

Macroinvertebrados Acuáticos como indicadores de la calidad de las aguas en tres microcuencas en Tola, Rivas, Nicaragua.

Thelma Salvatierra Suarez

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua. thelma.salvatierra@cira-unan.edu.ni

Resumen.

Se estudió la fauna de los macroinvertebrados acuáticos en tres microcuencas: Nahualapa, Brito y Escalante, del Municipio de Tola, Rivas, Nicaragua. A través del análisis de la información producida en el CIRA/UNAN-Managua (Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua) a partir de un muestreo en la época seca fueron utilizadas las variables de densidad poblacional (ind.m^{-2}), abundancia numérica relativa (%) e Índice Biótico de Familias (IBF). El objetivo del estudio fue determinar la calidad del agua en las tres microcuencas usando macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos. Los resultados mostraron dominancia del Phylum Arthropoda con cinco órdenes y 14 familias (Candonidae, Tricorythidae y Chironomidae) las encontradas con más frecuencia y abundancia. La calidad de los sitios fue verificada con los resultados obtenidos en el índice biótico de familias mostrando similitud en cuatro sitios clasificando la calidad del agua como mala, los otros tres sitios la calidad varió de mala, regular y buena respectivamente. La dominancia de una categoría taxonómica de macroinvertebrados acuáticos, estableció un comportamiento homogéneo y simplificado de la estructura comunitaria, que determinó las categorías y clasificación de la calidad de las aguas según el índice biótico de familias.

Palabras claves: Macroinvertebrados, indicadores, calidad, microcuencas, Nicaragua.

Introducción.

Los Macroinvertebrados Acuáticos (MIA) son los organismos que habitan en los sedimentos de los ecosistemas acuáticos, o en cualquier tipo de sustrato (hoja, tronco, macrofitas, entre otros). Se incluyen los individuos iguales o mayores a 300 μm , entre ellos se encuentran los turbelarios, nemátodos, oligoquetos, hirudíneos, insectos, arácnidos, crustáceos, gasterópodos y bivalvos. Algunos representantes pasan períodos de residencia en agua por tiempo cortos, otros prolongados y algunos exclusivamente acuáticos.

Los macroinvertebrados acuáticos son excelentes indicadores biológicos de las condiciones de calidad de un determinado recurso hídrico superficial. Cuando hay evidencias de contaminación orgánica o química los macroinvertebrados son utilizados para determinar la

calidad del ecosistema acuático, por el contacto directo que mantienen con su hábitat natural, los sedimentos así ante cualquier perturbación en ellos, estos organismos emiten respuestas negativas o positivas ante cualquier situación.

El conocimiento de los macroinvertebrados acuáticos en las zonas templadas ha sido ampliamente difundido por medio de los textos de Usinger (1956), Edmondson (1959), Hynes (1974), Merrit y Cummins (1996), Penak (1978), Wesenberg-Lund (1980) y McCafferty (1981); citados por Roldán y Ramírez (2008). Es así entonces que el uso de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos para evaluar la calidad de las aguas es más frecuente en algunos países de Latinoamérica, con la adecuación del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP') modificado por Alba-Tercedor y Sánchez Ortega (1988), por el BMWP/Col por Roldán (2003); en México Weigel *et al.* (2002) desarrollaron un índice integrado para evaluar ríos en la zona centro occidental del país; en Chile Figueroa *et al.* (2003) y Leiva (2004) aplican el Índice Biótico de Familia de Hilsenhoff en varios ríos meridionales; citados por Segnini 2003.

En Centroamérica se han realizado varias contribuciones en el uso de los macroinvertebrados acuáticos para la evaluación de la calidad biológica del agua, utilizándolos en estudios a corto y largo plazo, así como también en la adecuación de los valores de tolerancia para el índice BMWP basado en Alba-Tercedor y Sanchez Ortega (1988), adaptado para Costa Rica (BMWP-CR) y el IBF de Hilsenhoff, Sermeño *et al.* (2010) adecuado para El Salvador (IBF-SV-2010).

La implementación del biomonitoreo acuático en Costa Rica se ha realizado principalmente en proyectos hidroeléctricos, mineros y agrícolas, entre otros. Además, para los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA), la Secretaría técnica nacional Ambiental (SETENA) exige estudios de fauna acuática, específicamente de macroinvertebrados, en la mayoría de los proyectos que pueden afectar directa- o indirectamente un ambiente acuático. Los macroinvertebrados también han sido usados como indicadores en casos de denuncias penales por contaminación acuática Springer, (2010).

Según Springer, (2010) con más investigación científica se logrará una adecuada aplicación de los bioindicadores en los estudios de calidad del agua en el país y estandarizar las metodologías. Con la publicación del “Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales”, publicado en la gaceta en septiembre del 2007 (MINAE-S no. 33903), se dio un gran paso científico-técnico.

El Salvador ha avanzado bastante en el tema del biomonitoreo acuático. Desarrollaron investigadores de la Universidad de El Salvador, un proyecto con el fin de crear las bases necesarias para establecer un protocolo para el monitoreo de los ríos mediante el uso de macroinvertebrados. Como uno de los productos del proyecto, financiado por la OEA, se publicaron una serie de guías, incluyendo el índice IBF-SV Springer, (2010).

En las tres microcuencas seleccionadas los ríos disminuyen su caudal en la época seca, lo que se ha acentuado en los últimos tiempos por los cambios de uso en los suelos de vocación forestales a agrícolas y pecuario, lo que conlleva a problemas de sedimentación, entrada de nutrientes y plaguicidas persistentes, Los objetivos propuestos para este estudio fueron: determinar la densidad y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos y aplicar el Índice Bióticos de FamiliasIBF/Hilsenhoff, (1987) para la evaluación de la calidad de las aguas en las tres microcuencas.

Materiales y Métodos.

El Municipio de Tola está ubicado en el departamento de Rivas, a 124 km al sur de Managua, y a 13 km de la cabecera departamental. El municipio está dividido en 11 microcuencas, compartidas en su parte alta por los municipios de Belén y Rivas, las de mayor área son: Brito, Escalante y Nagualapa, seguidas de las microcuencas de los ríos Guazacate, El Limón, Murciélago y Corcuera. Para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos fueron seleccionadas solamente las microcuencas Nahualapa, Brito y Escalante, por ser las unidades hidrográficas con mayor superficie e importancia económica y ambiental en la zona (Figura 1).

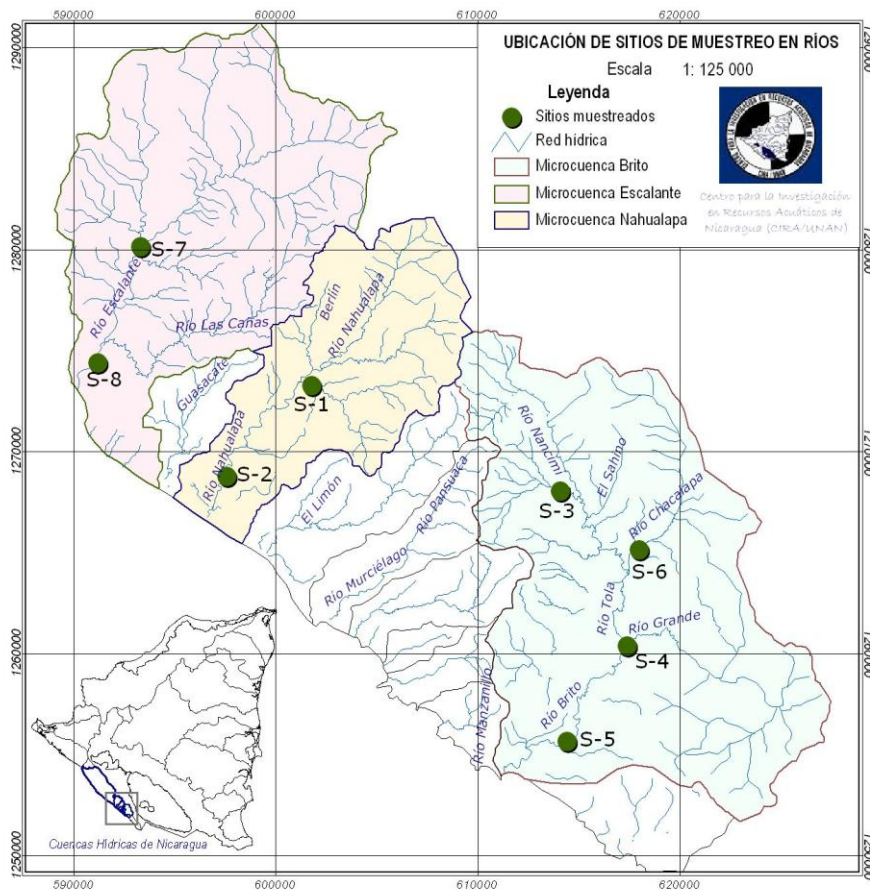


Figura 1. Mapa de ubicación de sitios estudiados.

Fueron seleccionados ocho sitios de muestreo, donde se recolectaron muestras de sedimento con material orgánico del fondo de los ríos en la época seca (Febrero, 2007), para el análisis cualitativo y cuantitativo de los macroinvertebrados acuáticos, fue utilizada una red de captura tipo Surber, con luz de malla de 200 micras y área de captura de 642.5 cm².

El ancho del río fue dividido en tres secciones ubicando el muestreador en cada una de las secciones, y recolectando sedimento de cada una de ellas.

Posteriormente, el sedimento fue depositado en frascos de plásticos de 250 ml, preservándolas con alcohol al 97%, rotulándolas con el nombre del sitio, fecha y hora de muestreo, posteriormente se colocaron en canastas de plástico de textura más fuerte y grandes con el propósito de conservarlas en buen estado hasta la llegada al laboratorio de Hidrobiología en el CIRA/UNAN-Managua.

Las muestras en el laboratorio fueron lavadas utilizando un tamiz de 200 μm para separar los organismos de los sedimento, las muestras totalmente limpias fueron guardadas otra vez en recipientes de plástico (250 ml) preservándolas con alcohol al 97% y rotuladas nuevamente con el nombre del lugar, fecha y hora de recolecta.

Una vez que las muestras estuvieron listas para el análisis, el sedimento fue colocado en pocas cantidades en un plato petri revisando y separando los organismos uno por uno por medio de pinzas bajo un microscopio estereoscopio, seguidamente fueron colocadas en frascos de vidrio conteniendo alcohol y agregando 2-3 gotas de glicerina, para mantener blandas y flexibles las estructuras de los organismos. Cada muestra fue analizada de forma individual siguiendo los Procedimientos Operativos Normalizados (PON) descritos en el Manual de Calidad Analítica del Laboratorio de Hidrobiología.

Para la identificación del grupo de los macroinvertebrados se utilizó un microscopio compuesto (Leica DM LS2) con objetivos de 4x, 10x, 25x, 40x y 100x provistos de un micrómetro ocular calibrado. Los individuos se clasificaron según clase, orden, familia y género (esta última cuando fue posible), utilizando las claves taxonómicas de Roldán (1988), Pennak (1978) y Merrit & Cummins (1984). Fueron utilizadas ecuaciones matemáticas para determinar la densidad poblacional y abundancia de los individuos (Standard Methods, 2005), así como también la aplicación del Índice Biótico de Familias IBF/Hilsenhoff, (1987) de calidad del agua en relación a los organismos encontrados.

Para calcular el Índice Biótico se agrupan las familias y se les asigna un valor de tolerancia al grado de contaminación orgánico, se asigna un valor de tolerancia entre 1 y 10; es así entonces que a las familias sensibles o menos tolerante se les asigna un valor entre 1 y 5, y a las más tolerantes un valor mayor entre 6 y 10. El producto obtenido del valor de tolerancia y número de individuos por familia se suma y se divide entre el número total de individuos en la muestra para cada sitio analizado. El resultado obtenido del IBF se compara con el rango del índice establecido por Hilsenhoff, (1987), determinando así la clase y categoría de calidad, como también el aporte de material orgánico y grado de contaminación.

Resultados.

Composición de especies.

Se identificaron macroinvertebrados acuáticos que pertenecen al grupo taxonómico de los artrópodos encontrados con el más alto número de especies (23) y moluscos con el menor número (1), para un total de 24 especies identificadas. (Tabla 1). Se encontró homogeneidad en la composición de especies de los macroinvertebrados acuáticos en todos los sitios analizados. Es importante mencionar que en el sitio ubicado en Salinas de Nahualapa (S-2) se encontró solamente una especie de molusco (Gasterópodo – una sola valva - *Theodoxus sp.*), que tiene importancia ecológica por la representación endémica en el sector.

La composición de especies estuvo dominada por la Clase Insecta – Phylum Arthropoda (Figura 2) en casi todos los sitios muestreados, a excepción de los sitios Salinas de Nahualapa (S-2) y Escalante Cangrejal (S-8). Dentro de la clase Insecta, el orden Díptera fue el más dominante con doce especies en total, dominando la familia *Chironomidae* con ocho especies (Tabla 1).

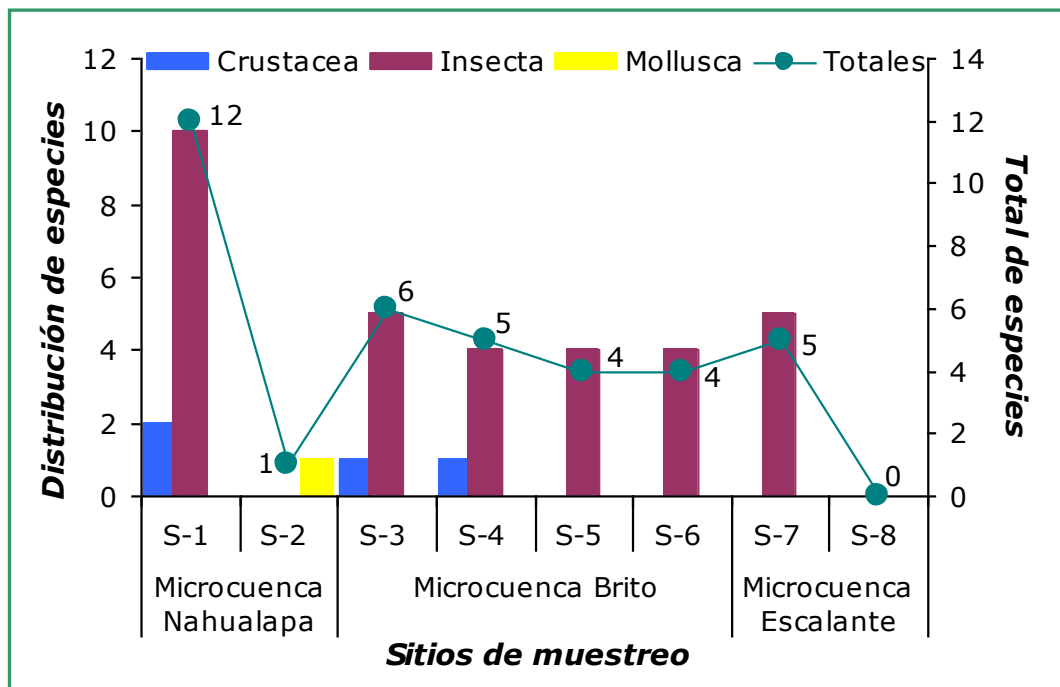



Figura 2. Distribución de especies encontradas con el total de especies.

Tabla 1. Categorías taxonómicas de macroinvertebrados acuáticos.

		Categorías Taxonómicas			
	Sub Phyllun	Clase	Orden	Familia	Especies
Phyllum Arthropoda	Crustacea	Ostracoda		Candonidae	<i>Candona sp.</i>
		Decapoda		Palaemonidae	<i>Macrobrachium carcinus</i>
			Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp.</i>
	Tricorythidae			<i>Tricorythodes sp.</i>	
	Leptophlebiidae			<i>Traverella sp.</i>	
	Caenidae			<i>Caenis sp.</i>	
	Odonata (Zygoptera)			Coenagrionidae	<i>Acanthagrion sp.</i>
		Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Neotrichia sp.</i>	
			Hydropsychidae	<i>Smicridea sp.</i>	
			Leptoceridae	<i>Atanotolica sp.</i>	
		Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Tropisternus sp.</i>
				Tabanidae	<i>Tabanus sp.</i>
			Diptera		<i>Chrysops sp.</i>
				Ceratopogonidae	<i>Bezzia sp.</i>
					<i>Culicoides sp.</i>
					<i>Coelotanypus sp.</i>
					<i>Epoicocladus sp.</i>
					<i>Saetheria sp.</i>
				<i>Polypedium sp.</i>	
				<i>Ablabesmyia sp.</i>	
		<i>Procladius sp.</i>			
		<i>Paratendipes sp.</i>			
		<i>Tanytarsus sp.</i>			
Phyllum Mollusca	Gastropoda		Neritidae	<i>Theodoxus sp.</i>	

Categorías taxonómicas según claves de identificación de Roldán (1988), Pennak (1978) y Merrit & Cummins (1984). Fuente: Elaboración propia.

Además de las especies halladas en los sitios muestreados, también fueron encontrados conchas vacías de moluscos (Gasterópodos – una sola valva - Familias Physidae y Viviparidae), que no fueron incluidos en el conteo de los individuos, pero se mencionan por la importancia ecológica. Fueron hallados también alevines de peces bentónicos (Familias Poeciliidae y Achiridae), en la Familia Achiridae con una sola especie conocido comúnmente como lenguado redondo (*Trinectes fonsecensis*).

Densidad comunitaria y Abundancia relativa numérica.

Los hallazgos encontrados en el análisis de los macroinvertebrados acuáticos mostraron la dominancia del Phylum Arthropoda, con la clase Insecta dominando en cuanto a densidad y abundancia respectivamente (1736 ind.m^{-2} ; 73%), con cinco ordenes: Ephemeroptera, Odonata, Trichoptera, Coleóptera y Díptera siendo esta última la más representativa (1001 ind.m^{-2} ; 42%), con la familia Chironomidae más abundante (906 ind.m^{-2} ; 38 %).

Dentro del Phylum Arthropoda, se ubica también el subphylum Crustacea con dos clases. Ostracoda y Decapada que contribuyeron a la densidad poblacional y abundancia con 608 ind.m^{-2} (25%). El otro Phylum encontrado fue Mollusca con densidades bajas con un total de 62 ind.m^{-2} (3 %).

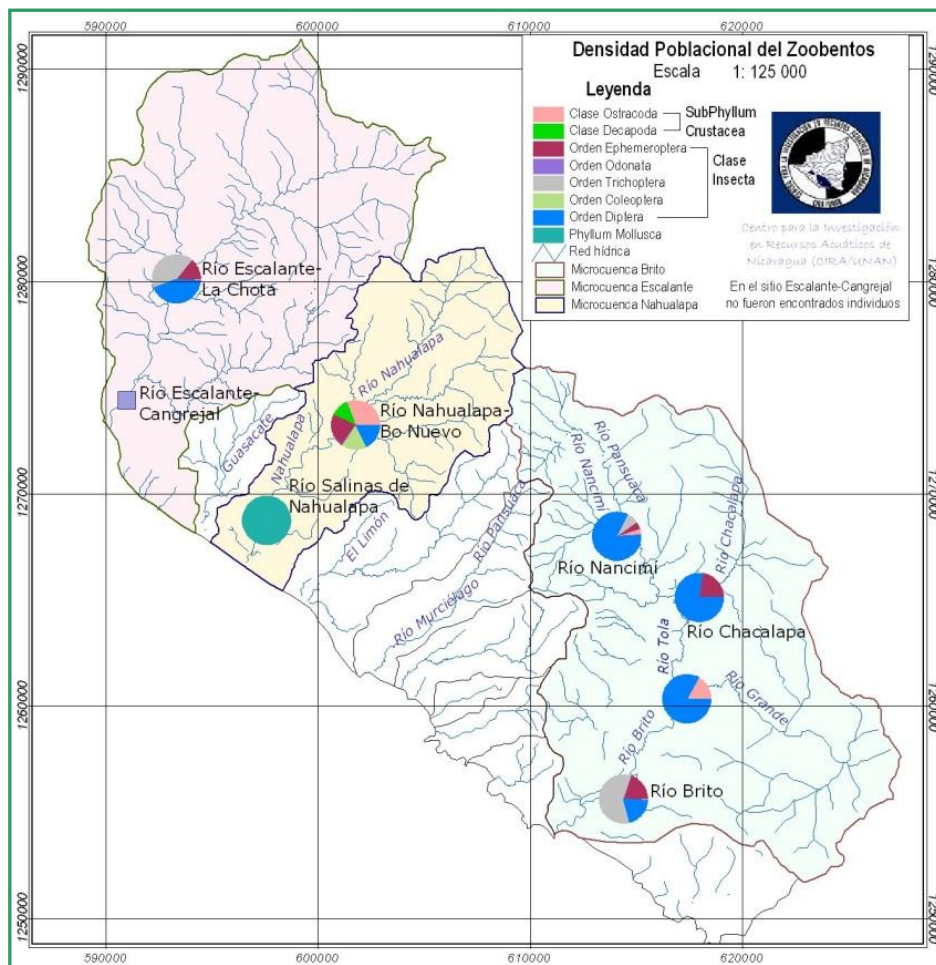


Figura 3. Densidad comunitaria de los macroinvertebrados acuáticos.

Índice Biótico de Familias (Hilsenhoff, 1987).

Las familias de los macroinvertebrados acuáticos encontradas en cada uno de los sitios analizados determinaron la calidad de agua para las tres microcuencas. En cuatro sitios de muestreo (S-1, S-3, S-4 y S-7) la calidad del agua fue la misma (mala), en el resto de los sitios (S-2, S-6 y S-5) la calidad varió de mala, regular y buena respectivamente (Tabla No.2). La clase y calidad del agua nos refleja un problema en los sectores analizados en relación a la entrada de nutrientes y material orgánico.

Tabla 2. Resultados del IBF (Índice Biótico de Familias) en las tres microcuencas.

Microcuencas	Sitios de muestreo	Clase de calidad	Rangos de calidad definidos	Calidad del agua	Valor obtenido en los sitios	Aporte de material orgánico y grado de contaminación
Río Nahualapa	S-1 Nahualapa-B° Nuevo	V	5,76 - 6,50	Mala	6.24	Material orgánico de moderado a abundante, contiene contaminación orgánica.
	S-2 Salinas de Nahualapa	VI	6,51 -7,25	Mala	7.00	Material orgánico abundante, contiene mucha contaminación orgánica.
Río Brito	S-3 Nancimí	V	5,76 - 6,50	Mala	5.85	Aporte de material orgánico igual al S-1.
	S-4 Unión Tola y Grande	V	5,76 - 6,50	Mala	6.17	Aporte de material orgánico igual al S-1, S-3.
	S-5 Brito	III	4,26 - 5,00	Buena	4.41	Material orgánico de escaso a moderado, con posibilidades de alguna contaminación orgánica.
	S-6 Chacalapa	IV	5,01 -5,75	Regular	5.55	Material orgánico moderado, contiene poca contaminación orgánica.
Río Escalante	S-7 Escalante-La Chota	V	5,76 - 6,50	Mala	6.00	Aporte de material orgánico igual al S-1, S-3 y S-4.
	S-8 Escalante-Cangrejal	No fueron identificados individuos, no hay valor IBF.				

Discusión.

Los macroinvertebrados acuáticos (MIA), en las tres microcuencas fueron predominantemente por el Phylum Arthropoda. Según Roldán y Ramírez (2008) el Phylum Arthropoda representa el grupo más abundante de macroinvertebrados acuáticos. A este Phylum pertenecen tres grandes clases a saber: Crustacea, Insecta y Arachnoidea.

En los sitios muestreados fueron encontrados dos de las clases mencionadas anteriormente: Crustacea e Insecta. De las dos, la más dominante en número de individuos y categorías taxonómicas halladas fue la clase Insecta. Los crustáceos estuvieron representados por dos clases Ostracoda y Decapoda. De las dos clase Ostracoda con la familia Candonidae (*Candona sp.*) fue la más abundante y localizada en tres sitios de los ocho muestreados. La clase Decapoda con la familia Palaemonidae con el género *Macrobrachium* encontrado en menor proporción y en solamente el sitio (S-1 Nahualapa-Bo Nuevo), según Roldán y Ramírez (2008) la familia Palaemonidae (*Macrobrachium*) es uno de los géneros más representativos en el neotrópico. Por su tamaño, el género *Macrobrachium* es utilizado intensamente para acuicultura. Este género vive en aguas cálidas tropicales limpias y es muy sensible a la contaminación orgánica o industrial Roldán y Ramírez, (2008). Es probable que la ausencia del genero *Macrobrachium* en los otros sitios de muestreo tenga relación con la entrada de material orgánico y nutrientes.

La clase Insecta fue la dominante en número de individuos y categorías taxonómicas (4 órdenes, 12 familias y 21 especies). El grupo de los insectos es ampliamente distribuido en el neotrópico y el más diverso en cuanto a las variedades de órdenes, familias, géneros y especies. Los resultados encontrados en este estudio con relación a la dominancia de los insectos es similar al de Figueroa *et al*, (2003) en la cuenca del Río Damas, Chile, donde registró un total de 77 taxa (75%) de los cuales correspondió a estados inmaduros de insectos. Los órdenes más diversos fueron Trichoptera (16 %), Diptera (14%) y Ephemeroptera (12%). En las tres microcuencas seleccionadas para este estudio los insectos fueron predominantes en particular los Dípteros. Según Roldán y Ramírez (2008) los Dípteros constituyen otro de los órdenes de insectos más complejos, abundantes y ampliamente distribuidos en el mundo.

Según Wetzel (1981), el grupo de animales más abundantes y diverso de la tierra son los insectos, la mayoría de los cuales son terrestres. Dentro de los insectos acuáticos, casi todos son de agua dulces. Algunos órdenes son enteramente acuáticos. El grupo más importante de los insectos acuáticos son los Dípteros, que forman los principales constituyentes de los invertebrados bentónicos de muchos sistemas de aguas quietas y de aguas corrientes, y entre ellos, las larvas de *Quironómidos* son particularmente ubicuas en su distribución Wetzel, (1981).

Es importante mencionar que en el sitio (S-8 Río Escalante – Cangrejal) ubicado en la parte baja de la Microcuenca Escalante no fueron identificados macroinvertebrados acuáticos. Es probable que los problemas ocasionados por las actividades humanas (ganadería extensiva, agricultura sin conservación de suelos y agua, uso de fertilizantes y plaguicidas, extracción de agua para riego, represas, entre otros) estén causando alteraciones al medio acuático, provocando la pérdida total de los macroinvertebrados acuáticos e incrementando las poblaciones de otros organismos más tolerantes a los cambios de calidad del ecosistema. Esto se verifica con el crecimiento acelerado de algas verdes (Chlorophyta) microscópicas

denominada *Spirogyra sp.* en el sitio, estas algas crecen aceleradamente cuando tienen las condiciones abióticas necesarias para crecer tales como: temperatura optima, luz solar, entrada de nutrientes al sistema en especial nitrógeno y fósforo, entre otros, a la par de estos aportes naturales las condiciones del medio se alteran con la entrada de agentes contaminantes de origen antropogénicos, tales como desechos sólidos (basura de todo tipo), líquidos (residuos de jabón y detergente), que en el sector fueron observados.

Los aportes de densidad poblacional y abundancia numérica de los macroinvertebrados acuáticos se relacionan con el tipo de sedimento, la profundidad del río, alimentos disponibles y depredadores. Es difícil deducir las causas de los bajos aportes de los organismos; no se conoce con exactitud los sucesos anteriores y posteriores a la toma de muestras, así como también la situación ambiental en otros sectores del río principal como de los tributarios. Con todo lo anterior, el biomonitoreo con macroinvertebrados acuáticos daría las respuestas sobre las causas y las posibles soluciones en los sitios estudiados.

La diferencia en la densidad total y abundancia relativa numérica probablemente estuvo relacionada al cambio de la velocidad de la corriente del río el cual modifica el hábitat y el alimento disponible, provocando diferencias en la estructura comunitaria de los macroinvertebrados acuáticos en los diferentes sitios muestreados.

El índice Biótico de Familias IBF/Hilsenhoff, (1987) mostró un panorama general de la situación ambiental de los sectores analizados en relación al comportamiento de las especies de macroinvertebrados acuáticos y los aportes del material orgánico. Según Figueroa *et al*, (2003) en la cuenca del Río Damas los resultados obtenidos, sugieren que el IBF es un buen indicador de la calidad de las aguas de los ríos de cuencas agrícolas y ganaderas del sur de Chile.

La clase y calidad del agua refleja un problema en los sectores analizados en relación a la entrada de nutrientes y material orgánico. Los valores obtenidos en el Índice Biótico de Familias no son favorables reflejando un estado mesotrófico a eutrófico (entrada media y alta de nutrientes al sistema).

La categoría más adecuada relacionada a la calidad de agua en ecosistemas acuáticos prístinos y que determina un mejor estado ecológico debería ser la categoría uno (I) que corresponde a aguas de excelente calidad, con rangos de índice entre 0.00 a 3.75.

Es necesario seguir monitoreando estos mismos sitios, para determinar otra vez el Índice Biótico de Familias, llegando a obtener así más datos que permitan asegurar que las aguas de los sitios seleccionados no son de buena calidad.

Conclusiones.

Se encontró dominancia de una categoría taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, la clase Insecta, con tres órdenes: Ephemeroptera, Trichoptera y Díptera, estableciendo un comportamiento homogéneo y simplificado de la estructura comunitaria.

Se encontró que el agua es mala en los sitios (S-1, S-3, S-4 y S-7), en el resto de los sitios (S-2, S-6 y S-5) varía de mala, regular y buena calidad en relación al Índice Biótico de Familias IBF/Hilsenhoff, (1987) de macroinvertebrados acuáticos.

Los resultados del índice concuerdan con las características ecológicas de las especies encontradas en cada uno de los sitios, determinando un estado meso – eutrófico con entrada moderada a abundante de materia orgánica y nutrientes al sistema y oligo-mesotrófico (en el sitio de buena calidad) con escasa a moderada entrada de nutrientes y materia orgánica.

El haber encontrado las categorías (III, IV, V y VI) de calidad de agua con el Índice Biótico de Familias Hilsenhoff, (1987) no brinda una panorámica integral de la calidad del ecosistema acuático, solamente nos relaciona con los aportes de materia orgánica y los cambios biológicos de los macroinvertebrados acuáticos.

Agradecimientos.

El estudio de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de las aguas en las microcuencas Nahualapa, Brito y Escalante, fue incluido en el proyecto *Evaluación del estado actual (calidad y cantidad) y estimación de la dinámica de recarga de los mantos freáticos en la franja costera del Municipio de Tola, Rivas*, componente del proyecto macro de la GTZ a través de su programa MASRENACE, a la Alcaldía Municipal de Tola. Sin embargo los costos de análisis de las muestras, interpretación de los resultados y tiempo de la investigadora fueron asumidos en su totalidad por el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN-Managua), como aporte científico técnico de extensión universitaria a la Alcaldía de Tola, Rivas.

Literatura Citada.

- Alba-Tercedor, J. y Sánchez, O, (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basada en el de Hellowell (1978). *Limnética*. 4:51-56.
- Figuroa, R., Valdovinos, C., Araya, E. y Parra., O., (2003). *Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile*. Unidad de Sistemas Acuáticos, Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*.
- Hilsenhoff, W.L., (1987). An improved biotic index of organic stream pollution. *The great lakes entomologist J.N. Benthol*. Vol. 20. No.1
- Merrit, R. y Cummins, K., (1984). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Second Edition. Kundall / Hunt Publishing Company, Iowa. 711 p.

- Merritt, R. y Cummins, K., (1996). *Introduction to aquatic insects of North America*. 3.^a ed., Dubuque, Estados Unidos, Kendal/Hunt Publishing Company.
- Pennak, W., Robert, (1978). *Fresh Water Invertebrates of the United States*. 2.^a ed., Nueva York Wiley-Interscience. 803 p.
- Roldan, G., (1998). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Universidad de Antioquia, Colombia.
- Roldan, P. G. y Ramírez, R. J., (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. 2a.ed. Medellín, Editorial Universidad de Antioquia. 442 pp.
- Segnini, S., (2003). *El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente*. ECOTROPICOS 16(2):45-63 2003 Sociedad Venezolana de Ecología. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Laboratorio de Ecología de Insectos. La Hechicera. Mérida. Venezuela. E-mail: segninis@ula.ve
- Sermeño, J.M., Serrano, L., Springer, M., Paniagua, M, R., Pérez, D., Rivas, A,W., Menjivar, R, A., Bonilla, B, L., Carranza, F, A., Flores, J, M., Gonzáles, C., Gutiérrez, P,E., Monterrosa, A, J., y Arias, A, Y., 2010. *Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010)*. San Salvador, El Salvador. Editorial Universitaria (UES), 39 pp.
- Standard Methods for the Examination of water and wastewater 21 th Edition. Association. Washington. 2005 (Sección 10500: 10-63 al 10-78 pp.).
- Springer, M., (2010). Capítulo 3. *Biomonitoreo acuático*. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 58 (Suppl. 4): 53-59 pp.
- Wetzel, R., (1981). *Limnología*. Ediciones Omega, S,A. Barcelona España.
- Usinger, R. L., (1956). *Aquatic insects of California*. Berkeley, University of California Press.
- Edmonson, W. T. (ed.), (1959). *Freshw. Biol.*, Nueva York, John Wiley and Sons., 1980, "Secchi disk and chlorophyll", *Limnol. Oceanogr.*, 3:40-50.
- Hynes, H. B. N., (1974). *The ecology of running waters*. Ontario, University of Toronto Press., 1974, *The biology of polluted waters*. Ontario, University of Toronto Press.
- Wesenberg-Lund, (1980). *Biologie der Süßwassertiere. Wirbellose Tiere*. Veina, Tradu. O. Storch Springer. 1980, *Biologie der Süßwasserinsecten*. Berlin, Verlag J. Springer.
- McCafferty, W. P., (1981). *"Aquatic entomology"*. Nueva York, Science Books International, McGraw-Hill Boock Company.