

# Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi

Juan C. Giacometti V.<sup>1</sup> & Fabian Bersosa V.<sup>2</sup>

1. *Escuela de Biología Universidad Central del Ecuador. Dirección actual: Departamento de Ciencias de la Vida, Carrera de Ciencias Agropecuarias (IASA I) ESPE. Sangolquí-Ecuador. PBX. 171-5-231-B. e-mail: [jcgiacometti@espe.edu.ec](mailto:jcgiacometti@espe.edu.ec)*
2. *Escuela de Biología Universidad Central del Ecuador. e-mail: [fbersosa@gmail.com](mailto:fbersosa@gmail.com)*

## RESUMEN

El estudio de Macroinvertebrados acuáticos (MAIA) para determinar su relación frente a un tipo de contaminación rutinaria, se realizó en el recorrido del río Alambi, desde la cota de los 2610 hasta la cota de 1120 m.s.n.m., estableciendo como estaciones referenciales entre los sitios Antes vs Después, los centros poblados de Nono, Tandayapa, Nanegalito y Nanegal. Se determinó la abundancia total de 6447 individuos ubicados dentro de 16 ordenes, 47 familias y 55 géneros (Apéndice 1). De los cuales 4726 pertenecen al grupo de los EPT indicadores de buena calidad, estableciendo un promedio total de 197, de los 213,5 registrados para los sitios Antes y 180,5 para los sitios Después. La valoración biológica global BMWP(A) fue de 110,38, siendo 116.20 para sitios Antes y 104,58 para sitios Después. El nivel de significancia entre estos dos índices fue de 0,76 catalogando al agua del río Alambi como de "BUENA" calidad biológica, resultados que fueron corroborados mediante los parámetros Físico-químicos del ICA los cuales igualmente determinaron una buena calidad del agua.

**Palabras clave.-** Macroinvertebrados acuáticos, Bioindicadores, Biological Monitoring Working Party de Antioquia, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Índice de calidad del Agua.

## ABSTRACT

The study of aquatic macroinvertebrate to determine the influence between routine pollution, was carried out in the Río Alambi, from the bench mark of the 2610 until 1120 m a.s.l., settling as reference between places Before vs After the populated centers of Nono, Tandayapa, Nanegalito y Nanegal. We found a total abundance of 6447 individuals sets in 16 orders, 47 families and 55 genus (Appendix 1). Being 4726 of the EPT group of good quality indicator, settling a media total of 197, of the 213,5 to Before places and 180.5 to After places. The total biological valuation BMWP(A) was of 110,38, being 116,20 to

Before places and 104,58 to After places. The significance level among two biotic indices went of 0,76 classifying to the water of the Alambi river like of GOOD biological quality, those results were corroborated by means of the Physical-chemical parameters of the ICA that equally determined a good quality of the water.

**Key Words:** Aquatic Macroinvertebrates, Bioindicator, Biological Monitoring Working Party of Antioquia, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Quality Water Index.

ISSN 1390-3004

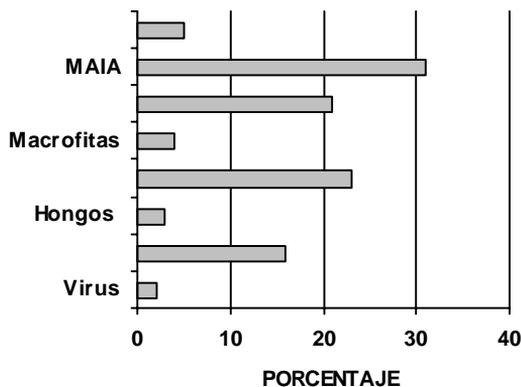
Recibido: 23-12-2005

Aceptado: 22-02-2006

## INTRODUCCION

El uso de Macroinvertebrados acuáticos (MAIA) constituye hoy en día una herramienta ideal para la caracterización biológica e integral de la calidad de agua, siendo necesario para un adecuado control y conservación de un ecosistema, “un especialista del agua (ecólogo acuático), que al igual que un especialista clínico, conozcan los métodos y los equipos que le permitan hacer una evaluación más certera del cuerpo en estudio” (Roldán, 1996)

No todos los organismos acuáticos podrán ser tomados como bioindicadores, las adaptaciones evolutivas a diferentes condiciones ambientales y límites de tolerancia a una determinada alteración dan las características a ciertos grupos que podrán ser considerados como organismos sensibles (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) por no soportar variaciones en la calidad del agua, mientras que organismos tolerantes (Chironómidae, Oligoquetos), son característicos de agua contaminada por materia orgánica (Roldán, 1999). Cuando los parámetros son críticos los organismos sensibles mueren y su lugar es ocupado por los organismos tolerantes (Alba-Tercedor 1996). De tal forma que los cambios de la estructura y composición de las comunidades bióticas puede ser utilizada para identificar y evaluar los grados de contaminación de un ecosistema acuático.



**Figura 1.** Porcentaje de aceptación de indicadores biológicos para la evaluación de la calidad biológica del agua. Tomado de Roldán, 1999.

Prat 1998, discute algunos métodos biológicos para la evaluación de la calidad de agua y considera a los MAIA como el método que ofrece mayor nivel de sensibilidad, bajos costos y métodos simples de muestreo y análisis, junto a las macrofitas y algas son indicadores puntuales de materia orgánica, eutrofización y acidificación, todos estos métodos son simples y baratos, la inconveniencia está en que se necesita tener un conocimiento adecuado de la taxonomía de cada grupo. En la figura 1 se muestra el porcentaje de aceptación de indicadores biológicos para la evaluación de la calidad biológica del agua.

Cabe destacar que no solamente la contaminación antrópica influye en la distribución y crecimiento de las especies, por lo que se debe considerar factores climáticos, geográficos y simbióticos que alteran una comunidad, en tal virtud el objetivo del presente estudio es establecer las relaciones entre los índices de calidad del agua, discriminando factores que intervienen en la distribución de la minifauna acuática del sitio tratado.

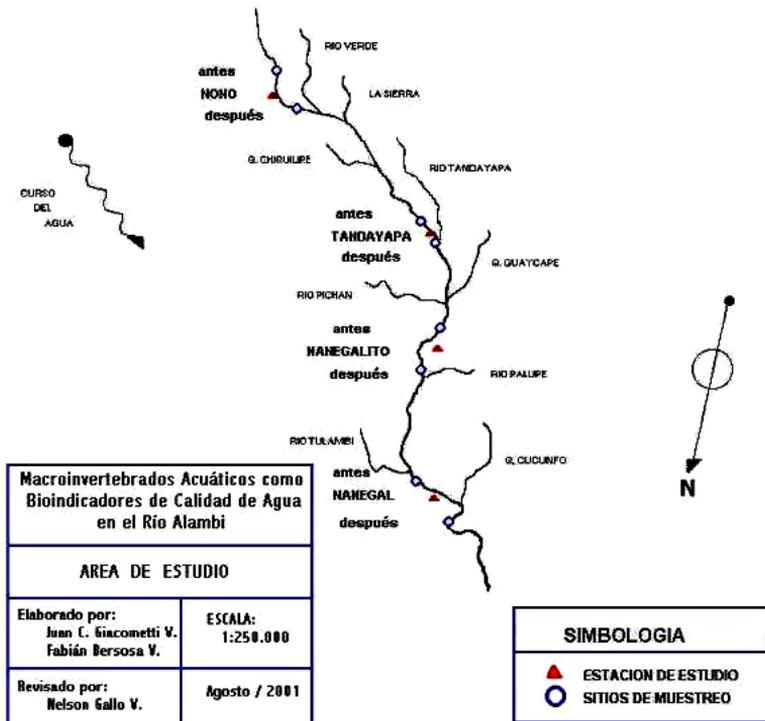


Figura 2. Localización de los sitios de estudio

### ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevo a cabo en el río Alambi ubicado al Nor-occidente de Quito (Figura 2), desde su inicio en la cota de 2610 hasta la cota de 1120 m. Este Río

forma parte de la gran cuenca del río Guayllabamba, y según el sistema de caracterización climática de Holdridge, esta área abarca diferentes pisos altitudinales, empezando desde el bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB) atraviesan las zonas de bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB), bosque muy húmedo Pre-Montano (bmh-PM), hasta llegar a la zona de bosque húmedo Tropical (bm-T) (Tabla 1).

Los puntos extremos que definen la localización inicial y final del estudio se sitúan en las siguientes coordenadas geográficas respectivamente: Zona alta a 00°04'08,5" de latitud sur y 78°35'26.4" de longitud oeste; la zona baja situada a 00°08'41.5" de latitud sur y 78°40'29.0" de longitud oeste.

**Tabla 1.** Características ecológicas de los sitios de estudio

Sitios de muestreo	Altura m s.n.m.	Zonas de vida (Holdrige)	Promedio precipitación anual (mm)	Biotempera- tura (°C)
<b>Nono antes</b>	2600-2800	bh-MB	1000-2000	12 - 18
<b>Nono después</b>	2300-2600	bh/bmh-MB	1000-2000	12 - 18
<b>Tandayapa antes</b>	1650-2000	bmh-MB/PM	2000-4000	12 - 18
<b>Tandayapa después</b>	1500-1650	bmh-MB/PM	2000-4000	12 - 18
<b>Nanegalito antes</b>	1400-1500	bmh-PM	2000-4000	18 - 24
<b>Nanegalito después</b>	1250-1400	bmh-PM	2000-4000	18 - 24
<b>Nanegal antes</b>	1150-1250	bh-T	2000-4000	22 - 24
<b>Nanegal después</b>	1000-1150	bh-T	2000-4000	22 - 24

Fuente: (UDRI/ HCPP 1994)

## METODOLOGÍA

El estudio considero abarcar la influencia de un tipo de contaminación rutinaria sobre la calidad biológica del agua discriminando variables de altura (msnm) y caudal (m<sup>3</sup>/s) durante las distintas épocas del año. Realizando muestreos periódicamente a partir del año 1999 hasta el año 2001, contemplando como base tres tiempos (Lluvioso, Transición y Seco). Para la captura de macroinvertebrados acuáticos se empleo metodología de "red surber", removiendo el suelo del Río durante un minuto cubriendo una área de 1/3 de metro cuadrado por punto, este método permite conocer la diversidad y abundancia por unidad de área (Roldan, 1996). Las muestras obtenidas fueron limpiadas de piedras y cuerpos extraños y puestas en tarrinas de 1/4 de galón con alcohol al 70% para su preservación y posterior traslado, limpieza y reconocimiento en los laboratorios de Ecociencia utilizando un estereomicroscopio de 1-5X de aumento, empleando claves taxonómicas (Wigging 1984; Fernández - Domínguez eds. 2001; Roldán 1996).

Simultáneamente durante el muestreo de MAIA se procedió a tomar muestras de agua para los análisis fisicoquímicos aplicando las 9 variables contempladas en el Índice de Calidad del Agua (ICA), desarrollado por la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos en 1970, siendo uno de los índices más utilizados y aplicable a la medición de cambios en la calidad del agua en diferentes tramos del mismo río o diferentes ríos. (DMA 1992, De Lange 1994, Mitchell *et al.* 1993). Para determinar criterios de calidad del agua

se empleó la escala de gradación para el abastecimiento público y preservación de flora y fauna acuática que van de una escala de 0-100, donde 0-20 catalogado muy malo, 21-35 inadecuado, 36-50 aceptable, 51-80 bueno y 81-100 óptimo (propuesta por Rojas en 1991 tomado de Zúñiga *et al.* 1993). La aplicación de cada variable involucrada en el índice de calidad se basó en las normativas de los Métodos Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas de Desecho (APHA, AWWA, WPCF. 1995).

Para la valoración del índice de calidad biológica BMWP(A) se empleó la escala de severidad de (Zamora-Muñoz & Alba-Tercedor, 1996), la cual contempla un rango de < 15 a > 150, de acuerdo a la sensibilidad de los organismos frente a la contaminación, así tenemos: < 15 indican aguas muy críticas, 16-35 críticas, 36-60 aguas dudosas, 61-100 aceptable, 101-150 o > 150 aguas de buena calidad. Los índices de calidad se calcularon mediante la aplicación de paquetes estadísticos como RIVERBANK, para determinación del ICA, BIOESTAT y BIODAP para cálculo de diversidad y poblaciones y STATISTICA para el análisis de correlaciones. Analizando un total de 24 muestras biológicas, ocho para cada tiempo de muestreo. Siendo importante para poder realizar las comparaciones entre los distintos sitios de estudio que todos los muestreos tengan un mismo método de recolección y siempre la misma magnitud de muestras en una localidad.

## RESULTADOS

**Análisis hidrológicos del río Alambi.-** El Río muestra un significativo crecimiento desde su nacimiento en el sector de Nono con un promedio de 0,30 m<sup>3</sup>/s hasta la parte más baja en nuestro estudio en Nanegal, con 58,37 m<sup>3</sup>/s registrados durante el tiempo de lluvia, este gran incremento se debe a que esta zona presenta un excelente potencial hídrico de todos los emisarios de la Cuenca del Alambi.

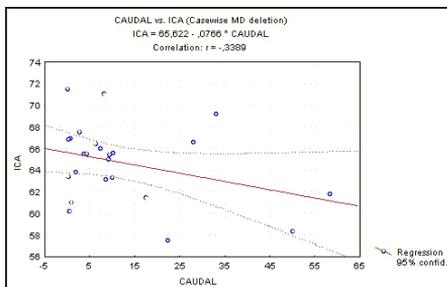


Figura 3. No influencia Caudal vs. ICA

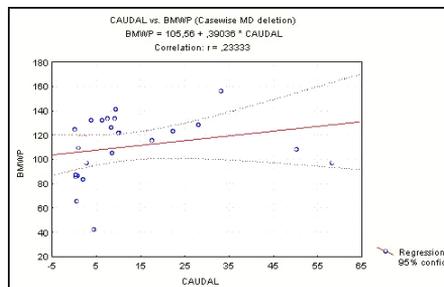


Figura 4. No influencia Caudal vs. BMWP(A)

Si bien influye, el incremento mencionado, en la aparición, aumento o disminución de algunas especies no imposibilita el hacer comparaciones ya que la técnica empleada en el estudio para la captura de Macroinvertebrados fue estándar para cada sitio y para cada época del año, por tal motivo no se evidenció una relación entre el crecimiento hídrico y los índices de calidad

físicoquímicos (ICA Fig. 3) y Biológico (BMWPA Fig. 4), lo que nos sugiere que no hubo influencia sobre los mismos.

**Análisis físico-climáticos .-** Uno de los factores a discriminar fue la relación de los índices de calidad del agua con respecto a la altura de la toma de muestra, desde la cota de mayor altitud a 2610 m hasta la cota de los 1120 m, sitios que en condiciones normales tiene una relación inversamente proporcional con la temperatura del agua, parámetro crítico en la distribución de las especies, y que por lo tanto mostró significativa influencia sobre los índices de calidad biológica (Fig. 6), más no sobre la calidad físico-química del agua (Fig. 5), catalogada por las 9 variables del ICA.

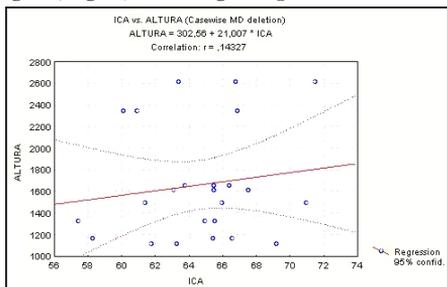


Figura 5. No influencia Altura vs. ICA

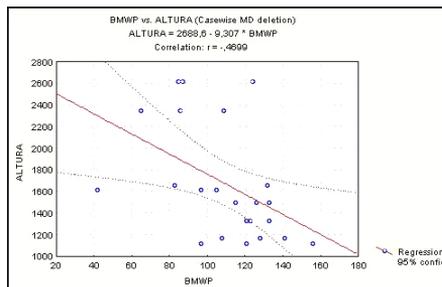


Figura 6. Relación Altura vs. BMWPA

**Análisis de la calidad Físico-química del agua.-** El cuerpo de agua estudiado, se enmarcó en la valoración de 51 - 80 considerado de buena calidad, apto para la preservación de Flora y Fauna acuática, estableciéndose una diferencia mínima entre los sitios antes y después tal como se puede apreciar en la tabla 2, donde la calidad del agua en los sitios denominados Después fue ligeramente menor con respecto al sitio utilizado como patrón Nono Antes (Sitio I), donde el promedio de las tres épocas de muestreo mostró un mayor índice de calidad (67,21%). Este sitio sin embargo presentó un aumento de Nitratos y Fosfatos probablemente debido a la utilización de abonos nitrogenados empleados en los pastizales. La influencia de las descargas de Nanegalito y las actividades agropecuarias desarrolladas en este sector influyeron hasta el sitio Nanegal Antes (Sitio VII), luego del cual por la influencia de emisarios tiene una mejor capacidad de autodepuración como se puede apreciar en los resultados de Nanegal después (Sitio VIII) donde se registra un ligero incremento del índice de calidad del agua.

Tabla 2. Resumen global del Índice de calidad de agua. (ICA)

ÉPOCA	NONO		TANDAYAPA		NANEGALITO		NANEGAL		TOTAL Promedio
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Lluviosa	66,79	60,95	66,41	63,10	61,39	57,46	58,31	61,76	62,02
Seca	63,38	60,12	63,79	67,52	65,95	64,97	65,42	63,30	64,31
Transición	71,47	66,89	65,48	65,49	70,98	65,54	66,58	69,19	67,70
TOTAL	67,21	62,65	65,23	65,37	66,10	62,65	63,43	64,75	64,68
Prom. estación	64,93		65,30		64,38		64,09		

En la Figura 7 se aprecia poca variabilidad del ICA por sitio de estudio en relación a la época de muestreo, donde el sitio de mejor calidad fue Nono Antes (I) con 71,47% en la época de transición, Nanegalito Después (VI) con 57,46% en la época de lluvia constituyo el registro mas bajo, época que también influyó en la disminución de la calidad de los otros sitios. Sin embargo la diferencia entre los sitios Antes vs Después fue mínima, apenas el 2 % superior para los sitios Antes con relación a los valores de 63,86 registrados para los sitios Después (Fig. 8).

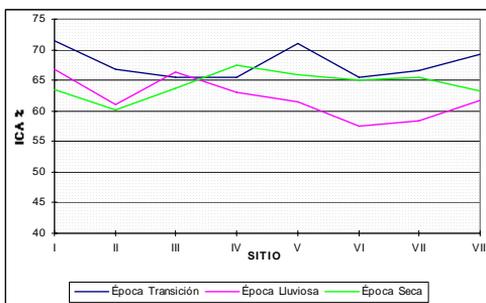


Figura 7. ICA sitio / época de muestreo



Figura 8. ICA Antes vs Después

**Análisis Biológico del Agua.-** Los MAIA constituyeron el grupo base del presente estudio, detectando una variación o modificación de la estructura de su comunidad a partir de los índices BMWP y las poblaciones de EPT, la variación de los mismos dio diferentes criterios sobre la calidad del agua.

En toda la trayectoria del río Alambi se identificaron un total de 6447 individuos, correspondientes a 55 géneros, 47 familias, 16 órdenes, 7 clases y 5 Phylum. De Insecta, el Ephemeroptera fue el más abundante, dentro del cual se encontró las familias Baetidae, Leptohyphidae, Leptophlebiidae y Oligoneuridae que son indicadoras de aguas limpias. El género más abundante en este orden fue *Baetodes* de la familia Baetidae.

De los Odonata se registro a las familias Gomphidae y Libellulidae con el género *Perithemis*. De los Plecoptera, la única familia registrada fue Perlidae con el género *Anacroneuria*. Por parte de los Neuroptera, la única especie de este orden corresponde al género *Corydalus*, de la familia Corydalidae. De los Hemiptera se registraron cuatro géneros, correspondientes a tres familias: Naucoridae, Gelastocoridae, y Veliidae, de los cuales el género más abundante fue *Rhagovelia*.

Se registraron siete familias de Coleoptera, entre las que tenemos. Elmidae, Lutrochidae, Psephenidae, Ptylodactilidae, Scyrtidae, Hydrophilidae y Staphilinidae. De los Diptera, se encontraron 16 géneros y 12 familias, de las cuales las familias Ceratopogonidae y Psychodidae fueron representadas por

dos géneros cada una y la familia Tipulidae con tres géneros, encontrándose la familia Chironomidae como la más abundante por el mayor número de individuos registrados. De los Lepidoptera, se registró las familias Noctuidae y Pyralidae de esta última se identificó el género *Petrophila*. Dentro de Basommatophora, se registraron dos familias Planorbidae y Lymnaeidae de la cual se identificó el género *Lymnaea*.

De los ácaros se registro únicamente la familia Limnocharidae con el género *Limnocharis*. En Amphipoda se colectó a la familia Hyalellidae con un único género *Hyalellia*. De los ordenes Haplotaxidae y Nematomorpha, no se logro identificar la familia. Se registraron 7 familias del Orden Trichoptera de las cuales las familias Hydropsychidae y Leptoceridae, estuvieron representadas por dos géneros cada una, encontrándose como más abundante el género *Smicridea*. Finalmente se identificó el género *Dugesia* de la familia Planaridae perteneciente al Orden Tricladidae.

La posibilidad de encontrar nuevos géneros según el programa estadístico PROCITE sería de 1 en 5000 muestreos.

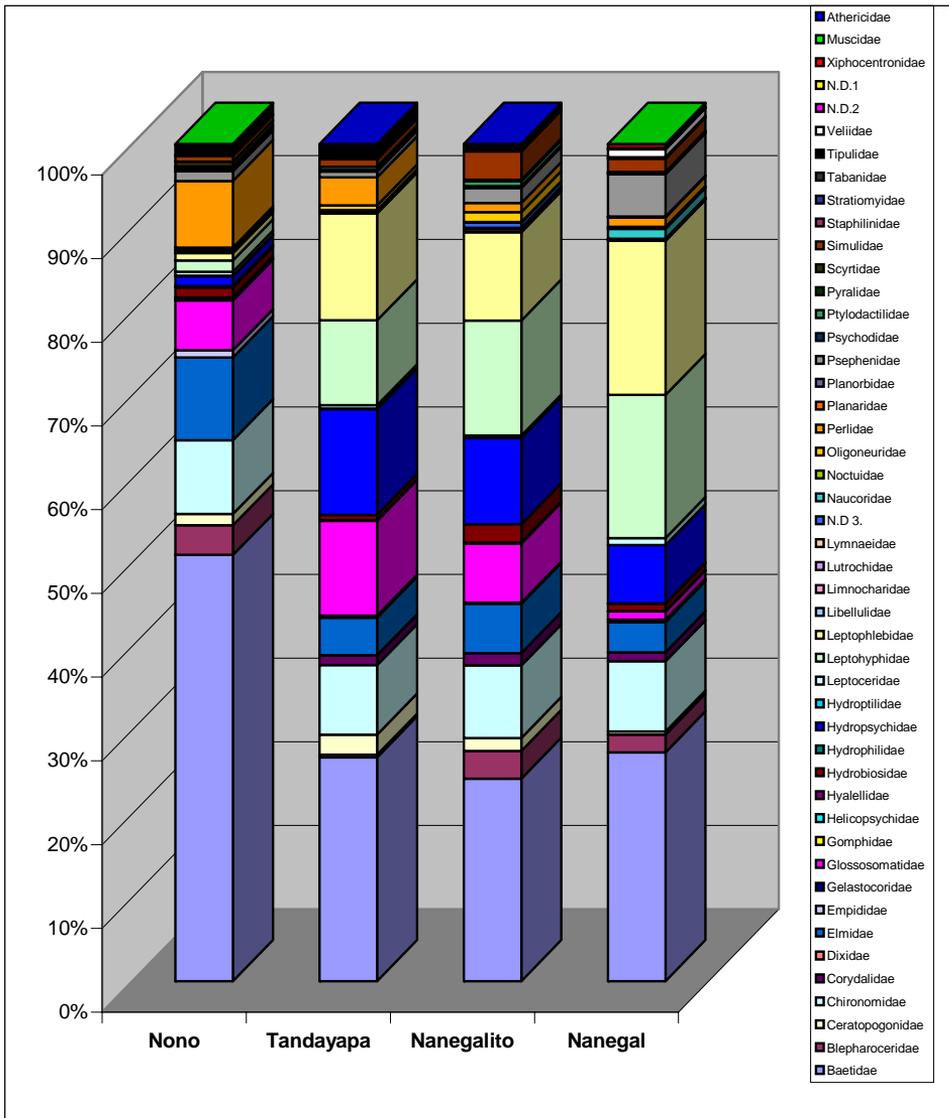
**Registro de MAIA en función a la contaminación.-** En un análisis general se observa una mayor incidencia tanto en número de individuos como en morfoespecies colectadas para los sitios denominados Antes, con un total de 3495 individuos pertenecientes a 50 especímenes de 42 familias, en comparación con los sitios denominados Después donde se registro un total de 2952 individuos pertenecientes a 43 especímenes de 38 familias. Sin embargo cabe señalar la gran similitud en cuanto al número de especies que compartieron ambos sitios el cual tuvo un 69,1% de relación.

La diferencia encontrada tanto en número de individuos como en morfoespecies por el aumento del caudal registrado en la época lluviosa con respecto a las otras dos épocas, influyo para un menor registro de macroinvertebrados acuáticos (Tabla 3), esto a su vez afectó la valoración biológica del índice EPT, mas no presento influencia sobre el índice BMWP(A), por lo que más adelante se analizaran con mayor detalle estos resultados.

Del total de los 55 géneros y las 47 familias encontradas, la presencia de bioindicadores registradas es común para las tres épocas, existiendo aproximadamente solo un 17%, de diferencia entre cada una, donde las familias mejor representadas fueron: Baetidae, Leptoplebidae y Leptoceridae, todas del Orden de los Ephemeropteros, el mayor registro de Plecopteros de la familia Perlidae fue para la estación de Nono como se puede apreciar en la estructura de la comunidad bentónica (figura 9), lo cual constituye un indicativo de que esta familia es sensible a un tipo de contaminación rutinaria debido a desechos de aguas residuales.

**Tabla 3.** MAIA registrados en función a la época de muestreo

	LLUVIOSA	SECA	TRANSICIÓN	TOTAL
PHYLUM	3	1	5	5
CLASE	5	3	7	7
ORDEN	14	10	15	16
FAMILIA	34	31	40	47
GENERO	42	37	46	55
INDIVIDUOS	1617	2335	2495	6447



**Figura 9.** Estructura de la comunidad de MAIA por estación de estudio

En las zonas de menor altitud hubo un mayor registro a nivel de géneros, especialmente para la estación Nanegalito y a nivel de familias para la estación de Nanegal, lo que aparentemente demuestra que en zonas más bajas donde la temperatura del agua es más cálida existe un mayor número de especies, lo cual influye en la valoración biológica de la calidad del agua ya que en estos sitios facilitan el desarrollo por ejemplo de la familia Xiphocentronidae, considerada como bioindicador de aguas limpias de buena calidad.

**Presencia de MAIA Bioindicadores.-** Se registraron para el río Alambi un total de 41 familias indicadoras de calidad del agua según la clasificación propuesta por Roldán 1988 (Roldán 1999), y empleando como referencia la valoración de Zúñiga, *et al.* 1993, durante la aplicación del índice BMWP(A), mediante el cual se establece una puntuación de 1 a 10, donde 10 corresponde a un indicativo de mejor calidad biológica del agua de las familias encontradas, tal como se presenta en la tabla 4, la cual consta del orden, la familia, el valor como bioindicador, estableciendo tres grupos de acuerdo al criterio de clasificación como indicadoras de calidad de agua.

**Análisis de la calidad biológica del agua del río Alambi.-** Para tener una escala de valoración biológica se aplicaron los índices BMWP(A) y EPT (Ephemeropteros, Plecópteros y Trichopteros), de cuyas familias mayoritariamente pertenecen a la clase I de indicadores de buena calidad de "aguas limpias", existiendo además familias de estos grupos que toleran cierto grado de contaminación, clasificándolas del tipo II como indicadores de "aguas medianamente contaminadas", la aplicación de este índice permite simplificar la identificación de los bioindicadores de calidad del agua, facilitando un control del agua con la sola presencia o ausencia de individuos pertenecientes a estos grupos.

**Tabla 4.** MAIA Bioindicadores presentes en el río Alambi, Modificado de Roldán 1999, Zúñiga *et al* 1993.

Índice BMWP(A)			
Orden	Familia	Valor	Grupo
Coleoptera	Psephenidae	10	Grupo I Indicador de Aguas Limpias
Coleoptera	Ptylodactilidae	10	
Diptera	Blepharoceridae	10	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10	
Ephemeroptera	Oligoneuridae	10	
Odonata	Gomphidae	10	
Plecoptera	Perlidae	10	
Trichoptera	Helicopsychidae	10	
Amphipoda	Hyalellidae	8	
Diptera	Simuliidae	8	
Ephemeroptera	Baetidae	8	
Neuroptera	Corydalidae	8	
Trichoptera	Hydrobiosidae	8	
Trichoptera	Hydroptilidae	8	
Trichoptera	Leptoceridae	8	
Trichoptera	Xiphocentronidae	8	

**Tabla 5.** MAIA Bioindicadores presentes en el río Alambi, Modificado de Roldán 1999, Zúñiga *et al* 1993. (Continuación)

<b>Índice BMWP(A)</b>			
<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Valor</b>	<b>Grupo</b>
Coleoptera	Scyrtidae	7	Grupo II Indicador de Aguas de mediana contaminación
Ephemeroptera	Leptohiphidae	7	
Trichoptera	Glossosomatidae	7	
Coleoptera	Elmidae	6	
Coleoptera	Lutrochidae	6	
Coleoptera	Staphilinidae	6	
Odonata	Libellulidae	6	
Hemiptera	Gelastocoridae	5	
Trichoptera	Hydropsychidae	5	
Tricladidae	Planariidae	5	
Diptera	Ceratopogonidae	4	
Diptera	Empididae	4	
Diptera	Psychodidae	4	
Diptera	Stratiomyidae	4	
Diptera	Tabanidae	4	
Diptera	Tipulidae	4	
Hemiptera	Naucoridae	4	
Hemiptera	Veliidae	4	
Lepidoptera	Pyralidae	4	
Bassomatophora	Planorbidae	3	Grupo III Indicador de Aguas Contaminadas
Bassomatophora	Lymnaeidae	3	
Coleoptera	Hydrophilidae	3	
Diptera	Chironomidae	2	
Diptera	Muscidae	2	
Haplontaxidae	N.D 3.	1	

El valor EPT se enmarco dentro de los estándares de aguas de buena calidad (Tabla 5), encontrándose en sitios Antes un aumento en el número de individuos de este grupo, que prácticamente duplica al total de 721 individuos de los sitios Después, sin embargo existió variación en la época seca donde las poblaciones de este grupo tendieron a ocupar las zonas de menor altitud y con mayor caudal.

**Tabla 6.** Resumen general del índice EPT

<b>EPOCA</b>	<b>NONO</b>		<b>TANDAYAPA</b>		<b>NANEGALITO</b>		<b>NANEGAL</b>		<b>TOTAL Promedio</b>
	<b>Antes</b>	<b>Después</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>	
Lluviosa	137	236	158	110	139	130	94	127	<b>141,4</b>
Seca	48	13	97	109	251	476	332	354	<b>210,0</b>
Transición	263	36	455	56	279	165	309	352	<b>239,4</b>
Promedio	<b>149</b>	<b>95</b>	<b>237</b>	<b>92</b>	<b>223</b>	<b>257</b>	<b>245</b>	<b>278</b>	<b>196,9</b>
Prom. estación	<b>122</b>		<b>164</b>		<b>240</b>		<b>261</b>		

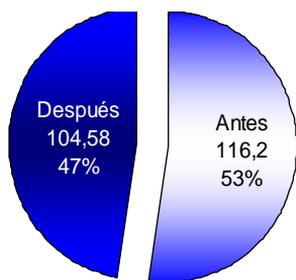
Similar a los resultados del EPT se obtuvo durante la aplicación del índice BMWP(A) el cual demostró una buena calidad del agua del río Alambi, donde únicamente el sitio denominado Tandayapa Después, en la época de

transición registro un valor de 42 considerado como agua de dudosa calidad con moderada contaminación, probablemente debido a que en las proximidades del sitio se encuentran instalaciones dedicadas al cultivo de trucha, por lo que factores como cambio del curso del río, aumento de compuestos químicos sumado al escape de algunos individuos influirían en la calificación biológica del agua. Sin embargo se puede apreciar en la tabla 6 que de la calificación general de agua de buena calidad para el río Alambi, los sitios denominados “antes” obtienen un mayor puntaje.

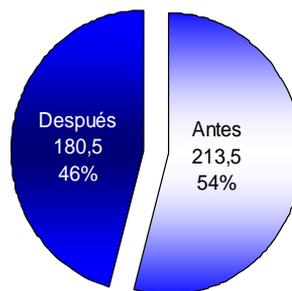
**Tabla 7.** Resumen de calidad biológica del agua con el índice BMWP(A)

EPOCA	NONO		TANDAYAPA		NANEGALITO		NANEGAL		TOTAL Promedio
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	
Lluviosa	85	109	132	105	115	123	108	97	<b>109,25</b>
Seca	87	65	83	97	133	133	141	121	<b>107,50</b>
Transición	124	86	132	42	126	121	128	156	<b>114,38</b>
Promedio	<b>98,7</b>	<b>86,6</b>	<b>115,7</b>	<b>81,3</b>	<b>124,7</b>	<b>125,7</b>	<b>125,7</b>	<b>124,7</b>	<b>110,38</b>
Promedio estación	<b>92,65</b>		<b>98,50</b>		<b>125,20</b>		<b>125,20</b>		

**Relación de los índices biológicos en función a la contaminación.-** Tanto en los índices biológicos BMWP(A) y EPT propuestos para nuestro estudio se observa un relativo aumento de calidad para los sitios “antes”, donde el índice BMWP(A) registro un valor de 116,2 es decir 6 % superior a los sitios denominados “después” (Fig. 10), y el promedio EPT registrado para los sitios “antes” fue de 213,5 correspondiente al 8 % superior con respecto a los sitios “después” (Fig. 11), sin embargo esta ligera diferencia no influye en el criterio general de una buena calidad biológica para el río Alambi.



**Figura 10.** BMWP(A) Antes vs. Después



**Figura 11.** EPT Antes vs. Después

**Interrelaciones biológicas y físico-químicas.-** Los índices biológicos utilizados presentaron una gran correlación ( $r = 0,76$ ) entre sí (Fig. 12), pese a que el índice BMWP(A) presento una mayor influencia en función a la altura de recolección como lo indicamos anteriormente, esto probablemente debido al apareamiento de nuevas especies indicadoras de calidad en zonas más bajas donde la capacidad de auto-depuración del Río mejora notablemente, no obstante la correlación entre los parámetros físico-químicos con los biológicos no fue significativa, registrándose entre el índice BMWP(A) con el

ICA una correlación  $r = 0,26$  (Fig. 13) y entre el ICA versus EPT  $r = 0,39$  (Fig. 14) , si bien los niveles de aceptación están dispersos entre las relaciones biológicas con las fisicoquímicas al analizar un cuerpo de agua con ligera contaminación de origen rutinario, todos los índices empleados en conjunto mostraron una favorable calidad del agua en los sitios denominados “antes” tal como se aprecia en la figura 15, donde aunque con una diferencia mínima fue superior a los sitios denominados “después”.

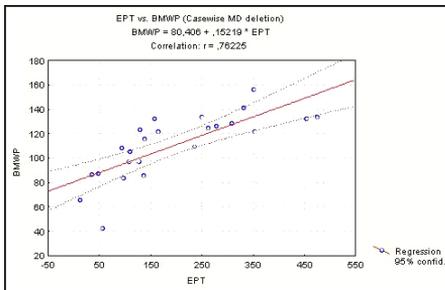


Figura 12. Correlación índices biológicos

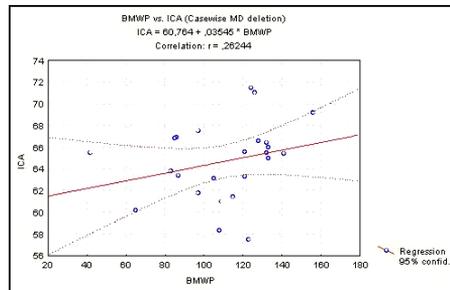


Figura 13. Correlación ICA - BMWP(A)

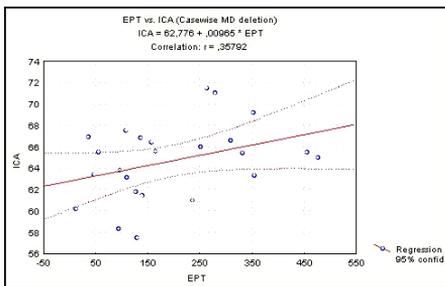


Figura 14. Correlación EPT vs. ICA

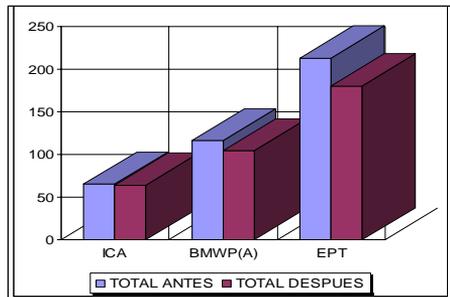


Figura 15. Relación Antes vs. Después

## CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

Al realizar la evaluación tanto biológica como fisicoquímica se concluye que para el año 2001 la calidad del agua del río Alambi en un contexto general es de buena calidad con igualmente buena capacidad de auto-depuración y apta para ser preservada y utilizada como un recurso para la conservación de la flora y fauna de la zona.

Jacobsen *et al.* (1997) sugiere que la temperatura es el factor mayor para la riqueza y composición de especies de invertebrados acuáticos. La altura/temperatura en condiciones normales varía la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (MAIA), donde un río con adecuada auto-depuración puede registrar mejora de calidad en zonas mas bajas pese a la influencia de una contaminación rutinaria.

El número de individuos y especies fue significativamente más alto en la estación seca que en la estación lluviosa (Jacobsen & Encalada 1998), similares resultados se obtuvieron durante el presente estudio, por lo que es conveniente que muestreos de MAIA se realicen en épocas de poca precipitación, y no durante lluvias fuertes ya que estas desfavorecen el registro de dichas especies.

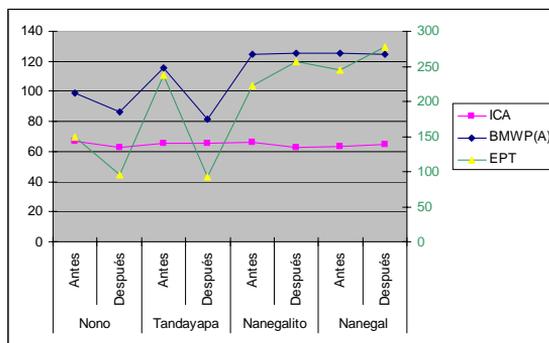


Figura 16. Comparación entre índices

Si bien el ICA permaneció relativamente constante y no mostró significativa correlación con los índices biológicos (Fig. 16) se debe tomar en cuenta que los MAIA son una herramienta clave en la evaluación de un cuerpo de agua, mediante los cuales podemos determinar un tipo de contaminación eventual que muchas veces con una sola medición fisicoquímica no se puede establecer. Tanto el índice BMWP(A) como EPT son adecuados a la hora de evaluar la calidad biológica del agua.

## AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento al Laboratorio de Control Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente de Quito, que colaboro en los análisis del agua, reconociendo la valiosa participación de todos los funcionarios de esta Institución, particularmente del Dr. Eduardo Leiva y el Ing. Químico Oswaldo Yáñez quienes creyeron en el tema de la investigación. Agradecimiento igualmente para Ecociencia, por prestar su laboratorio para el análisis biológico de las muestras y en especial a Carlos Carrera y Patricio Mena, quienes con sus comentarios y sugerencias nos ayudaron a centrar el estudio de tesis parte de la cual ha servido de base para la presente publicación.

## REFERENCIAS

- Alba-Tercedor, J.** 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), España.
- APHA, AWWA, WPCF.** 1995. *Standard Methodes for the Examination of Water and Wastewater*. Ninenth Edition. Washington, DC. 20005

- De Lange, E.** 1994. *Manual para el Análisis Simple de la Calidad del Agua*. IWT Productions. Amsterdam.
- Dirección de Medio Ambiente. (DMA)** 1992. *Manual Para Muestreo de Aguas y Sedimentos*. Recopilación bibliográfica, primera edición, Quito - Ecuador.
- Fernández, H., Domínguez, Ed.** 2001. *Guía para la Determinación de Atropados Bentónicos Sudamericanos*. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo. Universidad Nacional de Tucuman - Argentina 283pp.
- Mitchell, M. Stapp, W. Bixby, K.** 1993. *Manual de Campo del Proyecto del Río*. Tercera Edición. Editorial del Valle. Las Cruces - New México.
- Jacobsen, D. Schultz, R. & Encalada, A.** 1997. Structure and diversity of stream invertebrate communities: the influence of temperature with latitude and altitude. Freshwater Biological Laboratory. University of Copenhagen. Arch. Biol. 38: 247-262.
- Jacobsen, D., A. Encalada.** 1998. The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams in the wet and dry season. Freshwater Biological Laboratory. University of Copenhagen. Arch. Hydrobiol. 142: 53-70
- Peckarsky, B. and Bain, M.** 1996. Macroinvertebrates as Indicators of Stream Water Quality. Bio. Sci. 456. 3er. Stream Ecology Magazine.
- Pérez, G. y Roldán, G.** 1978. Niveles de contaminación por detergentes y su influencia en las comunidades bentónicas del Río Negro. Antioquia. Rev. Actualidades Biológicas. 7(24): 27-36
- Prat, N.** 1998. Bioindicadores de calidad de aguas. En: Memorias del Curso de Bioindicadores de Calidad de Agua. Universidad de Antioquia. Medellín.
- Roldán, G.** 1999. Los Macroinvertebrados y su Valor como Indicadores de la Calidad de Agua. Departamento de Biología. Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia..
- Roldán, G.** 1996. *Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Primera reimpression. Presencia Ltda. Colciencias, Universidad de Antioquia, Bogotá - Colombia.
- UDRI/HCPP. (Unidad de Desarrollo Rural Integral)** 1994, Plan de Manejo de la Region Noroccidental de la Provincia de Pichincha. Proyecto de Desarrollo Rural Integral. Honorable Consejo Provincial de Pichincha. Informes técnicos.
- Wigging, G.B.** 1984. Trichoptera en An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Merrit, R.W. & K.W. Cummins editores. Kendall-Hunt. Publishingco. Dubuque. Iowa.
- Zamora-Muñoz, C. Alba-Tercedor, A.** 1996. Bioassessment of organically polluted Spanish rivers, using a biotic index and multivariate methods. J. N. Am. Benthol. Soc. 15(3): 332-352
- Zuñiga, M.C., Rojas, A.M., Caicedo, G.** 1993. Indicadores ambientales de calidad de agua en la cuenca del Río Cauca. En: Bioindicadores ambientales de la Calidad del Agua. Universidad del Valle. Cali - Colombia. AINSA 13(2): 17-27

Apéndice 1.- Lista general de MAIA registrados en el río Alambi

Orden	Familia	Género	Sitio		Total general
			Antes	Después	
Acari	Limnococharidae	<i>Limnococharis</i> sp.	9	5	14
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i> sp.	3	0	3
Bassomatophora	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i> sp.	0	1	1
	Planorbidae	<i>N.D.11</i>	0	1	1
Colembolo	N.D.2	<i>N.D.1</i>	0	1	1
Coleoptera	Elmidae	<i>spp.</i>	113	242	355
	Hydrophilidae	<i>N.D.2</i>	1	2	3
	Lutrochidae	<i>Lutrochus</i> sp.	2	0	2
	Psephenidae	<i>Psephenus</i> sp.	100	65	165
	Ptylodactilidae	<i>Anchytarsus</i> sp.	10	13	23
	Scyrtidae	<i>Elodes</i> sp.	2	4	6
	Staphilinidae	<i>N.D.3</i>	1	0	1
Diptera	Blepharoceridae	<i>Limnocola</i> sp.	67	87	154
	Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i> sp.	1	0	1
		<i>Alluaudomyia</i> sp.	63	19	82
	Chironomidae	<i>N.D.4</i>	405	145	550
	Dixidae	<i>Dixela</i> sp.	1	0	1
	Empididae	<i>Hemerodromyia</i> sp.	12	8	20
	Psychodidae	<i>Clognia</i> sp.	3	0	3
		<i>Maruina</i> sp.	3	5	8
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	53	67	120
	Stratiomyidae	<i>N.D.5</i>	1	0	1
	Tabanidae	<i>Crysops</i> sp.	0	1	1
		<i>Hexatoma</i> sp.	5	14	19
	Tipulidae	<i>Limonia</i> sp.	3	2	5
		<i>Tipula</i> sp.	12	8	20
Muscidae		<i>Limnophora</i> sp.	1	1	2
Athericidae	<i>Anterix</i> sp.	8	3	11	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	347	401	748
		<i>Baetodes</i> sp.	809	379	1188
	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	352	430	782
	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> sp.	369	404	773
	Oligoneuridae	<i>Lachlania</i> sp.	12	26	38
Haplotalaxidae	N.D.3	<i>N.D.7</i>	3	12	15
Hemiptera	Gelastocoridae	<i>Nertha</i> sp.	1	0	1
	Naucoridae	<i>Criphocricos</i> sp.	5	6	11
		<i>Limnocoris</i> sp.	3	11	14
Veliidae	<i>Rhagovelia</i> sp.	2	18	20	
Lepidoptera	Noctuidae	<i>N.D.8</i>	4	1	5
	Pyralidae	<i>Petrophila</i> sp.	4	1	5
Nematomorpha	N.D.1	<i>N.D.9</i>	2	0	2
Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i> sp.	28	39	67
Odonata	Gomphidae	<i>N.D.10</i>	1	3	4
	Libellulidae	<i>Perithemis</i> sp.	0	3	3
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneturia</i> sp.	83	88	171
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>N.D.6</i>	228	139	367
	Helicopsychidae	<i>Helycopsyche</i> sp.	1	0	1
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	44	39	83
		<i>Leptonema</i> sp.	34	0	34
	Hydropsychidae	<i>N.D.4</i>	2	0	2
		<i>Smicridea</i> sp.	252	241	493
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> sp.	2	1	3
	Leptoceridae	<i>Atanatica</i> sp.	19	10	29
		<i>Grumichella</i> sp.	1	3	4
Xiphocentronidae	<i>Xiphocentron</i> sp.	7	3	10	
Tricladidae	Planariidae	<i>Dugesia</i> sp.	1	0	1
<b>Total general</b>			<b>3495</b>	<b>2952</b>	<b>6447</b>