

## **Análisis de la distribución de macroinvertebrados acuáticos a escala detallada en la ecorregión Lachuá, Cobán, Alta Verapaz.**

García, P.\* y Méndez C.\*\*

Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Universidad de San Carlos de Guatemala

\* pavelernest@gmail.com, \*\* irenadione1991@yahoo.com.mx

### **Resumen**

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar qué características fisicoquímicas se encuentran correlacionadas con la distribución de los macroinvertebrados acuáticos y cuáles de ellas explican su distribución en nivel de microhábitat, en los ríos Lachuá, Peyán y Tzetoc dentro del Parque Nacional Laguna Lachuá, en la Ecorregión Lachuá, Alta Verapaz, Guatemala. En cada río se recorrieron secciones de entre 100 y 200 metros, donde se realizaron arrastres con una red en D de un minuto sobre acumulaciones de materia orgánica. En cada punto de toma de muestra se midió la conductividad, la salinidad, total de sólidos disueltos, pH, temperatura, velocidad de la corriente y profundidad en la columna de agua. Con base en análisis de clasificación y ordenación realizados se determinó que la composición taxonómica de los ensamblajes de macroinvertebrados del río Peyán se diferencia en un 50 % de la composición taxonómica de los ensamblajes presentes en los ríos Tzetoc y Lachuá, correlacionado principalmente a la mayor concentración de sales y menor temperatura y concentración de oxígeno existente en el río Peyán. Las diferencias en la distribución de los macroinvertebrados dentro de una misma sección de río se vieron correlacionadas con la variación de la velocidad de la corriente y con los valores de pH. A pesar de las diferencias en la composición taxonómica, se estableció que la composición de los grupos funcionales alimenticios es similar en estos ríos, la cual se encuentra marcadamente dominada por los colectores-recogedores en más de un 70%.

Palabras clave: Distribución, microhábitat, macroinvertebrados acuáticos, Ecorregión Lachuá.

### **Abstract**

This research had as objectives two specific stuffs. First, I want evaluate what phisico-chemistry parameters have had correlation with the distribution of freshwater macroinvertebrates. Second aim, I want identify what phisico-chemistry parameters could explain their distribution to small-scale, in Lachuá, Tzetoc and Peyán rivers. All they are into National Park Lagoon Lachuá, on Ecorregión Lachuá, Alta Verapaz, Guatemala. I traveled across in each river sections 100 to 200 meter, where I collected freshwater macroinvertebrates with a D net. Each section was sampled with 10 drags. Each drag was for a minute over organic matter, it was deposited on the river's channel. I measured at each point of drag conductivity, salinity, total dissolved solids, pH, temperature, current velocity and depth in the water column. Based on cluster analysis and ordering analysis I found that taxonomic composition of Peyán river's macroinvertebrates assemblies differs by 50% of the taxonomic composition of assemblies in Tzetoc and Lachuá rivers. These was correlated to largest concentration of salts, lower temperature and lower concentration of oxygen in the Peyán river. Differences found in the distribution into each section's river were correlated with the speed of the current variation and pH values. In spite of differences in taxonomic composition, I established that functional feed groups are similar between rivers. Those rivers were dominated by collectors-gathered in more than 70%.

Key words: Distibution, small-scale, freshwater macroinvertebrates, Ecorregión Lachuá

## Introducción

La ecorregión Lachuá corresponde a uno de los últimos remanentes de bosques tropicales lluviosos del norte de Guatemala. Esta área fue declarada sitio RAMSAR en el año 2006. La ecorregión se encuentra constituida por el Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) y su zona de influencia, donde todo en conjunto es un mosaico de hábitats definidos recientemente según el uso antropogénico de la tierra (Escuela de Biología, 2004).

En la ecorregión se han desarrollado actividades de investigación con el objeto de establecer cómo este cambio en el paisaje influye en los patrones de distribución de la biodiversidad de la región. Estas investigaciones han sido impulsadas por el Programa de Investigación y Monitoreo de la ecorregión Lachuá (PIMEL) y el Instituto Nacional de Bosques (INAB). Dentro de las líneas de investigación impulsadas para el área se encuentra el monitoreo de la calidad del agua para la diversidad biológica. Para el desarrollo de este monitoreo se busca implementar un instrumento económico, práctico y confiable. A partir de esto se han iniciado estudios con macroinvertebrados para explorar su potencial como indicadores biológicos de perturbaciones en los ríos de la ecorregión. Si se estudia cómo se distribuyen los macroinvertebrados acuáticos a nivel de la Ecorregión Lachuá, se estarían estudiando sus patrones de distribución a una escala espacial grande. A esta escala espacial las diferencias en la distribución están dadas por características fisicoquímicas como cantidad de nutrientes, acidez del agua y la concentración de oxígeno, sales y solutos disueltos (Wetzel, 2001; Williams y Felmate, 1992; Fenoglio *et al.*, 2004). A una escala espacial menor, como entre la orilla de un río y el centro de un río o la otra orilla, la distribución espacial de los macroinvertebrados se atribuye a diferencias en cuanto al flujo del agua (velocidad de la corriente y profundidad en la columna de agua), sustrato y elementos bióticos como lo son la competencia y la depredación (Alba-Tercedor y Jiménez, 1978; Zimmerman, 1993; Hart y Finell, 1999; Fenoglio *et al.*, 2004).

Se ha encontrado que los patrones de distribución a pequeñas escalas influyen los patrones de distribución regionales (Heino *et al.*, 2003). Es por esto que si se quiere estudiar y monitorear los patrones de distribución de los macroinvertebrados acuáticos en la ecorregión Lachuá, se hace necesario conocer primero cómo se correlacionan las variables ambientales que actúan a nivel de hábitats puntuales. Con el conocimiento de estas fuentes de variación se podrá posteriormente

desarrollar un experimento de trayectoria (monitoreo) diseñado para segregar esta variación.

En la presente investigación se evaluó que variables fisicoquímicas se encuentran correlacionadas con la distribución de los macroinvertebrados acuáticos en los ríos Lachuá, Peyán y Tzetoc de la Ecorregión Lachuá. Siendo así un aporte al conocimiento de la ecología de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en Guatemala y Centro América. El objetivo de este experimento fue evaluar qué características fisicoquímicas se encuentran correlacionadas con la distribución de los macroinvertebrados acuáticos a una escala detallada.

Para lograr este objetivo se colectaron muestras de macroinvertebrados en los ríos Tzetoc, Lachuá y Peyán, entre el 8 y 10 de junio del 2007. En cada sitio se capturaron los macroinvertebrados acuáticos asociados al sustrato de materia orgánica por medio de arrastres con una red en D y se midieron parámetros fisicoquímicos para su correlación posterior. Los parámetros fisicoquímicos medidos fueron: velocidad de la corriente, profundidad en la columna de agua, concentración de oxígeno, conductividad, salinidad, total de sólidos disueltos, pH y temperatura del agua.

## Materiales y Métodos

Localidad de estudio:

La investigación se llevó a cabo en los ríos Lachuá, Peyán y Tzetoc. Estos ríos se encuentran en la Ecorregión Lachuá, sitio RAMSAR; la cual esta conformada por el Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) y su zona de amortiguamiento. Siguiendo la clasificación de Miranda (1978) la vegetación de la Ecorregión Lachuá, que en parte corresponde al arco húmedo, corresponde a Selva Alta Perennifolia con *Terminalia* y *Vochysia*. Esta área se encuentra en la cuenca del río Salinas, que se caracteriza geológicamente por poseer en su mayoría rocas sedimentarias de origen marino y terrestre. Sedimentos correspondientes al cretácico, terciario superior y cuaternario (Ficha Ramsar, 2004). La precipitación anual promedio reportada para el área es de 3300 mm. Los reportes indican que las lluvias se registran todo el año. Los meses de mayor precipitación van de junio a noviembre. La menor precipitación (época seca) se registra en los meses de febrero a abril. La humedad va de 90 a 95 % y la temperatura promedio es de 30 °C, temperaturas máximas 41 °C y mínima de 15 °C (MAGA y CATIE- ESPREDE, 2001). Los sitios de colecta se ubicaron en los ríos Lachuá, Tzetoc y Peyán en secciones ubicadas en las coordenadas de la zona 15p con Datum NAD 1927 751156E 1761634N,

749854E 1759920N y 748579E 1759356N respectivamente. Las secciones fueron segmentos de 100 a 200 m.

#### Colecta de macroinvertebrados acuáticos:

La colecta se realizó entre el 8 de junio y el 10 de junio del año 2007 para minimizar la variación temporal en la distribución de los macroinvertebrados acuáticos. Para la colecta se utilizó una red en "D", cada unidad muestral consistió en un arrastre de un minuto, donde se removió el fondo en dirección contraria al flujo del agua del río (McCafferty, 1981, Edwards, *et al.* 1998; Beatty *et al.* 2003).

En cada sitio se tomaron 10 unidades muestrales, con excepción del río Peyán donde solo se obtuvieron 9 unidades muestrales. En cada uno de las unidades muestrales se midieron de forma in situ: la velocidad de la corriente, la profundidad, temperatura, pH, total de sólidos disueltos (TDS) o salinidad, conductividad, oxígeno disuelto. Los últimos 5 parámetros se midieron con un multímetro portátil marca Hach Sension Tm 156.

Los especímenes colectados fueron determinados mediante claves taxonómicas hasta el nivel taxonómico posible según lo permitió la literatura disponible (Merritts y Cummins, 1996; Roldan, 1996; Wiersema y McCafferty, 2000; Posada y Roldan, 2003), luego se almacenaron en viales con una solución de alcohol-glicerina (9:1). Los especímenes se depositaron en el Musco de Historia Natural de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### Análisis estadístico:

Se utilizó estadística descriptiva para evaluar las riquezas y abundancias de los macroinvertebrados de las unidades experimentales. De la misma manera se evaluaron las variables fisicoquímicas. Para la clasificación y ordenación de los datos, se realizó un análisis de agrupamiento jerárquico, con el índice de Horn y el algoritmo de UPMGA; y el Análisis de correspondencia (CA por sus siglas en inglés). Para la realización de estos análisis se utilizaron las abundancias relativas de cada taxa en cada muestra. La relación entre características fisicoquímicas y la distribución de los macroinvertebrados se determinó mediante un Análisis Canónico de Correspondencia (Legendre y Legendre, 1998; McGarigal *et al.*, 2000).

Características fisicoquímicas de los sitios de estudio: Al comparar los valores de los parámetros fisicoquímicos entre los ríos se nota que la conductividad y la salinidad son mayores en el río Peyán que en los

ríos Tzetoc y Lachuá. La conductividad en el río Peyán se encuentra entre los 1198 a los 1256  $\mu$ Siemes ( $\mu$ S), mientras que en los ríos Tzetoc y Lachuá no supera los 1094  $\mu$ S. El total de sólidos disueltos en el río Peyán es de 591 partes por millón (ppm), mientras que en los ríos Tzetoc y Lachuá es inferior a 538 ppm. Estas diferencias se resumen en que la salinidad del río Peyán es de 0.6 ‰ mientras que la salinidad de los ríos Tzetoc y Lachuá es de 0.5 ‰ aproximadamente. La temperatura es otro factor físico que se diferencia entre el Peyán y los otros dos ríos, solo que en forma inversa, la temperatura del agua del río Peyán es mucho menor (Figuras 1 - 3).

En el río Lachuá los rangos de velocidad de la corriente van de los 0.129 a 0.638 m/s. En el río Tzetoc la velocidad de la corriente varío entre 0.080 a 0.588 m/s. Y en el río Peyán la velocidad del flujo de agua se encontró entre los 0.198 a 0.415 m/s; en este río también se tuvieron muestras con velocidades de corriente igual a 0 m/s debido a que eran remansos que se forman en el río y el agua queda prácticamente estancada, estos sitios representan una condición mas similar a los cuerpos lenticos. Es de mencionar que solo en las muestras con velocidades de la corriente igual a cero se tuvieron pH ácidos. Unido a esto se encuentran los valores de oxígeno disuelto en el agua, en general en los tres ríos se encontraron áreas con altas concentraciones de oxígeno (>50%), con excepción de los sitios donde la velocidad de la corriente era menor a 0.25 m/s.

#### Composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos:

Se colectaron 4,101 organismos, los cuales se encuentran distribuidos en 63 taxa (Cuadro 3). De estos el 96.8 % pertenecen a la Clase Insecta, por tanto es el componente dominante de la fauna bentónica del área estudiada. Los órdenes Coleoptera, Ephemeroptera, Tricoptera, Diptera y Odonata son los que presentan una mayor riqueza taxonómica. En estos órdenes se registraron 14, 11, 9, 9 y 8 morfoespecies respectivamente.

Al analizar las unidades experimentales de cada río como un conjunto tenemos que: en el río Lachuá se colectaron 895 especímenes pertenecientes a 35 taxa diferentes; en promedio se colectaron 11.2 taxa por unidad experimental con un mínimo de 6 y un máximo de 16 taxa. La media de abundancia por unidad experimental fue de 89.5 especímenes en el río Lachuá. En el río Tzetoc se colectaron 1692 especímenes distribuidos en 38 taxa; La media de riqueza por unidad experimental fue de 15.2; el mínimo fue de 11 taxa y

el máximo fue de 19 taxa. La abundancia media de organismos en el río Tzetoc fue de 169.2 especímenes por unidad. En el río Peyán se capturaron 1514 especímenes pertenecientes a 44 taxa; siendo el río en donde se obtuvo la mayor riqueza. La media de riqueza por unidad experimental fue de 16; se tuvo un mínimo de 9 taxa y un máximo de 25 taxa entre las unidades experimentales; la abundancia media en el río Peyán fue de 168.2 individuos (Figura 4, Cuadro 1). En lo que se refiere a los grupos funcionales alimenticios el grupo más abundante en los tres ríos fue el de los colectores, siendo entre el 65 y 73% del total de organismos; le sigue en abundancia el grupo funcional de los depredadores, en los ríos Tzetoc y Lachuá representaron entre 13 y 18% de los organismos, mientras que para el río Peyán solo el 3.56%. Los organismos desmenuzadores y raspadores representaron menos del 2% en los ríos Tzetoc y Lachuá, en el río Peyán representaron el 13% (Cuadro 1).

Clasificación y ordenación de los ensambles de macroinvertebrados acuáticos de los ríos Lachuá, Peyán y Tzetoc:

En el análisis de agrupamiento jerárquico (Figura 5) realizado se observa que a un nivel de corte al 50% se distinguen bien 2 grupos, donde se separan las unidades experimentales del río Peyán de las unidades experimentales de los ríos Lachuá y Tzetoc y la muestra número 5 del río Peyán.

Esta separación es evidente al revisar y comparar la composición de los ensambles entre los tres ríos. Donde el río Peyán comparte el 50 % de su composición taxonómica con los ríos Lachuá y Tzetoc. Entre los ríos Tzetoc y Lachuá se comparten 74 y 80% de su riqueza respectivamente. Tanto dentro del grupo de las unidades experimentales del río Peyán como el grupo conformado por las unidades experimentales de los ríos Tzetoc y Lachuá, se observan como se subdividen en subgrupos hasta con un 30% de disimilitud, donde las agrupaciones se dan entre unidades muestrales del mismo río.

En las unidades experimentales del río Lachuá los organismos más abundantes y dominantes son los coleópteros pertenecientes a la familia Elmidae (*Heterelmis sp.*, *Hexacyllopus sp.*, *Phanocerus sp.*) y en especial el género *Heterelmis sp.* También se encuentran bien representados los órdenes Plecoptera (*Anacroneria sp.*), Ephemeroptera (*Farrodes sp.*), Tricoptera (*Chimarra sp.*) y Diptera con organismos pertenecientes a las familias Chironomidae y Cerapotonidae. Las unidades experimentales del río Tzetoc se diferencian con las del río Lachuá debido a los taxa como los efemerópteros *Thraulodes sp.* y

*Caenis sp.*, el tricóptero *Smicridea sp.*, entre los coleópteros tiene mayor abundancia el género *Microcyloepus sp.*, los chironómidos son mucho más abundantes, al igual que *Argia sp.* (Odonata). La composición de los ensambles presentes en el río Peyán tiene giro fuerte con respecto a la composición de los ensambles de los ríos Lachuá y Tzetoc. Sigue siendo un coleóptero el organismo más abundante, pero en este caso son los organismos del género *Phanocerus sp.* y el género *Heterelmis sp.* apenas si está presente en el río Peyán. Es de notar que en el río Peyán no se colectaron organismos del género *Anacroneria sp.* (Plecoptera). El orden Ephemeroptera en los ríos Tzetoc y Lachuá solo presentó individuos de tres géneros, mientras que en el río Peyán se presentaron 10 géneros, siendo muy abundante el género *Bateis sp.* En el orden Tricoptera se presentó de forma muy abundante especímenes de la familia Hidroptilidae. La unidad experimental peyan 5 se diferenció fuertemente de las demás unidades experimentales de los tres ríos, principalmente por la alta abundancia de gasterópodos.

En el análisis de correspondencia, se puede apreciar como se ordenan los sitios y las especies a lo largo de los dos primeros ejes de ordenación (Figura 6). La varianza total de todas las muestras es de 3.037 y entre el primer eje y el segundo eje representan 38.2% de la variación total (Cuadro 3).

En la figura 8 se observa como sobre el eje 1 y el eje 2 se separan las unidades experimentales del río Peyán de las unidades de los ríos Tzetoc y Lachuá, al igual que en el análisis de agrupamiento jerárquico. Estos dos grupos tienen una diferenciación interna sobre el eje 2.

Entre las unidades experimentales del río Peyán se observa, en la figura 8b, como se encuentra separada la unidad peyan5 diferenciándose de todas las demás unidades. En el extremo inferior izquierdo se agrupan las muestras peyan1, peyan2, peyan6 y peyan9. Entre las unidades experimentales de los ríos Tzetoc y Lachuá también se observa una separación de las unidades sobre el eje 2. Se tiene en el lado superior izquierdo a las unidades tzetoc2, lach2 y lach3 y hacia el lado inferior izquierdo a las unidades lach1, lach7, lach9, lach10; entre estas unidades se observan la mayoría de unidades del río Tzetoc y las restantes del río Lachuá. En el análisis de correspondencia canónico, donde se pueden apreciar las relaciones entre las muestras, especies y variables fisicoquímicas (Figura 7). Los tres primeros ejes del CCA explican el 85% de la varianza explicada por las variables ambientales incluidas en el análisis. Esta varianza corresponde al 39.5% de la varianza total que existe en la matriz de especies. El

grado de correlación entre los ejes formados por los datos de los taxa y las variables ambientales sugiere que los parámetros fisicoquímicos medidos explican la ordenación de las muestras en las figuras 8 y 9 (Cuadro 3, 4).

De las siete variables fisicoquímicas medidas, solo se representan 5, debido a que estas son las que mejor se correlacionan con los ejes de ordenación canónicos. La variación en el eje 1 se correlaciona positivamente con la salinidad (0.960), la conductividad (0.944) y de forma negativa con la temperatura (-0.920). En la figura 9 solo se presenta el gradiente de la salinidad y no se presentan los gradientes de conductividad ya que está correlacionado con la salinidad (0.987) y por lo tanto no es significativa su correlación con los ejes canónicos (Cuadro 5).

La variación en el eje 2 está correlacionada negativamente con las variables velocidad de la corriente (-0.557) y pH (-0.537). Se presentan los gradientes de las dos variables debido a que estas se encuentran muy poco correlacionadas entre sí (0.420).

### Discusión

Características fisicoquímicas de los sitios de estudio: Al examinar los valores de conductividad y pH de las muestras en los tres ríos se puede observar que se trata de aguas duras, tal y como lo han reportado estudios anteriores en el área (Granados, 2001; Christensen y Granados, 2002; Vantuylen *et al.*, 2006). Los valores mayores de conductividad y por tanto de salinidad en el río Peyán en relación a los ríos Lachuá y Tzetoc se pueden deber al origen de los mismos. El río Peyán es un río que nace en las montañas del sur de la ecorregión, montañas con una geología cárstica (mapas MAGA, 2001), lo que sugiere que gran cantidad de partículas como carbonatos, silicatos y otras sales solubles, se derivan por el desgaste y descomposición del karts de las áreas donde tiene lugar el nacimiento del río (Christensen y Granados, 2002). Esta agua luego se acumula en la laguna, donde la disminución en la concentración de sales puede deberse que la laguna también tiene otras fuentes de alimentación como lo son algunos ríos temporales y efímeros producto de las lluvias y el mismo volumen de agua que esta posee. Esta agua con menor conductividad, como lo reporta Granados (2001) da origen a los ríos Tzetoc y Lachuá, ríos que drenan la laguna y tienen valores de conductividad y salinidad similares a los reportados para la laguna.

Lo anterior también explica las diferencias en temperatura entre estos ríos, ya que una vez que el agua ha estado en la laguna y expuesta a la irradiación

solar, adquiere mayores temperaturas a las que tuvo durante el recorrido del río Peyán. Teniendo como consecuencia que la temperatura del agua en los ríos que drenan la laguna sea mayor (Figura 3). Los valores de pH en los ríos son en su mayoría básicos, con excepción de algunas muestras en el río Peyán (peyan4, peyan5 y peyan7). Estas muestras fueron tomadas en remansos donde la corriente de agua es cero y se daba una gran acumulación de materia vegetal en descomposición, debido a lo cual se acumulan los productos ácidos de la fermentación de la materia orgánica. Debido a la ausencia de flujo de agua estas tres unidades experimentales se pueden considerar como un ambiente diferente al experimento, Los altos valores de oxígeno disuelto y los valores de nutrientes reportados en Van Tuylen *et al.* (2006) nos indican que los cuerpos de agua bajo estudio son oligotróficos. En el río Peyán los valores de oxígeno disuelto fueron relativamente menores que en los ríos Tzetoc y Lachuá, condición que puede deberse a que la solubilidad del mismo decrece con el aumento de la salinidad (Wetzel, 2001).

Composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos:

La información sobre macroinvertebrados acuáticos en Guatemala es escasa, aún más escasos, son los estudios sobre de la ecología de los mismos. En Guatemala solo existen los estudios generados recientemente en la Ecorregión Lachuá y otro generado en el Biotopo Chocón Machacas (Van Tuylen, 2006; Van Tuylen *et al.* 2006 y Calderón, 2007). Sobre la ecología y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos se han desarrollado trabajos en Nicaragua, Costa Rica y Panamá (Ramírez y Pringle, 1998; Fenoglio *et al.*, 2004; Medianero y Samaniego, 2004; Ramírez *et al.*, 2006). La composición faunística de la comunidad de macroinvertebrados registrados en este estudio es muy similar a la encontrada en otros ríos de Centroamérica que se encuentran dentro de áreas protegidas y en tierras bajas (Ramírez y Pringle, 1998; Fenoglio *et al.*, 2004). Se colectaron 9 taxa menos que en lo registrado para la Ecorregión Lachuá (Van Tuylen *et al.*, 2006), esto debido a la reducción en la escala espacial y temporal de la presente investigación.

En los ríos Lachuá, Peyán y Tzetoc la comunidad de macroinvertebrados acuáticos se encuentra dominada por los insectos, estos constituyen el 96.8% de la riqueza total. Esto es similar a lo reportado en áreas templadas y tropicales (Williams y Feltmate, 1992; Allan, 1995).

Al analizar la composición de los grupos funcionales se observa que los grupos más abundantes son los

colectores y los depredadores, siendo más del 70%, los desmenuzadores y los raspadores son menos del 5%. Esta distribución de la abundancia de los grupos funcionales alimenticios en zonas templadas coincide con ríos de cuarto y quinto orden y no con ríos de primer y segundo orden como es el presente caso (Williams y Feltnate, 1992). Una distribución similar observaron Ramírez y Pringle (1998) en ríos de Costa Rica. Ellos sugieren que otros organismos están ocupando el nicho ecológico de la degradación de materia orgánica y detritos que ocupan los macroinvertebrados desmenuzadores y raspadores en las zonas templadas. Este papel se lo atribuyeron a organismos como peces y algunos camarones que examinaron. En los ríos del PNLL podría estar ocurriendo lo mismo, ya que en los sitios de colecta se observó la presencia de peces y se colectaron camarones.

**Clasificación y ordenación de los ensambles de macroinvertebrados acuáticos de los Ríos Lachuá, Peyán y Tzetoc:**

En los análisis de agrupamiento jerárquico y de correspondencia que se realizaron se evidenció la diferencia en la composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados presente en el río Peyán con respecto a la presente en los ríos Tzetoc y Lachuá. Esta diferencia en la composición taxonómica no significó una diferencia en la composición funcional existente en los tres ríos. Al observar y analizar las variables fisicoquímicas medidas en los tres ríos se puede suponer que las diferencias en la composición taxonómica entre los ríos Tzetoc-Lachuá y Peyán se deben a las diferencias en temperatura y concentración de sales principalmente. Esto fue constatado por medio del CCA, donde la distribución de las unidades experimentales y las especies sobre el eje 1 se correlacionó significativamente con estas variables y con el porcentaje de oxígeno disuelto.

La temperatura, la concentración de sales y de oxígeno disuelto son variables ambientales que afectan la distribución de los macroinvertebrados acuáticos de manera regional o a grandes escalas (Heino *et al.*, 2003; Fenoglio *et al.*, 2004). En este caso, se está evidenciando que el distinto origen de los ríos en estudio afecta la composición taxonómica de los ensambles de macroinvertebrados acuáticos presentes en ellos. Los ensambles de los ríos Lachuá y Tzetoc se diferencian de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos del río Peyán principalmente por los coleópteros pertenecientes a la familia Elmidae, *Heterelmis sp.*, *Hexacyllopus sp.*, *Microcyloopus sp.*; los plecópteros, *Anacroneturia sp.*; tricópteros, *Smicridea*

*sp.* y *Chimarra sp.*; así como los hemípteros, *Ambrysus sp.* Todos los anteriores son organismos que se desarrollan mejor en aguas con temperaturas entre los 29 y 33°C, con mayores concentraciones de oxígeno disuelto y menores concentraciones de sales. A diferencia de lo anterior, el ensamble en el río Peyán se encuentra representada principalmente por coleópteros de la familia Elmidae, pero del género *Phanocerus sp.*, Scirtidae, Ptilodactilidae; los efemerópteros *Baetis sp.*, *Baetodes sp.*, *Tricorythos sp.*; los tricópteros *Zumatricia sp.*, *Helicopsyche sp.*; hemípteros *Cryphocricos sp.* y los lepidópteros de la familia Pyralidae. Estos organismos suelen estar presentes en mayor abundancia en aguas con temperaturas entre los 22 y 24°C, con mayor concentración de sales y menores concentraciones de oxígeno disuelto.

Algunos organismos como los dípteros (Chironomidae, Stratiomidae, *Hexatoma sp.*), ácaros y efemerópteros como *Farrodes sp.*, son organismos más generalistas en cuanto a las condiciones de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.

En los análisis de agrupamiento jerárquico y correspondencia también se observa que dentro de los dos grupos formados existen diferencias de hasta un 30%. Estas diferencias son evidentes cuando observamos entre las muestras del mismo río, la riqueza varía desde 6 a 16 taxa en el río Lachuá y de igual forma entre las muestras del río Tzetoc y Peyán. En el CA esta variación se observa en el eje 2 de ordenación. Al analizar la distribución de las muestras sobre el eje 2 en el CCA se puede notar que la variación está relacionada con la velocidad de la corriente y el pH. El pH solo se vio afectado en las muestras donde se registraron menores velocidades, cercanas a cero. En estos sitios los ácidos producidos por la fermentación de la materia vegetal se acumulan creando condiciones de microhábitats ácidos en un entorno básico. Teniendo en cuenta lo anterior, las diferencias en composición taxonómica entre las unidades experimentales que se tomen en los ríos Tzetoc, Peyán y Lachuá se deben a variaciones de microhábitat que pueden explicarse por las diferencias en velocidad de la corriente y cuando la velocidad de la corriente es cercana a cero por el pH.

**Monitoreo de los cuerpos de agua de la ecorregión Lachuá:**

En la ecorregión de Lachuá la principal fuente de perturbación ha sido el cambio en el uso de la tierra; pero es posible que se den otras fuentes de impacto debido a la reactivación de la actividad petrolera y la implementación de cultivos extensivos de tales como

el de palma africana (Comentarios personales Lic. Claudio Méndez). En el área de influencia del PNLL con la colonización dada de una forma acelerada desde los años 80 se ha formado un mosaico de usos de la tierra donde un 60 % del área se ha transformado en centros poblados, potreros, cultivos (milpa y cardamomo principalmente) y bosques secundarios jóvenes (García, 2006). Este cambio del uso de la tierra en algunos casos a llevado a la implementación de agroquímicos, fertilizantes y sustancias tóxicas activas como jabones y detergentes; sustancias que en conjunto se conocen como contaminantes orgánicos y pueden poner en riesgo la calidad del agua para la diversidad biológica de los cuerpos de agua que en esta región existen. Para monitorear y tener información de cambios ecológicos de forma temprana en los cuerpos de agua de la ecorregión podemos utilizar como bioindicadores de perturbaciones orgánicas el ensamble de macroinvertebrados acuáticos. El ensamble nos puede dar información de forma temprana al analizar los valores de diversidad y equidad que presentan en cada sitio, ya que estos parámetros se ven afectados negativamente con la contaminación (Alba-Tercedor y Sanchez-Ortega, 1988; Mandaville, 2002). En las investigaciones desarrolladas hasta el momento con macroinvertebrados acuáticos (Van Tuylen, 2006; Van Tuylen et al. 2006) no se ha encontrado que las actividades humanas que desarrolladas en la ecorregión tengan impactos severos sobre la biodiversidad y en las características fisicoquímicas de los cuerpos de agua. Esto nos indica que las perturbaciones son medias y permiten el mantenimiento de la biodiversidad, lo que encaja con la hipótesis de perturbaciones intermedias (Connell, 1978). Pero las nuevas actividades que se empiezan a dar en esta área si pueden tener un fuerte efecto sobre la calidad de los sistemas acuáticos y de la biodiversidad. Debido a esto se debe desarrollar e implementar lo más pronto posible un experimento de trayectoria en la ecorregión; ya que se podrá registrar el estado antes y después de los cuerpos acuáticos y la biodiversidad. Con lo cual se podrá tener de forma temprana aviso sobre cambios ecológicos en la biodiversidad de los cuerpos de agua debido a estas nuevas perturbaciones.

Con el fin de monitorear el estado y los cambios en los cuerpos de agua de la ecorregión Lachuá se recomienda utilizar como indicadores a los organismos que pertenecen a los Ordenes Plecoptera, Tricoptera, Ephemeroptera y Diptera (Chironomidae); ya que de estos organismos se ha reportado en la literatura como organismos sensibles a la contaminación y se encuentran distribuidos en la ecorregión, además cumplen con varios criterios apropiados para ser indicadores biológicos:

- Son fáciles de coleccionar ya que presentan altas abundancias.
- Su taxonomía es bastante bien conocida.
- Los niveles taxonómicos de familia y género están ampliamente distribuidos.
- Y son organismos que son sensibles a la contaminación orgánica.

(Alba-Tercedor y Sanchez-Ortega, 1988; Noss, 1990; Kremen *et al.* 1993; Gutierrez *et al.* 2006). En el diseño de la toma de datos se debe tomar en cuenta que como estamos analizando secciones de los ríos lo que en este estudio se considero como una unidad experimental pasa a ser una submuestra y los diez arrastres se consideran en conjunto parte de una unidad muestral.

Que como se observa en los resultados obtenidos diez arrastres pueden conformar un tamaño muestral adecuado por unidad experimental ya que el error es menor al 24 % tanto en los valores de riqueza como de abundancia (Cuadro 5). Error que es aceptable en un estudio ecológico (comunicación personal Lic. Claudio Méndez)

Para el monitoreo podemos tener dos estrategias para segregar la variación debida a las diferencias en velocidad y por tanto de los microhábitats que esta separa. La primera estrategia es que se trate de cubrir todas las variaciones posibles de velocidad de corriente dentro de cada sección del cuerpo de agua que se este monitoreando. La segunda estrategia es estandarizar que los arrastres solo se hagan en un rango de velocidad, preferiblemente entre los 0.3 a 0.45 m/s, ya que es en este rango donde se reporta que son mas estables los ensambles de macroinvertebrados acuáticos (Allan, 1995). Para seleccionar una de las dos estrategias se deben analizar los costos y beneficios de cada una.

## Referencias

- Alba-Tercedor, J y Jiménez F. 1978. Larvas de efemerópteros de las estribaciones de Sierra Nevada. Factores que intervienen en su distribución. Bol. Asoc. esp. Entom. Vol. 2 91-103. Salamanca.
- Alba-Tercedor, J y Sánchez-Ortega. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado e el de Hellawell (1978). Asociación Española de Limnología. Limnetica, 4: 51-56. Madrid, España.
- Allan, J. 1995. Stream Ecology. Structure and function of running waters. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 381 pp.
- Beatty, J; McDonald, L y Westcott, F. 2003. Guidelines for Sampling Benthic Invertebrates in British Columbia Streams. Ministry of Water, Land and Air Protection Kootenay Region, British Columbia. 18 pp.
- Calderón, T. 2007. Evaluación del sustrato en la abundancia y distribución de macroinvertebrados bentónicos en el río Cáliz, Izabal, Guatemala. Informe Final de Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Connell, J. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science. Vol. 199 No. 4335: 1302-1310.
- Christensen M y Granados P. 2002. Caracterización limnológica preliminar de la Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Proyecto Lachuá, Escuela de Biología USAC y Fundación Solar. Guatemala. 97 pp.
- Edwards, G; Tennant, P y Lyons, J. 1998. Evaluation of Wet Weather Pollution Sources on Large Rivers Utilizing Biological Communities. Proceedings of the 1998 NWQMC National Monitoring Conference. U.S.A.
- Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. USAC. 2004. Ficha Informativa Ramsar: Sitio Eco-región Lachuá.
- Fenoglio, S; Bo, T y Cucco, M. Small-scale Macroinvertebrate distribution in a riffle of a neotropical rainforest stream (Río Bartola, Nicaragua). Caribbean Journal of Science, Vol 40, No. 2, 253-257. 2004. Collage of Arts and Sciences University of Puerto Rico, Mayagüez.
- García, M. 2006. Caracterización de la dieta y el hábitat del tapir (*Tapirus bairdii* Gill, 1965) en ecosistemas ribereños del Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 98 pp.
- Granados, P. 2001. Ictiofauna de la Laguna Lachuá, Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Tesis de Biología. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. 73 pp.
- Gutiérrez, J; Riss, W y Ospina, R. 2006. Bioindicación de la calidad del agua en la sabana de Bogota-Colombia, mediante la utilización de la Lógica difusa neuro-adaptativa como herramienta. Caldasia 28 (1): 45-56.
- Hart D y Finell C. 1999. Physical-Biological Coupling in Streams: The Pervasive Effects of Flow on Benthic Organisms. Annual Review of Ecology and Systematics, Vol. 30. (1999), pp. 363-395.
- Heino, J; Muotkat, T y Paavola, R. 2003. Determinants of macroinvertebrate diversity in headwater streams: regional and local influences. Journal of Animal Ecology 72,425-434.
- Kremen, C; Colwell, R; Erwin, T; Murhpy, D; Noss, R y Sanjayan, M. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: Their use in conservation planning. Conservation Biology Vol. 7, No 4: 796-808.
- Legendre P y Legendre L. 1998. Numerical Ecology. 2<sup>a</sup> Editions. Elsevier Science B.V. Netherlands. 853 pp.
- McGarigal K, Cushman S y Stafford S. 2000. Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research. Springer. USA. 283 pp.
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación) y CATIE-ESPRED (Proyecto de Asistencia Técnica y Generación de Información). 2001. Base de Datos Digital de la República de Guatemala a escala 1:250,000. Coordinado por: Unidad de Políticas e Información Estratégica (UPIE-MAGA). Guatemala. 114 pp.
- Mandaville, S. 2002. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. (Project H-1) Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax . 48 pp.



McCafferty, W.P. 1981. *Aquatic Entomology*. Jones and Bartlett Publishers. E.U.A. 448 pp.

Medianero E. y Samaniego M. 2004. Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. *Folia Entomológica Mexicana*, 43(3): 279-294.  
Méndez, C. Comunicación personal el 6 de marzo de 2008.

Merritt, R. y Cummins K. 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3<sup>a</sup> Ed. Kendall/Hunt Publishing Company. Printed USA. 862 pp.

Miranda, F. 1978. *Vegetación de la Península Yucateca*. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 270 pp.  
Noss, R. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.

Pérez B, y Segnini S. 2005. Variación espacial de la composición y diversidad de géneros de Ephemeroptera (Insecta) en un río tropical altandino. *Entomotropica* Vol. 20 (1): 49-57.

Posada J. y Roldán G. 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-occidente de Colombia. *Caldasia* 25(1): 169-192.

Ramirez A., Pringle C. y Douglas M. 2006. Temporal and spatial patterns in stream physicochemistry and insect assemblages in tropical lowland streams. *J.N. Am. Benthol. Soc.* 25(1):108-125.

Ramirez A. y Pringle C. 1998. Structure and production of a benthic insect assemblage in a neotropical stream. *J.N. Am. Benthol. Soc.* 17(4):443-463.

Roldan, G. 1996. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía*. El Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis". Bogotá, Colombia. 275p.

Van Tuylen S. 2006. Evaluación de un método alternativo para medir la calidad del agua con indicadores biológicos y fisicoquímicos en el Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) y su Zona de Influencia, Cobán, Alta Verapaz. Primera Fase: Caracterización fisiográfica, fisicoquímica y biológica. Informe de Ejercicio Profesional Supervisado –EPS–. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Biología. USAC. Guatemala. 37 pp.

Van Tuylen S, García P y Gonzales B. 2006. Evaluación de un método alternativo para medir la calidad del agua con indicadores biológicos y fisicoquímicos en el Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) y su Zona de Influencia, Cobán, Alta Verapaz. Primera Fase. Informe UICN-Lachuá, PIMEL. 44 pp.

Wetzel, R. 2001. *Limnology - Lake and River Ecosystems*. 3 Edición. Academic Press. 850 pp.  
Wiersema, N y Mccaferty, W. 2000. Generic Revision of the North and Central American Leptohiphidae (Ephemeroptera: Pannota). *Transactions of the American Entomological Society* 126(3+4): 337-371.

Williams, D y Felmate, B. 1992. *Aquatic Insects*. Editorial Redwood Press Ltd., Melksham. 358 pp.  
Zimmerman, M. C. 1993. The use of the biotic index as an indication of water quality. Pages 85-98, in *Tested studies for laboratory teaching*, Volume 5 (C.A.

Goldman, P.L. Hauta, M.A. O'Donnell, S.E. Andrews, and R. van der Heiden, Editors). *Proceedings of the 5th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE)*, 115 pp.

Figuras y Tablas

Tablas

Tabla 1. Listado taxanómico de especímenes colectados en los ríos Lachuá, Peyán y Tzetzoc; y Grupo Funcional Alimenticio (GFA) al que pertenecen.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Taxa	GFA
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida		Haplotaxida sp	Cg
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp</i>	Cg
				<i>Baetodes sp</i>	Sc
			Heptagenidae	<i>Epeorus sp</i>	Cg
			Leptohlebiidae	<i>Thraulodes sp</i>	Cg
				<i>Farrodes sp</i>	---
				<i>Traverrella sp</i>	CF
			Leptohyphidae	<i>Leptohyphes sp</i>	Cg
				<i>Vacupernius sp</i>	Cg
				<i>Asioplax sp</i>	Cg
				<i>Tricorythodes sp</i>	Cg
		Odonata	Caenidae	<i>Caenis sp</i>	CgSh
			Gomphidae	<i>Agriogomphus sp</i>	P
			Cordulidae	<i>Neocordulia sp</i>	P
			Calopterygidae	<i>Hataerina sp</i>	P
			Protoneuridae	<i>Neoneura sp</i>	P
			Coenagrionidae	<i>Argia sp</i>	P
				<i>Telebasis sp</i>	P
				<i>Palaemnema sp</i>	P
				<i>Heteragrion sp</i>	P
		Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria sp</i>	P
		Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus sp</i>	P
		Hemiptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos sp</i>	P
				<i>Ambrysus sp</i>	P
		Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis sp</i>	Cg
<i>Hexacylloepus sp</i>	Cg				
<i>Cylloepus sp</i>	Cg				
<i>Mycrocylloepus sp</i>	Cg				
<i>Phanocerus sp</i>	Cg				
Coleoptera	Elmidae	Elmidae sp1	Cg		
		Elmidae sp2	Cg		
		Elmidae sp3	Cg		
Trichoptera	Haliplidae	<i>Haliplidae sp</i>	Sh		
	Ptilodactilidae	<i>Ptilodactilidae sp</i>	Sc		
	Hidrophilidae	<i>Hidrophilidae sp</i>	P		
	Gyrinidae	<i>Gyrinus sp</i>	P		
	Scirtidae	<i>Scirtidae sp</i>	---		
	Dryopidae	<i>Pelonomus sp</i>	Sh		
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche sp</i>	Sc		
	Calamoceratidae	<i>Phylloicus sp</i>	Sh		
	Hydropsychidae	<i>Leptonema sp</i>	Cf		
		<i>Smicridea sp</i>	Cf		
	Hydroptilidae	<i>Hidroptilidae sp</i>	Cg		
	Leptoceridae	<i>Oecetis sp</i>	P		
Philopotamidae	<i>Chimarra sp</i>	Cf			
Polycentropodidae	<i>Polypectropus sp</i>	P			

Cg= colector-recogedor; Cf= colector-filtrador; Sh= Desmenuzador; P= depredador; Sc= raspador; F= Filtrador

Continúa Tabla 1. Listado taxanómico de especímenes colectados en los ríos Lachuá, Peyán y Tzetoc; y Grupo Funcional Alimenticio (GFA) al que pertenecen.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Taxa	GFA	
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp</i>	P	
			Lepidoptera	Pyralidae	<i>Pyralidae sp</i>	Sc
				Diptera	Chironomidae	Chironomidae sp1
			<i>Chironomidae sp2</i>		Cg	
			Cerapotogonidae		<i>Probezzia sp</i>	P
			Stratiomidae		Stratiomidae sp	Cg
			Simulidae		<i>Simulium sp</i>	F
			Tipulidae		<i>Hexatoma sp</i>	P
					<i>Triogma sp</i>	Sh
			Empididae		Empididae sp	P
					<i>Acari sp</i>	P
			Arachnoidea		Acari	
		Crustacea		Decapoda		Decapada sp1(Camarones)
					<i>Decapada sp2(Cangrejos)</i>	Sh
			Amphipoda spp	Amphipoda sp	----	
Mollusca	Gatropoda	Bivalvia		Crustaceo spp	Sh	
				Gastropoda sp	Sc	
				Bivalvia sp	F	

Cg= colector-recogedor; Cf= colector-filtrador; Sh= Desmenuzador; P= depredador; Sc= raspador; F= Filtrador

Tabla 2. Valores de la media, desviación estándar y error en la riqueza y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en cada río, Lachuá, Tzetoc y Peyán.

Río		Media	Desviación estándar	Error (%)
Lachuá	Riqueza	11.2	3.33	21.25
	Abundancia	89.5	72.16	22.62
Tzetoc	Riqueza	15.2	2.78	13.08
	Abundancia	169.2	118.97	15.9
Peyan	Riqueza	16	4.82	23.16
	Abundancia	168.22	105.09	16

Tabla 3. Valores de los ejes del Análisis de Correspondencia de las 29 muestras y 63 especies. Se presenta la varianza total, la varianza de cada eje y la varianza acumulada para los tres primeros ejes.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Varianza Total
Varianza	0.702	0.458	0.322	3.037
% varianza acumulada	23.1	38.2	48.8	

Tabla 4. Valores del análisis de correspondencia canónica. Se presentan las varianzas, las correlaciones entre especies y factores ambientales y la varianza acumulada para los tres primeros ejes de ordenación.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3	
Varianza	0.659	0.332	0.210	
Correlación especies-ambiente	0.975	0.891	0.846	
% de varianza acumulada de los datos de especies	21.7	32.6	39.5	
% de varianza acumulada de la relación especies-ambiente	46.9	70.6	85.6	
Varianza total de la matriz de especies				3.037
Varianza total explicada por los ejes canónicos				1.403

Tabla 5. Correlación entre los tres primeros ejes de ordenación canónicos del análisis de correspondencia canónica y las variables fisicoquímicas medidas en los ríos Lachuá, Peyán y Tzetoc.

Variable	Correlación			Estadístico F	Probabilidad
	Eje 1	Eje 2	Eje 3		
Fisicoquímica					
pH	-0.38	-0.537	-0.289	2.5	0.002
Temperatura	-0.920	-0.205	-0.091	2.130	0.008
Oxígeno disuelto	-0.646	-0.169	-0.160	2.081	0.008
Salinidad	0.960	0.089	0.048	7.353	0.002
Conductividad	0.944	0.147	0.074	0.847	0.634
Velocidad de la corriente	-0.403	-0.557	0.510	3.078	0.002
Profundidad	0.238	-0.135	-0.385	1.379	0.1160

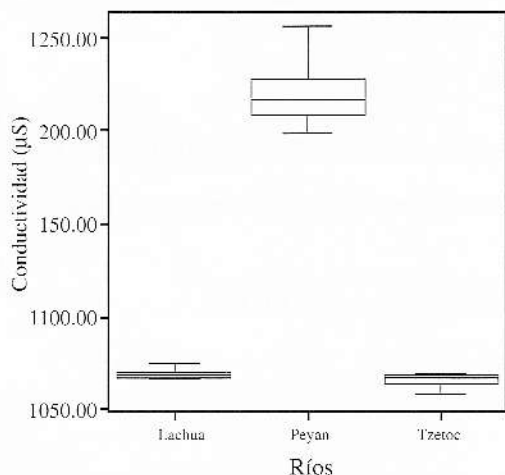


Figura 1. Diagrama de cajas de Tukey para los valores de conductividad en las muestras de los ríos Lachuá, Peyán y Tzetoc.

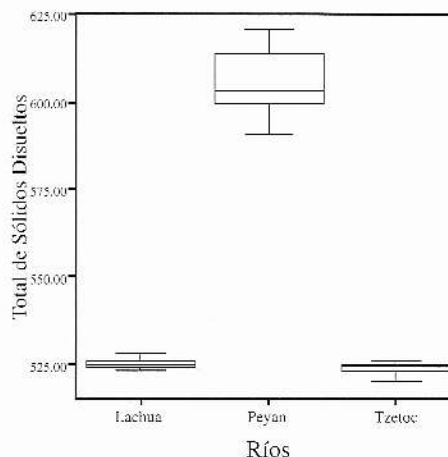


Figura 2. Diagrama de cajas de Tukey para los valores de total de sólidos disueltos en las muestras de los ríos Lachuá, Peyán y Tzetoc.

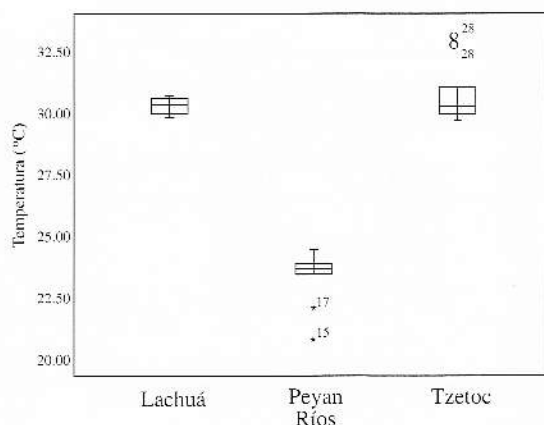


Figura 3. Diagrama de cajas de Tukey para los valores de temperatura de las muestras tomadas en los ríos Lachuá, Peyán y Tzetoc.

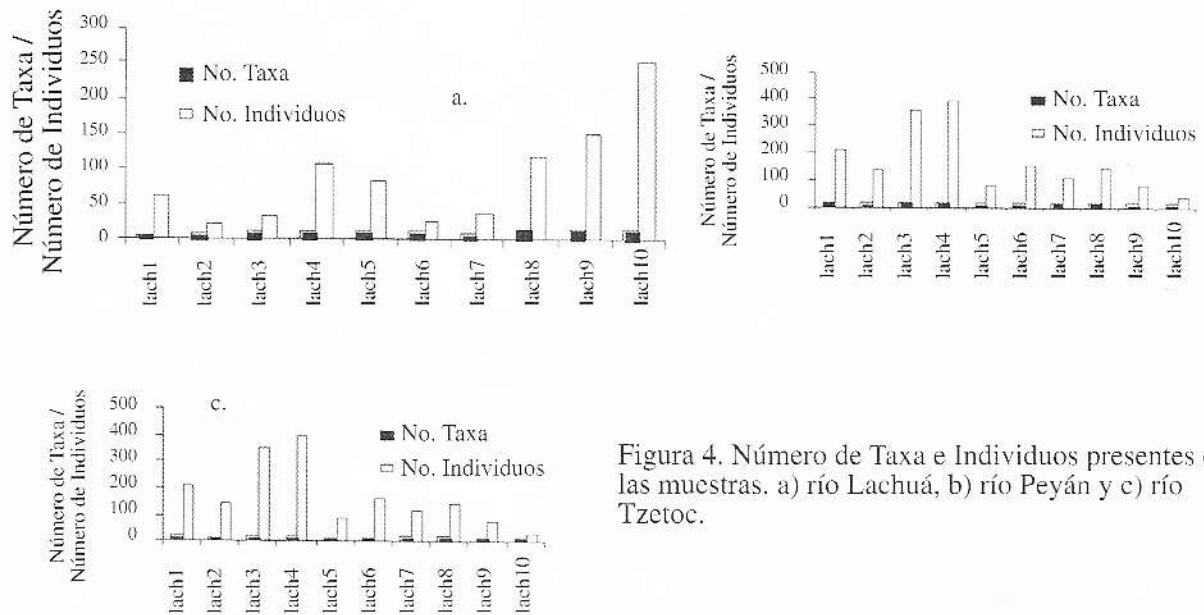


Figura 4. Número de Taxa e Individuos presentes en las muestras. a) río Lachuá, b) río Peyán y c) río Tzetoc.

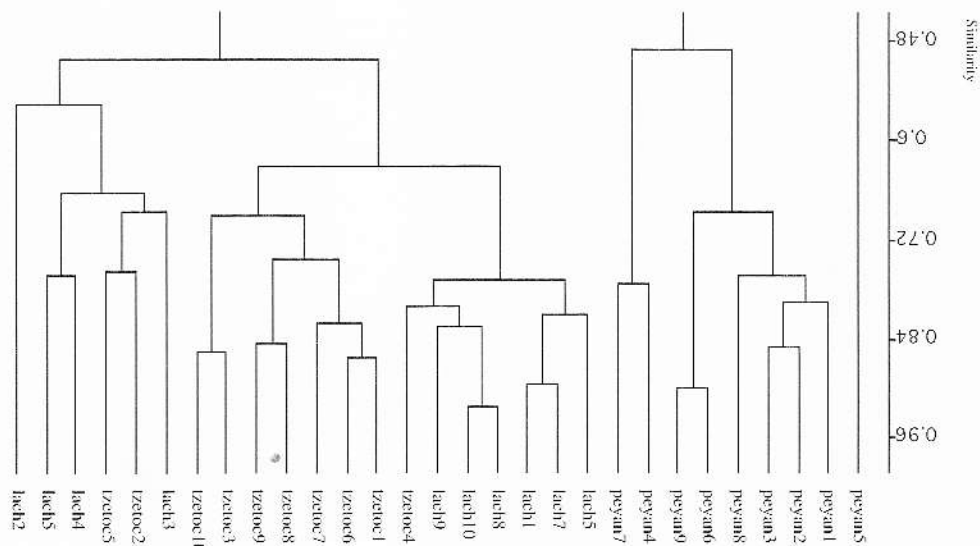


Figura. 5 Análisis de agrupamiento jerárquico (Algoritmo de promedio de grupos pareados y el índice similitud de Horn) de las muestras de macroinvertebrados acuáticos colectados en los ríos Lachuá, Tzetoc y Peyán en junio de 2007. En el análisis se muestran las relaciones jerárquicas entre las unidades experimentales.

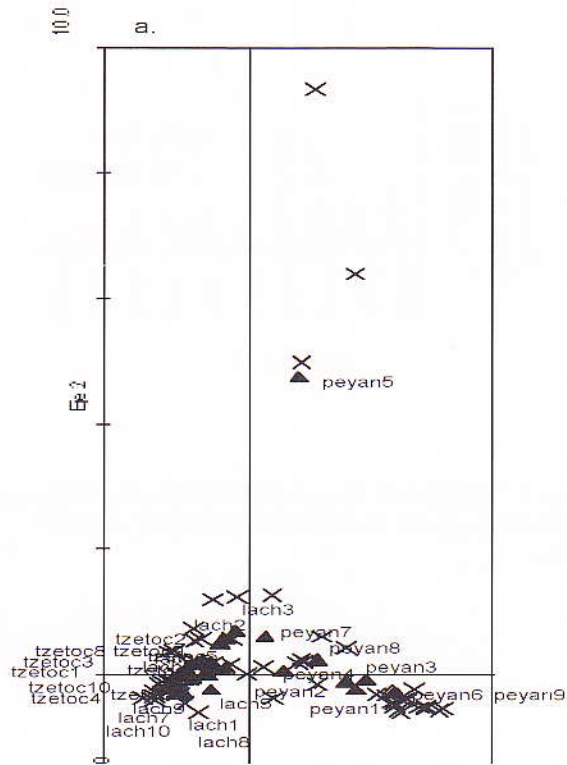


Figura 6. Análisis de Correspondencia, 29 unidades experimentales y 63 especies. a) Se representan las especies como X y las unidades experimentales como triángulos.

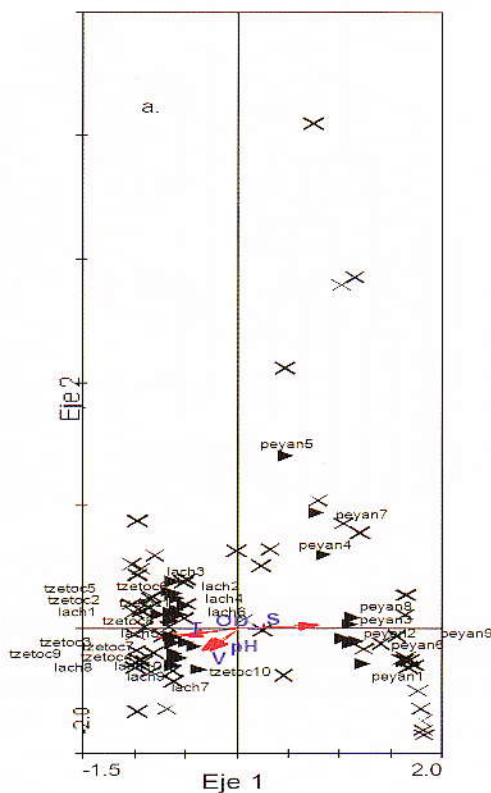


Figura 7. Análisis de correspondencia canónica entre 8 variables fisicoquímicas, 29 unidades experimentales y 63 especies. a) Las variables ambientales representadas son: S, salinidad; OD, oxígeno disuelto; T, temperatura; V, velocidad de la corriente, y pH. Los sitios se representan como triángulos y los taxa como x.