

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
UNAN-León
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
“Edgar Munguía Álvarez”



Título:

**Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante
macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores**

Autor:

Br. Daniel Geovanny Reyes Saldaña
Br. Giovanni Francisco Zelaya

PREVIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
Licenciado en Biología

Tutor: Lic. César Hernández Solís

León, Nicaragua

Marzo, 2011

¡A la libertad, por la universidad!



DEDICATORIA

A DIOS nuestro padre supremo, por habernos dado la vida, la salud, las fuerzas y la voluntad para lograr una de nuestras metas que era vernos lograr una carrera profesional.

A nuestros padres y madres, por la ayuda, perseverancia y la confianza que en nosotros depositaros para que nos formáramos, al sentirse orgullosos que no los defraudamos.

A todos aquellos compañeros que durante en el transcurso de la carera de alguna u otra forma nos ayudaron en todos los momentos que pudieron.

Gracias a todos y por todo, y que DIOS los bendiga.

Br. Daniel Geovanny Reyes Saldaña

Br. Giovanny Francisco Zelaya



AGRADECIMIENTOS

***E**n primer lugar agradezco a Dios por estar siempre a mi lado, a mis queridos padres Leopoldo Reyes y Blanca Saldaña (q,e,p,d), ya que sin ustedes no podría haber logrado mi sueño de ser un profesional, gracias por tantos años de paciencia, comprensión y apoyo, este logro se los dedico a ustedes, ahora ya pueden respirar tranquilos, su tarea está cumplida, gracias por todo, los amo mucho.*

A mi querida abuela Dora Saldaña, usted sabe lo importante que son para mí y lo mucho que me han ayudado y apoyado en este largo proceso, muchas gracias y que dios los bendiga siempre y me permita tenerlos a mi lado por mucho tiempo más.

A mis hermanos Leopoldo, Eric y Cristiam. Ustedes han sido un pilar importante en el desarrollo de este trabajo, gracias por toda la ayuda brindada, por las molestias con lo que no sabía manejar muy bien y sobre todo por la paciencia con su hermano.

A mis amigos, gracias por acompañarme, por cada palabra de aliento y apoyo cuando más lo necesité, por ser mis confidentes de mis penas y alegrías.

A mi profesor César Hernández, por su colaboración y ayuda en el desarrollo de este trabajo.

Br. Daniel Geovanny Reyes Saldaña

ii



AGRADECIMIENTOS

A DIOS por darme fuerzas para culminar mis estudios, a mi madre Rosi Bel Zelaya Juárez quien siempre me apoyo en mis estudios.

Mis hermanos Irela Lucia Zelaya quien siempre me apoyo abnegadamente en todo y a sido un pilar importante en mi vida, a Luisa Daniela Baltodano, a Thelma Cecilia Zelaya, Janine José Zelaya y Rodolfo Antonio Zelaya.

Gracias a todos por apoyarme durante mis estudios.

A la Lic. Dalila Loaisiga y Lic. Flor de María Montoya por su amistad y afecto durante toda la carrera.

Br. Giovanny Francisco Zelaya



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la ALCALDÍA MUNICIPAL DE LA PAZ CENTRO representada por la Señora Alcaldesa Lesbia Abarca García por el financiamiento y el apoyo para la ejecución y elaboración de este estudio llevado a cabo en el río Tamarindo que es de gran importancia para la comunidad.

A nuestro revisor y tutor de tesis Lic. César Hernández por su aporte, tiempo y dedicación

Lic. María Encarnación y Lic. Rebeca pastora por sus aportes en la culminación de este estudio.

Gracias Maestros

A la Lic. Miriam Saavedra por su apoyo en la gestión y financiamiento de la tesis (MINED-La Paz Centro), al Lic. Julio Carrasco, a la señora Ligia Barahona por su apoyo y servicios en la biblioteca y a la Lic. María José Díaz Herrera (ENACAL-LEON) por su tiempo y disponibilidad.

También agradecemos a la comunidad del tamarindo quien nos apoyo durante los diferentes muestreos realizados en el río tamarindo.

GRACIAS A TODOS POR SU APOLLO



RESUMEN

La cuenca del río Tamarindo comprende una superficie de 317.62 km², con una longitud de 33 Km. Debido a que existe escasa información de la composición del Macrozoobentos de la cuenca con relación a la calidad del agua y sólo existen datos del análisis de variables físico químicas y microbiológicas; el objetivo de este estudio es determinar la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la cuenca de dicho río. Por un tiempo de cuatros meses se tomaron parámetros físico-químicos para determinar la influencia que estos tienen sobre la población de macroinvertebrados. El método que se utilizó para la colecta de los macroinvertebrados fue el de sustratos artificiales, realizando un muestreo cada mes por cuatro meses continuos para el procesamiento de datos. Dentro de este contexto se utilizó el Índice de SHANNON-WEAVER (1972), el cual trabaja con la asignación de valores de tolerancia a las familias de macroinvertebrados con respecto a la contaminación orgánica y se correlacionó los parámetros físico-químicos con la abundancia de los organismos. La composición taxonómica de la cuenca está constituida por 7 familias, repartidas en 6 órdenes, 2 de los cuales corresponden a la Clase Insecta, cuyos órdenes son: Trichoptera y Odonata. Las 7 familias encontradas son: **Lymnaeidae** con 66.8 %, **Hydropsychidae** 23.4% y en menor porcentaje las familias **Palaeomonidae** con 4.8 %, **Coengronidae** 2.23%, **Mycetopodidae** 1.7 %, **Hydrobiidae** 0.7 % y **Gomphidae** 0.14 %. De acuerdo con los valores del índice se obtuvo **H'= 1.29851** en la parte alta, siguiéndole la parte media **H'= 0.81516** y terminando con la parte baja **H'= 0.55129**. Se considera que en las aguas del río hay poca diversidad de especies de macroinvertebrados, siendo la parte alta con mayor valor de diversidad seguida de la parte media y con menor diversidad la parte baja. Se considera que las aguas del río se encuentran Muy Contaminadas de acuerdo a los organismos que se encontraron y en base a los resultados del índice de diversidad de Sannon-Weaver.

V



Contenido

I.	INTRODUCCIÓN	9
II.	OBJETIVOS	12
III.	HIPOTESIS	13
IV.	MARCO TEÓRICO	14
V.	LITERATURA REVISADA.....	16
5.1	Ríos	16
5.2	Fitoplancton	16
5.3	Análisis físico - químico del agua.....	17
5.3.1	Temperatura.....	17
5.3.2	pH y Alcalinidad	18
5.3.3	Conductividad eléctrica.....	18
5.3.4	Oxígeno disuelto.....	19
5.3.5	Turbidez.....	19
5.3.6	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.Q.)</i>	20
5.3.7	<i>Demanda química de oxígeno (DQO)</i>	20
5.3.8	Dureza Total	20
5.3.9	Fósforos y Fosfatos.....	21
5.3.10	Nitrógeno, Nitritos y Nitratos.....	21
5.4	Sólidos	21
5.5	Macroinvertebrados acuáticos.....	22
5.6	Indicadores biológicos de calidad de agua.....	22
5.7	Evaluación de los niveles de contaminación del agua a través de los	23
5.8	Índice de diversidad de Shannon-Weaver	24
5.9	Correlación K Pearson	25
5.10	Principales grupos de macroinvertebrados acuáticos	25
5.10.1	Phylum Platyhelminthes.....	25



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

5.10.2 Phylum Arthropoda	26
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	29
6.1 Datos generales	29
6.2 Recolección de las muestras	29
6.3 Descripción del punto de monitoreo de las partes	30
6.4 Manejo de las muestras	31
6.5 Obtención de los parámetros físico-químicos	31
6.5.1 Factores físicos	32
6.5.2 Factores químicos	32
6.7 Índice de SHANNON-WEAVER	34
VII. RESULTADOS	35
7.1 Parámetros físico-químicos	35
VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS	44
8.1 Parámetros ambientales	44
8.1.1 Temperatura (°C)	44
8.1.2 Conductividad	44
8.1.4 Oxígeno disuelto (mg/L)	45
8.1.6 Caudal del río	46
8.2 Diversidad biológica	46
8.2.1 Parte alta:	48
8.2.2 Parte media	49
8.2.3 parte baja	49
8.3 Análisis estadístico	50
8.3.1 Índice de SHANNON-WEAVER	50
8.3.2 Asociación entre las variables fisicoquímicas y con la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos	50
IX. CONCLUSIONES	53
X. RECOMENDACIONES	55
XI. BIBLIOGRAFÍA	56



XII.	ANEXOS	61
------	--------------	----

LISTA DE CUADROS Y GRÁFICOS

Cuadro 1. Datos de los parámetros físico-químicos obtenidos en los cuatro sitios muestreados	29
Cuadro 2. Media de cada parámetro y coeficientes de correlación de Pearson de cada uno de los parámetros físico-químicos	33
Cuadro 3. Composición Taxonómica de Macroinvertebrados bentónicos encontrados en la Cuenca del río Tamarindo	34
Cuadro 4. Números de individuos por familias encontrados en la parte alta	35
Cuadro 5. Números de individuos por familias encontrados en la parte media	35
Cuadro 6. Números de individuos por familias encontrados en la parte baja	35
Cuadro 7. Cantidad total de individuos identificados que se encontraron en las tres zonas muestreadas en el río Tamarindo	36
Cuadro 8. Valores del índice de Shannon y su grado de diversidad para cada sitio de muestreo	36
Gráfico 1. Comportamiento de la Temperatura del Agua durante los cuatro muestreo en el río Tamarindo	30
Gráfico 2. Comportamiento del Oxígeno Disuelto del Agua durante los cuatro muestreo en el río Tamarindo.	30
Gráfico 3. Comportamiento del pH del Agua durante los cuatro muestreo en el río Tamarindo	31
Gráfico 4. Comportamiento de la Conductividad Eléctrica del Agua durante los cuatro muestreo en el río Tamarindo	32
Gráfico 5. Comportamiento de los Sólidos Totales Disueltos	32
Gráfico 6. Grupos de Macroinvertebrados bentónicos que se encontraron durante todo el periodo de muestreo en las tres estaciones	34



INTRODUCCIÓN

Dentro de los cuerpos de aguas continentales, los macroinvertebrados bentónicos han recibido una gran atención en los estudios de los ecosistemas de aguas corrientes, principalmente por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores (ej.: peces), por ser transformadores e integradores de la materia orgánica alóctona (hojas, semillas, ramas, troncos caídos, etc.) principal entrada de energía a los sistemas fluviales, y también son destacados por su actual utilidad como *indicadores biológicos* (Bartram y Ballance, 1996).

Lo anterior se debe a que ofrecen numerosas ventajas como: (1) encontrarse en todos los sistemas acuáticos, por lo que favorecen los estudios comparativos, (2) su naturaleza sedentaria, que permite un efectivo análisis espacial de los efectos de las perturbaciones, (3) presenta ventajas técnicas asociadas a los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, los que pueden ser realizados con equipos simples y baratos; (4) la taxonomía de muchos grupos están bien estudiada y (5) existen numerosos métodos para el análisis de datos, incluyendo índices bióticos y de diversidad, los cuales han sido utilizados ampliamente en biomonitoreos a nivel comunitario y de respuestas individuales (Helawell, 1986).

Si bien en el último tiempo se han realizado contribuciones importantes en este tipo de estudio en nuestro país, aún faltan esfuerzos que permitan un reconocimiento más amplio de la biología y ecología de dichas especies. En este sentido se hacen necesarios estudios del tipo poblacional y comunitario que entreguen antecedentes sobre las relaciones inter e intra específicas, así como de los organismos con el ambiente. Estos aportarían antecedentes para la posterior toma de decisiones en gestiones hídricas de manejo y conservación para los sistemas fluviales de la región.



El término macroinvertebrado acuático es una abstracción que incluye a aquellos animales invertebrados de tamaño relativamente grande (más de 0.5 mm). La gran mayoría (alrededor del 70 %) corresponden a grandes grupos de artrópodos (Crustácea, Insecta), donde formas larvarias de insectos son los más abundantes (e.g. Diptera, Coleóptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera). El resto lo componen pequeños moluscos, oligoquetos, sanguijuelas y planarias. Pueden encontrarse bajo piedras, hojas, raíces y enterrados en la arena (Helawell, 1986).

La cuenca del río Tamarindo ubicado en el municipio de La Paz Centro departamento de León, es una de las ocho cuencas que aun se preservan en el departamento de León, con más de 33 kilómetros de largo, tiene un clima caluroso que abraza el sector sirve como balneario y otros usos (INETER, 2006). Es por eso que es de suma necesidad llevar a cabo investigaciones que permitan conocer de manera real y sistemática la calidad del agua utilizando macroinvertebrados como bioindicadores.

Este estudio llevado a cabo en río tamarindo ayudara a examinar más a fondo la problemática ambiental que presenta el río y concientizar a la población de la importancia que este posee como recurso hídrico y ambiental para la comunidad y el municipio.



I. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la calidad de agua del río Tamarindo mediante comunidades de macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las familias de macroinvertebrados encontrados en los sitios muestreados.
- Establecer las relaciones entre los parámetros físico-químicos que influyan en la abundancia y diversidad de las comunidades de macroinvertebrados.
- Valorar mediante el índice de diversidad de Shannon-Weaver la fauna de macroinvertebrados, expresando el grado de contaminación en base a los valores obtenidos.



II. HIPOTESIS

Ho: Existe correlación de los parámetros físico-químico con la diversidad de macroinvertebrados bentónico.

Hi: No existe correlación de los parámetros físico-químico con la diversidad de macroinvertebrados bentónico.



III. MARCO TEÓRICO

En 1902 **Kolkwitz y Marsson** elaboraron unas listas de organismos acuáticos clasificados como indicadores del contenido en materia orgánica del medio. Actualmente existen varias decenas de métodos diferentes agrupables en dos clases: **el sistema de los saprobios**, basado en la dependencia de los organismos de la descomposición de la materia orgánica como fuente de alimento, y **los índices bióticos**, basados en sistemas de puntuación a las especies o grupos de organismos según su sensibilidad o tolerancia a la contaminación.

La disminución de oxígeno disuelto en el agua y el incremento de amonio reducen el valor del índice de BMWP (Biological Monitoring Working Party). Por el contrario, según se incrementa la concentración de oxígeno y disminuye la de amonio, el valor del índice aumenta (**Alonso et al.** 2005).

La degradación de la materia orgánica causa una disminución de pH y del oxígeno disuelto y un aumento en los niveles de nitrógeno (**Winkler**, 1999).

La abundancia y la estructura de la comunidad de macroinvertebrados en los ríos están afectadas por las residencias urbanas. La regulación de los ríos y la expansión urbana provocan cambios en la comunidad de macroinvertebrados (**Doledec et al.** 1996).

Los análisis de sólidos disueltos son también importantes como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas usadas. El promedio de sólidos disueltos totales para los ríos de todo el mundo ha sido estimado en alrededor de **120 ppm** (**Livingston**, 1963).



Trabajos llevados a cabo por **Roldán** (1992) demuestran que los bajos valores de diversidad de macroinvertebrados acuáticos están dados por los niveles de contaminación de un cauce, pero pueden deberse también a la condición natural del mismo. **Quiñones et al.** (1998), aseguran que la diversidad depende de la pluviosidad de la zona muestreada, la cual ocasiona un aumento del río y arrastre o lavado de sustratos, siendo los Macroinvertebrados llevados río abajo. Dada la inestabilidad y niveles anormales de las características fisicoquímicas de las aguas, la intervención antrópica en el ecosistema, las características propias del lecho del río y ratificado por **Roldán et al.** (2001), que los efemerópteros y plecópteros son en general buenos indicadores de aguas limpias, siendo dominante las familias como Leptophlebiidae, Baetidae y Perlidae.



IV. LITERATURA REVISADA

5.1 Ríos

Los ríos son ecosistemas de aguas corrientes o lóaticas, asociadas comúnmente a lugares de erosión, de transporte y de sedimentación de materiales (**Roldán, 1992**).

La morfología de los cauces, así como distintas especies que habitan en los ríos está adaptada a un determinado régimen de caudal que fluctúa de forma natural a lo largo del año y de unos años a otros.

Existen muchos organismos acuáticos que necesitan de muchas condiciones hidráulicas para completar su ciclo biológico. Siendo necesario que exista una periodicidad en los caudales bajos, medios y altos coincidiendo con cierta temperatura ambiente y de las aguas, para que dichas especies completen su desarrollo (Roldan, 1992).

La velocidad de la corriente disminuye principalmente hacia el fondo y hacia las costas. Cuanto más veloz sea la corriente más diferente será la fauna béntica, pues cuanto mayor sea la velocidad de flujo más delgada es la capa limítrofe o zona adyacente al fondo en la cual la velocidad se aproxima a cero. La velocidad de la corriente influye especialmente sobre los requisitos alimentarios y respiratorios de los organismos, además de la distribución de la luz, la temperatura, difusión de los gases y la materia orgánica (Margalef, R. 1985).

5.2 Fitoplancton

Son una comunidad de plantas microscópicos asociados a la superficie de objetos artificiales sumergidos y se ha ampliado para incluir a toda la comunidad de organismos sésiles.



Se ha encontrado que las comunidades de perifiton desempeñan un papel fundamental en la dinámica de los ecosistemas acuáticos puesto que contribuyen a la producción de metabolismos orgánicos para diverso organismos en la cadena alimenticia, presenta una alta tasa de reciclaje de nutrientes dado que en los organismos encuentran abrigo y otros alimentos como lo hacen numerosos peces; el perifiton se ha usado recientemente como indicador de calidad de agua.

Entre los factores que controlan el desarrollo del fitoplancton se encuentran: la temperatura, la luz, los nutrientes, tales como los nitratos, el sílice entre otros, el pH y tipo de sustrato. Debido a su naturaleza en los ambientes loticos no se espera encontrar grandes cantidades de fitoplancton, la productividad del ecosistema depende en gran medida de las poblaciones bénticas y del fitoplancton (Margalef, 1985).

5.3 Análisis físico - químico del agua.

La contaminación del agua está relacionada con la alteración de su calidad, mejor dicho de sus características físicas, químicas, bacteriológicas bien sea por causas naturales o por acciones entrópicas que conllevan de forma parcial o total a que no sean adecuadas ya sea para uso doméstico o industrial (Ramírez *et al.*, 1988).

5.3.1 Temperatura

La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes que influyen en la proliferación y supervivencia de los organismos a medida que aumenta las reacciones enzimáticas y tasas de reproducción (Ramírez *et al.*, 1988). Para cada organismo existe una temperatura máxima por encima de la cual no es posible el crecimiento, una mínima por debajo de la cual no tiene lugar la proliferación y una óptima en la cual se produce el crecimiento de forma óptima.

La temperatura elevada resulta de descargas de agua caliente que puede tener un impacto ecológico significativo. El cambio de temperatura de un cuerpo de agua



afecta en forma directa a la solubilidad de los gases, sales y por tanto a la conductividad eléctrica y determinación del pH.

5.3.2 pH y Alcalinidad

El pH del agua representa su acidez o su alcalinidad cuyo factor más importante es habitualmente la concentración de anhídrido carbónico debido a la mineralización total (Ramírez *et al.*, 1988). La mayoría de los ecosistemas acuáticos tienen un pH que oscila entre 5.0 y 9.0, muy pocas especies pueden crecer a pH inferior a 2.0 o superiores a 10.

El agua pura químicamente es una sustancia neutra que no manifiesta carácter alcalinos ni cualidades ácidas, pero las aguas naturales, aún las que tiene un alto grado de pureza contiene soluciones suspendidas de gases atmosféricos y de minerales del suelo y son estos productos encargados de suministrar a las aguas características ácidas o alcalinas. La alcalinidad es producida por sustancias de contacto con el agua, es decir por hidrólisis producen iones hidroxilo (OH^-), así por ejemplo la cal, carbonatos y bicarbonatos son productos que comunican alcalinidad al agua. Así con la capacidad de neutralizar ácidos del agua posee propiedades de buffer.

5.3.3 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica permite evaluar rápida pero muy aproximadamente la mineralización global de agua. Las modificaciones importantes de la conductividad pueden interferir rápidamente en el transcurso del día a causa de vertimientos industriales (Ramírez *et al.*, 1988).



5.3.4 Oxígeno disuelto

Es uno de los indicadores más importantes de la calidad de agua. Los valores varían entre 7.0 y 8.0 mg/L. La fuente principal es el aire el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y los viento en los lagos. Todos los organismos vivos dependen del oxígeno para sobrevivir y poder producir la energía necesaria para su desarrollo y su reproducción. El oxígeno que encontramos en las aguas de abastecimientos especialmente superficiales es el proveniente del aire que penetra en el agua por absorción (Ramírez *et al.*, 1988).

Las variaciones del contenido de oxígeno son importantes ya que tiene tendencia a disminuir con la profundidad y los problemas anaerobios pueden desarrollarse en el fondo. Cuando la temperatura se eleva el contenido de oxígeno disminuye a razón de una pequeña solubilidad; estas modificaciones pueden formar gustos y olores desagradables.

5.3.5 Turbidez

Define el grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada suspendida. La turbiedad originada en el agua por parte de materiales externos se denomina alóctona y la producida dentro del mismo cuerpo de agua se denomina autóctona.

La forma más frecuente como el hombre aumenta la turbiedad del agua es por la construcción de obras de ingeniería que dejan el terreno expuesto a la erosión, en especial en el trópico donde las precipitaciones son frecuentes y al tas, este se convierte en uno de los factores más perturbadores de los ecosistemas acuáticos (Ramírez *et al.*, 1988).

Así mismo la deforestación y la agricultura intensiva se convierten en fuente de sedimentos, que al depositarse en el fondo de los ríos y lagos destruyen los hábitats de numerosas especies.



5.3.6 Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.Q.)

Se define como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para descomponer la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas. Es una prueba que permite conocer la materia orgánica presente en un cuerpo de agua a través de una serie de mediciones de oxígeno (Ramírez *et al.*, 1988). Por ello es una determinación de uso común en laboratorios de plantas de purificación de agua es un bioindicador importante para determinar la calidad del agua así como un grado de contaminación orgánica.

5.3.7 Demanda química de oxígeno (DQO)

Corresponde al contenido del conjunto de materias orgánicas que tienen un carácter biodegradable o no. Se expresa por la cantidad de oxígeno necesario para oxidar toda la materia orgánica e inorgánica presente en cuerpo de agua. La D.Q.O. Su determinación permite calcular los efectos de las descargas de las efluentes domésticas e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores; el aumento de la D.Q.O. contribuye a la disminución de la capacidad de depuración de las fuentes hídricas, disminución del Oxígeno disuelto, salinización de los suelos, pérdida de la biodiversidad acuática y calidad del uso (Ramírez *et al.*, 1988).

5.3.8 Dureza Total

Corresponde a la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, evaluada como carbonato de calcio; y además es la capacidad para precipitar el jabón (Ramírez *et al.*, 1988). Si la dureza es menor a la alcalinidad corresponde a su totalidad de carbonatos.



5.3.9 Fósforos y Fosfatos

El fósforo en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplancton (Ramírez *et al.*, 1988). El fósforo en forma de ortofosfato el nutriente de organismos fotosintetizadores y por tanto, es un componente limitante para el desarrollo de la comunidades. Su determinación es necesaria en estudio de polución de ríos, así como en procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas.

5.3.10 Nitrógeno, Nitritos y Nitratos

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al verse dado por bacterias, reduciendo por ende los niveles de oxígeno. En el tratamiento biológico de aguas residuales, los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico son importantes para determinar si el residuo contiene suficiente nitrógeno para nutrir los organismos (Ramírez *et al.*, 1988). Las descargas de aguas residuales ricas en nitrógeno pueden causar problemas de eutrofización y de nitrificación con la consecuente concentración de nitratos.

5.4 Sólidos

Pueden ser de naturaleza orgánica y/o inorgánica. Proviene de las diferentes actividades domésticas, comerciales e industriales. La definición generalizada de sólidos es la que se refiere a toda materia sólida que permanece como residuo después de una evaporación y secado de una muestra de volumen determinado, a una temperatura de 103°C a 105°C. Los métodos para la determinación de sólidos son empíricos, fáciles de realizar y están diseñados para obtener información sobre los diferentes tipos de sólidos presentes. (FLORES, 2001)



Principales sólidos según la naturaleza:

Orgánica: Carbohidratos, proteínas, restos de plantas y animales

Organismos: Algas, hongos, protozoos y bacterias, etc.

5.5 Macroinvertebrados acuáticos

Como su nombre los indica, corresponden a todos aquellos organismos que carecen de vértebras y que viven en los sistemas acuáticos. En general suelen vivir adosados al fondo, sobre, entre o bajo el sustrato, y eventualmente pueden estar suspendidos en la columna de manera activa o pasiva. Para estandarizar su estudio, han sido clasificados en macroinvertebrados cuando miden más de 0.5 mm y por lo tanto visible al ojo sin la ayuda de aparatos de aumento, aunque esta medida no es estricta y se hace referencia al tamaño de las tramas de las redes utilizadas durante un estudio y la posibilidad de visualizar a los organismos a simple vista.

Dentro de los grupos más comunes y que suelen estar sobre el 70 % de todos los representantes, están las larvas de insectos, el resto lo componen pequeños moluscos, crustáceos, oligoquetos, sanguijuelas y planarias. Las diferencias surgen a niveles más finos de clasificación, como son familias, géneros y especies, las cuales son dependientes de la región biogeografía en estudio de la cual Chile es un caso especial para la mayoría de su fauna, con un alto grado de endemismo y no lo es menos con la fauna de los ríos, sin embargo, esta se encuentra muy poco estudiada desde el punto de vista de su biodiversidad y funcionalidad.



5.6 Indicadores biológicos de calidad de agua

Al evaluar la calidad de las aguas mediante la composición y estructura de las comunidades de organismos que allí viven, surge el término de calidad biológica, definiendo una “buena calidad biológica” cuando tiene las características naturales que permiten el desarrollo de las comunidades que le son inherentes (Helawell, 1986).

El estudio sistemático de las diversas relaciones de los organismos que componen los sistemas acuáticos y terrestres, ha permitido interpretar muchas de las respuestas que ofrecen estos organismos frente a las diversas presiones que ejercen las actividades del ser humano sobre el ambiente, destacando la capacidad de las comunidades biológicas por representar los efectos acumulados en el tiempo (Resh *et al.* 1995). Este concepto, hoy es ampliamente difundido y es denominado “monitoreo biológico”, puesto que se busca interpretar el efecto de los contaminantes utilizados masivamente o en unidades traza sobre las comunidades biológica, al ser liberados al ambiente (Beeby, 1997). Obviamente, estos tipos de estudios no pueden realizarse sobre todos los componentes vivos de un ecosistema, pero una buena elección de una especie clave o una comunidad en particular, puede dar buenos indicios sobre el efecto general del sistema estudiado, definiendo el concepto de especie (s) indicadoras. Un indicador biológico es un organismo que por su presencia nos informa de ciertos aspectos globales del medio que ocupa, (Margalef, 1969).

5.7 Evaluación de los niveles de contaminación del agua a través de los

Macroinvertebrados bentónicos

Existen diferentes métodos para evaluar la variación en la calidad del agua basada en el nivel de tolerancia de los organismos acuáticos a la contaminación. Es así que un número alto de organismos tolerantes y un número bajo de organismos



intolerantes podrían indicar contaminación, no obstante, es posible encontrar organismos tolerantes en aguas limpias y aguas contaminadas (Bartram y Ballance, 1996).

Por lo anterior, es importante considerar la diversidad de organismos y la abundancia en el momento de analizar de los resultados, pues la contaminación tiende a reducir el número de especies en una comunidad por eliminación de organismos sensibles a los cambios en la calidad del agua. El número total de organismos podría no cambiar si los organismos tolerantes a la contaminación incrementan en abundancia (Weigel, *et al.* 2000), siendo necesario usar índices de diversidad como el de Shannon Weaver y Pearson para evaluar la calidad del agua en base de la tolerancia de los organismos, así como la riqueza y diversidad (Chapman, 1992).

5.8 Índice de diversidad de Shannon-Weaver

El índice de Shannon-Wiener está basado en el concepto de equidad, el cual expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies presentes en la muestra (Magurran, 1988). Este índice asume que todos los individuos son seleccionados al azar y todas las especies tienen representación en la muestra. Cuando los valores se acercan a cero significa que hay una sola especie, lo cual indica que la muestra es menos diversa, siendo lo contrario, cuando los valores se alejan de cero las especies son más diversas.

El índice de dominancia de Shannon, está basado en la dominancia de especies en una comunidad, toma en cuenta la representatividad de especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución de las demás especies (Magurran, 1988).



5.9 Correlación K Pearson

Es una prueba estadística para analizar la relación que existe entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón.

Se mide con el coeficiente r de correlación. El valor del coeficiente r toma valores entre 0 y 1 para la correlación positiva o directa, y entre 0 y -1 para la correlación negativa o inversa.

Un valor $r=1$ o $r=-1$ se interpreta diciendo que exista una correlación perfecta entre las variables en forma positiva o negativa respectivamente. Un valor $r=0$ significa ausencia de correlación lineal entre las variables, esto no significa necesariamente independencia porque todavía pueden existir relaciones no lineales.

Entre más cercano es el valor de r a 1, mas asociación existe entre las variables y entre más se acerca r a 0, menos relación existe entre las variables.

5.10 Principales grupos de macroinvertebrados acuáticos

5.10.1 Phylum Platyhelminthes

Los turbelarios constituyen la clase de los platelmintos cuyas formas son predominantes de vida libre. Al orden Tricelida pertenece las Planarias, organismos ampliamente distribuidos en nuestro medio, de cuerpos alargados y plano y pueden alcanzar tamaños hasta de 30 mm.

Los tricládidos viven por lo regular debajo de piedras, troncos, ramas, hojas, en aguas pocas profundas, tanto lénticas como lólicas.



5.10.2 Phylum Arthropoda

Representa el grupo más abundante de macroinvertebrados acuáticos. A este phylum pertenecen tres grandes clases como son Crustáceos Insecta y Arachnoidea.

5.10.2.1 Clase Crustácea:

Comprende un grupo grande y diversificado en las aguas dulces. Gran parte de ellos son microscópicos como los Cladóceros y los Copépodos.

5.10.2.2 Clase Insecta:

Bajo esta clase se agrupan nueve órdenes de insectos los cuales incluyen familias acuáticas que constituyen la fauna más representativa de lagos y ríos.

Orden Ephemeroptera: reciben este nombre debido a que muchos poseen una vida corta o efímera ya que mientras su estado larvario puede durar varios meses en el agua se estado adulto solo dura unas pocas horas, lo suficiente para encontrar una hembra y fecundarla. Por lo regular estos viven en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas, aunque algunas pocas especies pueden resistir moderados grados de contaminación orgánica.

Los géneros más representativos son: ***Baetis*, *Baetodes*, *Dactilobaetis*, *Lachlania*, *Lectohyphes*, *Tricorythodes*, *Euthyplocia* y *Campsurus*.**

Orden Odonata: llamados también libélulas o “caballitas del diablo” son insectos hemimetábolos, cuyo periodo larval en el agua puede variar de pocos a muchos meses. Estos vive en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas o pocas profundas, rodeadas por lo regular de abundante vegetación acuática



sumergida o emergentes. Además son pocos resistentes a fuentes de contaminación orgánicas.

Presenta la más amplia dispersión siendo sus géneros más representativos: ***Dytomis*, *Erythemis*, *Erythrodiplax*, *Myathyria*, *Micrathyria*, *Orthemis*, *Brechmorhoga*, *Perithemis* y *Pantala***. Otras familias comunes son **Gomphidae**, **Aeshnidae**, **Calopterygidae**, **Coenagrionidae** y **Lestidae**.

Orden Plecoptera: son grupos pequeños y pocos diversificados en el trópico. Las ninfas viven en aguas rápidas, limpias y bien oxigenadas debajo de piedras, troncos, ramas y hoja. Los plecópteros son prácticamente cosmopolitas, siendo la familia predominante **Perlidae** con el género dominante **Anacronetia**.

Orden Neuróptera (Megaloptera): constituye un grupo de insectos poco diversificados solo comprende dos familias: **Corydalidae** y **Sialidae**. Corydalidae es la familia de más amplia distribución en el neotrópico: el género **Corydalus** representa una de las larvas de insectos más grande que se encuentra en el agua pudiendo alcanzar tamaños de hasta 7.0 cm de longitud. Viven en corrientes limpias debajo de piedras, trocos y vegetación sumergidas.

Orden Hemíptera: llamados también “chinches de aguas”. Estos viven en remansos de los ríos y en ecosistemas lenticos con abundante vegetación. Las familias más comunes: **Belostomatidae**, géneros **Belostoma** y **Lecthocerus**, **Naucoridae**, géneros **Limnocoris** y **Ambrysus**, **Gerridae**, géneros **Eurygerris**, **Trepobates** y **Limnogonus**, **Vellidae**, géneros **Rhagovelia**, **Mesoveliidae**, y **Corixidae**, género **Centocoris**.

Orden Coleóptera: constituye uno de los órdenes más grande y complejos, se caracteriza porque sus representantes viven en aguas, tanto en forma larval como



en estado adulto. Las familias más comunes son: **Dytiscidae**, **Gyrinidae** e **Elmidae**.

Orden Trichoptera: son insectos holometábolos, es decir hacen metamorfosis completa. Viven en todo tipo de hábitat loticos y lenticos, pero donde alcanza la mayor diversidad en los lénticos fríos, una de la características más llamativas de estos es la capacidad de construir casas o refugios de formas aviaadas a partir de residuos vegetales entre otros. Las familias más comunes son: **Calamoceratidae**, **Glossomatidae**, **Hidrobiosidae**, **Hidropsichidae** y **Odontoceridae**.

Orden Díptera: constituye uno de los órdenes más complejos, abundante y ampliamente distribuidos, viven en hábitat muy variados, se encuentran en ríos, arroyos, lagos, embalses, bráceas de bromeliáceas y además plantas que acumulan aguas en orificios de troncos viejos. Unos como los simúlidos viven en aguas muy limpias y oxigenadas en cambio los quironómidos viven en aguas muy contaminadas. Las familias más comunes son: **Tipulidae**, **Culicidae**, **Chironomidae** y **Simuliidae**.

5.10.2.3 Clase Arachnoidea:

En esta clase se encuetan los llamados ácaros de aguas (*Hidracarina*), que son los aracnoideos verdaderamente acuáticos. Su tamaño es muy variable y sus rangos pueden estar entre 0.4 y 3.0 mm. Se observan en la mayoría de los habitas dulceacuícolas. Más comúnmente en los arroyos lagos, pantanos, zonas de salpique de cascada.



V. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Datos generales

El presente trabajo se realizó en el río Tamarindo ubicado en la cuenca del mismo nombre, localizado en el municipio de La Paz Centro, Departamento de León, durante el periodo de Febrero a Mayo del año 2010.

Cuenta con una superficie de 317.62 km², la precipitación media anual es de 1,175 mm y se encuentra en las Coordenadas geográficas con latitud 12°11'02" N y longitud 86°43'22" O en la parte alta del río y latitud 12°51'14" N y longitud 86°42'03" O en la parte baja de dicho río (INETER, 2006).

El río Tamarindo es una de las 8 cuencas hidrográficas que drenan hacia las vertientes del Océano Pacífico, que juntas cubren un área estimada de 12,183 km², aproximadamente el 10% del territorio nacional (INETER, 2006).

6.2 Recolección de las muestras

Para hacer los muestreos se seleccionaron tres sitios: parte alta, parte media y parte baja del río Tamarindo, para la selección de estos sitio se tomaron en cuenta diferentes parámetros como la accesibilidad al sitio, cantidad de luminosidad, vegetación, tipo de de agua en relación a la corriente si es de corriente fuerte o están cada.

El muestreo de los macroinvertebrados se realizó mediante la técnica de sustratos artificiales, el cual consistió en depositar piedras que se encontraban en el mismo río del mismo tamaño en diámetros y formas, dentro de sacos macen con un tamaño de luz de malla de 10 milímetro. En el que se colocó un sustrato artificial en cada sitio muestreado, tres saco por cada mes respectivamente durante el



muestreo que va del mes de febrero al mes de mayo, retirándose los sustrato entre los 30 días después de haberlos colocados. Estos se depositaron a una profundidad de 1 m a 1.20 m, la profundidad varió en los lugares de muestreos.

6.3 Descripción del punto de monitoreo de las partes

Parte alta, El Carrizal: En esta zona hay actividad ganadera, hay lugares de vegetación natural a las riberas del río, sus aguas son cristalinas, porque hay poca presencia de viviendas, presentaba aguas con flujo de corriente, por lo cual hay pocos desechos de los mismos, la intensidad de luz solar es baja debido a las dosel del los arboles que rodean este punto. Profundidad aproximada 1 m y la anchura del rio de 3 m.

Parte media, El Tamarindo 1: Hay actividad ganadera, el color de sus aguas son menos claras que en la parte alta, con poco flujo. La vegetación que se encuentra en la zona es principalmente de arbustos y árboles de bosque seco, con aguas estancada. En este punto del río la intensidad de luz solar es mayor respecto a la parte alta de debido a la presencia de arbustos en las riveras. Profundidad aproximada 1.20 m y la anchura del rio de 2.5 m.

Parte baja, El Tamarindo 2: El color de sus aguas son más turbias con respecto a las parte alta y media, y las aguas se encontraban empozadas, con restos de basuras en los márgenes del río, porque hay bastantes presencia de actividad humana e industrial (relacionada a la actividad de las salineras), hay mas actividad ganadera que en las parte anteriores mencionadas, ocupan agua para riego y lavado de automóviles. La vegetación es de bosque seco formándose playones, en este punto del río la intensidad de luz solar es mayor con respecto a la parte alta y media debido a las formaciones de playones y rocas de gran tamaño de los alrededores de dicho punto. Profundidad aproximada 1 m y la anchura del rio de 1.5 m.



6.4 Manejo de las muestras

En el campo

Se retiraron los macroinvertebrados de los sustratos artificiales mediante el uso de pinzas y colocados en recipientes de vasos de gerber. El material colectado, se fija en el campo con alcohol al 96 % para su posterior análisis en el laboratorio. Aunque estos organismos se suelen conservar en alcohol al 80 %, en este caso se utilizó alcohol sin diluir debido a que el trabajo es directamente en el campo, cada vez que se introduce una pequeña gota de agua, lo hace que paulatinamente el alcohol baya disminuyendo su concentración. (Alba-Tercedor *et al* 1990).

En el laboratorio

Una vez colectados los organismos se trasladaron para su análisis en el Laboratorio de Zoología de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UNAN-León donde se realizó la respectiva identificación, primero se realizó la limpieza de las muestras de los macroinvertebrados acuáticos colectado.

Para la identificación y recuento se utilizó un estereoscopio y la ayuda de las claves taxonómicas especializadas para cada uno de los grupos de macroinvertebrados encontrados.

Una vez separado e identificado los diferentes grupos taxonómicos en el laboratorio, las muestras representativas de cada especie se colocaron en diferentes frascos de plásticos, con alcohol preferiblemente al 90 % ayudado de pinzas entomológicas. (Roldan, G. 1988)

6.5 Obtención de los parámetros físico-químicos



En los puntos de muestreos establecidos se tomaron datos de los parámetros físico-químicos entre las siete y once de la mañana durante los cuatros meses uno por cada mes respetivamente, esto se hizo cada vez que se muestreaba en los tres puntos de muestreo.

6.5.1 Factores físicos

Temperatura del agua: se tomó mediante un termómetro marca YSI 51B que cuenta con termosonda a unos 80 cm de profundidad la cual se introdujo al agua entre las ocho y once de la mañana y los datos se registraron en grados centígrados (°C).

Ancho del río: este se midió una vez, en los tres puntos antes de iniciar el muestreo mediante una cinta Stanley de 30 m de longitud.

Profundidad del río: este se midió una vez en los tres puntos antes de iniciar el muestreo mediante una vara milimetrada.

Velocidad de la corriente: se obtuvo mediante una cuerda de 3 m de longitud a la cual se amarrara una bola de tenis: la bola se solto una vez que la cuerda alcance los 3 m de longitud, se registrara el tiempo en segundo.

Cronometro: este registrara el tiempo en segundo.

6.5.2 Factores químicos

pH: se tomó mediante un peachímetro digital marca Hanna, el valor se obtuvo al introducir el diodo del peachímetro al agua a unos 7 cm de profundidad.

Oxígeno disuelto: se midió mediante el oxigenómetro digital marca YGI 51B. Los valores se obtuvieron al introducir la sonda al agua el cual se expresó en mg/l, a 80 cm de profundidad.



Conductividad: se midió mediante un conductímetro marca Hanna. Los valores se obtuvieron al introducir el diodo al agua a 7 cm de profundidad cuyo valor se expreso en $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$.

También se calculó la descarga del caudal del río mediante la siguiente fórmula:

$$D = \frac{W \cdot d \cdot a \cdot l}{T}$$

Donde:

D= descarga

W= ancho del río

d= profundidad media del río

a= coeficiente que varía de 0.8 si el caudal es rugoso y 0.9 si es liso

l= distancia recorrida por el objeto flotante

t= tiempo recorrido por el objeto

Esto se hizo en cada sitio muestreado durante el periodo de muestreo en el que se calculo la media de cada mes muestreado, reflejado en el cuadro 1.

6.6 Sólidos totales disueltos (S.T.D)

Se colectó la muestra de agua en un recipiente de plástico de 1L con tapadera en los sitios muestreados, estos se transportaron en termos a una temperatura de 10°C , luego se llevó al laboratorio de Química del Agua en el departamento de química de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UNAN- León, las que fueron analizadas por el personal del laboratorio.



6.7 Índice de SHANNON-WEAVER

Para realizar la cuantificación de la abundancia y diversidad de macroinvertebrados, se utilizó el Índice de SHANNON-WEAVER, en la que se utilizó la siguiente fórmula:

$$H' = \sum (n_i/N) \ln(n_i/N)$$

H' = Índice de diversidad

n_i = número de individuos por especie en una muestra de una población.

N = número total de individuos por especie en una muestra de población.

ln = logaritmo natural.

Las características principales de este índice son: a) se pueden usar logaritmo de base 2 y las unidades de H' son "bits" y si se usa logaritmo naturales o neperiano la sensibilidad de H' son "nats" y b) tienen marcada sensibilidad a los cambios en la abundancias de las especies raras.

La ventaja de este índice es que es independiente de la muestra. Los valores obtenidos van de 0.0 a 5.0. Los valores de 0.0 a 1.5 indican poca diversidad; desde 1.6 a 3.0 mediana diversidad y de 3.1 a 5.0 alta diversidad (Roldan, 1992). Se utilizó el programa digitalizado GWBASIC, esto se hizo para tener exactitud con los resultados.

Finalmente se aplicó el Análisis de Correlación de Pearson con el fin de determinar si los parámetros de calidad físico-químicos con la diversidad de los organismos tenían alguna relación en los resultados obtenidos aplicándose una significancia de $p < 0,05$.



VI. RESULTADOS

7.1 Parámetros físico-químicos

Estos fueron realizados en cada uno de los sitios muestreados, para conocer la influencia notable sobre los procesos físico-químicos ya que pueden alterar el comportamiento y la diversidad biológica que ocurren en el ecosistema acuático del río Tamarindo.

Cuadro 1. Datos de los parámetros físico-químicos obtenidos en los cuatros sitios muestreados que va del mes de febrero a mayo del año 2010. (P.A-parte alta, P.M-parte media, P.B-parte baja)

PARAMETROS	16/02/2010			16/03/2010			16/04/2010			16/05/2010		
	P.A	P.M	P.B	P.A	P.M	P.B	P.A	P.M	P.B	P.A	P.M	P.B
Oxígeno Disuelto (mg/L)	6.3	6.5	6.4	7.7	6.75	5.8	7.26	5.67	5.63	6.75	5.8	5.63
Conductiva Eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$)	0.49	0.54	0.51	0.28	0.15	0.24	0.17	0.16	1.38	0.46	0.47	0.43
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	27.9	28.6	28.0	27.1	30.2	30.8	27.5	30.8	33.7	29.8	30.1	30.3
PH	9.0	9.7	9.3	7.9	8.0	9.4	7.0	8.0	9.3	4.0	8.9	9.1
Sólidos Totales disueltos (mgO₂/L)	327.7	325.2	343.2	370.5	384.5	372.0	721	720	743.5	437.5	432.5	396
Caudal (m³/s)	0.25			0.27			0.29			0.41		



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

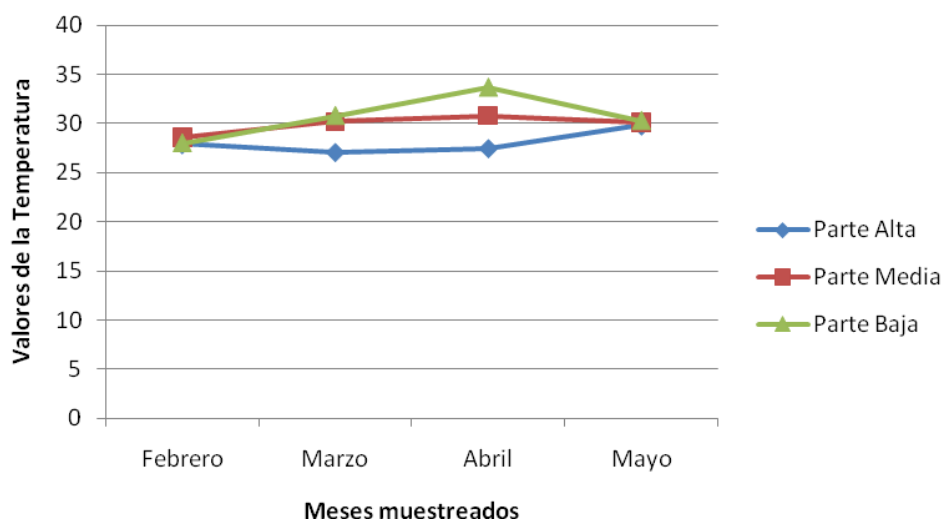


Gráfico 1. Valores y Comportamiento de la Temperatura del Agua durante los cuatros muestreo en el río Tamarindo.

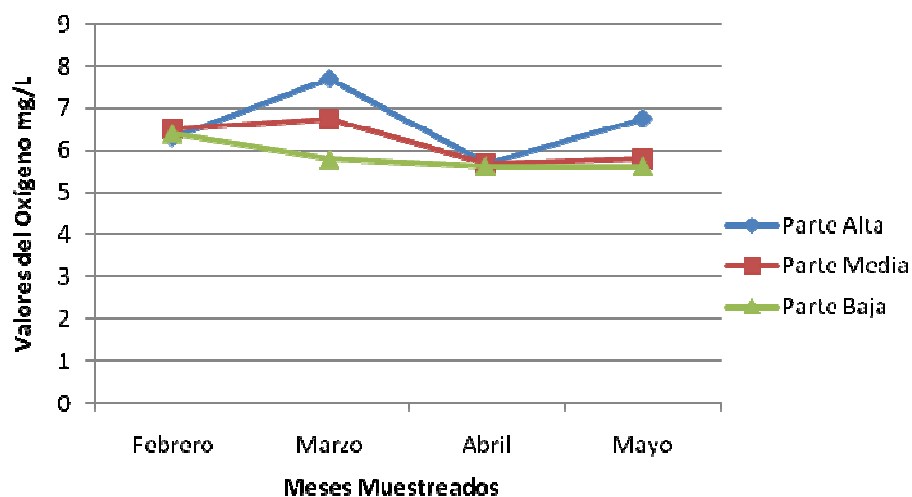


Gráfico 2. Valores y Comportamiento del Oxígeno Disuelto del Agua durante los cuatros muestreo en el río Tamarindo.

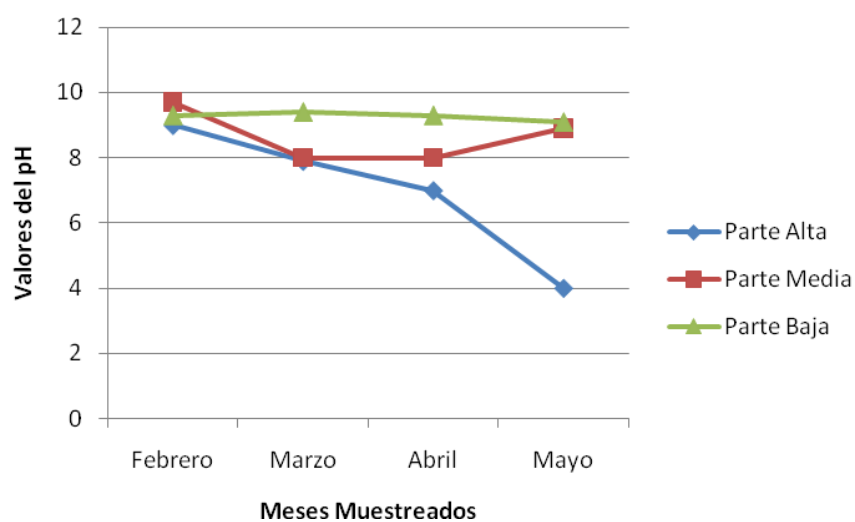


Gráfico 3. Valores y Comportamiento del pH del Agua durante los cuatros muestreo en el río Tamarindo.

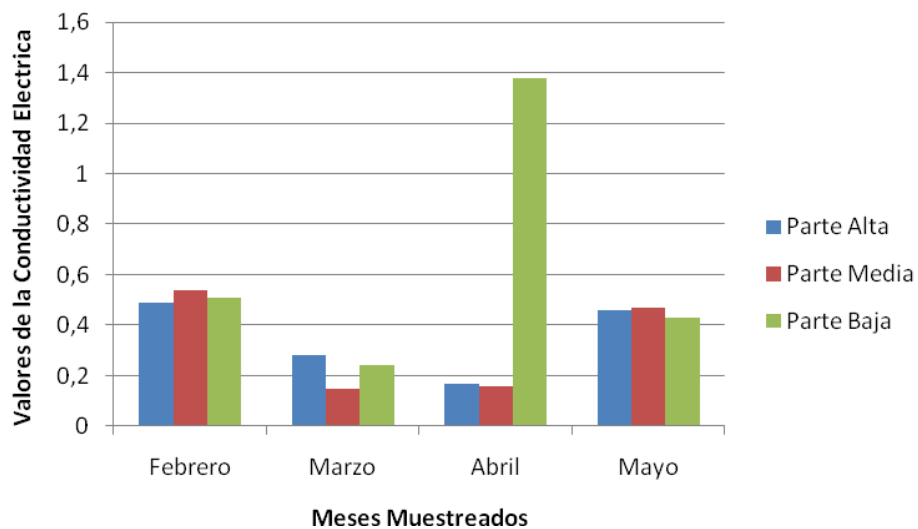


Gráfico 4. Valores y Comportamiento de la Conductividad Eléctrica del Agua durante los cuatro muestreo en el río Tamarindo.

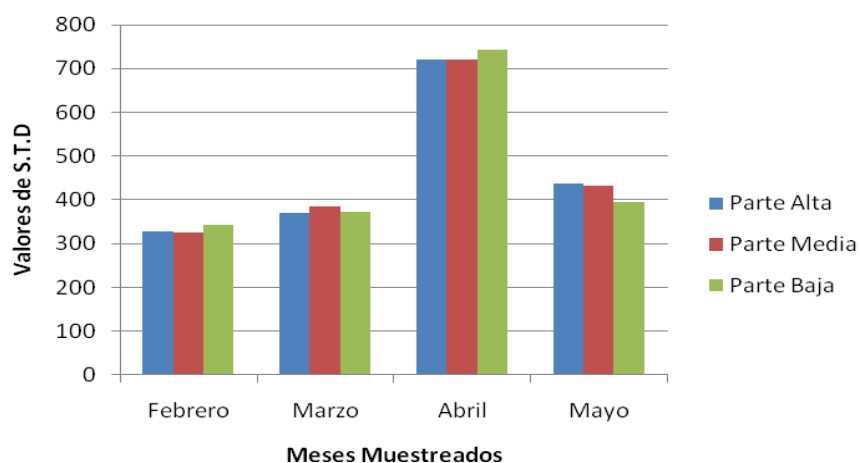




Gráfico 5. Valores y Comportamiento de los Sólidos Totales Disueltos (STD) del Agua durante los cuatros muestreo en el río Tamarindo.

Cuadro 2. Media de cada parámetro y coeficientes de correlación de Pearson de cada uno de los parámetros físico-químicos con la diversidad evaluada en los cuatro muestreos en el río Tamarindo

Variables	16/02/2010		11/03/2010		14/04/2010		25/05/2010	
	Media de cada parámetro durante cada muestreo	Correlación de <i>c/u</i> de los parámetro con la diversidad	Media de cada parámetro durante cada muestreo	Correlación de <i>c/u</i> de los parámetro con la diversidad	Media de cada parámetro durante cada muestreo	Correlación de <i>c/u</i> de los parámetro con la diversidad	Media de cada parámetro durante cada muestreo	Correlación de <i>c/u</i> de los parámetro con la diversidad
Oxigeno Disuelto (mg/L)	6.4	-0,990	6.75	0,995	6.6	0,793	6.06	0,784
Conductividad Eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$)	0.51	-1,000	0.22	0,395	0.57	0,882	0.45	0,138
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	28.16	-0,968	29.36	-0,964	30.66	0,997	30.06	0,676
PH	9.3	-0,998	8.43	-0,8.45	8.1	0,999	7.33	0,898
Sólidos Totales disueltos (mgO ₂ /L)	332	0,264	375.6	-0,198	675.2	0,153	422	-0,213

7.2 Diversidad biológica

El número total de familias identificadas durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo, fue de siete familias diferentes, resultando siete especies diferentes.

El número total de individuos encontrados en los sitios muestreados durante todo el periodo de muestreo fue de 2,103, siendo la más abundante, las familias



Lymnaeidae con 66.8 %, **Hidropsichidae** 23.4% y en menor porcentaje las familias **Palaeomonidae** con 4.8 %, **Coenagrionidae** 2.23%, **Mycetopodidae** 1.7 %, **Hydrobiidae** 0.7 % y **Gomphidae** 0.14 % (Ver grafico 6).

Cuadro 3. Composición Taxonómica de Macroinvertebrados bentónicos encontrados en la Cuenca del río Tamarindo.

Phylum	Clase	Orden	Familias
Arthropoda	Insecta	Odonata	Gomphidae
			Coenagrionidae
		Trichoptera	Hydropsichidae
	Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae
Molusca	Gasteropoda	Neotaenioglossa	Hydrobiidae
		Pulmonata	Lymnaeidae
	Bivalvia	Eulamelibranchia	Mycetopodidae

Porcentaje de familias encontradas en el muestreo

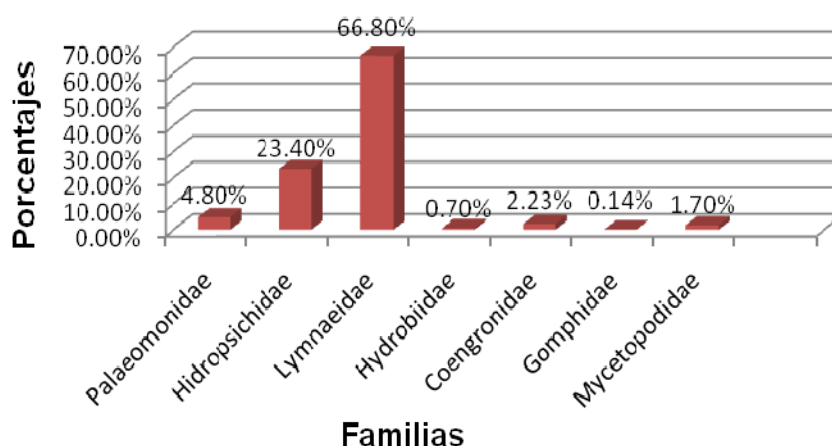




Gráfico 6. Porcentaje de Macroinvertebrados bentónicos que se encontraron durante todo el periodo de muestreo en las tres estaciones.

En los cuadros 4, 5 y 6 se observan las diferentes familias encontradas durante el muestreo, mostrando la cantidad de individuos por familia y por zonas.

Cuadro 4. Números de individuos por familias encontrados en la parte alta del río.

FAMILIAS	PARTE ALTA			
	16/02/2010	16/03/2010	16/04/2010	16/05/2010
Lymnaeidae	19	45	35	56
Palaeomonidae	23	40	4	8
Hidropsichidae	17	93	4	90
Coengronidae	10	21	9	0
Hydrobiidae	0	0	1	0
Gomphidae	0	0	0	0
Mycetopodidae	9	0	0	0

Cuadro 5. Números de individuos por familias encontrados en la parte media del río.

FAMILIAS	PARTE MADIA			
	16/02/2010	16/03/2010	16/04/2010	16/05/2010
Lymnaeidae	49	93	149	305
Palaeomonidae	0	4	0	6
Hidropsichidae	0	13	0	202
Coengronidae	0	0	1	6
Hydrobiidae	0	0	3	10
Gomphidae	0	1	1	0
Mycetopodidae	0	1	0	8



Cuadro 6. Números de individuos por familias encontrados en la parte baja del río.

FAMILIAS	PARTE BAJA			
	16/02/2010	16/03/2010	16/04/2010	16/05/2010
Lymnaeidae	57	42	187	370
Palaeomonidae	0	0	7	9
Hidropsichidae	0	0	75	0
Coengronidae	0	0	0	0
Hydrobiidae	0	0	0	1
Gomphidae	0	1	0	0
Mycetopodidae	10	8	1	0

Cuadro 7. Cantidad total de individuos por familias del muestreo completo identificados que se encontraron en las tres zonas muestreadas en el río Tamarindo.

Clasificación taxonómica	Parte alta	Parte media	Parte baja
Orden: Limnophila Familia: Lymnaeidae Género: <i>Staginicola</i>	155	596	656
Orden: Decapoda Familia: Palaeomonidae Género: <i>Macrobrachium</i>	75	10	16
Orden: Trichoptera Familia: Hidropsichidae Género: <i>Leptonema</i>	204	215	75
Orden: Odonata Familia: Coenagrionidae Género: <i>Argia</i>	40	7	0
Orden: Gastereopoda Familia: Hydrobiidae Género: <i>Coahuilix</i>	1	13	1
Orden: Odonata Familia: Gomphidae Género:	0	2	1
Orden: Bivalva Familia: Mycetopodidae Género: <i>Anodontites</i>	9	9	19
TOTAL	484	852	768

7.3 Análisis estadístico



El cuadro número 8 muestra la diversidad de la población que es una característica de mucha importancia en el grado de diversidad.

Cuadro 8. Valores del índice de Shannon y su grado de diversidad para cada sitio de muestreo.

ESTACIONES	H'	GRADO DE DIVERSIDAD
Parte Alta	1.29851	Poca diversidad. Fuerte deterioro en el ecosistema
Parte Media	0.81516	Poca diversidad. Fuerte deterioro en el ecosistema
Parte Baja	0.55129	Poca diversidad. Fuerte deterioro en el ecosistema.



VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1 Parámetros ambientales

Las variables pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura son a menudo los parámetros a los cuales son más sensibles los organismos (Roldán, 1992).

8.1.1 Temperatura (°C)

Según los datos recogidos en terreno y registrados en el Cuadro 1, el máximo valor del parámetro es de 33.7°C en la parte baja en el tercer muestreo en el mes de Abril como efecto de la ausencia de cobertura vegetal sobre en la ribera del punto y la mínima temperatura correspondió a 27.1°C en la parte alta del segundo muestreo en el mes de Marzo, esto se debió a que hay poca incidencia solar debido a la fuerte presencia de arboles con un amplio dosel, deducimos que estos valores (Ver cuadro 1) representan efectos específicos en cuanto a los cambios de oxígeno disuelto ya que la solubilidad del oxígeno en el agua aumenta a medida que disminuye la temperatura (Roldán,1992). Estos valores coinciden con los rangos promedios de temperatura de esta zona que son mayores de 26.5°C. Entre los factores que pueden estar asociados a la variación de la temperatura se encuentra la erosión de los suelos que aportan sólidos suspendidos que se encargan de absorber la radiación y de calentar el agua.

8.1.2 Conductividad

Se registra el mínimo valor de 0.15 uS/cm en la parte media del segundo muestreo y el máximo valor correspondió a 1.38 (uS/cm) en la parte baja del tercer muestreo. Estos valores son bajos indicando una oligotrofia. Al haber pocos nutrientes la diversidad disminuye actuando como estresor para los



macroinvertebrados, porque los valores normales oscilan entre 30 y 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Roldán, 1992).

8.1.3 pH:

Los valores de pH (Ver cuadro 1) presentaron diferencias significativas variando con un valor mínimo de 4.0 en la parte alta del cuarto muestreo y el máximo valor se registró en 9.7 en la parte media del tercer muestreo, estos valores no variaron mucho ya que los valores de pH en aguas naturales varían entre 6.0 y 9.0 (Roldán, 1992), a excepción del 4.0, esto pudo haberse dado por la alta cantidad de materia orgánica en descomposición produciéndose una oligotrofización. La variación en el pH es consecuencia de la erosión que se incrementa con las actividades pecuarias que tienden a elevarlo (Lemly, 1982).

8.1.4 Oxígeno disuelto (mg/L)

El período de las primeras lluvia no ejerció influencia sobre los valores de oxígeno disuelto en el río en las zonas de baja actividad humana, a como ocurre en las zonas contaminadas donde hay actividad humana y bajo de a 6.4 a 5.63 mg/l (Ver cuadro 1), debido al efecto de dilución de la carga contaminante. El valor mínimo correspondió a 5.63 mg/L en la parte alta del cuarto muestreo y el máximo registrado fue de 7.7 mg/L en la parte alta del segundo muestro. Ya que el oxígeno disuelto oscila desde valores inferiores de 6.6 se clasifican como bajos y menor o igual a 8.6 ml como bastante limpio y que esto se debió al efecto de la temperatura (Roldán, 1992). Sabiendo que la temperatura, la velocidad del agua y el viento juegan papeles importantes en la calidad del oxígeno que entra al sistema acuático desde la atmósfera.



8.1.5 Sólidos totales disueltos (mg/L)

Registraron su máximo valor de 743.5 mg/L en la parte baja del tercer muestreo, el mínimo recogido corresponde a 325.2 mg/l en la parte media del primer muestreo (Ver cuadro 1), este aumento se pudo haber dado por el crecimiento del caudal por el arrastre de sedimento en el río de la parte alta hacia la parte baja. Aunque no se observaron diferencias significativas, debido a la alta variabilidad de los datos, el incremento de sedimentos, corriente abajo de la naciente, obedeció a la erosión natural del suelo que se evidenció al llegar a las pasturas donde el pisoteo, el sobrepastoreo, el ingreso del ganado al cauce y la presencia de carreteras, favorecieron este efecto.

8.1.6 Caudal del río

El menor caudal se obtuvo en el mes de febrero 0.25 m³/seg y el mayor caudal se registro en el de mayo que fue de 0.41 m³/seg, a medida que pasaban los meses el caudal del río aumentaba 0.02 m³/seg. desde el mes de febrero al mes de abril exceptuando en mes de mayo que hubo un alto aumento de 0.12 m³/seg, esto se dio por la entrada del invierno en el cual las lluvias fueron muy fuertes y consecutivas ocasionando un crecimiento en el nivel del río desde que comenzaron las lluvias (Ver cuadro 1).

8.2 Diversidad biológica

En el muestreo 3 se encontraron 7 familias y en el muestreo 1 se encontraron 5, mientras que en el muestreo 2 y 4 se encontraron 6 familias.



El gráfico 6 muestra el porcentaje de organismos agrupados por familias encontrándose en el estudio una alta representatividad de las familias **Lymnaeidae** 66.8% e **Hydropsychidae** 23.4% , también reflejado en el cuadro 7 donde se muestra la cantidad total de individuos por familia, según McCafferty , 1981 esto puede deberse a que están ampliamente distribuidas en todo tipo de corrientes de agua especialmente la familia Lymnaeidae debido a que viven en las aguas poco profundas, donde las temperaturas son más altas ; además Roldán, (1988), dice que estos resisten cierto grado de contaminación

Las familias que se encuentran con menor porcentajes son **Palaeomonidae** con 4.8 % , **Coenagrionidae** 2.23%, **Mycetopodidae** 1.7 % , **Hydrobiidae** 0.7 % y **Gomphidae** 0.14 % (Ver grafico 6).

Los organismos colectados, presentan una distribución más o menos uniforme principalmente la clase bivalva, exceptuando por algunos organismos que no se encontraron en algunos lugares como es el caso de Gomphidae en la parte alta y Coenagrionidae en la parte baja.

Aunque las aguas se encontraron presencia de algunos organismos indicadores de aguas limpias como es el caso de las familias Gomphidae, Hydrobiidae y Coenagrionidae, estos se encontraron en menor cantidad de individuos ya que son sensibles a los cambios en las condiciones fisicoquímicas que no son optimas para aumentar la cantidad de individuos (ver cuadro 7); se determina que las condiciones del agua se encuentran muy contaminadas y poca diversidad vasados en los resultados del índice de Shannon-Weaver, por la alta presencia de organismos que indican tolerancia a la contaminación, no encontrándose Ephemeroptera y Plecoptera que son en general buenos indicadores de aguas limpias.



8.2.1 Parte alta:

La composición de esta zona estuvo conformada por organismos de las siguientes familias: Hydropsichidae, Lymnaeidae, Palaeomonidae, Coenagrionidae, Mycetopodidae e Hydrobiidae. No encontrándose el trío Plecoptera, Ephemeroptera y Trichoptera que son organismos que viven en las nacientes de los ríos, en las partes altas, con altos valores de oxígeno con porcentaje de saturación arriba del 85% y que indican alta diversidad, aguas con excelentes condiciones, sin estresores o contaminantes, con comunidades estables. La excepción la hace el Trichoptera de la familia Hydropsichidae, Género Leptonema que no cumple con estos requisitos, por ser tolerante a la contaminación.

En el cuadro 7 se puede observar que la mayor cantidad de individuos pertenece a la familia Hydropsichidae con 204 individuos a diferencia de las otras dos zonas de muestreo. También se puede observar que la familia Lymnaeidae se encuentra con 155 individuos lo que representa un alto porcentaje con el resto de familias y la familia Palaeomonidae con 75.

Las familias que se encontraron en menor porcentaje fueron Coenagrionidae, Mycetopodidae e Hydrobiidae con 10.3% entre las tres familias. Por lo que se determina que en esta parte de de dicho río las aguas se encuentran contaminadas aunque haya alta presencia de la familia Lymnaidae.



8.2.2 Parte media

La composición de esta zona estuvo conformada por organismos de las siguientes familias: Hydropsichidae, Lymnaeidae, Palaeomonidae, Coengronidae, Gomphidae, Mycetopodidae e Hydrobiidae.

En el cuadro 7 muestra que los organismos que se encuentran con mayor cantidad de individuos es la familia Lymnaeidae con 596, ya que esta familia no es selectiva en su elección de hábitat, tolera amplios rangos de temperatura y características fisicoquímicas de los cuerpos de agua (Longo, 2000) e Hydropsichidae con 215 individuos. Y las familias que presentaron menor cantidad de individuos fueron Palaeomonidae, Coengronidae, Gomphidae, Mycetopodidae e Hydrobiidae. Por lo que se determina que en esta parte las aguas de dicho río se encuentran contaminadas.

8.2.3 parte baja

La composición de esta zona estuvo conformada por organismos de las siguientes familias: Hydropsichidae, Lymnaeidae, Palaeomonidae, Gomphidae, Mycetopodidae e Hydrobiidae.

En el cuadro 7 Se puede observar que en esta zona de muestreo los organismos encontrados con mayor cantidad de individuos fueron los pertenecientes a la familia Lymnaeidae, Género *Stagnicola* ; es un indicador de ambiente moderadamente contaminado, estos igual que en la parte media y el resto de las familias encontradas en esta zona con menor cantidad de individuos . La familia Hydrobiidae es un indicador de ambiente no contaminado en aguas subterráneas. Pero en aguas loticas superficiales corresponden a organismos tolerantes a la contaminación con relación a la calidad del agua. Por lo que se determina que en esta parte de dicho río se encuentra con un fuerte deterioro del ecosistema, y la



calidad del agua se encuentran bajo el criterio de aguas muy contaminadas según Roldán, 1992.

8.3 Análisis estadístico

8.3.1 Índice de SHANNON-WEAVER

En el cuadro 7 se puede observar que el valor más alto de H' corresponde a la parte alta del río, luego de forma progresiva a medida que se avanza río abajo, el valor se va haciendo menor. En la parte alta del río fue donde dio más alto el valor del índice resultando $H' = 1.29851$ (Ver cuadro 8). Este valor indica que estamos en presencia de un fuerte deterioro del ecosistema, a lo que Roldán, 1992; indica que estamos en presencia de aguas muy contaminadas, con relación a los valores expresados de 0.0 a 1.5 por él. Siguiendo la parte media y terminando con la parte baja con un valor de $H' = 0.55129$ con menor grado de diversidad y un fuerte deterioro en el ecosistema (Ver Anexo 1). Este hecho va de acuerdo con la presencia del hombre y ganado, industrias, a lo largo del río, en la que se establecen zonas urbanas y la caída directa de aguas y basuras domésticas. Todos estos factores influyen en la dinámica de crecimiento de los organismos.

8.3.2 Asociación entre las variables fisicoquímicas y con la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos.

Correlación de Pearson.

Se demuestra que los valores obtenidos entre los parámetros físico-químicos con la abundancia de los organismos encontrados, en el primer muestreo el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre la cantidad de organismo con el oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, temperatura, pH y sólidos totales disueltos se obtuvo: $r = -0.990$, $r = -1.000$, $r = -0.968$, $r = -0.998$,; existe una correlación negativa



(relación inversa) respecto al oxígeno disuelto, temperatura y pH y una correlación negativa perfecta, no así con la conductividad $r=0.264$, (Ver Anexo 3).

En el segundo muestreo el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre la cantidad de organismo con el oxígeno disuelto es $r=0.995$, con una significación de 0.032 a nivel alfa 0.05 existe una correlación positiva, no así con respecto al resto de los parámetros físico-químicos de que no existe una correlación lineal pero puede existir relaciones no lineales (Ver Anexo 4).

En el tercer muestreo, el coeficiente de correlación entre la cantidad de organismos con el pH $r=0.999$ con significancia de 0.011 y temperatura $r=0.997$ con significancia de 0.025, permite afirmar que casi existe una correlación perfecta respecto al pH y respecto a la temperatura existe una relación positiva. Con relación a los parámetros oxígeno, conductividad y sólidos disueltos tenemos $r=0.793$, $r=0.882$ se puede decir que puede existir correlación no lineal y $r=0.153$, no existe una correlación lineal (Ver Anexo 5).

En el cuarto muestreo el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre la cantidad de organismos con el oxígeno disuelto, pH y temperatura del agua $r=0.784$, $r=0.898$, $r=0.676$, se puede deducir de que puede existir no relaciones significativas no lineales, con respecto a la conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos $r=0.138$ y $r=-0.213$ no existe correlación lineal (Ver Anexo 6).

De manera general (Todos los muestreos), al aplicar el índice de correlación de Pearson se observó que no existe una relación significativa y directa entre la cantidad de organismos y los parámetros físico-químicos del agua, posiblemente porque cada uno de los muestreos analizado individualmente no tuvo efecto sobre la variación de la presencia de individuos de determinada familia que pudieron afectar este resultado (Ver Anexo 2).



Por lo que rechaza la hipótesis nula de acuerdo a los resultados obtenidos de la correlaciones entre los parámetros físicos-químicos con la diversidad de macroinvertebrados bentónicos.



VIII. CONCLUSIONES

- En la cuenca del río Tamarindo se encontraron 7 especies de macroinvertebrados, una especie para cada familia, con un total de 2,104 individuos. Siendo la familia Lymnaeidae la que presento mayor cantidad de individuos con 1,407 (66.8 %) y el orden Odonata fue la única que presento dos familias.
- Los factores abióticos influyeron en el comportamiento de las poblaciones tanto en diversidad como en cantidad de organismos en las distintas estaciones muestreadas, por lo que se considera son complementarios en los procesos de evaluación de la calidad de las aguas.
- De lo anterior podemos deducir que hay diferencias en la composición de macroinvertebrados acuáticos a través de los muestreos, que a su vez fueron influenciados por las variables fisicoquímicas.
- Con respecto al grado de diversidad de macroinvertebrados en el río Tamarindo evaluado por medio del índice de SHANNON-WEAVER se determina que existe poca diversidad, fundamentado en los resultados estadísticos durante los meses muestreados, siendo la parte alta con el valor más alto, pero con un fuerte deterioro ecológico y ambiental.
- Con relación al grado de contaminación de las aguas del río Tamarindo se concluye que dichas aguas se encuentran con un fuerte deterioro ecológico, expresado desde el punto de vista de la contaminación, aguas muy contaminadas con relación a que no estuvieron presentes el trío



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

Plecoptera, Ephemeroptera y Tricoptera que son indicadores de agua de excelente calidad.



IX. RECOMENDACIONES

- Es de mucha importancia hacer estudios en donde se incluyan otras estaciones del año como es la estación lluviosa, esto para conocer si las comunidades de macroinvertebrados cambien su dinámica poblacional.
- Si se van utilizar como métodos de estudio los sustratos artificiales es necesario hablar con las comunidades aledañas, rotularlos o ubicarlo en lugares donde las personas no frecuenta, esto para no poner en riesgo al sustrato artificial ya que llevaría pérdida de tiempo y costos.
- Para posteriores estudios se recomienda el uso de los sustratos artificiales, porque estos garantizan buenos resultados ya que son óptimos para hábitats de macroinvertebrados y son económicos como los utilizados en este estudio.
- Es necesario que las autoridades competentes realicen campañas de reforestación en las riberas del río y educación ambiental en conjunto con la participación de las comunidades de los alrededores.



X. BIBLIOGRAFÍA

Alba-Tercedor. 1990. Estudio de las condiciones ecológicas, sanitarias, química y de la calidad de las aguas de la cuenca media-alta del río Guadalquivir. Universidad de Granada-Dirección General de Obras Hidráulicas. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

Alonso, J. y A. Camargo. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. ECOSISTEMA: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente. Investigación. Disponible en internet: file:///E:/macroinvertebrado/index_frame.asp.htm

American Public Health Association. 1992. Métodos normalizados. Para análisis de aguas potables y residuales. Madrid, España.

Bartram, J y R. Ballance. 1996. Monitoreo de la calidad del agua. Una guía práctica para el diseño e implementación de estudios de calidad de agua dulce y los programas de vigilancia. PNUMA / OMS. GB. 383 p.

Beeby, A. y A. Brennan. 1997. Ecología. 1^{ra} ed. Cap.6. Londres.

Blanco. A. 1985. Distribución de macroinvertebrados del río Chiquito de la ciudad de León con énfasis en aquellos que puedan considerarse como indicadores de contaminación. Previo para optar al título de licenciatura en Biología. León-Nicaragua-UNAN.

Chapman, D. 1992. Las evaluaciones de calidad del agua. Una guía para el uso de la biota, sedimentos y agua en la vigilancia del medio ambiente. La UNESCO. GB. 56 p.



Cárdenas, A; B. Reyes; M. López, A. Woo, E. Ramírez y M. Ibrahim. 2006. Biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua en la subcuenca de los ríos Bul y Paiwas, Matiguás, Nicaragua. Disponible en internet: <http://www.uca.edu.ni/publicaciones/encuentro/e77/E77T5.html>

CIESE. 2006. Proyecto de Colaboración Internacional. Instrucciones del Proyecto. Hoja de Trabajo para Recopilar los Datos. Disponible en Internet: <http://www.k12science.org/curriculum/dipproj2/es/actividad3.shtml>

Darrigran, G. y A. Vilches. 2007. Guía para el estudio de macroinvertebrados. Métodos de colectas y técnicas de fijación. La Plata, Buenos aires, Argentina. **86 Pp.**

DOL'EDEC, S., J. Dessaix y TACHET H. 1996. Cambios en el Alto Río Ródano macrobentónicas comunidades después de la realización de tres hidroeléctricas: efectos antropogénicos naturales o el cambio. Arco. Hydrobiol, Pág. 19-40.

Duque, R. y T. Bandes. 1983. Estadística aplicada a la hidrología. Merida, Mexico. Pág 48-63.

Figueroa, R. y C. Valdovinos. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. Revista chilena de historia natural. Volumen 76 n. 2: Santiago. Disponible en internet: <file:///F:/macroinvertebrado/fsddsd.htm>

Flores, Dante. Guía Práctica No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito Ecuador. Guía Práctica No.2. Marzo 2001; pág. 8-12.

Galo, L. 2000. Estudio de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en el río Aposento, León-Nicaragua. Monografía para optar al título de licenciado en Biología UNAN-León.



Hallewell, J. 1986. Indicadores biológicos de la contaminación de agua dulce y la gestión ambiental. Publicación de Ciencia aplicada. 546 p. Londres y Nueva York.

INETER. 2006. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Caracterización Geográfica del Territorio Nacional. Hidrografía. Cuencas Hidrográficas. Disponible en Internet: <http://www.ineter.gob.ni/caracterizaciongeografica/capitulo7.4.html>

Kolkwitz, R. y W. Marsson, 1902. Principios para beurteilug biológica del agua después de su flora y fauna. Prufungsanst Mitt. Wasserversorg. A las aguas residuales. 1: 33-72.

Lacayo, J. y R. Morales. 1986. Calidad físico-química de las aguas en Nicaragua. Monografía para optar al título de licenciatura en Química. 82pp.

Lemly, D. 1982. Modificación de las comunidades de insectos bentónicos en la contaminación corrientes: los efectos combinados de la sedimentación y nutrientes enriquecimiento. Hydrobiologia 87: 229-245.

Longo, M. (2000). Estudio Taxonómico y ecológico de Lymnaea (mollusca: lymnaeidae) hospedero intermediario de *fasciola hepática*.

López, A. y J. Urcuyo 2008. Moluscos de Nicaragua I. Bivalvos. Centro de Malacología/Biodiversidad. Universidad Centroamericana- UCA. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA).

Margalef, R. 1969. El concepto de polución en Limnología y sus indicadores biológicos. *Agua Supp.*, 7:105-133.

Margalef, R. 1985. Limnología. Barcelona. Ediciones Omega S.A., 130-155 p.



Magurran, A. 1988. Diversidad ecológica y su medición. La Universidad de Princeton Press. 179 pp.

McCAFFERTY, W. 1981. Entomología acuática. Ciencia Libros Internacional.

Peña, D. 1999. Estadística modelos y métodos. Correlación. Pág. 346 y 347.

Quijano, V, y Ramirez, T. 2001. Determinación de organismo macrozoobentonococ indicadores de niveles de contaminación. En la parte alta y media de la cuenca del río Tamarindo. Managua, Nicaragua. Monografía para optar al título de Licenciado en Biología. 53pp.

Quiñones M, J. Ramírez, A. Díaz. 1998. Estructura numérica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos derivadores en la zona de ritral del río Medellín, Colombia.

Resh V., R. Norris y M. Barbour. 1995. Diseño e implementación de una evaluación rápida para la vigilancia de los recursos hídricos mediante macroinvertebrados bentónicos. Diario australiano de Ecología 20: 108-121.

Roldán, G. 1999: Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas, y naturales, volumen 23(88): 375-387.

Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN - Colombia. Editorial Presencia Ltda. 217 pp. Bogotá, Colombia.

Roldán, G. 1992. Fundamentos de Limnología Tropical. Ed. Universidad de Antioquia. Vol. 1. 1Edición. 1-59 pp.



Ramírez, A., Rosa, A. y Bifano, C. (1988): Transporte de carbono y nutrientes por el río Tuy, En: Transporte de carbono y minerales en las Grandes ríos del mundo, lagos y estuarios, la parte 5 (Eds.) ET Degens, S. Kempe y Sathy A. Naidu. Mitt. Geol. Paleont. Inst. Univ. Hamburgo. ÁMBITO DE APLICACIÓN / PNUMA. Sondersband 66, 137-146.

Weigel, B., Lyon, J; Paine, L; Dodson, S; Undersander, D. 2000. Uso de flujo de macroinvertebrados para comparar el uso de la tierra ribereña prácticas en las explotaciones de ganado en el suroeste de Wisconsin. Diario de Ecología de Agua Dulce 15 (1) :93-106.

Winkler, M. A. 1999. Tratamiento biológico de las aguas de desechos. 1^{ra} ed. Noriega ed.



XI. ANEXOS

Anexo 1. Tabla de valores del Índice de SHANON WEAVER, para la diversidad y grado de contaminación

Rangos de diversidad	Grado de diversidad	Grado de Contaminación del agua
3.1 a 5	Alta Diversidad	Aguas Muy Limpias
1.6 a 3	Mediana Diversidad	Aguas medianamente Contaminadas
0 a 1.5	Poca Diversidad	Aguas Muy Contaminadas

Fuente: Roldan, G. 1992



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

Anexo 2. Coeficientes de Correlación de Pearson entre los parámetros físico-químicos con la diversidad de organismos del estudio global.

Correlaciones

		Cantidad de Organismos Encontrados	Oxígeno	PH	Conductividad Eléctrica	Temperatura del agua	Sólidos desechados
Cantidad de Organismos Encontrados	Correlación de Pearson	1	-,407	,096	,272	,373	,108
	Sig. (unilateral)		,094	,384	,196	,116	,369
	N	12	12	12	12	12	12
Oxígeno	Correlación de Pearson	-,407	1	-,456	-,379	-,742**	-,096
	Sig. (unilateral)	,094		,068	,112	,003	,383
	N	12	12	12	12	12	12
PH	Correlación de Pearson	,096	-,456	1	,258	,138	-,196
	Sig. (unilateral)	,384	,068		,209	,335	,271
	N	12	12	12	12	12	12
Conductividad Eléctrica	Correlación de Pearson	,272	-,379	,258	1	,560*	,363
	Sig. (unilateral)	,196	,112	,209		,029	,123
	N	12	12	12	12	12	12
Temperatura del agua	Correlación de Pearson	,373	-,742**	,138	,560*	1	,433
	Sig. (unilateral)	,116	,003	,335	,029		,080
	N	12	12	12	12	12	12
Sólidos desechados	Correlación de Pearson	,108	-,096	-,196	,363	,433	1
	Sig. (unilateral)	,369	,383	,271	,123	,080	
	N	12	12	12	12	12	12

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (unilateral).

* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (unilateral).



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

Anexo 3. Coeficientes de Correlación de Pearson entre los parámetros físico-químicos con la diversidad de organismo del Primer Muestreo

Correlaciones

		Cantidad de Organismos Encontrados	Oxígeno	PH	Conductividad Eléctrica	Temperatura del agua	Sólidos desechados
Cantidad de Organismos Encontrados	Correlación de Pearson	1	-,990*	-,998*	-1,000**	-,968	,264
	Sig. (unilateral)		,044	,018	,007	,080	,415
	N	3	3	3	3	3	3
Oxígeno	Correlación de Pearson	-,990*	1	,997*	,993*	,924	-,128
	Sig. (unilateral)	,044		,026	,037	,125	,459
	N	3	3	3	3	3	3
PH	Correlación de Pearson	-,998*	,997*	1	,999*	,953	-,209
	Sig. (unilateral)	,018	,026		,010	,098	,433
	N	3	3	3	3	3	3
Conductividad Eléctrica	Correlación de Pearson	-1,000**	,993*	,999*	1	,962	-,241
	Sig. (unilateral)	,007	,037	,010		,088	,422
	N	3	3	3	3	3	3
Temperatura del agua	Correlación de Pearson	-,968	,924	,953	,962	1	-,497
	Sig. (unilateral)	,080	,125	,098	,088		,335
	N	3	3	3	3	3	3
Sólidos desechados	Correlación de Pearson	,264	-,128	-,209	-,241	-,497	1
	Sig. (unilateral)	,415	,459	,433	,422	,335	
	N	3	3	3	3	3	3

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (unilateral).

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (unilateral).



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

Anexo 4. Coeficientes de Correlación de Pearson entre los parámetros físico-químicos con la diversidad de organismo del Segundo Muestreo

Correlaciones

		Cantidad de Organismos Encontrados	Oxígeno	PH	Conductividad Eléctrica	Temperatura del agua	Sólidos desechados
Cantidad de Organismos Encontrados	Correlación de Pearson	1	,995*	-,845	,395	-,964	-,198
	Sig. (unilateral)		,032	,180	,371	,086	,437
	N	3	3	3	3	3	3
Oxígeno	Correlación de Pearson	,995*	1	-,894	,300	-,932	-,098
	Sig. (unilateral)	,032		,148	,403	,118	,469
	N	3	3	3	3	3	3
PH	Correlación de Pearson	-,845	-,894	1	,158	,671	-,358
	Sig. (unilateral)	,180	,148		,449	,266	,383
	N	3	3	3	3	3	3
Conductividad Eléctrica	Correlación de Pearson	,395	,300	,158	1	-,626	-,979
	Sig. (unilateral)	,371	,403	,449		,284	,066
	N	3	3	3	3	3	3
Temperatura del agua	Correlación de Pearson	-,964	-,932	,671	-,626	1	,453
	Sig. (unilateral)	,086	,118	,266	,284		,350
	N	3	3	3	3	3	3
Sólidos desechados	Correlación de Pearson	-,198	-,098	-,358	-,979	,453	1
	Sig. (unilateral)	,437	,469	,383	,066	,350	
	N	3	3	3	3	3	3

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (unilateral).



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

Anexo 5. Coeficientes de Correlación de Pearson entre los parámetros físico-químicos con la diversidad de organismo del Tercer Muestreo

Correlaciones

		Cantidad de Organismos Encontrados	Oxígeno	PH	Conductividad Eléctrica	Temperatura del agua	Sólidos desechados
Cantidad de Organismos Encontrados	Correlación de Pearson	1	,793	,999*	,882	,997*	,153
	Sig. (unilateral)		,208	,011	,156	,025	,451
	N	3	3	3	3	3	3
Oxígeno	Correlación de Pearson	,793	1	,771	,412	,838	-,481
	Sig. (unilateral)	,208		,220	,365	,184	,340
	N	3	3	3	3	3	3
PH	Correlación de Pearson	,999*	,771	1	,898	,994*	,187
	Sig. (unilateral)	,011	,220		,145	,036	,440
	N	3	3	3	3	3	3
Conductividad Eléctrica	Correlación de Pearson	,882	,412	,898	1	,843	,600
	Sig. (unilateral)	,156	,365	,145		,181	,295
	N	3	3	3	3	3	3
Temperatura del agua	Correlación de Pearson	,997*	,838	,994*	,843	1	,076
	Sig. (unilateral)	,025	,184	,036	,181		,476
	N	3	3	3	3	3	3
Sólidos desechados	Correlación de Pearson	,153	-,481	,187	,600	,076	1
	Sig. (unilateral)	,451	,340	,440	,295	,476	
	N	3	3	3	3	3	3

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (unilateral).



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

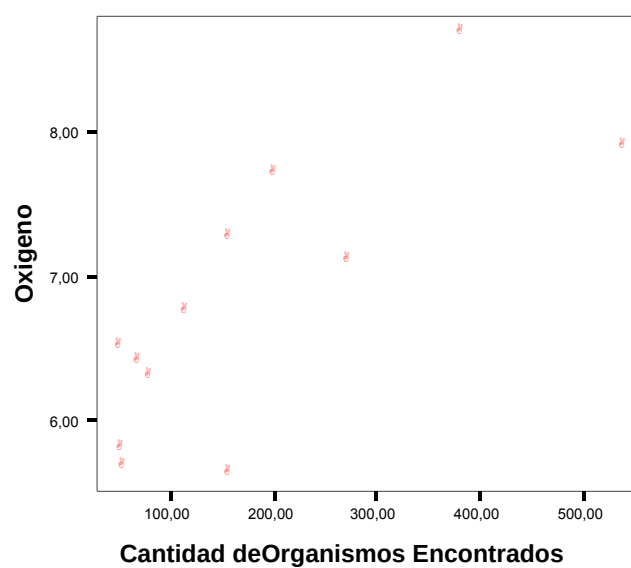
Anexo 6. Coeficientes de Correlación de Pearson entre los parámetros físico-químicos con la diversidad de organismo del Cuarto Muestreo

		Correlaciones					
		Cantidad de Organismos Encontrados	Oxigeno	PH	Conductividad Eléctrica	Temperatura del agua	Sólidos desechados
Cantidad de Organismos Encontrados	Correlación de Pearson	1	,784	,898	,138	,676	-,213
	Sig. (unilateral)		,213	,145	,456	,264	,432
	N	3	3	3	3	3	3
Oxigeno	Correlación de Pearson	,784	1	,977	-,506	,987	-,773
	Sig. (unilateral)	,213		,068	,331	,051	,219
	N	3	3	3	3	3	3
PH	Correlación de Pearson	,898	,977	1	-,310	,931	-,620
	Sig. (unilateral)	,145	,068		,400	,119	,287
	N	3	3	3	3	3	3
Conductividad Eléctrica	Correlación de Pearson	,138	-,506	-,310	1	-,636	,938
	Sig. (unilateral)	,456	,331	,400		,280	,112
	N	3	3	3	3	3	3
Temperatura del agua	Correlación de Pearson	,676	,987	,931	-,636	1	-,864
	Sig. (unilateral)	,264	,051	,119	,280		,168
	N	3	3	3	3	3	3
Sólidos desechados	Correlación de Pearson	-,213	-,773	-,620	,938	-,864	1
	Sig. (unilateral)	,432	,219	,287	,112	,168	
	N	3	3	3	3	3	3

*.La correlación es significativa al nivel 0.05 (unilateral)

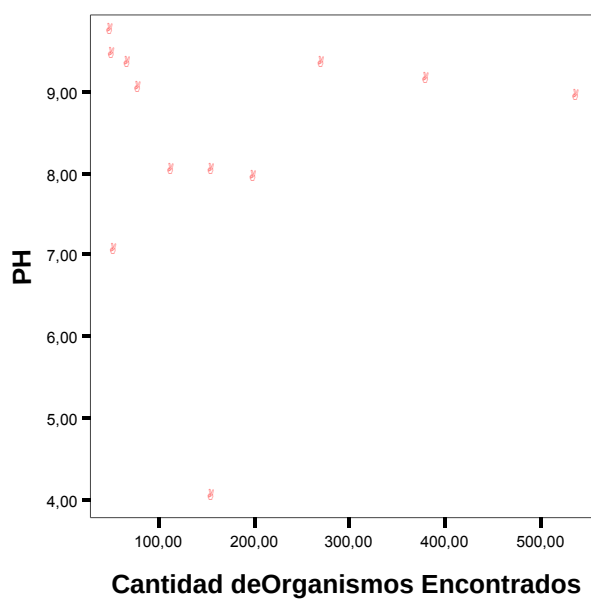
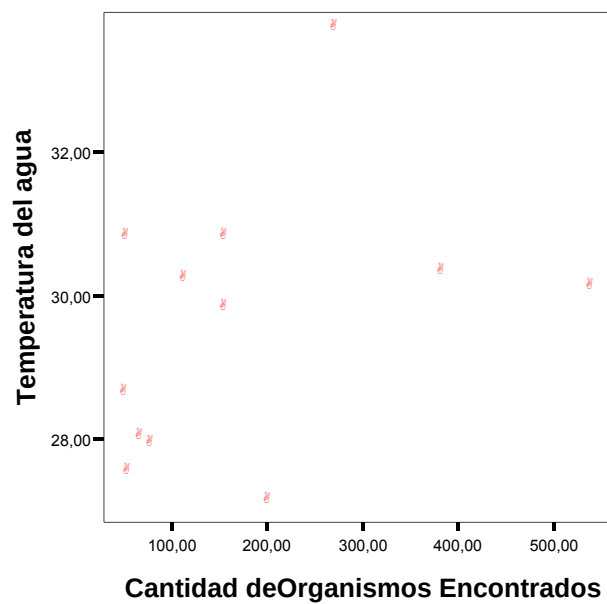


Anexo 7. Gráfico de los Coeficientes de Correlación de Pearson entre los parámetros físico-químicos con la diversidad de organismos del estudio



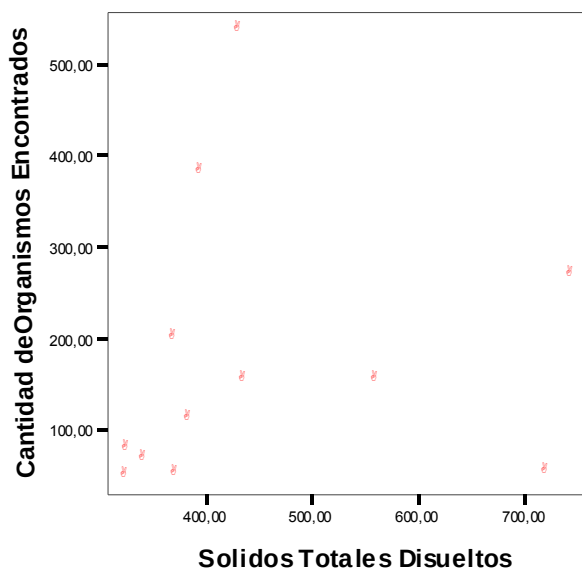
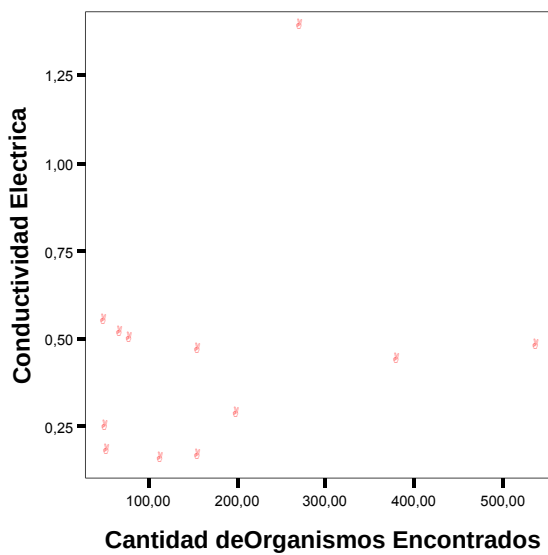


Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores





Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores





❖ IMAGENES Y ECOLOGIA
DE LAS ESPECIES

❖ MACROINVERTEBRADOS
BENTONICOS





IMÁGEN



CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Animalia

Fylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Odonata

Familia: Gomphidae

Descripción

Son una [familia](#) de [odonatos Anisópteros](#) que tiene cerca de 90 [género](#) y 900 [especies](#). Son [libélulas](#) de larga cola; en las hembras es más corta, e inclusive falta en algunas especies. Tienen los [ojos](#) muy separados, carácter que comparten con los [Petaluridae](#) y con los [Zigópteros](#). Los adultos miden usualmente de 4 a 7 [cm](#) de longitud. Muchos viven en arroyos o ríos.



Debido a su posición baja depredadores en la cadena alimentaria acuática, los recuentos de las poblaciones de odonatos son útiles para determinar la salud de los ecosistemas acuáticos. Cambios en la salud de los ecosistemas acuáticos son más rápidamente identificados por los animales inferiores en la cadena alimentaria que los cambios en las poblaciones de grandes mamíferos o depredadores. Algunos parques nacionales de los Estados Unidos están empezando a considerar los conteos de población de las especies de odonatos ala hora de diseñar nuevas técnicas de manejo.

IMÁGEN



CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Animalia

Phylum: Molusca

Clase: Bivalvia

Orden: Eulamelibranchia

Familia: Mycetopodidae

Género: *Anodontites*

Descripción

Al ser organismos muy sensibles a la contaminación, esta familia está desapareciendo de los cursos de agua próximos a zonas urbanas. Pero bastaría



una única descarga de hidrocarburo u otro químico al curso de agua para exterminar a todos los bivalvos por kilómetros y durante décadas. Otras perturbaciones extensas, como el dragado, evidentemente afectan negativamente a las poblaciones.

Posiblemente cada curso de agua aloje especies o subespecies distintas de almejas, por lo que la exterminación de una población puede significar el fin de una variedad "por siempre". Los cursos que pasan por ciudades, puertos, zonas industriales, zonas agrícolas donde se aplican plaguicidas, o los cursos que ha sido indicados, canalizados para riego hasta exprimir la última gota, desviados, entubados, dragados, etc. creando tramos que podríamos llamar "valles muerto.

IMÁGEN



CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: animalia

Phylum: Molusca

Clase: Gastropoda

Superfamilia: Rissoidae

Orden: Neotaenioglossa

Familia: Hydrobiidae

Género: *Coahuilix*

Descripción

Son una gran [familia](#) de pequeños [caracoles](#) con [opérculo](#). Pueden reproducirse por [partenogénesis](#). _La mayoría de las especies de esta familia viven en agua



dulce (lagos, lagunas, ríos, arroyos), pero algunos se encuentran en aguas dulces, salobres o en las fronteras entre el agua dulce y agua salobre. Algunos se reproducen en ambientes marinos en los fondos arenosos o fangosos entre algas y hierbas marinas. Viven en medios de alta dureza y alcalinidad y con abundante

IMÁGEN



CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Trichoptera

Suborden: [Annulipalpia](#)

Familia: Hydropsichidae

Descripción

Debido a la presencia de Hydropsychidae en una amplia gama de los ríos y de las corrientes por todo el mundo, se ha favorecido como a [especie del indicador](#).



Algunos [géneros](#), sensible a ciertos contaminantes o [agentes contaminadores](#), sufra las declinaciones en crecimiento y/o supervivencia. Como a [canario](#) en una mina de carbón, si hay un producto químico que puede ser de otra manera difícil de detectar el presente en el agua de la corriente del Hydropsychidae, un investigador puede notar efectos sobre las poblaciones de Hydropsychidae.

La mayoría viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal, algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas. En general son buenos indicadores de aguas oligotróficas.

IMÁGEN



CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Odonata

Familia: Coenagrionidae

Género: Argia

Descripción

Son una [familia](#) de [odonatos](#) del [suborden](#) [Zygoptera](#) de tamaño pequeño a mediano (20 a 45 mm); son los más comunes y se encuentran distribuidos en todo el mundo, Esta familia se encuentra en todos los tipos de ambientes acuáticos: quebradas, ríos, pantanos y lagunas, tanto en bosque seco como húmedo. Su



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

vuelo es lento; generalmente se posan cerca del agua, manteniendo el cuerpo en posición horizontal y las alas cerradas. Con el cuerpo más o menos fino y patas y [abdomen](#) corto.

Las características ecológicas son las mismas de la familia Gomphidae.

IMÁGEN



CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Familia: Palaemonidae

Género: *Macrobrachium*

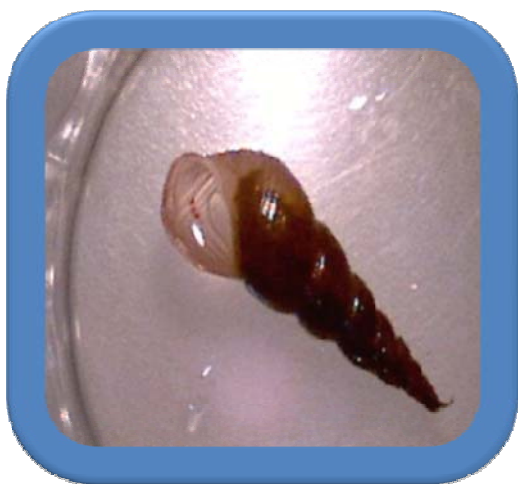
Descripción

Es una familia de crustáceos del orden de los decápodos. Pertenecen al infraorden Caridea, mientras que algunas especies de agua dulce palaemónidos



se conocen como "camarones", la familia pertenece al suborden Pleocyemata como todos los verdaderos camarones. Palaemoninae son menos diversos filogenéticamente, pero con más diversidad ecológica. Son principalmente carnívoros que se alimentan de pequeños invertebrados y se puede encontrar en cualquier hábitat acuático, excepto las profundidades del mar. El género de Palaemonidae más significativo es Macrobrachium, que contiene especies comerciales, tales como Macrobrachium rosenbergii.

IMÁGEN



CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: [Animalia](#)
Phylum: [Mollusca](#)
Clase: [Gastropoda](#)
Superfamilia: [Lymnaeoidea](#)
Familia: [Lymnaeidae](#)
Orden: Pulmonata
Género: [Stagnicola](#)

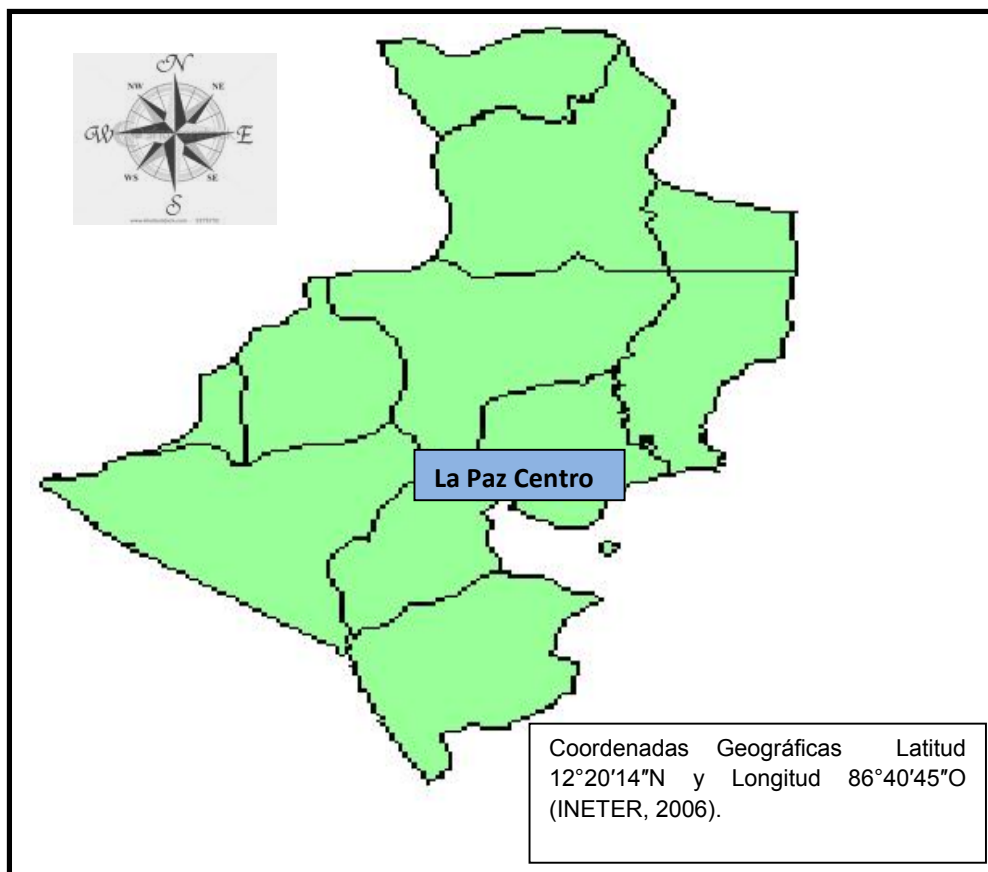
Descripción

Esta familia de caracoles de agua dulce pulmonados se encuentra en todo el mundo, y contiene muchas especies. Es más diversas en el norte de América del



Norte. La mayoría de especies puede mantener una burbuja de aire en la cavidad, y de vez en cuando se actualiza en la superficie del agua. Unas pocas especies llenan la cavidad con agua, y viven sin tener que acercarse a la superficie.

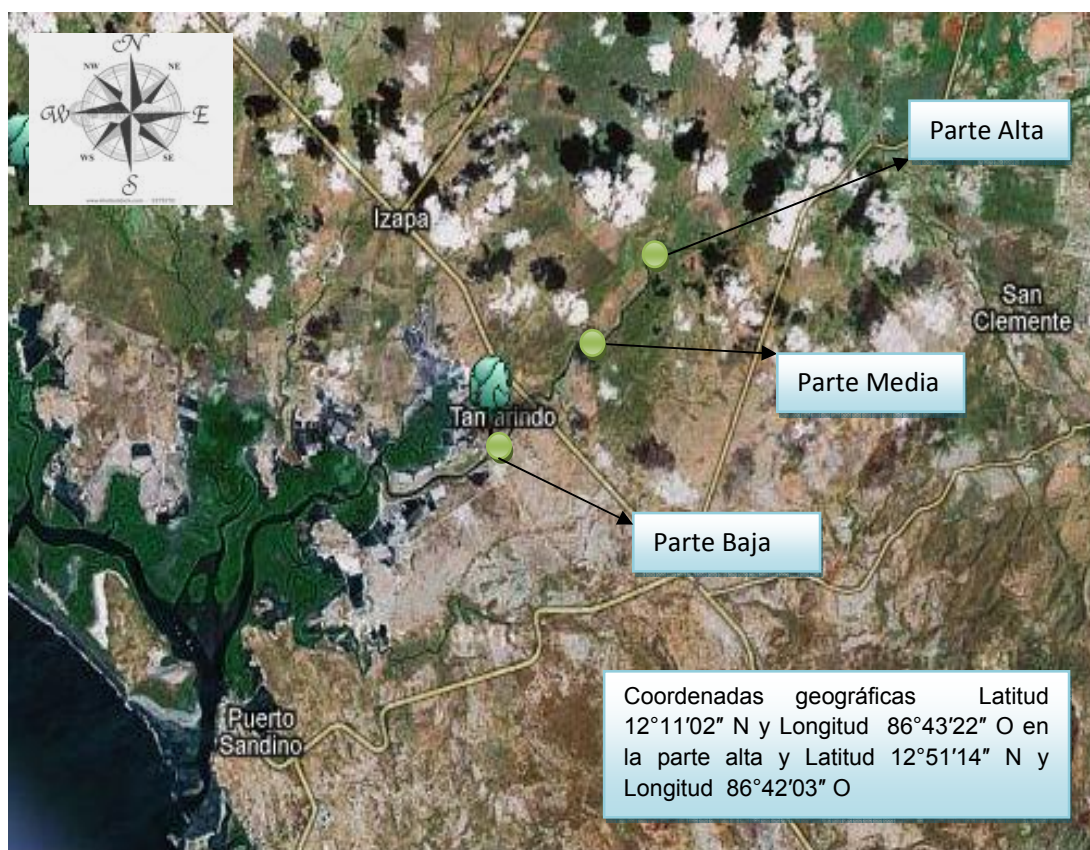
La temperatura afecta en gran medida el ritmo de su ciclo de vida, aumento de las temperaturas permiten un crecimiento más rápido. Probablemente la mayoría de las especies maduran y se reproducen en 9-15 meses, pero en aguas más frías puede tomar varios años, y en las regiones particularmente calurosas, puede completar más de una generación al año. Como ocurre con la mayoría de los caracoles de agua dulce, especies Lymnaeidae son más comunes en aguas ricas en calcio. La mayoría vive en las aguas poco profundas, donde las temperaturas son más altas y no hay más comida.



Mapa 1. Ubicación geográfica del municipio de La Paz Centro en el Departamento de León.



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores



Mapa 2. Imagen satelital del río Tamarindo en el municipio de La Paz Centro del Departamento de León.



Sustratos artificiales que se utilizó para hacer el estudio



Forma de cómo se retiraron los sustratos artificiales de los lugares muestreados



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores



Sustratos artificiales ya retirados de los puntos muestreados

Br. Giovanni Francisco Zelaya



Forma de cómo se extrajeron los macroinvertebrados de los sustratos artificiales



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores



Demostración de cómo se midieron los parámetros físico-químicos



Demostración de cómo se midieron los parámetros físico-químicos



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores



Br. Daniel Geovanny Reyes Saldaña

Momentos en que se identificaban los macroinvertebrados con ayuda de un Estereoscopio



Embases que se utilizaron para la separación de los macroinvertebrados



Nombre: _____ Fecha: _____

Actividad 3: Hoja de Trabajo para Recopilar Datos

Nombre del río, riachuelo, etc.: _____

Ciudad: _____ Latitud: _____
(e.g. 75° N)

Hora: _____ Longitud: _____
(e.g. 18° W)

Dirección del Viento: N – NE – E – SE – S – SO – O – NO Altitud: _____
(encierre uno) (Aproximado)

Tiempo actual: CLARO – PARCIALMENTE NUBLADO – NEBLINA –
(encierre uno) NUBLADO – LLUVIOSO

Condiciones climáticas recientes: _____
(e.g. día después de una gran tormenta, etc.)

Condiciones de la Superficie: CALMA – POCA AGITACIÓN –
(encierre uno) MUCHA AGITACIÓN – OLEADAS

Descripción del Área Adyacente: _____
(e.g. desarrollo residencial, marina, humedal, etc.)

Condición del río, riachuelo, lago o poza (i.e. ¿Parece estar contaminado con desechos o materia orgánica? ¿Hay peces o plantas en el agua? ¿Hay muchas algas creciendo ahí?, etc.): _____

Color y olor del agua: _____

Claridad o cantidad de material suspendido en el agua: _____
(e.g. ¿Está el agua clara, turbia o lodosa? ¿Puede ver muchas partículas suspendidas flotando en el agua?, etc.)

Observaciones sobre la vida silvestre: _____
(e.g. ¿Hay una manada de venados cerca? ¿Puede ver otros animales o reptiles?, etc.)

Otras observaciones que considera interesantes o importantes: _____



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores

Pruebas Obligatorias en Muestras de Agua

Temperatura del Agua: _____ °C

Oxígeno Disuelto (OD): _____ ppm

pH: _____

Macroinvertebrados:

SENSIBLES	POCO TOLERANTES	TOLERANTES
☐ Planaria	☐ Acamayas / Langostas de Río	☐ Jején
☐ Psephenidae	☐ Caballitos del Diablo	☐ Gusanos Acuáticos
☐ Mosca de las Piedras (Plecópteras)	☐ Libélulas	☐ Caracol Pulmón
☐ Caracol con Branquias	☐ Mosca Corydalidae (Fishfly)	☐ Chironomid
☐ Escarabajo Elmidae (adulto)	☐ Almejas o Mejillones	☐ Sanguijuelas
☐ Mosca de Mayo (Efímera)	☐ Típula	☐ _____
☐ Mosca Corydalidae (Dobsonfly)	☐ Escarabajo Gyrinidae	☐ _____
☐ Frigáneas (Tricópteras)	☐ Escarabajo Elmidae (larva)	☐ _____
☐ _____	☐ Anfípodos	☐ _____
☐ _____	☐ Isópodos	☐ _____
☐ _____	☐ Díptero Athericidae	☐ _____
☐ _____	☐ Mosca del Aliso (Alderfly)	☐ _____
	☐ _____	
	☐ _____	

Pruebas Opcionales en las Muestras de Agua

Nitratos: _____ ppm

Fosfatos: _____ ppm

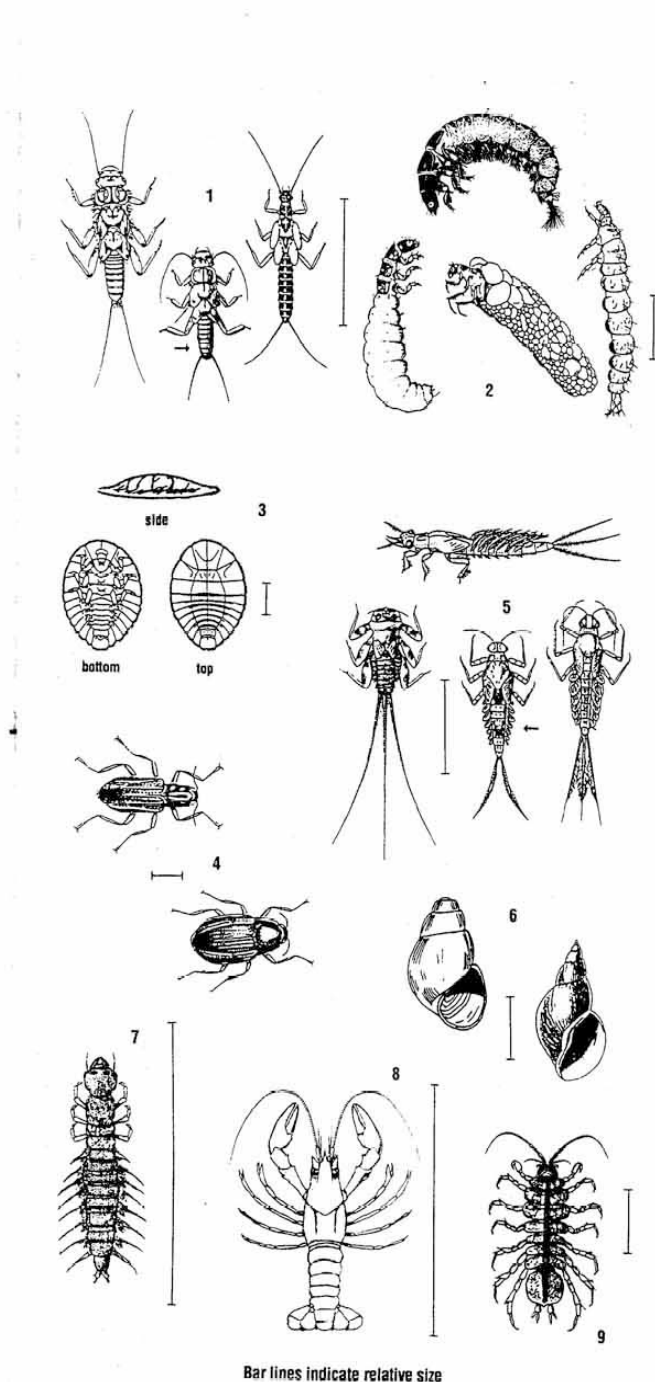
Demanda Biológica de Oxígeno (BOD): _____ ppm

Turbidez _____

Bacterias Coliformes: _____



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores



Stream Insects & Crustaceans

GROUP ONE TAXA

Pollution sensitive organisms found in good quality water.

- 1 **Stonefly:** Order *Plecoptera*. 1/2" - 1 1/2", 6 legs with hooked lips, antennae, 2 hair-like tails. Smooth (no gills) on lower half of body. (See arrow.)
- 2 **Caddisfly:** Order *Trichoptera*. Up to 1", 6 hooked legs on upper third of body, 2 hooks at back end. May be in a stick, rock or leaf case with its head sticking out. May have fluffy gill tufts on lower half.
- 3 **Water Penny:** Order *Coleoptera*. 1/4", flat, saucer-shaped body with a raised bump on one side and 6 tiny legs on the other side. Immature beetle.
- 4 **Riffle Beetle:** Order *Coleoptera*. 1/4", oval body covered with tiny hairs, 6 legs, antennae. Walks slowly underwater. Does not swim on surface.
- 5 **Mayfly:** Order *Ephemeroptera*. 1/4" - 1", brown, moving, plate-like or feathery gills on sides of lower body (see arrow), 6 large hooked legs, antennae, 2 or 3 long, hair-like tails. Tails may be webbed together.
- 6 **Gilled Snail:** Class *Gastropoda*. Shell opening covered by thin plate called operculum. Shell usually opens on right.
- 7 **Dobsonfly (Hellgrammite):** Family *Corydalidae*. 3/4" - 4", dark-colored, 6 legs, large pinching jaws, eight pairs feelers on lower half of body with paired cotton-like gill tufts along underside, short antennae, 2 tails and 2 pairs of hooks at back end.

GROUP TWO TAXA

Somewhat pollution tolerant organisms can be in good or fair quality water.

- 8 **Crayfish:** Order *Decapoda*. Up to 6", 2 large claws, 8 legs, resembles small lobster.
- 9 **Sowbug:** Order *Isopoda*. 1/4" - 3/4", gray oblong body wider than it is high, more than 6 legs, long antennae.

Save Our Streams

Izaak Walton League of America
1401 Wilson Blvd. Level 8
Arlington, VA 22209



GLOSARIO

Abundancia: Indica el número de individuos presente en un biotipo o en un área determinada.

Acciones antrópicas: se refiere a lo originado por la actividad humana.

Adosado: Tener una cosa junto a otra que le sirva de respaldo o apoyo.

Aguas lóaticas: son las que corren por la superficie terrestre entre ellas están los ríos, arroyos, cascadas.

Alóctono: Que tiene su origen en un lugar diferente a aquel en el que vive o se encuentra: rocas alóctonas; especies animales alóctonas.

Autóctono: Originario del mismo país en que vive.

Bentos: Se refiere a todos aquellos organismos que viven en los fondos de los lagos y ríos, adheridos a sustratos.

Biotipo: Espacio limitado donde vive una biocenosis en el que las condiciones ecológicas son idénticas.

Comunidades bentónicas: comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos.

Cuenca hidrográfica: Al espacio delimitado por la unión de todas las cabeceras que forman el río principal o el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico.

Diversidad: Número de especies presente en una comunidad o ecosistema.

Densidad de especies: Número de especies encontrado en una unidad de área.

Dosel: Está hecho de ramas que se superponen y de las hojas de los árboles de la pluviselva que puede estar a más de 100 pies por encima del suelo.

Ecosistemas fluviales: Característica fundamental de los ríos en su organización horizontal, que viene determinada por la existencia de un flujo continuo de agua que traslada hacia los tramos inferiores lo procedente de los tramos superiores.

Erosión: Es el proceso de sustracción o desgaste del relieve del suelo intacto (roca madre), por acción



de procesos geológicos exógenos como las corrientes superficiales de agua o hielo glacial, el viento o la acción de los seres vivos.

Estresor : Son las situaciones desencadenantes del estrés y pueden ser cualquier estímulo, externo o interno (físico, químico que de manera directa o indirecta, propicie la desestabilización en el equilibrio dinámico de los organismos.

Eutrofización: Enriquecimiento de nutrientes de un [ecosistema](#).

Índices bióticos: Basados en sistemas de puntuación a las especies o grupos de organismos según su sensibilidad o tolerancia a la contaminación.

Índice de diversidad de especies: Expresa el número de diversidad de especie en una comunidad.

Limnología: Es la rama de la [ecología](#) que estudia los [ecosistemas](#) acuáticos continentales ([lagos](#), [lagunas](#), [ríos](#), [charcas](#), [marismas](#) y [estuarios](#)).

Macrozoobento: Conjunto de los [animales](#) y muchos [protistas heterotróficos](#) que viven en el [substrato](#) de los [ecosistemas acuáticos](#) y se pueden ver a simple vista.

Oligotrofización: Es un [cuerpo de agua](#) con baja [productividad primaria](#), como resultado de contenidos bajos de [nutrientes](#).

Perifiton: Comunidad de microorganismos acuáticos que se adhieren a plantas enraizadas, objetos sumergidos anexados o a sustratos sólidos sumergidos.

Riqueza de especies: Relaciona el número de especies encontrado con la cantidad de individuos colectados en el área de la muestra.

Sistema de los saprobios: Basado en la dependencia de los organismos de la descomposición de la materia orgánica como fuente de alimento.

Solubilidad: Es una medida de la capacidad de una determinada [sustancia](#) para [disolverse](#) en otra.

Variables hidrológicas: Son todas aquellas etapas que suceden en el ciclo del agua, Ej. Evaporación, precipitación, etc.

Vegetación natural: Conjunto de organismos vegetales propios de un lugar o región, o existentes en un terreno determinado



Evaluación de la calidad de agua del río Tamarindo mediante macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.
