

Klemm, D. J., Lewis P. A., Fulk F. y La-Zorchak J. M. 1990. Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA/600/4-90/030. U S. Environmental Protection Agency. Environmental Monitoring Systems Laborato y, Cincinnati, Ohio 45268.

Krebs, C.J. 1985. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance.* Harper y Row, New York.

Leiva M. 2004 *Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de calidad de agua en la Cuenca del Estero Peu Peu Comuna de Lautaro IX región de la Araucania.* Universidad Católica de Temuco, Facultad de ciencias. Temuco. 111p.

Lenntech. 2007a. *Agua residual y purificación del aire.* (en línea). Consultado el 16 de Sep 2007. Disponible en: <http://www.lenntech.com/espanol>

\_\_\_\_\_ 2007b. *Nitritos y Nitratos.* (en línea). Consultado el 16 de Sep 2007. Disponible en: <http://www.lenntech.com/espanol>

Mafla M. 2006. *Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca - Costa Rica.* (CATIE) Turrialba, Costa Rica. 87 p.

Merritt R.W. y Cummins K.W. (eds). 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America.* 3ª ed. Kendall/Hunt Publishing Company, E.E. U.U. 862 p.

MINAE-SALUD (Ministro de Ambiente y Energía y la Ministra de Salud). 2003. *Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales. Propuesta final.* Presidencia de la República. Costa Rica. 18 p. (Mimeografiado)

Mohammad H. Badii Zabeh, Cuevas G. R., Almanza G. V., Flores L. J. 2005. *Los Indicadores Biológicos en la Evaluación de la Contaminación por Agroquímicos en Ecosistemas Acuáticos y Asociados.* CUICYT no. 6: 20 p.

Neumann M., Liess M. y Ralf S (2003): *An expert system to estimate the pesticide contamination of small streams using benthic macroinvertebrates as bioindicators.* Knowledge base of LIMPACT. *Ecological indicators* 2: 391 – 401.

Odum E. 1972. *Ecología.* Interamericana. México. 639 p.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2007. Water Sanitation. (en línea). Consultado 16 de Sep 2007. Disponible en: <http://www.who.int>

Pino W., Mena D., Mosquera M., Calcedo K., Palacios J., Castro A. y Guerrero J. 2003. Diversidad de macroinvertebrados y evaluación de la calidad del agua de la Quebrada La Bendición, Municipio de Quibdó (Chocó, Colombia). *Acta Biológica Colombiana* no. 8: 23-30.

Prieto J. 2004. El agua, sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación. Eco Ediciones, Bogotá, D.C. 275 p.

Quantitativa, 2004. Antecedentes respecto a la Biodiversidad Acuática en la cuenca del Maipo. *Quantitativa Estudios Ambientales* Providencia, Santiago. 98 p.

Raz, G. A. 2000. Crustáceos y Poliquetos. En: *Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores)*. De la Lanza, E. G., Hernández, P. S. y Carbajal, P. J. L. (Eds). Plaza y Valdés. México. p. 265-307.

Resh V.H., Myers M.J. y Hannaford M. J. 1996. Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality. In F.R. Hauer. y G.A. Lamberti (eds.). 1996. *Methods in Stream Ecology*. Academic, San Diego, CA. p. 647-668

Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. 164 p.

\_\_\_\_\_ 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia., Bogotá, Colombia. 216 p.

\_\_\_\_\_ 1992. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Universidad de Antioquia. Medellín, 529 p.

Rosenberg, D.M., Kanks H.V. y Lehmkuhl D. M. 1986. Importance of insects in environmental impact assesment. *Environmental Management* no. 10: 773-783.

Rosenberg, D.M. y Resh V.H. (eds.). 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman y Hall, Nueva York. 488 p.

Ruíz, O. 2004. Evaluación de la calidad y cantidad de agua en el Río Yeguaré, región centro oriental de Honduras. Tesis Ingeniería. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 62 p.

Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*, 16: 45-63.

Springer, M. 2006. Clave taxonómica para larvas del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica: *Rev. Biol. Trop.* no. 54 (1): 273-286.

Stevens Institute of Technology (SIT). 2006a. Demanda Biológica de Oxígeno. (en línea). Consultada 18 de Sep 2007. Disponible en: <http://www.k12science.org>

2006b. Oxígeno disuelto en sistemas acuáticos. (en línea). Consultada 18 de Sep 2007. Disponible en: <http://www.k12science.org/>

Toro, J., Schuster J.P., Kurosawa J., Araya E. y Contreras M. 2003. Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores río Maipo (Santiago: Chile). Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. Memorias XVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. p. 1-11.

Torres Y., Roldán G., Asprilla S. y Rivas T. S. 2006. Estudio preliminar de algunos aspectos ambientales y ecológicos de las comunidades de peces y macroinvertebrados acuáticos en el Río Tutunendo, Chocó, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 30 (114): 67-76. 2006. ISSN 0370-3908. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales volumen XXX, número 1, 14-Marzo de 2006.

Universidad de Nuevo México. 2004. Rural Water Project, Santa Teresa, Honduras. Water Resources Program.

Vázquez G., Castro G., González I., Pérez R. y Castro T. 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. 7 p.

Vega. J. 2004. Evaluación de la calidad de agua del Río Yeguare mediante uso de macro invertebrados como indicadores biológicos. Tesis ingeniería. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 28 p.

Washington, H. G. 1984. Diversity, biotic and similarity indexes. A review with special relevance to aquatic ecosystems. Water Research. 18(6):653-694.

Water and Rivers Commission (WRC). 2001. Water Facts. 2 ed.

Water for Life. (s.f.) (en línea). Consultado el 23 de Sep 2007. Disponible en: <http://www.rivercenter.uga.edu>

Wilhm, J.L. y Dorris T.C. 1968. Biological parameters for water quality criteria. BioScience no.18: 477-481.

## 9 ANEXOS

**Anexo 1.** Tabla de puntuación de contaminación del índice BMWP

<b>Familias</b>	<b>Puntuación</b>
<b>O</b> Polythoridae <b>D</b> Blephariceridae, Athericidae <b>E</b> Heptageniidae <b>P</b> Perlidae <b>T</b> Lepidostomatidae, Odontoceridae, Hydrobiosidae, Ecnomidae	10
<b>E</b> Leptophlebiidae <b>O</b> Cordulegastridae, Corduliidae, Aeshnidae, Perilestidae <b>T</b> Limnephilidae, Calamoceratidae, Leptoceridae, Glossosomatidae <b>B</b> Blaberidae	8
<b>C</b> Ptilodactylidae, Psephenidae, Lutrochidae <b>O</b> Gomphidae, Lestidae, Megapodagrionidae, Protoneuridae, Platystictidae <b>T</b> Philopotamidae <b>Cr</b> Talitridae, Gammaridae	7
<b>O</b> Libellulidae <b>M</b> Corydalidae <b>T</b> Hydroptilidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae <b>E</b> Euthyplociidae, Isonychidae	6
<b>L</b> Pyralidae <b>T</b> Hydropsychidae, Helicopsychidae <b>C</b> Dryopidae, Hydraenidae, Elmidae, Limnichidae <b>E</b> Leptohyphidae, Oligoneuriidae, Polymitarcyidae, Baetidae <b>Cr</b> Crustacea <b>Tr</b> Turbellaria	5
<b>C</b> Chrysomelidae, Curculionidae, Haliplidae, Lampyridae, Staphylinidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Scirtidae, Noteridae <b>D</b> Dixidae, Simuliidae, Tipulidae, Dolichopodidae, Empididae, Muscidae, Sciomyzidae, Ceratopogonidae, Stratiomyidae, Tabanidae <b>H</b> Belostomatidae, Corixidae, Naucoridae, Pleidae, Nepidae, Notonectidae <b>O</b> Calopterygidae, Coenagrionidae <b>E</b> Caenidae <b>Hi</b> Hidracarina	4
<b>C</b> Hydrophilidae <b>D</b> Psychodidae	3

<b>Mo</b> Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae <b>A</b> Hirudinea: Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae <b>Cr</b> Asellidae	
<b>D</b> Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae	2
<b>D</b> Syrphidae <b>A</b> Oligochatea (todas las clases)	1

Fuente: MINAE-SALUD (2003).

D, Diptera; E, Ephemeroptera; P, Plecoptera; T, Trichoptera; O, Odonata; C, Coleoptera; M, Megaloptera; H, Hemiptera; L, Lepidoptera; B, Blattodea; Tr, Tricladida; Cr, Crustacea; A, Annelida; Mo, Mollusca.

### Anexo 2 Caudal de los ríos muestreados en la subcuenca del Yeguaré.

	Ancho promedio	Prof. promedio	Área	Velocidad	Caudal
<b>Chupadero</b>	2.15	0.11	22.72	0.11	2.49
<b>Santa Inés</b>	4.22	0.17	64.39	0.25	15.94
<b>Salada</b>	0.57	0.04	2.06	0.03	0.05
<b>Pita</b>	0.51	0.04	1.99	0.09	0.18
<b>Gallo</b>	1.77	0.06	13.00	0.09	1.11
<b>Yeguaré</b>	11.36	0.23	202.96	0.35	71.07

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 3 Tabla de tolerancia de contaminación para el índice IBF (Hilsenhoff)

<b>Plecoptera</b>		<b>Trichoptera</b>		<b>Diptera</b>	
Gripoterygiidae	1	Brachycentridae	1	Atheriidae	2
Notonemouridae	0	Calamoceratidae	3	Blepharoceridae	0
Perlidae	1	Ecnomidae	3	Ceratopogonidae	6
Diamphinidae	0	Glossomatidae	0	Chironomidae	7
Austronemouridae	1	Helicophidae	6	Dolichopopidae	4
Eustheniidae	0	Helicopsychidae	3	Empididae	6
Capniidae	1	Hidropsychidae	4	Ephydriidae	6
Chloroperlidae	1	Hydroptilidae	4	Psychodidae	10
Leuctridae	0	Lepidostomatidae	1	Simuliidae	6
Nemouridae	2	Leptoceridae	4	Muscidae	6
Pteronarcyidae	0	Limnephilidae	4	Syrphidae	10
Taeniopterygidae	2	Moldannidae	6	Tabanidae	6
		Odontoceridae	0	Tipulidae	3
		Philopotamidae	3		
<b>Ephemeroptera</b>		Phryganeidae	4	<b>Amphipoda</b>	
Baetidae	4	Polycentropilidae	6	Gammaridae	4
Baetiscidae	3	Psychomyidae	2	Talitridae	8
Caenidae	7	Rhyacophilidae	0		
Ephemerellidae	1	Sericostomidae	3	<b>Isopoda</b>	
Ephemeridae	4	Uenoidae	3	Asellidae	8
Heptageniidae	4				

<b>Ephemeroptera</b>		<b>Trichoptera</b>		<b>Acariformes</b>	4
Leptophlebiidae	2	Xiphocentronidae	3	<b>Decapoda</b>	6
Metretopodiidae	2			<b>Mollusca</b>	
Siphonuridae	7	<b>Megaloptera</b>		Amnicolidae	6
Oligoneuridae	2	Corydalidae	0	Chilinae	6
Ameletopsidae	2	Sialidae	4	Lymnaeidae	6
Coloburiscidae	3			<b>Oligochaeta</b>	8
Oniscogastridae	3	<b>Lepidoptera</b>		<b>Hirudinea</b>	
Potomanthidae	4	Pyralidae		Bdellidae	10
Trichorythidae	4				
<b>Odonata</b>		<b>Coleoptera</b>			
Aeshnidae	3	Dryopidae	5		
Calopterygidae	5	Elmidae	4		
Coenagrionidae	9	Psephenidae	4		
Cordulegastridae	3				
Cordullidae	5	<b>Turbellaria</b>			
<b>Odonata</b>		Platyhelminthidae	4		
Gomphidae	1				
Lestidae	9				
Libellulidae	9				
Macromiidae	3				
Petaluridae	5				

Fuente: Hilsenhoff, 1988

**Anexo 4** Tabla de clasificación de agua según datos fisicoquímicos

	GRUPO DE ELEMENTOS O COMPUESTOS	UNIDAD	CLASE DE EXCEPCION	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
<b>INDICADORES FISICOS y QUIMICOS</b>						
1.	Conductividad eléctrica	µS/cm	<600	750	1.500	2.250
2.	DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2	5	10	20
3.	Color aparente	Pt-Co	<16	20	100	>100
4.	Oxígeno disuelto <sup>1</sup>	mg/L	>7,5	7,5	5,5	5
5.	pH <sup>2</sup>	Ranqo	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
6.	RAS <sup>3</sup>	-	<2,4	3	6	9
7.	Sólidos disueltos	mg/L	<400	500	1.000	1.500
8.	Sólidos suspendidos	mg/L	<24	30	50	80
9.	Temperatura <sup>4</sup>	ΔT°C	<0,5	1,5	1,5	3

Fuente Guía CONAMA, Chile

**Anexo 5** Familias encontradas en la subcuenca del Yeguaré  
Familias encontradas en Chupadero

Orden	Familia	Género	Piedra	Hojarasca	Total
Coleoptera	Elmidae	<i>sp1</i>	1		1
Coleoptera	Hidropilidae		1		1
Coleoptera	Psephenidae	<i>Psephenos</i>	2		2
Collembola				1	1
Diptera	cf. Tabanidae	<i>sp1</i>	1		1
Diptera	Chironomidae		2	3	
Diptera	Culicidae	<i>Uranotaenia</i>		1	1
Diptera	Empididae	<i>cf. Neoplasta</i>	1		1
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>		1	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>		1	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>cf. Moribaetis</i>		2	2
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis</i>		7	7
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>		6	6
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i>		5	5
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	3	8	11
Gastropoda			1		1
Hemiptera	Corixidae	<i>Tenagobia</i>		2	2
Hemiptera	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>		2	2
Hemiptera	Notonectidae	<i>Notonecta</i>		1	1
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia</i>		6	6
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>		2	2
Hemiptera	Veliidae	<i>Stridulivelia</i>		4	4
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i>	4		4
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	12	6	18
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus</i>		2	2
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus</i>		2	2
Odonata	Libellulidae	<i>Macrothemis</i>		1	1
Odonata	Platysticidae	<i>Palaemnema</i>	4	1	5
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	1		1
Trichoptera	Hydrobiosidae		2		2
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	3		3

Trichoptera	Odontoceridae	<i>Marilia</i>		1	1
Trichoptera	Philopotamidae		16		16
			<b>54</b>	<b>65</b>	<b>119</b>

\*Nota: El número de macroinvertebrados desconocidos no están incluidos en las listas.

Fuente: Elaboración propia

#### Familias encontradas en Santa Inés

Orden	Familia	Género	Piedra	Hojarasca	Total
Amphipoda			3		3
Coleoptera	Dysticidae	<i>cf. Dysticus</i>		1	1
Coleoptera	Dysticidae	<i>Thermonectus</i>		4	4
Coleoptera	Gyrinidae	<i>Gyrinus</i>		2	2
Coleoptera	Hidropilidae	<i>Hydrophilus</i>	1		1
Coleoptera	Psephenidae	<i>Psephenos</i>	2		2
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	6	14	20
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>		6	6
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidius</i>	2		2
Ephemeroptera	Baetidae	<i>cf. Callibaetis</i>		11	11
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Moribaetis</i>		1	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>sp1</i>		5	5
Ephemeroptera	Hepyageniidae	<i>Iron</i>	4		4
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	10		10
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i>	4	20	24
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	30	23	53
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae			1	1
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	2	12	14
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Lethocerus</i>		5	5
Hemiptera	Gerridae	<i>Telmatometra</i>		1	1
Hemiptera	Hebridae	<i>Hebrus</i>	1		1
Hemiptera	Naucoridae	?		14	14
Hemiptera	Naucoridae	<i>Heleocoris</i>		1	1
Hemiptera	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>		53	53
Hemiptera	Naucoridae	<i>Pelocoris</i>		10	10
Hemiptera	Naucoridae			4	4
Hemiptera	Notonectidae	<i>Buenoa</i>		1	1
Hemiptera	Notonectidae	<i>Notonecta</i>		7	7
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia</i>		5	5
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp2</i>		12	12
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>		15	15
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia sp1</i>		7	7
Lepidoptera	Pyrilidae	<i>Petrophila</i>	1		1
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>		4	4
Odonata	Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i>		2	2
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	22	11	33
Odonata	Gomphidae	<i>Erpetogomphus</i>		1	1
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus sp2</i>		1	1
Odonata	Libellulidae	<i>cf. Dythemis</i>		7	7
Odonata	Libellulidae	<i>Macrothemis</i>	1		1



Odonata	Libellulidae	<i>Paltothemis</i>		10	10
Odonata	Platysticidae	<i>Palaemnema</i>	2	1	3
Odonata	Gomphidae	<i>Phyllogomphoides?</i>		3	3
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus</i>		1	1
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	2	1	3
Trichoptera	Glossomatidae		1		1
Trichoptera	Helicopsychidae		3		3
Trichoptera	Hydrobiosidae			1	1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	3	1	4
Trichoptera	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	1		1
Trichoptera	Philopotamidae		11		11
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	7		7
Tricladia	Planariidae	<i>Dugesia</i>	19	7	26
			<b>138</b>	<b>287</b>	<b>425</b>

\*Nota: El número de macroinvertebrados desconocidos no están incluidos en las listas.

Fuente: Elaboración propia

#### Familias encontradas en Gallo

Orden	Familia	Género	Piedra	Hojarasca	Total
Aranae	Pisauridae	SI	2		2
Blatodea	Blaberidae			1	1
Coleoptera	Dryopidae	<i>Elmoparnus</i>		3	3
Coleoptera	Dysticidae	SI	3		3
Coleoptera	Dysticidae	<i>Thermonectus</i>	3	55	58
Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	1		1
Coleoptera	Hydropilidae	<i>Tropisternus</i>	2	46	48
Coleoptera	Hydropilidae	<i>Tropisternus?</i>	1		1
Coleoptera	Scirtidae	<i>SI Elodes?</i>		2	2
Coleoptera	SI		1		1
Coleoptera	Staphylinidae	SI	2		2
Diptera	Chironomidae		1	1	2
Diptera	Ephydriidae	SI	1		1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Cf. Callibaetis</i>	3	1	4
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>		3	3
Hemiptera	Gelastocoridae	<i>Gelastocoris</i>	1		1
Hemiptera	Gerridae	sp1		1	1
Hemiptera	Gerridae	sp2	1		1
Hemiptera	Gerridae	<i>Telmatometra</i>	1		1
Hemiptera	Gerridae	<i>Trepobates</i>	13	10	23
Hemiptera	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	2	2	4
Hemiptera	Notonectidae	<i>Notonecta</i>		4	4
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp1</i>		6	6
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp1</i>		20	20
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp2</i>		1	1
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp3</i>		1	1
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>		12	12
Hemiptera	Veliidae	<i>Stridulivelia</i>		5	5
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	2		2
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	2	8	10
Odonata	Gomphidae	<i>Epigomphus</i>		2	2
Odonata	Libellulidae	<i>Erythemis</i>	1		1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	1		1
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	1		1

Trichoptera	Philopotamidae	<i>Wormaldia</i>	2		2
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	2	17	19
			<b>49</b>	<b>201</b>	<b>250</b>

SI: Sin identificar

\*Nota: El número de macroinvertebrados desconocidos no están incluidos en las listas.

Fuente: Elaboración propia

#### Familias encontradas en Pita

Orden	Familia	Género	Piedra	Hojarasca	Total
Aranae	Pisauridae	SI	2		2
Coleoptera	Dysticidae	<i>Cf. Dysticus</i>		2	2
Coleoptera	Dysticidae	<i>SI.</i>	1		1
Coleoptera	Dysticidae	<i>Thermonectus</i>	1	23	24
Coleoptera	Dysticidae			2	2
Coleoptera	Elmidae	<i>sp1</i>		1	1
Coleoptera	Elmidae	<i>sp2</i>		3	3
Coleoptera	Hydropilidae	<i>Hydrophilus</i>		23	23
Coleoptera	Hydropilidae	<i>Tropisternus</i>		1	1
Coleoptera	Hydroscaphidae		1		1
Decapoda	Pseudothelphusidae	Sp1	1		1
Diptera				1	1
Diptera	Chironomidae		14	6	20
Diptera	Dolichopodidae		1		1
Diptera	Dixidae	<i>Dixella</i>		1	1
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>	3		3
Diptera	Tipulidae	<i>Limonia</i>	1		1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>		22	22
Ephemeroptera	Baetidae	<i>cf. Callibaetis</i>		1	1
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis</i>		1	1
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i>		2	2
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	1	1	2
Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	1		1
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>		3	3
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Lethocerus</i>		1	1
Hemiptera	Gelastocoridae	<i>Gelastocorus</i>	1		1
Hemiptera	Gerridae			8	8
Hemiptera	Gerridae			5	5
Hemiptera	Naucoridae	<i>Heleocoris</i>	1		1
Hemiptera	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>		5	5
Hemiptera	Naucoridae	<i>Pelocoris</i>		2	2
Hemiptera	Naucoridae			6	6
Hemiptera	Notonectidae	<i>Buena</i>		4	4
Hemiptera	Notonectidae	<i>Notonecta</i>		2	2
Hemiptera	Ochteridae	<i>Ochterus</i>	1		1
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia</i>		13	13
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>		7	7
Odonata	Aeshnidae	<i>Coryphaeshna</i>		1	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i>		2	2
Odonata	Coenagrionidae	<i>Acanthagrion sp1</i>		1	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Acanthagrion sp2</i>		1	1
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>		23	23
Odonata	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>		1	1
Odonata	Gomphidae	<i>Epigomphus</i>		1	1
Odonata	Lestidae	<i>Lestes</i>		1	1
Odonata	Libellulidae	<i>cf. Brechmorhoga</i>		4	4

Odonata	Libellulidae	<i>cf. Erythemis</i>		3	3
Odonata	Libellulidae	<i>Erythrodiplax</i>		13	13
Odonata	Libellulidae	<i>Macrothemis</i>		2	2
Odonata	Libellulidae	<i>Orthemis</i>		2	2
Odonata	Libellulidae	<i>Perithemis</i>		1	1
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus sp2</i>		1	1
Trichoptera	Philopotamidae	<i>Wormaldia</i>	2		2
Trichoptera			1		1
Tricladia	Planariidae	<i>Dugesia</i>	3	1	4
			<b>37</b>	<b>205</b>	<b>242</b>

SI: Sin identificar

\*Nota: El número de macroinvertebrados desconocidos no están incluidos en las listas.

Fuente: Elaboración propia

#### Familias encontradas en Salada

Orden	Familia	Género	Piedra	Hojarasca	Total
Basommophora	Planorbidae	<i>Helisoma</i>		2	2
Blatodea	Blaberidae		1		1
Coleoptera	Dryopidae	<i>Elmoparnus</i>	1	1	2
Coleoptera	Dysticidae	SI.		1	1
Coleoptera	Dysticidae	<i>Thermonectus</i>	3	4	7
Coleoptera	Dysticidae			3	3
Coleoptera	Dysticidae			1	1
Coleoptera	Hydropilidae	<i>Tropisternus</i>	1		1
Coleoptera	Psephenidae	<i>Psephenos</i>	2		2
Coleoptera	Scirtidae	<i>Cf. Scirtes</i>		1	1
Coleoptera	Scirtidae			1	1
Diptera	Chironomidae		80	28	108
Diptera	Culicidae	<i>Aedeomyia</i>		1	1
Diptera	Culicidae	<i>Anopheles</i>		7	7
Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>		1	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>		6	6
Ephemeroptera	Baetidae	<i>cf. Callibaetis</i>	4	20	24
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis</i>		44	44
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Haplohyphes</i>		2	2
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i>		10	10
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Terpides</i>		2	2
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae		21	3	24
Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	3		3
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	3	7	10
Hemiptera	Gerridae	<i>Telmatometra</i>	2	1	3
Hemiptera	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	1	1	2
Hemiptera	Notonectidae	<i>Notonecta</i>	20	4	24
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia</i>	1		1
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp4</i>		3	3
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	2		2
Mesogastropoda				13	13
Odonata	Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i>		6	6
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	6	13	19
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus sp1</i>		1	1

Odonata	Lestidae	<i>Lestes</i>		3	3
Odonata	Libellulidae	<i>Cf. Dythemis</i>	2	6	8
Odonata	Libellulidae	<i>Macrothemis</i>		42	42
Odonata	Libellulidae	<i>Orthemis</i>		8	8
Odonata	Libellulidae	<i>Orthemis</i>		3	3
Odonata	Libellulidae	<i>Pantala</i>		1	1
Odonata	Libellulidae	<i>Sp1</i>		4	4
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus sp1</i>		2	2
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus sp2</i>		2	2
Prosobranchia	Bulinydae			1	1
Trichoptera	Helicopsychidae		4		4
Trichoptera	Philopotamidae		3		3
Tricladia	Planariidae	<i>Dugesia</i>	6		6
			<b>166</b>	<b>260</b>	<b>426</b>

SI: Sin identificar

\*Nota: El número de macroinvertebrados desconocidos no están incluidos en las listas.

Fuente: Elaboración propia

#### Familias encontradas en Yeguaré

Orden	Familia	Género	Piedra	Hojarasca	Total
Basommophora	Ancylidae	<i>Uncancylus</i>	1		1
Basommophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>	46	11	57
Basommophora	Planorbidae	<i>Helisoma</i>	1	1	2
Blatodea	Blaberidae			1	1
Coleoptera	Dryopidae	<i>Pelonomus</i>		1	1
Coleoptera	Hydropilidae	<i>Tropisternus</i>		5	5
Coleoptera	Hydroscaphidae		3	1	4
Coleoptera	Psephenidae	<i>Psephenos</i>	2	1	3
Coleoptera	Scirtidae	<i>¿Elodes?</i>	1		1
Coleoptera	SI.			1	1
Coleoptera	Staphylinidae	<i>SI.</i>		3	3
Collembola				2	2
Diptera	Chironomidae		3	3	6
Diptera	Dixidae	<i>Dixella</i>		1	1
Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i>		1	1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	4	13	17
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	1		1
Ephemeroptera	Baetidae	<i>cf. Callibaetis</i>		13	13
Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis</i>	1		1
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	2	2	4
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i>	14	6	20
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	10	11	21

Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Traverella</i>	24	1	25
Gastropoda	SI.			2	2
Hemiptera	Gerridae	<i>Limnogonus?</i>		2	2
Hemiptera	Gerridae	<i>Trepobates</i>		22	22
Hemiptera	Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i>		10	10
Hemiptera	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	2	1	3
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia</i>		3	3
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp1</i>		33	33
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp2</i>		1	1
Hemiptera	Veliidae	<i>Microvelia sp2</i>		3	3
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>		6	6
Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i>	1		1
Mesogastropoda	Physidae	<i>Physa</i>	2		2
Odonata	Coenagrionidae	<i>Acanthagrion sp1</i>		10	10
Odonata	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	17	11	28
Odonata	Libellulidae	<i>Orthemis</i>		3	3
Odonata	Libellulidae	<i>sp1</i>		2	2
Odonata	Gomphidae	<i>Progomphus sp3</i>	1		1
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>		1	1
Trichoptera	Heicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	9		9
Trichoptera	Helicopsychidae		6		6
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	4		4
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	7		7
Trichoptera	Philopotamidae	<i>Wormaldia</i>		1	1
Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	2		2
			<b>164</b>	<b>189</b>	<b>353</b>

SI: Sin identificar

\*Nota: El número de macroinvertebrados desconocidos no están incluidos en las listas.

Fuente: Elaboración propia