

## Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú

Christian Paredes<sup>1</sup> ><sup>2</sup>      José Iannacone<sup>3</sup>      Lorena Alvarino<sup>1</sup> ><sup>4</sup>

### RESUMEN

PAREDES C, IANNAZONE J, ALVARIÑO L. 2004. *Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú*. Rev. per. Ent. 44.- Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos (MIB) pueden emplearse como eficientes indicadores biológicos de la calidad de agua en los ecosistemas dulceacuáticos. Durante el período febrero-marzo 2002 se desarrolló dos evaluaciones de MIB en la región Nor-Oriental del Marañón, Perú, para analizar su composición faunística, riqueza de familias y calidad de agua con base en el índice "Biological Monitoring Working Party" (BMWP). La primera evaluación fue en el río Wuawuas (Bagua, Amazonas; 05°14.13' S, 78°21.98' W), en siete estaciones de muestreo. Se valoró la calidad del agua según el índice BMWP, catalogándose como aguas con algunos efectos de contaminación o de calidad aceptable (67 puntos). Se obtuvo 22 taxones, con predominancia de tres órdenes de insectos: Trichoptera (40 %), Plecoptera (16 %) y Ephemeroptera (10 %). Las familias más representadas fueron: Xiphocentronidae (15 %), Odontoceridae (12 %), Baetidae (10 %), Perlidae (9 %) y Psephenidae (8 %). La segunda evaluación fue en el río Amojú (jaén, Cajamarca; 05°15.15' S, 78°48.29' W), con ocho estaciones de muestreo. Según la BMWP, se obtuvo una categoría equivalente a entre aguas contaminadas o de calidad dudosa, a aguas muy contaminadas o de calidad crítica (38 puntos). Se registró 30 taxones, con predominancia de tres órdenes de insectos: Ephemeroptera (27 %), Trichoptera (25 %) y Díptera (21 %). Las familias más representadas fueron Chironomidae (19 %), Hydropsychidae (16 %), Siphonuridae (9 %), Perlidae (8 %) y Leptophlebiidae (8 %). En este segundo lugar, los análisis físico-químicos no indicaron efectos de perturbación en el ecosistema acuático. La similitud de familias fue baja entre ambas localidades, según los índices de Jaccard ( $I_j = 20\%$ ) y Sorensen ( $I_s = 35\%$ ). En las dos localidades, los valores de la serie de números de Hill fueron semejantes. Finalmente, se analiza la potencialidad del empleo de los MIB para evaluar la calidad de agua en ríos del Perú.

Palabras clave: BMWP, calidad de agua, Díptera, diversidad, Ephemeroptera, indicadores biológicos, macroinvertebrados bentónicos, Plecoptera, Trichoptera.

### SUMMARY

PAREDES C, IANNAZONE J, ALVARIÑO L. 2004. *Benthic macroinvertebrates as biological indicators of water quality in two rivers of Cajamarca and Amazonas, Perú*. Rev. per. Ent. 44 - Communities of benthic macroinvertebrates (BMI) can be employed as efficient biological indicators of water quality in freshwater ecosystems. During the period February-March 2002 two BMI evaluations were done in northeastern Perú to analyze faunistic composition, family richness and water quality based on the "Biological Monitoring Working Party" (BMWP) index. The first evaluation was in the Wuawuas river (Bagua, Amazonas; 05°14.13 S, 78°21.98' W) in seven sampling stations. Water quality was assessed with the BMWP index, resulting in waters with some pollution or with acceptable quality (67 points). Twenty-two taxa were obtained, with predominance of three insect orders: Trichoptera (40 %), Plecoptera (16 %) and Ephemeroptera (10 %). The families best represented were: Xiphocentronidae (15 %), Odontoceridae (12 %), Baetidae (10 %), Perlidae (9 %) and Psephenidae (8 %). The second evaluation was in the Amojú river (jaén, Cajamarca; 05°15.15' S, 78°48.29' W) in eight sampling stations. The BMWP index resulted in polluted waters or waters with doubtful quality, to very polluted waters or waters with critical quality (38 points). Thirty taxa were recorded, with predominance of three insect orders: Ephemeroptera (27%), Trichoptera (25%) and Díptera (21%). The families best represented were Chironomidae (19 %), Hydropsychidae (16 %), Siphonuridae (9 %), Perlidae (8 %) and Leptophlebiidae (8 %). In this second place, physico-chemical analyses did not indicate effects of perturbation in the aquatic ecosystem. The similarity of families between both localities was low using jaccard ( $I_j = 20\%$ ) and Sorensen Indices ( $I_s = 35\%$ ). In both localities, the values of the series of Hill's numbers were similar. Finally, the potential of employing BMI to evaluate water quality of the rivers of Perú is assessed.

Key words: benthic macroinvertebrates, biological indicators, BMWP, Díptera, diversity, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, water quality.

<sup>1</sup> Laboratorio de Ecofisiología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad Nacional Federico Villarreal, Calle San Marcos 383, Lima-21, Perú.

<sup>2</sup> E-mail: [chepeeco@hotmail.com](mailto:chepeeco@hotmail.com)

<sup>3</sup> E-mail: [joseiannacone@hotmail.com](mailto:joseiannacone@hotmail.com)

<sup>4</sup> E-mail: [lalvarino@sedapal.com.pe](mailto:lalvarino@sedapal.com.pe)

## Introducción

El empleo de comunidades de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de cursos lóticos viene incrementándose en los últimos años, en lo que respecta a la protección de los ambientes acuáticos (BAY 1974, BROWN *et al.* 1997, COLÉ 1998, WETZEL & LIKENS 2000, ACOSTA 2001, MARQUÉS *et al.* 2001, PARSONS *et al.* 2003). A diferencia de los rutinarios y costosos análisis físico-químicos y microbiológicos, que sólo proporcionan información puntual e indirecta, la evaluación de las comunidades de macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos, con énfasis en insectos, proporciona una excelente alternativa en el diagnóstico de la calidad del agua (HURYN & WALLACE 2000, BAPTISTA *et al.* 2001, GALDEAN *et al.* 2001, ROGERS *et al.* 2002).

Muchos representantes de estos grupos de invertebrados pueden distribuirse en distintos niveles de condiciones ambientales, así como ser muy susceptibles a la contaminación, motivo por lo que son recomendados en el establecimiento de sistemas de vigilancia y control de los ecosistemas hídricos (LESLIE *et al.* 1999, ROYER *et al.* 2001, OGBEIBU & ORIBHABOR 2002). Perú es uno de los países neotropicales que enfrenta serios problemas de contaminación de sus ríos (IANNACONE *et al.* 2000b,c, 2001, ARRASCUE *et al.* 2001, CARRASCO *et al.* 2001, CHAVES *et al.* 2002).

Numerosos autores han propuesto el empleo de índices de diversidad y bióticos, empleando insectos acuáticos para la caracterización biológica de los cuerpos de agua dulce (WASHINGTON 1984, GUERRERO & LLOYD 1992, BULLA & CANDÍA 2000, MORENO 2001, MACNEILL *et al.* 2002, OLIVEIRA *et al.* 2002).

El objetivo del presente trabajo fue analizar la composición faunística, riqueza de familias y calidad del agua con base en el índice biótico "Biological Monitoring Working Group" (BMWP) en dos ríos del noreste de Perú en febrero-marzo 2002.

## Material y métodos

### Zonas de estudio

La primera área evaluada incluyó siete estaciones establecidas en las riberas y zonas anexas del río Wuawuas (05°14.13' S, 78°21.98' W), a 450 msnm, en las cercanías de la Comunidad Letrinás Durán, Departamento de Amazonas, Perú (Fig. 1). Al río Wuawuas confluyen las aguas de dos de sus afluentes, el río Lejía o Durán, y el río Almendro. Las siete estaciones de muestreo evaluadas en el mismo río y en las zonas anexas durante febrero 2002 están indicadas en la Tabla 1. Las zonas anexas incluyen una sa-

TABLA 1.- Estaciones de muestreo en el río Wuawuas y zonas anexas

Estación	Referencia
1	Aguas abajo del río Lejía
2	Ingreso de aguas del río Lejía o Durán (zona anexa)
3	Altura de la comunidad "Letrinás Durán"
4	Ingreso de aguas del río Almendro (zona anexa)
5	Aguas abajo de la salida de aguas sulfuradas
6	Salida de aguas sulfuradas (zona anexa)
7	Aguas arriba de la salida de aguas sulfuradas

lida de aguas sulfuradas (Estación 6), el ingreso de aguas del río Almendro (Estación 4) y el ingreso de aguas del río Durán o Lejía (Estación 2). Las estaciones 1, 3, 5 y 7 son propias del curso del río Wuawuas.

La segunda área evaluada, en marzo 2002, comprendió el río Amojú (05°15.15' S, 78°48.29' W), a 729 msnm, en Jaén, Departamento de Cajamarca, donde se establecieron ocho estaciones (Fig. 1; Tabla 2). Se distinguieron dos zonas, correspondientes a las cuencas media-alta (estaciones 5-8) y baja (estaciones 1-4).

En ambas zonas de estudio, la altitud y las coordenadas geográficas fueron obtenidas con un GPS 2000 Magellan Systems®. El orden de los ríos para ambas localidades siguió la clasificación de STRAHLER (1957), el río Wuawuas fue considerado de segundo orden, y de primero el Amojú.

### Muéstreos

En el río Wuawuas sólo se evaluó la temperatura del agua en °C con un termómetro de mercurio. En el Amojú se realizaron los siguientes análisis físico-químicos: pH, temperatura en °C y conductividad específica ( $ce = ?S\ cm^{-1}$ ), mediante un equipo portátil Hach®. Los datos de caudal ( $m^3\ s^{-1}$ ), y de velocidad promedio ( $cm\ s^{-1}$ ), se obtuvieron siguiendo el método de LIND (1979). El oxígeno disuelto (OD) y la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_{5,0}$ ) en  $mg\ L^{-1}$  siguieron el protocolo de Winkler (APHA 1995).

Para tomar las muestras biológicas en ambas zonas de estudio se empleó el método manual (GIDSICKI *et al.* 2002) y la técnica rápida de HYNES (1970), modificada con el empleo del muestreador modificado de Súber, una red estándar de 30 x 30  $cm^2$  con malla de 1 mm (GAVIÑÓN *et al.* 1995, MERRITT & CUMMINS 1996).

En el laboratorio, cada muestra fue separada a nivel de familia y se fijó en viales de vidrio de 5 mL, con EtOH 70 %, debidamente rotulados.

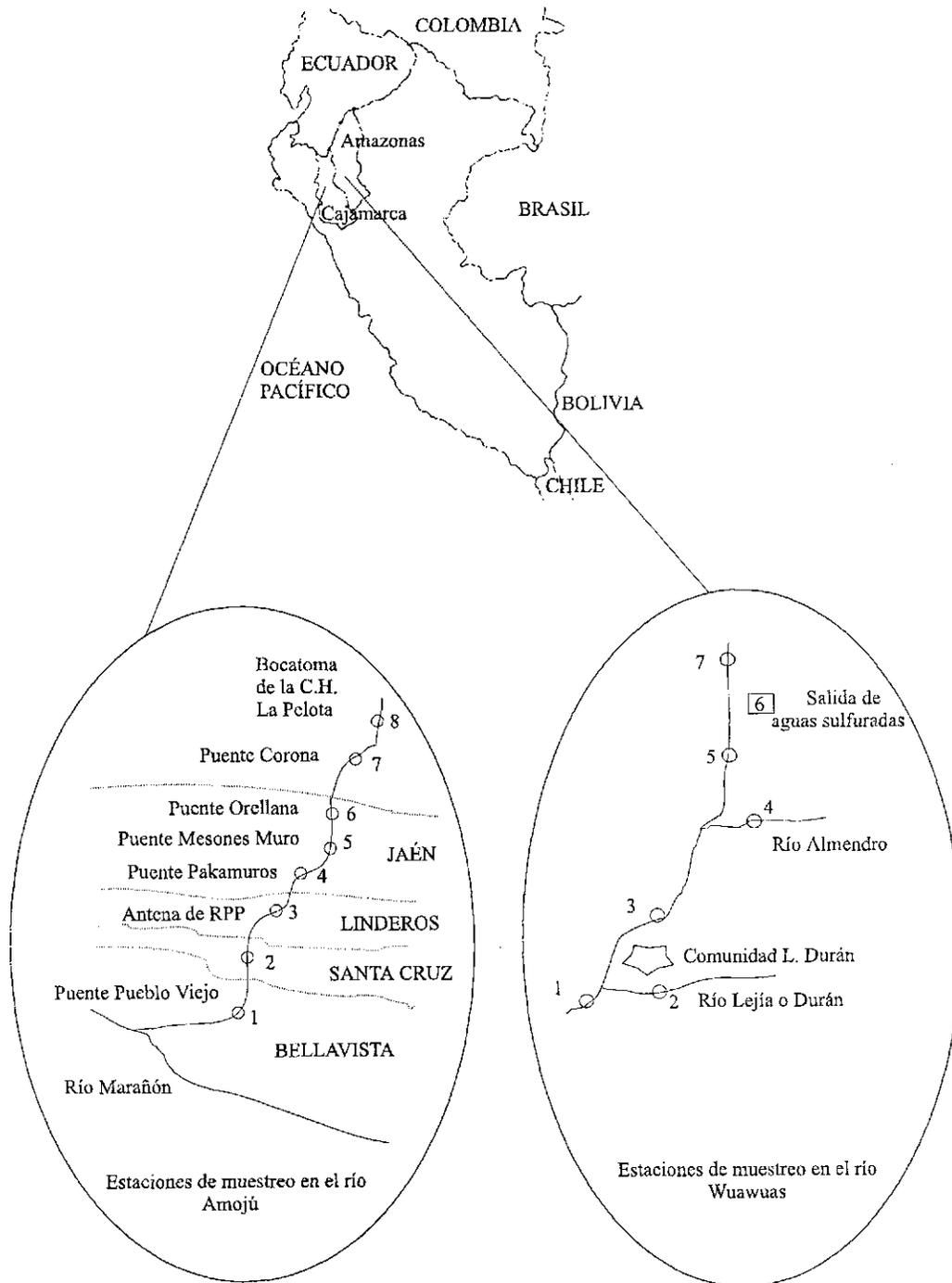


FIGURA 1.- Esquema de las estaciones de muestreo en los ríos Amojú (Cajamarca) y Wuawuas (Amazonas).

TABLA 2.- Estaciones de muestreo en el río Amojú

Estación	Ubicación geográfica	Altitud (msnm)	Referencia
1	05°40'16" S - 78°41'08" W	520	Puente Pueblo Viejo (Bellavista*)
2	05°39'10" S - 78°43'58" W	620	Carretera entre Santa Cruz* y Bellavista*
3	05°41'32" S - 78°46'52" W	690	Antena RPP (Linderos*)
4	05°42'19" S - 78°48'26" W	750	Puente Pakamuros (Jaén**)
5	05°41'02" S - 78°46'47" W	770	Puente Mesones Muro (Jaén**)
6	05°42'42" S - 78°49'52" W	790	Puente Orellana (Jaén**)
7	05°41'17" S - 78°50'30" W	885	Camino a la C.H*** "La Pelota"
8	05°42'04" S - 78°53'04" W	1190	Bocatoma C.H*** "La Pelota"

\* Localidad

\*\*Ciudad

\*\*\*Central Hidroeléctrica

Para los moluscos se siguió el procedimiento descrito por THIENGO *et al.* (2001) y para la identificación de los insectos se usó claves taxonómicas especializadas (BENEDETTO *et al.* 1974, STEHR 1987, BORROR *et al.* 1995, MERRITT & CUMMINS 1996, MAZZUCCONI 2000). Para la determinación de la composición faunística y la riqueza de familias de los macroinvertebrados bentónicos fue empleado el nivel taxonómico de familia por su relativa facilidad y rapidez, y por su capacidad de aportar información ecológica (HILSENHOFF 1988, LENAT & BARBOUR 1994). Material representativo fue depositado en el Museo de Entomología del Programa Nacional de Control Biológico (PNCB), Lima.

#### Análisis de datos

Para el río Amojú se confeccionó una matriz de correlación empleando el coeficiente de correlación de Spearman ( $r_s$ ) entre los siete parámetros físico-químicos obtenidos en cada una de las ocho estaciones de muestreo (ZAR 1996).

Se aplicó el índice biótico BMWP (HELLAWELL 1978), que identifica un nivel de calidad de agua de acuerdo a un puntaje otorgado a ciertas familias de MIB que se encuentren en el cuerpo de agua (Tabla 3). Tal puntaje se obtiene por la suma total de la puntuación correspondiente a cada una de las familias identificadas (Tabla 4). Se empleó los tres índices que proponen MARQUÉS *et al.* (2001): (Ephemeroptera + Plecoptera + Trichoptera = EPT) / Chironomidae (= Q); EPT / (EPT + Q) y porcentaje de Chironomidae en Díptera, así como el índice de Goodnight & Whittley, basado en la relación (No. oligoquetos (Annelida) / Total de organismos béticos) x 100, siendo > 80 % como altamente contaminado; 60 - 80 % = dudoso; y < 60 % de buena condición (WASHINGTON 1984).

Con la finalidad de evaluar la diversidad alfa en las comunidades macrozoobentónicas de las dos zonas estudiadas, fueron utilizados los siguientes índices: 1) Shannon-Wiener, que varía de 0 a ln del número de familias censadas,

determinadas por el número de familias presentes en la comunidad y basándose en la escala logarítmica escogida  $H' = -\sum p_i \ln p_i$ , donde  $H'$  = índice de diversidad de Shannon-Wiener, (ln) = logaritmo neperiano;  $p_i = n_i/N$ ; donde  $n_i$  = al número de individuos de cada familia,  $N$  = número total de individuos (WASHINGTON 1984, IANNACONE *et al.* 2000a, SALAZAR & IANNACONE 2001); 2) El índice de diversidad de Margalef ( $D_{mg}$ ), cuya fórmula es  $D_{mg} = (S-1)/\ln N$ ; donde  $S$  = número de familias y  $N$  = número total de

TABLA 3.- Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos (MIB) para la obtención del BMWP

<b>Puntuación 10</b>	<b>Puntuación 3</b>
Heptageniidae	Naucoridae
Leptoceridae	Hydrophilidae
Leptophlebiidae	Physidae
Odontoceridae	<b>Puntuación 2</b>
Perlidae	Chironomidae
Phryganeidae	<b>Puntuación 1</b>
Siphonuridae	Oligochaeta*
<b>Puntuación 8</b>	<b>Puntuación s/d</b>
Psychomyiidae	Carabidae
Philopotamidae	Corydalidae
Glossosomatidae	Thiaridae
<b>Puntuación 7</b>	Planorbidae
Ephemeroptera	Helicopsychidae
Polycentropodidae	Hirudinea*
<b>Puntuación 6</b>	Machilidae
Hydroptilidae	Trematoda*
Coenagrionidae	Turbellaria*
<b>Puntuación 5</b>	Psephenidae
Dryopidae	Pyralidae
Elmidae	Trichorythidae
Hydropsychidae	Xiphocentronidae
<b>Puntuación 4</b>	
Baetidae	
Chrysomelidae	s/d = sin determinar
Psychodidae	* Clase

TABLA 4.- Valoración de calidad de agua para la obtención del BMWP

Calidad	Valor	Significado
Muy buena	>120	Aguas muy limpias
Buena	101 - 120	Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible
Aceptable	61 - 100	Son evidentes algunos efectos de contaminación
Dudosa	36 - 60	Aguas contaminadas
Crítica	16 - 35	Aguas muy contaminadas
Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas

individuos; 3) El índice de Simpson (C), que varía entre 0 y 1, y cuya fórmula es:  $C = 1 - S(ni/N)^2$ , donde ni = al número de individuos en la zona evaluada, siendo el valor equivalente a 1 como el de máxima diversidad; 4) El índice de equidad de Pielou, calculado empleando  $J' = H'/\ln S$ , donde S = el número máximo de familias en la muestra; 5) La serie de números de Hill permitió calcular el número total de familias en una muestra ( $N_o =$  número total de familias = s), el número de familias abundantes ( $N_j = e^j$ ) y el número familias muy abundantes ( $N_z = 1/(1-C)^{1/z}$ ); 6) El índice de dominancia de McIntosh (D),  $D = (N - U) / N - ? N$ , donde N = número de especímenes recolectados y  $U = ?Sn_i^2$ ; y 7) El índice de Berger-Parker (d),  $d = N_{max} / N$ , donde  $N_{max}$  es el número de individuos de la familia más abundante (MORENO 2001).

Para la diversidad beta, de similaridad entre ambas zonas de estudio, se usó el índice cualitativo de similitud de Jaccard (L),  $I_j = c / (a + b - c)$ . 100 y el índice de Sorensen (I),  $I = 2c / (a + b)$ .100, donde a = número de familias presentes en el sitio A; b = número de familias presentes en el sitio B, y c = número de familias presentes en ambos sitios A y B. Además, fueron determinados los índices cualitativos de Sokal & Sneath ( $I_{s1}$ ),  $I_{s1} = c / \{2(c + b + a) - c\}$ .100, y de Ochiai-Barkman ( $I_{o.b}$ ),  $I_{o.b} = c / \{(c + b) (c + a)\}$ .100, donde a = número de familias exclusivas en el sitio A, y b = número de familias exclusivas en el sitio B. Se determinó el índice cuantitativo de Sorensen ( $I_{s.cuant}$ ) =  $2pN / aN + bN$ , donde, aN = número total de individuos en el sitio a, bN = número total de individuos en el sitio b, y pN = sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las familias compartidas entre ambos sitios; y el índice de Morisita-Horn, que varía de 0 a un valor máximo próximo a uno.  $IM-H = 2\sum(an_i.bn_j) / (da + db)aN.bnN$ , donde:  $an_i$  = número de individuos de la i-ésima familia en el sitio A,  $bn_j$  = número de individuos de la j-ésima familia en el sitio B,  $da = S(an_i)^2 / aN^2$  y  $db = S(bn_j)^2 / bN^2$  (MORENO 2001). La determinación de los dendrogramas cualitativos y cuantitativos se realizó mediante el índice de Sorensen para las estaciones de muestreo en ambas localidades evaluadas. La Complementariedad

( $C_{AB}$ ) entre ambas zonas fue calculada para determinar el grado de disimilitud en la composición de familias,  $C_{AB} = (U_{AB} / S_{AB}) - 100$ , donde  $S_{AB}$  = riqueza total para ambos sitios = a + b - c; y,  $U_{AB} = a^2 - b + 2c$ ; a = número de familias del sitio A, b = número de familias del sitio B y c = número de familias comunes entre los sitios A y B (MORENO 2001).

Para las familias más abundantes se determinó su distribución espacial (al azar, amontonada o uniforme), utilizando el criterio de  $S^2/X$  (Varianza/ Promedio de individuos por estación). Para todos los casos se empleó un nivel de significancia de alfa = 0,05 (ZAR 1996).

### Resultados y discusión

#### Río Wuawuas

Las temperaturas evaluadas del agua en las siete estaciones de muestreo se muestran en la Tabla 5. El rango de temperatura fue estrecho, de 24-26 °C y el coeficiente de variación (CV %) de 4 %.

Se determinó 22 familias, con predominancia de tres órdenes de insectos, Trichoptera (40 %), Plecoptera (16 %) y Ephemeroptera (10 %). Las familias mejor representadas fueron Xiphocentronidae (15 %), Odontoceridae (12 %), Baetidae (10 %), Perlidae (9 %) y Psephenidae (8 %) (Tabla 6). La Tabla 8 indica los altos valores de diversidad para Shannon-Wiener, Pielou, y Simpson y, al contrario, los bajos valores para

TABLA 5.- Temperaturas del agua por estaciones de muestreo del río Wuawuas y zonas anexas

Estaciones	Temperatura (°C)
1	26
2	24
3	24
4	24
5	24
6	26
7	25
Promedio	24,7
Desviación estándar	1

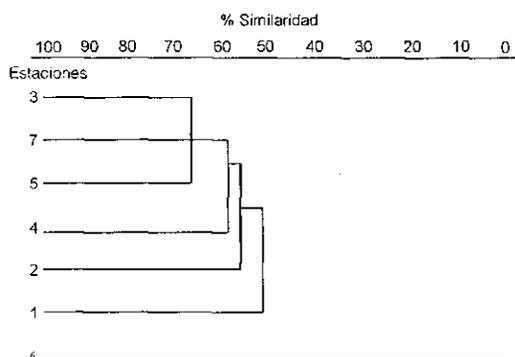


FIGURA 2.- Análisis cualitativo de similaridad empleando el índice de Sorensen para las estaciones de muestreo del río Wuawuas. 1. Aguas abajo del río Lejía; 2. Ingreso de aguas del río Lejía o Duran (zona anexa); 3. Altura de la comunidad "Letrinas Duran"; 4. Ingreso de aguas del río Almendro (zona anexa); 5. Aguas abajo de la salida de aguas sulfuradas; 6. Salida de aguas sulfuradas (zona anexa); 7. Aguas arriba de la salida de aguas sulfuradas.

Berger-Parker. Los números de la serie de Hill,  $N_i$  y  $N_j$  indicaron un alto valor de familias abundantes y muy abundantes (Tabla 8).

Según el análisis de similaridad cualitativa y cuantitativa, hay notable exclusión de la comunidad de MIB en la estación 6 (0%), que es una salida de aguas sulfuradas con temperatura del agua ligeramente más alta (26 °C) que las demás estaciones (Tabla 5, Figs. 2-3). A pesar que la estación 1 también presenta este valor de temperatura y obtiene un valor de similaridad cualitativa del 50% con el resto de estaciones, esto puede ser explicado como un efecto de la concentración de vertimientos provenientes de la comunidad aledaña de Letrinas Duran, arrojando al río los residuos líquidos que produce la actividad humana, tales como servicios domésticos, crianza de animales, y riego agrícola. Las demás estaciones guardan una mayor similitud (Figs. 2-3), con la temperatura del agua poco fluctuante y evidencias de contaminación casi ausente. Para el estimado del índice BMWP, se debe considerar el criterio de elegir las estaciones adecuadas para el sistema río Wuawuas, que concierne solo las estaciones 1, 3, 5 y 7. Se obtuvo un puntaje biótico de 67, que da una clasificación de río con aguas donde son evidentes algunos efectos de contaminación o de calidad aceptable (Tabla 4). Trichoptera, Plecoptera y Ephemeroptera se asocian a ecosistemas donde aún la contaminación es incipiente o nula (BISPO *et al.* 2002). Odontoceridae (12%), Baetidae (10%) y Perlidae (9%), mostraron altos a regulares valores de interés en el BMWP. No obstante, cabe recalcar que existen otros puntajes bióticos que consideran ciertas familias de MIB y omiten otras, variando así de cierta manera el puntaje

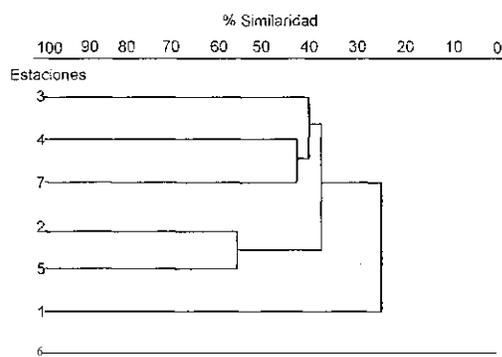


FIGURA 3.- Análisis cuantitativo de similaridad empleando el índice de Sorensen para las estaciones de muestreo del río Wuawuas. 1. Aguas abajo del río Lejía; 2. Ingreso de aguas del río Lejía o Duran (zona anexa); 3. Altura de la comunidad "Letrinas Duran"; 4. Ingreso de aguas del río Almendro (zona anexa); 5. Aguas abajo de la salida de aguas sulfuradas; 6. Salida de aguas sulfuradas (zona anexa); 7. Aguas arriba de la salida de aguas sulfuradas.

mas no la valoración final (WASHINGTON 1984). Todas las familias con presencia de 50% o más en los puntos de muestreo presentaron una distribución espacial amontonada, por presentar una relación  $S^2/X > 1$ , como Siphonuridae (4,33), Perlidae (2,62), Hydropsychidae (2,95) y Chironomidae (5,64).

#### Río Amojú

La Tabla 9 muestra los siete parámetros físico-químicos evaluados. Los análisis físico-químicos, principalmente OD y  $DBO_{5,20}$ , no indicaron efectos de perturbación en el ecosistema acuático. Para todos los parámetros se observó un CV % < 50%. Las estaciones 1-4, correspondientes a la cuenca baja, en comparación a las 5-8, de la cuenca media-alta, presentaron niveles significativos más altos de temperatura (25,4 °C vs. 21,2 °C;  $t = 3,26$ ,  $P = 0,01$ ), pH (8,52 vs. 8,17;  $t = 3,56$ ,  $P = 0,01$ ) y CE (305,25  $\mu S\ cm^{-1}$  vs. 165,50  $\mu S\ cm^{-1}$ ;  $t = 2,89$ ,  $P = 0,03$ ). Se observó relaciones de correlaciones lineales positivas entre la velocidad y el caudal; la temperatura y el pH; la temperatura y la conductividad eléctrica; y el pH y la CE. En cambio, la velocidad y el caudal presentaron relaciones negativas con el pH, CE y OD (Tabla 10).

Se registró un total de 30 taxones con predominancia de Ephemeroptera (27%), Trichoptera (25%) y Diptera (21%). Las familias más representadas fueron Chironomidae (19%), Hydropsychidae (16%), Siphonuridae (9%), Perlidae (8%) y Leptophlebiidae (8%) (Tabla 11). Se obtuvo un puntaje biótico de 38 (Tabla 11) que según el BMWP caracteriza a este río como de aguas contaminadas (calidad dudosa), *I*

TABLA 6.- Macroinvertebrados bentónicos (MIB) por estaciones de muestreo recolectados en el río Wuawuas y zonas anexas

Orden	Familia	Estaciones							Total
		1	2	3	4	5	6	7	
Platyhelminthes*	Trematoda**					1			1
Thysanura	Machilidae						5		5
Ephemeroptera	Baetidae			9				3	12
Odonata	Coenagrionidae		2	3		2		1	8
Plecoptera	Perlidae		1	2	3	1		4	11
Plecoptera	Hyponuridae			1	2	2		3	8
Hemiptera	Naucoridae			3		1		2	6
Colcoptera	Carabidae							1	1
Colcoptera	Psephenidae		3	1	1	3		1	9
Trichoptera	Helicopsychidae		1						1
Trichoptera	Hydropsychidae		1						1
Trichoptera	Leptoceridae	1		2	2			3	8
Trichoptera	Odontoceridae		1			4		9	14
Trichoptera	Philopotamidae		1			1		2	4
Trichoptera	Phryganeidae							2	2
Trichoptera	Psychomyiidae		2						2
Trichoptera	Xiphocentronidae	1		2	3			11	17
Lepidoptera	Pyralidae					1			1
Diptera	Chironomidae			1					1
Diptera	Psychodidae	1		3					4
Diptera	Pupa 1	2		1					3
Diptera	Pupa 2		1	1					2
<b>Total</b>		<b>5</b>	<b>13</b>	<b>29</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>42</b>	<b>121</b>

\* Phylum

\*\* Clase

muy contaminadas (calidad crítica) (Tabla 4). Hay que tener en cuenta para este puntaje y valoración, el promedio de los puntajes obtenidos en cada estación pues, según el índice, se considera el puntaje como la suma de los valores obtenidos para cada familia en cada punto de muestreo u estación. Ha de notarse también que el río Amojú podría ser sectorizado en sus cuencas baja y media-alta, obteniéndose un puntaje y caracterización de cada una de ellas. Así, para el sector de cuenca media-alta se obtiene 62 de promedio con las puntuaciones de las estaciones 5-8, y 14 de promedio para la cuenca baja (estaciones 1-4). La primera tendría aguas contaminadas (calidad dudosa) a aguas donde son evidentes algunos efectos de contaminación (calidad aceptable), y el segundo sector aguas muy contaminadas (calidad crítica) a fuertemente contaminadas (calidad muy crítica). Al igual que para Wuawuas, la Tabla 8 indica altos valores de diversidad para Shannon-Wiener, Pielou y Simpson, pero bajos para Berger-Parker. Los números de la serie de Hill, Nj y N, indicaron un alto valor de familias abundantes y muy abundantes (Tabla 8).

En el dendrograma cualitativo y cuantitativo del Amojú se aprecia la formación de dos grupos de comunidades según las estaciones de muestreo, el sector bajo con las estaciones 1-4,

TABLA 7.- Puntuaciones bióticas por familias de macroinvertebrados bentónicos (MIB) para la obtención del BMWP, recolectados en las estaciones de muestreo 1, 3, 5 y 7 del río Wuawuas

Familia	Est. 1	Est. 3	Est. 5	Est. 7	Total
Baetidae	4		4		4
Coenagrionidae	6	6	6		6
Perlidae	10	10	10		10
Naucoridae	3	3	3		3
Leptoceridae	10		10	10	10
Odontoceridae	10	10			10
Philopotamidae	8	8			8
Phryganeidae	10				10
Chironomidae			2		2
Psychodidae			4	4	4
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>37</b>	<b>39</b>	<b>14</b>	<b>67</b>

con similitudes cualitativas de 40-67 %, y el alto, con las estaciones 5-8, con similitudes cualitativas de 53-63 % (Figs. 4-5). Los análisis físico-químicos como OD y DBO no indicaron efectos de perturbación en el ecosistema acuático (APHA 1995), lo que no coincide con el puntaje obtenido del BMWP, que caracteriza al río entre el rango de calidad dudosa a crítica, a pesar de las descargas de vertimientos y sólidos del tipo doméstico e industrial en las localida-

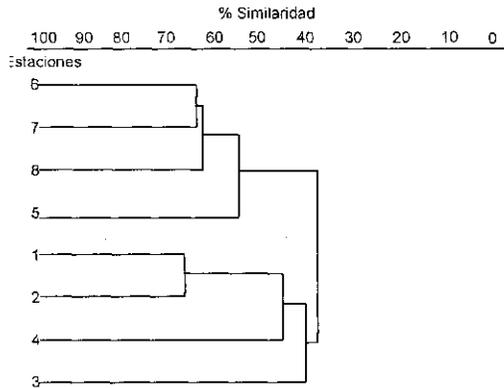


FIGURA 4.- Análisis cualitativo de similaridad empleando el índice de Sorensen para las estaciones de muestreo del río Amojú. 1. Puente Pueblo Viejo (Localidad de Bellavista); 2. Carretera entre Santa Cruz y Bellavista; 3. Antena Radio Programas del Perú (Localidad de Linderos); 4. Puente Pakamuros (Ciudad de Jaén); 5. Puente Mesones Muro (Ciudad de Jaén); 6. Puente Oreana (Ciudad de Jaén); 7. Camino a la Central Hidroeléctrica "La Pelota"; 8. Bocatoma Central Hidroeléctrica "La Pelota".

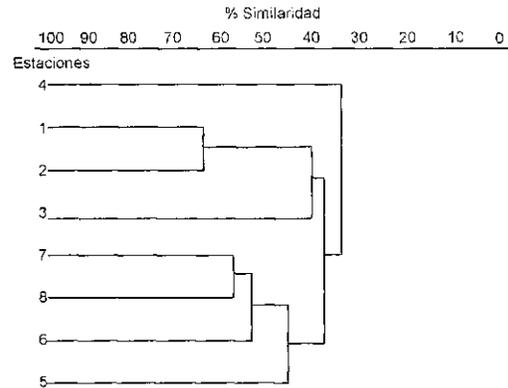


FIGURA 5.- Análisis cuantitativo de similaridad empleando el índice de Sorensen para las estaciones de muestreo del río Amojú. 1. Puente Pueblo Viejo (Localidad de Bellavista); 2. Carretera entre Santa Cruz y Bellavista; 3. Antena Radio Programas del Perú (Localidad de Linderos); 4. Puente Pakamuros (Ciudad de Jaén); 5. Puente Mesones Muro (Ciudad de Jaén); 6. Puente Oreana (Ciudad de Jaén); 7. Camino a la Central Hidroeléctrica "La Pelota"; 8. Bocatoma Central Hidroeléctrica "La Pelota".

des y ciudades establecidas principalmente en las márgenes del río en el sector bajo. La aparición de Díptera en el grupo de los órdenes predominantes de MIB en este río, puede estar relacionada a una ligera incorporación de contaminantes (CARRASCO *et al.* 2001). En Díptera aparece la familia más frecuente en la recolección, Chironomidae, citada por MARQUÉS *et al.* (2001) como taxón tolerante y además usado como bioindicador de ecosistemas acuáticos contaminados por metales pesados.

Otras familias como Hydropsychidae, Siphonuridae, Perlidae y Leptophlebiidae, que si bien están relacionadas a ambientes poco contaminados, se las encontró en las estaciones más alejadas de la ciudad, ya sea antes de ingresar a ésta o mucho después. En este último caso, se aprecia un efecto de autodepuración del río (BISPO *et al.* 2002), a pesar que estos autores señalan que la influencia de la acción antrópica (contaminación orgánica) es probablemente un factor muy importante en la variación de densidades de insectos entre estaciones. En el presente estudio, los parámetros físico-químicos indicativos de este tipo de perturbación, como OD y DBO, mostraron ausencia de perturbación en todas las estaciones del río Amojú, en contraste a lo hallado con el índice BMWP (Tablas 9, 12), lo resalta la gran efectividad de emplear MIB en contraste a las evaluaciones físico-químicas, que solo describen el entorno de manera puntual o indirecta, incluyendo el grado de error humano que puede resultar del mal manejo de protocolos poco sencillos y muchas veces de di-

fícil acceso a los equipos de evaluación. Todas las familias con una presencia de 50 % o más en los puntos de muestreo presentaron una distribución espacial amontonada, por presentar una relación  $S^2/X > 1$ , como Perlidae (4,33), Psephenidae (1,22), Odontoceridae (5,83) y Xiphocentronidae (6,43).

#### Análisis comparativo

Los índices bióticos EPT/ Q y % de Q en Díptera, para ambas localidades, mostraron valores sumamente variables, siendo coincidentes con los índices BMWP (Tabla 8). Solo los índices bióticos EPT / (EPT + Q), y el de Goodnight & Whittley mostraron valores coincidentes con el BMWP (Tabla 8). A pesar de presentar valores semejantes en la diversidad alfa con relación a los índices de diversidad y de dominancia (Tabla 8), se observó muy poca similitud (diversidad beta) de los MIB de Wuawuas y de Amojú, al emplear los cuatro índices de asociación cualitativos y dos cuantitativos, pues en ningún caso sobrepasaron el 35 % (Tabla 8). La disimilaridad fue alta, de 79 % (Tabla 8).

OLIVEIRA & BISPO (2001) indican que los Trichoptera son importantes en los ecosistemas lóticos, por ser relevantes en la transferencia de energía en tal-ecosistema, siendo el orden de insectos acuáticos más diversificado desde el punto de vista funcional. En ambas localidades presentó un número alto de familias, 8 en el Wuawuas y 6 en el Amojú (Tablas 6, 11).

TABLA 6.- Macroinvertebrados bentónicos (MIB) por estaciones de muestreo recolectados en el río Wuawuas y zonas anexas

Orden	Familia	Estaciones							Total
		1	2	3	4	5	6	7	
Platyhelminthes*	Trematoda**					1			1
Thysanura	Machilidae						5		5
Ephemeroptera	Baetidae			9				3	12
Odonata	Coenagrionidae		2	3		2		1	8
Plecoptera	Perlidae		1	2	3	1		4	11
Plecoptera	Hyponeuridae			1	2	2		3	8
Hemiptera	Naucoridae			3		1		2	6
Coleoptera	Carabidae							1	1
Coleoptera	Psephenidae		3	1	1	3		1	9
Trichoptera	Helicopsychidae		1						1
Trichoptera	Hydropsychidae			1					1
Trichoptera	Leptoceridae	1		2	2			3	8
Trichoptera	Odontoceridae		1			4		9	14
Trichoptera	Philopotamidae		1			1		2	4
Trichoptera	Phryganeidae							2	2
Trichoptera	Psychomyiidae		2						2
Trichoptera	Xiphocentronidae	1		2	3			11	17
Lepidoptera	Pyralidae					1			1
Diptera	Chironomidae			1					1
Diptera	Psychodidae	1		3					4
Diptera	Pupa 1	2		1					3
Diptera	Pupa 2		1	1					2
<b>Total</b>		<b>5</b>	<b>13</b>	<b>29</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>42</b>	<b>121</b>

\* Phylum

\*\* Clase

muy contaminadas (calidad crítica) (Tabla 4). Hay que tener en cuenta para este puntaje y valoración, el promedio de los puntajes obtenidos en cada estación pues, según el índice, se considera el puntaje como la suma de los valores obtenidos para cada familia en cada punto de muestreo u estación. Ha de notarse también que el río Amojú podría ser sectorizado en sus cuencas baja y media-alta, obteniéndose un puntaje y caracterización de cada una de ellas. Así, para el sector de cuenca media-alta se obtiene 62 de promedio con las puntuaciones de las estaciones 5-8, y 14 de promedio para la cuenca baja (estaciones 1-4). La primera tendría aguas contaminadas (calidad dudosa) a aguas donde son evidentes algunos efectos de contaminación (calidad aceptable), y el segundo sector aguas muy contaminadas (calidad crítica) a fuertemente contaminadas (calidad muy crítica). Al igual que para Wuawuas, la Tabla 8 indica altos valores de diversidad para Shannon-Wiener, Pielou y Simpson, pero bajos para Berger-Parker. Los números de la serie de Hill, Nj y Ni, indicaron un alto valor de familias abundantes y muy abundantes (Tabla 8).

En el dendrograma cualitativo y cuantitativo del Amojú se aprecia la formación de dos grupos de comunidades según las estaciones de muestreo, el sector bajo con las estaciones 1-4,

TABLA 7.- Puntuaciones bióticas por familias de macroinvertebrados bentónicos (MIB) para la obtención del BMWP, recolectados en las estaciones de muestreo 1, 3, 5 y 7 del río Wuawuas

Familia	Est. 1	Est. 3	Est. 5	Est. 7	Total
Baetidae	4		4		4
Coenagrionidae	6	6	6		6
Perlidae	10	10	10		10
Naucoridae	3	3	3		3
Leptoceridae	10		10	10	10
Odontoceridae	10	10			10
Philopotamidae	8	8			8
Phryganeidae	10				10
Chironomidae			2		2
Psychodidae			4	4	4
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>37</b>	<b>39</b>	<b>14</b>	<b>67</b>

con similitudes cualitativas de 40-67 %, y el alto, con las estaciones 5-8, con similitudes cualitativas de 53-63 % (Figs. 4-5). Los análisis físico-químicos como OD y DBO no indicaron efectos de perturbación en el ecosistema acuático (APHA 1995), lo que no coincide con el puntaje obtenido del BMWP, que caracteriza al río entre el rango de calidad dudosa a crítica, a pesar de las descargas de vertimientos y sólidos del tipo doméstico e industrial en las localida-

TABLA 8.- Índices bióticos, de diversidad alfa ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ) de familias para el río Wuawuas y anexos y el río Amojú

Índices	Localidades	
	Río Wuawuas	Río Amojú
BMWP	67	38
ETP/ Chironomidae	80	2,56
ETP/(ETP+ Chironomidae)	0,98	0,74
% Chironomidae en Diptera	10	94,11
Goodnight & Whitley	0	2,42
Shannon-Wiener, H	2,72	2,72
Simpson, C	0,93	0,91
Pielou, J	0,88	0,80
Margalef, $D_{mg}$	4,38	5,67
McIntosh, D	0,81	0,74
Berger-Parker, d	0,14	0,19
Números de Hill, $N_0$	22	30
Números de Hill, $N_1$	15	15
Números de Hill, $N_2$	13	11
Jaccard, $I_j$		20 %
Sørensen, $I_s$		35 %
Sokal & Sneath, $I_{SS}$		12 %
Ochiai-Barkman, $I_{O-B}$		35 %
Sørensen cuantitativo, $I_{SCUANT}$		19,6 %
Morisita-Iom, $I_{M-H}$		21 %
Complementaridad, $C_{AB}$		79 %

TABLA 9.- Parámetros fisicoquímicos por estaciones de muestreo en el río Amojú

Parámetros	Estaciones								X ± DS; CV %
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Velocidad (cm s <sup>-1</sup> )	71,43	100	107,76	133,33	146,63	88,34	182,48	174,83	125,59 ± 40,46; 32
Caudal (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	1,35	1,89	2,04	2,52	2,77	1,67	3,45	3,30	2,37 ± 0,76; 32
Temperatura (°C)	26,5	26,2	25,9	23,1	23,2	22,5	20,5	18,7	23,33 ± 2,81; 12
pH	8,68	8,48	8,56	8,37	8,28	8,26	8,20	7,97	8,35 ± 0,22; 3
CE (µS cm <sup>-1</sup> )	394	364	260	203	208	180	152	122.	235,52 ± 97,70; 42
OD (mg l <sup>-1</sup> )	7,31	8,32	9,14	7,31	7,31	7,51	7,71	7,51	7,76 ± 0,65; 8
DBO <sub>5,20</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	0,04	0,05	0,04	0,01	*	0,02	0,01	*	0,03 ± 0,01; 33

\* no determinado; CE = Conductividad específica;  
 OD = Oxígeno disuelto; DBO = Demanda bioquímica de oxígeno;  
 CV = Coeficiente de variación.

TABLA 10.- Matriz de correlaciones de Spearman ( $r_s$ ) entre los parámetros fisicoquímicos para el río Amojú

Coeficiente de correlación de Spearman	Velocidad	Probabilidad						
		Caudal	Temperatura	pH	CE	OD	DBO	
	Velocidad	-	0,00	0,04	0,04	0,04	0,84	-0,62
	Caudal	1,00*	-	0,04	0,04	0,04	0,84	-0,62
	Temperatura	-0,71*	-0,71*	-	0	0,00	0,95	0,79
	pH	-0,71*	-0,71*	0,95*	-	0,00	1,00	0,71
	CE	-0,71*	-0,71*	1,00*	0,95*	-	0,95	0,06
	OD	0,08	0,08	-0,03	0	-0,03	-	0,37
	DBO	-0,61	-0,61	0,79	0,71	0,79	0,45	-

CE = Conductividad específica; OD = Oxígeno disuelto; DBO = Demanda bioquímica de oxígeno.

TABLA 11.- Macroinvertebrados bentónicos (MIB) por estaciones de muestreo recolectados en el río Amojú

Orden	Familia	Estaciones								Total
		2	3	4	5	6	7	8		
Platyhelminthes*	Turbellaria**		1							1
Annelida*	Oligochaeta**	1	3							4
Annelida*	Hirudinea**		1							1
Ephemeroptera	Baetidae			1						1
Ephemeroptera	Ephemerellidae				1					1
Ephemeroptera	Heptageniidae						1	2		3
Ephemeroptera	Leptophlebiidae					3	4	6		13
Ephemeroptera	Siphonuridae				1	2	4	8		15
Ephemeroptera	Trichorythidae		3		3					6
Ephemeroptera	No identificada		1					1		2
Plecoptera	Perlidae		1		1	2	3	6		13
Hemiptera	Naucoridae				2	1		1		4
Neuroptera	Corydalidae	1						2		3
Colcoptera	Carabidae							1		1
Colcoptera	Dryopidae							2		2
Coleoptera	Elmidae	1						1		2
Coleoptera	Hydrophilidae					1	2	2		5
Coleoptera	Chrysomelidae							1		1
Trichoptera	Glossosomatidae							1		1
Trichoptera	Hydropsychidae	1	1	2	1	3	3	6	10	27
Trichoptera	Hydroptilidae						1			1
Trichoptera	Odontoceridae						2	5		7
Trichoptera	Philopotamidae							1		1
Trichoptera	Polycentropodidae							1		1
Diptera	Chironomidae	8	13	4				6	1	32
Diptera	Psychodidae						1			1
Diptera	Pupa no identificada			1						1
Pulmonata***	Planorbidae			1						1
Pulmonata***	Thiaridae		1			2				3
Pulmonata***	Physidae	1	3	4	3					11
Total		13	22	18	5	13	14	28	52	165

\* Phylum      \*\* Clase      \*\*\* Subclase

TABLA 12.- Puntuaciones bióticas por familias de macroinvertebrados bentónicos (MIB) para la obtención del BMWP recolectados en ocho estaciones de muestreo del río Amojú

Familia	Est. 1	Est. 2	Est. 3	Est. 4	Est. 5	Est. 6	Est. 7	Est. 8	Total
Baetidae				4					4
Ephemerellidae					7				7
Heptageniidae							10	10	10
Leptophlebiidae						10	10	10	10
Siphonuridae					10	10	10	10	10
Perlidae			10		10	10	10	10	10
Naucoridae					3	3			3
Dryopidae								5	5
Elmidae	5							5	5
Hydrophilidae						3	3	3	3
Chrysomelidae								4	4
Glossosomatidae								8	8
Hydropsychidae	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Hydroptilidae						6			6
Odontoceridae							10	10	10
Philopotamidae								8	8
Polycentropodidae								7	7
Chironomidae	2	2	2				2	2	2
Psychodidae						4			4
Physidae	3	3	3	3					3
Total	15	10	20	12	35	51	60	100	124
Promedio		14				62			38

FERREIRA-PERUQUETTI & DE MARCO (2002) señalan que los Odonata presentan alta diversidad en los trópicos, al ser uno de los principales depredadores en la fase larval y adulta, con mayor número de familias en los ambientes lóticos, por lo que los proponen como herramientas para el monitoreo ambiental al responder a efectos antrópicos y modificaciones en la estructura física de los cuerpos de agua. Sólo la familia Coenagrionidae fue hallada en el Wuawuas, siendo ausente en el Amojú (Tablas 6,11). BORROR *et al.* (1995) mencionan que muchas especies de Ephemeroptera en el estadio ninfal están restringidas a tipos particulares de habitat, y pueden servir de indicadores ecológicos (incluyendo el grado de contaminación) (LYDY *et al.* 2000, WIEGEL *et al.* 2002). Según OLIVEIRA & BISPO (2001) las variaciones en la abundancia de los insectos acuáticos pueden ser atribuidas a la disponibilidad de recursos, competencia, depredación y el ciclo de vida. Sin embargo, un estudio de más larga duración y mayor información de los ciclos de vida y estacionalidad ambiental, son necesarios para conclusiones más definitivas (BISPO *et al.* 2002).

*Agradecimientos-* Al Ing. Rodolfo Vásquez, y a la Blg. Rocío Rojas y familia, representantes del Jardín Botánico de Missouri; al Lic. Marco Mejía Acuña, y al Quím. Nelson Urcia Yengle, docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca, Sede Jaén; al técnico Sr. Luis Guadalupe y a la Empresa Prestadora de Servicios Marañón SRL.; al regidor Sr. Armando Luna, y al ex-regidor Dr. Osear Olano Alvarillo, de la Municipalidad Provincial de Jaén; al Sr. Félix Delgado, encargado del Departamento de Proyectos Agrícolas de la Asociación Civil Radio Marañón; a la Empresa Electro Oriente S.A; al Sr. Jorge Chanano, encargado de la Oficina de Información Agraria de la Agencia Agraria Jaén, Ministerio de Agricultura, INRENA, Unidad Operativa Cajamarca, Sede Jaén; al supervisor del Área de Operaciones, Sr. Jara, y a la Empresa Electro Norte; al Sr. Julio Segura, Alcalde, Presidente del Comité de Agua del sector Morro Solar, Jaén. Finalmente, a Yobhana Quiroz por el apoyo logístico.

*Literatura*

Acosta CRR. 2001. Patrones de diversidad espacio-temporal de insectos acuáticos y caracterización limnológica en la quebrada Cantón, tributaria del Río Rímac (Huarochirí, Lima), p. 75. Resúmenes. XLIII Convención Nacional de Entomología. Huancayo, Sociedad Entomológica del Perú.

APHA. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC,

Public Health Association. (Ed. 19). 8:1-21,10:106-127,153-173.

Arrascue A, Iannacone J, Alvario L, Basilio S, Lazcano C. 2001. El insecto *Chironomus calligraphus* Goeldi y la bacteria *Escherichia coli* como ensayos ecotoxicológicos para evaluar sedimentos elutriados dulceacuícolas. Rev. per. Ent. 42: 159-173.

Baptista DF, Buss DF, Dorville LF, Nessimian JL. 2001. Diversity and habitat preference of aquatic insects along longitudinal gradient of the Macaé river basin, Rio de Janeiro, Brazil. Braz. J. Biol. 61: 249-258.

Bay EC. 1974. Predator-prey relationships among aquatic insects. Ann. Rev. Entom. 19: 441-453.

Benedetto L. 1974. Clave para la determinación de los plecópteros sudamericanos. Stud. neotrop. Fauna Environm. 9: 141-170.

Bispo PC, Froehlich CG, Oliveira LG. 2002. Stonefly (Plecoptera) fauna of streams in a mountainous area of Central Brazil: abiotic factors and nymph density. Rev. bras. Zool. 19(Supl.1): 325-334.

Borrór D, De Long D, Triplehorn C. 1995. An introduction to the study of insects. Saunders College Publishing. (Ed. 6). 827 pp.

Brown SC, Smith K, Batzer D. 1997. Macroinvertebrate response to wetland restoration in northern New York. Environm. Entom. 26: 1016-1024.

Bulla L, Candía R. 2000. Which is an adequate diversity index for insect collections?, p. 120. Abstracts. XXI International Congress of Entomology. Book I.

Carrasco CB, Portal EQ, Ayala YS. 2001. Entomofauna acuática del río Huatatas y su relación con la calidad de sus aguas, p. 44. Resúmenes. XLIII Convención Nacional de Entomología. Huancayo, Sociedad Entomológica del Perú.

Chaves TJ, Oliveira E, Maciel MCM. 2002. Estudo dos macroinvertebrados do Parque Regional do Iguacu Zoológico, Curitiba, Brasil, p. 597. Resumos. XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia. Itajaí, Sociedade Brasileira de Zoologia.

Colé GA. 1998. Manual de Limnología. Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur.

Ferreira-Peruquetti PS, de Marco P. 2002. Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. Rev. bras. Zool. 19: 317-327.

Galdean N, Callista M, Barbosa F. 2001. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal ecosystems of Serra do Cipo (MG, Brazil). Braz. J. Biol. 61: 239-248.

Gaviño TG, Juárez LC, Figueroa TH. 1995. Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo. México, DF, Editorial Limusa. 308 pp.

Gidsicki D, Oliveira E, Araújo LCM. 2002. A guilda de macroinvertebrados como análise da qualidade de águas dos rios da localidade de Rio do Cacho, Contenda, Paraná, Brasil, p. 596. Resumos. XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia. Itajaí, Sociedade Brasileira de Zoologia.

Guerrero M, Lloyd B. 1992. Using biotic indicators to assess water quality in Perú. Waterlines 10: 5-8.

Hellawell JM. 1978. Biological surveillance of rivers - (A Biological Monitoring Handbook). London, Natural Environment Research Council.

- Hilsenhoff WL. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index. *J. north amer. benthol. Soc.* 7: 65-68.
- Hurn AD, Wallace JB. 2000. Life history and production of stream insects. *Ann. Rev. Entom.* 45: 83-110.
- Hynes HBN. 1970. *The ecology of running waters*. Liverpool, Liverpool University Press. 555 pp.
- Iannacone J, Alayo M, Sánchez J. 2000a. Biodiversidad de la artropofauna del Bosque Zarate, Lima, Perú, empleando tres técnicas de censo. *Wiñay Yachay* 4(1): 27-46.
- Iannacone J, Alvarino L, Caballero R. 2001. Ensayos ecotoxicológicos con rotíferos para la evaluación de riesgos ambientales: el caso de la cuenca alta del río Rímac, Lima, Perú. *Biota (Lima)* 100: 96-107.
- Iannacone J, Alvarino L, Moreno R, Reyes M, Chauca J. 2000b. Culicids (Diptera) of the Chillón River and adjacent areas from the Constitucional Province of Callao, Perú, during "El Niño" event 1997-1998. *Acta ent. chil.* 24: 51-60.
- Iannacone J, Dale W, Alvarino L. 2000c. Monitoreo ecotoxicológico del río Rímac (Lima-Perú) empleando a *Chironomus calligraphus* Goeldi (Diptera: Chironomidae). *Rev. chil. Ent.* 27: 23-34.
- Lenat DR, Barbour MT. 1994. Using benthic macroinvertebrate community structure for rapid, cost-effective, water quality monitoring: Rapid bioassessment, pp. 187-215. In: Loeb SL & A Spacie (Eds.), *Monitoring Aquatic Systems*. Boca Raton, Lewis.
- Leslie HA, Pavluk TI, bij de Vaate A, Kraak MH. 1999. Triad assessment of the impact of chromium contamination on benthic macroinvertebrates in the Chusovaya river (Urals, Russia). *Arch. environm. contam. Toxicol.* 37: 182-189.
- Lind OT. 1979. *Handbook of common methods in Limnology*. CV. Mosby Company. 199 pp.
- Lydly MT, Crawford CG, Frey JW. 2000. A comparison of selected diversity, similarity, and biotic indices for detecting changes in benthic-invertebrate community structure and stream quality. *Arch. environm. contam. Toxicol.* 39: 469-479.
- MacNeil C, Dick JT, Bigsby E, Elwood RW. 2002. The validity of the *Gammarus: Asellus* ratio as an index of organic pollution: abiotic and biotic influences. *Water Res.* 36: 75-84.
- Marqués MJ, Martínez-Conde E, Rovira JV. 2001. Los macroinvertebrados como índices de evaluación rápida de ecosistemas acuáticos contaminados por metales pesados. *Ecotoxicol. environm. Restor.* 4: 25-31.
- Mazzucconi SA. 2000. A review of the South American *Notonecta (Paranecta)* including *N. inca* new species from Perú (Heteroptera: Notonectidae), p. 267. Abstracts. XXI International Congress of Entomology. Book I.
- Merritt RW, Cummins KM. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Dubuque, Kendall/Hunt Publishing Co. (Ed. 3). 862 pp.
- Moreno CE. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, Sociedad Entomológica Aragonesa. 80 pp.
- Ogbeibu AE, Oribabor BJ. 2002. Ecological impact of river impoundment using benthic macroinvertebrates as indicators. *Water Res.* 36: 2427-2436.
- Oliveira E, Sass VM, Bini IH. 2002. Macroinvertebrados do Parque Regional do Iguacu Zoológico, Curitiba, Brasil, p. 596. Resumos. XXIV Congresso Brasileiro de Zoología. Itajaí, Sociedade Brasileira de Zoología.
- Oliveira LG, Bispo PC. 2001. Ecología de comunidades das larvas de Trichoptera Kirby (Insecta) em dois córregos de primeira ordem da Serra dos Pireneus, Pirenópolis; Goiás, Brasil. *Rev. bras. Zool.* 18: 1245-1252.
- Parsons M, Thoms MC, Norris RH. 2003. Scales of macroinvertebrate distribution in relation to hierarchical organization of river systems. *J. north amer. benthol. Soc.* 22: 105-122.
- Rogers CE, Brabander DJ, Barbour MT, Hemond HE. 2002. Use of physical, chemical, and biological indices to assess impacts of contaminants and physical habitat alteration in urban streams. *Environm. Toxicol. Chem.* 21: 1156-1167.
- Royer TV, Robinson CT, Minshall GW. 2001. Development of macroinvertebrate-based index for bioassessment of Idaho rivers. *Environ. Manag.* 27: 627-636.
- Salazar NC, Iannacone I. 2001. Censos rápidos empleando la técnica de Barber para evaluar la artropofauna del Parque Nacional Yanachaga-Chemillén, Sector Río Pescado, Oxapampa-Pasco. *Bol. Lima (Lima)* 125: 126-130.
- Stehr W F. 1987. *Immature Insects*. Dubuque, Kendall/Hunt Publishing Co. 754 pp.
- Strahler H N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. amer. geophys. Union* 33: 913-920.
- Thiengo SC, Fernández MA, Boaventura MF, Gault CE, Silva HFR, Mattos AC, Santos SB. 2001. Freshwater snails and schistosomiasis mansoni in the state of Rio de Janeiro, Brazil: I- Metropolitan Mesoregion. *Mem. Inst. O. Cruz* 96: 177-184.
- Washington HG. 1984. Diversity, biotic and similarity indices: A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Res.* 18: 653-694.
- Wetzel RG, Likens GE. 2000. *Limnological analyses*. New York, Springer-Verlag. (Ed. 3). 429 pp.
- Wiegel BM, Henne LJ, Martínez-Rivera LM. 2002. Macroinvertebrate-based index of biotic integrity for production of streams in west-central Mexico. *J. north amer. benthol. Soc.* 21: 686-700.
- Zar JH. 1996. *Biostatistical analysis*. Upper Saddle River, Prentice-Hall. (Ed. 3). 662 pp.