

Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana

Water quality characterization of benthonic macroinvertebrates of Puyo river, Ecuadorian Amazonia

Leo Rodríguez Badillo¹, Pedro Ríos Guayasamín¹, Mayra Espinosa Chico², Pedro Cedeño Loja¹ y Gianella Jiménez Ortiz¹

¹Grupo de Ecología Tropical, Laboratorio de Ecología Natural y Aplicada (LETNA), Universidad Estatal Amazónica, Campus Principal Km 2.1/2 vía a Napo (Paso Lateral) Puyo, Pastaza, Ecuador

²Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Calle la Pradera E7-174 y Av. Diego de Almagro, Quito, Ecuador
e-mail: lmrodriguez@gmail.com

Recibido: 03 de septiembre de 2015. **Aceptado:** 07 de mayo de 2016.

Rodríguez Badillo L., P. Ríos Guayasamín, M. Espinosa Chico, P. Cedeño Loja y G. Jiménez Ortiz. 2016. Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana. *Hidrobiológica* 26 (3): 497-507.

RESUMEN

Antecedentes. En 2012 se realizó un estudio de calidad de agua en el curso medio del río Puyo, en la provincia de Pastaza, caracterizada por un creciente deterioro ambiental a causa del incremento poblacional, la urbanización y el consiguiente aumento en la descargas de aguas residuales. **Objetivos.** A fin de evaluar la calidad ambiental del medio hídrico, se identificó macroinvertebrados como biota acuática indicadora y su relación con parámetros físico-químicos. **Métodos.** El estudio fue realizado en cuatro sitios y en cuatro fechas distintas, permitiendo la determinación de los índices: Biological Monitoring Working Party for Costa Rica (BMWP-CR) e Índice Biológico de Familias para El Salvador (IBF-SV) para cada sitio, con base en los ejemplares previamente colectados e identificados. El estudio fue complementado con el monitoreo de pH y oxígeno disuelto, lo que permitió establecer su correlación con los índices bióticos aplicados. **Resultados.** Se identificaron 14 órdenes, 40 familias y 2 808 individuos en los cuatro sitios; la mayor cantidad de individuos pertenece a las familias *Leptoxyphidae* (23.3%) e *Hydropsychidae* (18.7%). Los valores obtenidos para los índices BMWP-CR y IBF-SV señalaron una disminución en la calidad del agua entre los puntos 1 (Fátima) y 3 (La Isla), y una posterior recuperación en el índice IBF-SV al llegar al sitio 4 (Unión Base). Se estableció una correlación significativa (0.05) entre el oxígeno disuelto y el índice BMWP-CR ($r = 0.915$) y muy significativa (0.01) con IBF-SV (-0.947). **Conclusiones.** La aplicación de los índices permitió demostrar que la calidad de agua en el río desciende significativamente ante la influencia de la zona urbana y que, de acuerdo a uno de los índices (IBF-SV), puede experimentar cierta recuperación al alejarse de aquella zona, lo cual se evidencia en la correlación antes descrita.

Palabras clave: Artrópodos, índice biológico, Pastaza, Puyo.

ABSTRACT

Background. In 2012, a biologic water quality study was conducted in the central part of Río Puyo, in Pastaza Province. The river is characterized for an increasing environmental degradation due to a rise in population with a simultaneous housing development increase. **Goals.** To assess Río Puyo water quality with macroinvertebrate monitoring and chemical parameters. **Methods.** The macroinvertebrates were collected at four different dates, and two biotic indexes, Biological Monitoring Working Party for Costa Rica (BMWP-CR) and Biological Family Index for El Salvador (IBF-SV), were determined for each site. The study was complemented with pH and dissolved oxygen sampling to determine their correlation with the biotic indexes. **Results.** There were 14 orders, 40 families and 2 808 individuals identified, most of the specimens belong to *Leptoxyphidae* (23.3%) and *Hydropsychidae* (18.7%) families. The indexes showed that the water quality in the river drops significantly between points 1 (Fátima) and 3 (La Isla), showing some increase at point 4 (Unión Base). A 5% significance correlation were established between dissolved oxygen and BMWP-CR index ($r=0.915$), and 1% significance correlation between BMWP-CR an IBF-SV index (-0.947). **Conclusions.** all indexes show a significant drop of quality at the urban areas, one of them (IBF-SV) shows some recovery when the river leaves the city.

Key words: Arthropods, biological index, BMWP-CR, IBF-SV, Pastaza.

INTRODUCCIÓN

Los beneficios que los ríos y otros cuerpos naturales de agua brindan a la población humana, tanto a nivel socioeconómico como en términos de servicios ecosistémicos relacionados con la recreación, los usos culturales y otros aspectos funcionales los convierten en elementos de gran importancia al momento de considerar estrategias de manejo y conservación ambiental (García & Pargament, 2014). Esta particularidad hace necesario establecer metodologías que permitan caracterizar de manera eficiente el grado de conservación del ecosistema y sus funciones ante la presión generada por las actividades antropogénicas.

Sin desconocer la validez de la caracterización físico-química de las aguas, es conveniente incluir también los componentes bióticos cuya sensibilidad a los cambios del medio físico permita una valoración ambiental mucho más precisa (Wright-Stow & Winterbourn, 2003). Los macroinvertebrados bentónicos representan uno de los grupos más adecuados para los fines de evaluación de calidad de ecosistemas acuáticos debido a su ubicuidad como grupo funcional de alimentación y a la capacidad de algunos grupos para soportar condiciones hipóxicas (López & Sedeño, 2015). Este grupo de organismos hace referencia a aquellos animales que desarrollan alguna etapa de su ciclo de vida en el medio hídrico, que son fácilmente observables o que pueden ser retenidos por una red de malla de aproximadamente 250 μm (Minae, 2007); se descarta a los pertenecientes al subfilo *Vertebrata*. Los macroinvertebrados bentónicos incluyen representantes de varios filos animales, entre ellos: Arthropoda, Mollusca, Annelida, Platyhelminthes, Nematoda y Nematomorpha; y aunque la palabra *macroinvertebrado* no posee valor taxonómico, individuos de 5 mm en adelante (Barba *et al.*, 2010; Stark *et al.*, 2001) presentan mucha utilidad al momento de calificarlos como indicadores bióticos para diagnósticos de calidad ambiental debido a su no dependencia de métodos sofisticados para su captura y su relativa facilidad de identificación taxonómica (Sierra, 2011).

La validez del presente estudio radica en la valoración ambiental de la diversidad y abundancia de familias de macroinvertebrados, que parte de la premisa de que la presencia de especímenes de ciertos taxones puede variar radicalmente de acuerdo con las condiciones hidrológicas, físico-químicas y biológicas del agua (Alba *et al.*, 2005). El estudio propuso identificar las familias presentes en el curso medio del río Puyo y determinar su valoración ambiental mediante el cálculo de dos índices biológicos: el Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica (BMWP-CR), propuesto por el Minae (2007), y el Índice Biológico de Familias para El Salvador (IBF-SV), adaptado para este país por Sermeño *et al.* (2010), y originalmente propuesto por Hilsenhoff, (1987); así como verificar la relación entre la abundancia y diversidad de dichas familias con la calidad física y química del agua, expresada en los parámetros oxígeno disuelto y pH.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de segmento del río y sitios de muestreo. Para el estudio se eligieron cuatro sitios en el río Puyo, en la Provincia de Pastaza en la Amazonía Ecuatoriana, distribuidos de tal manera que permitiesen establecer la calidad de agua en relación con la presencia de población humana, y localizados antes y después de donde ocurren descargas en el río, mismas que provienen de la ciudad de Puyo. La ubicación de estos sitios se presenta en la Fig. 1.

El sitio 1 (Fátima) fue, seleccionado por estar ubicado inmediatamente antes de la influencia del primer asentamiento poblacional, 100 metros río arriba del dique turístico de la parroquia Fátima. En este sitio aún no existen descargas de aguas residuales, y sus márgenes se encuentran cubiertas por bosque secundario y pastizales.

El sitio 2 (Paseo Turístico) se encuentra ubicado en el barrio Simón Bolívar, en la zona norte de la ciudad de Puyo; fue elegido porque, a pesar de recibir cierta influencia de algunos asentamientos poblacionales río arriba, sus aguas son aún utilizadas por la población con fines principalmente recreativos, y en sus márgenes se encuentra uno de los principales atractivos turísticos de la ciudad, el paseo turístico Boayaku.

El sitio 3 (La Isla), considerado debido a que concentra el mayor caudal de aguas residuales recibidas, refleja los efectos adversos de la contaminación en sus características físicas. Se encuentra muy cerca del centro de la ciudad y luego de la desembocadura del estero Citayacu, en el cual se vierten descargas domésticas y de establecimientos comerciales, sobre todo de los que se dedican a la lubricación de vehículos.

El sitio 4 (Unión Base) se encuentra al final del tramo estudiado, aproximadamente 7 km río abajo desde el sitio anterior. Fue elegido debido a que, al estar alejado de la zona urbana y recibir algunos tributarios no contaminados provenientes de zonas poco pobladas, se observan indicios de recuperación. Este punto cuenta con bosque secundario y bosque maduro a sus alrededores.

Recolección de muestras e identificación. Los sitios estuvieron caracterizados por la presencia de rápidos de poca profundidad y flujo turbulento, con lecho cubierto de piedras, hojarasca, vegetación sumergida y colonias de algas. En los sitios seleccionados, se realizaron cuatro monitoreos, con intervalos de 21 días, durante octubre, noviembre y diciembre de 2012. Los organismos fueron colectados con una red "D" de 250 μm , colocada en el lecho del río en dirección contraria a la corriente. El proceso de captura fue complementado mediante remoción y frotamiento de las piedras situadas en el lecho junto a la red. Se realizaron seis colectas en un intervalo de 60 minutos, tiempo durante el cual se cambió la ubicación de la red cada 10 minutos hacia diferentes sitios localizados en la misma sección del río, con intervalos de 2.5 minutos para desembolsar la red en bandejas de plástico blanco; dos personas separaron los especímenes de la hojarasca y demás materiales para almacenarlos en frascos de vidrio con alcohol, previamente etiquetados. De manera simultánea a cada colecta, se realizó la medición *in situ* de la concentración y saturación de pH y oxígeno disuelto, con ayuda de un medidor multiparámetro portátil Hach HQ40d. Estos parámetros fueron elegidos por la notable variación de sus valores a lo largo del río en un estudio de contaminación hídrica relacionado (Rodríguez *et al.*, 2013), respecto a otros parámetros que fueron medidos en el mismo, como DBO_5 , DQO y conductividad eléctrica.

Para la identificación y clasificación de los ejemplares de macroinvertebrados se utilizó un estereomicroscopio y las claves taxonómicas de Domínguez y Fernández (2009), considerando las características morfológicas de cada organismo.

Análisis de resultados. Los ejemplares identificados fueron agrupados por clase, orden y familia a fin de determinar la abundancia y diversidad de individuos pertenecientes a cada una de ellos. Para ello, se ordenaron los resultados basados en sus orígenes filogenéticos, siguiendo las descripciones de Calor (2009), Carle *et al.* (2015), Dijkstra

et al. (2014), Gullan y Cranston (2004), Ogden et al. (2009), Tree of Life Web Project (2002) y Yeates et al. (2007).

La estimación de calidad de agua se realizó mediante los indicadores definidos a continuación:

Índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica). Este índice fue propuesto a partir del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), el cual constituye un indicador de diversidad taxonómica y valoración relativa a nivel de familia. El puntaje de 10 indica familias que no aceptan contaminantes, y el puntaje de 1, a aquellas que toleran gran cantidad de éstos. El índice considera únicamente la presencia de familias y no la abundancia de individuos, y su cálculo se puede definir mediante la siguiente ecuación (Minae, 2007):

$$BMWP-CR = \sum V_i$$

Donde:

- BMWP-CR = Índice biológico BMWP-CR para un sitio determinado
- V_i = Valor constante de calidad de agua para la familia i (valor establecido del 1 al 10 para cada familia)

IBF-SV (Índice Biológico de Familias para El Salvador). Este índice se considera la abundancia de individuos de cada familia identificada, otorgando a éstas valores de ponderación en función de dicha abundancia. El índice es construido a partir de la sumatoria de los productos

entre los valores ponderados y valores de sensibilidad inversa, mediante la siguiente fórmula (Sermeño et al., 2010):

$$IBF-SV = \sum \frac{N_i \times V_i}{N_t}$$

Donde:

- IBF-SV = Índice biológico IBF-SV para un sitio determinado
- N_i = Número de individuos colectados pertenecientes a una familia i
- V_i = Categoría de calidad de agua para la familia i (valor establecido del 1 al 10 para cada familia)
- N_t = Número total de individuos colectados en el sitio

Los valores obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de significación de Tukey al 5% para establecer diferencias estadísticamente significativas entre sitios. El ajuste paramétrico de los valores analizados fue verificado previamente mediante la prueba de Shapiro-Wilk modificada. Los cálculos fueron realizados con ayuda del paquete informático InfoStat. Además, se obtuvieron los valores de los coeficientes de correlación lineal "r" de Pearson para las variables bióticas y abióticas evaluadas.

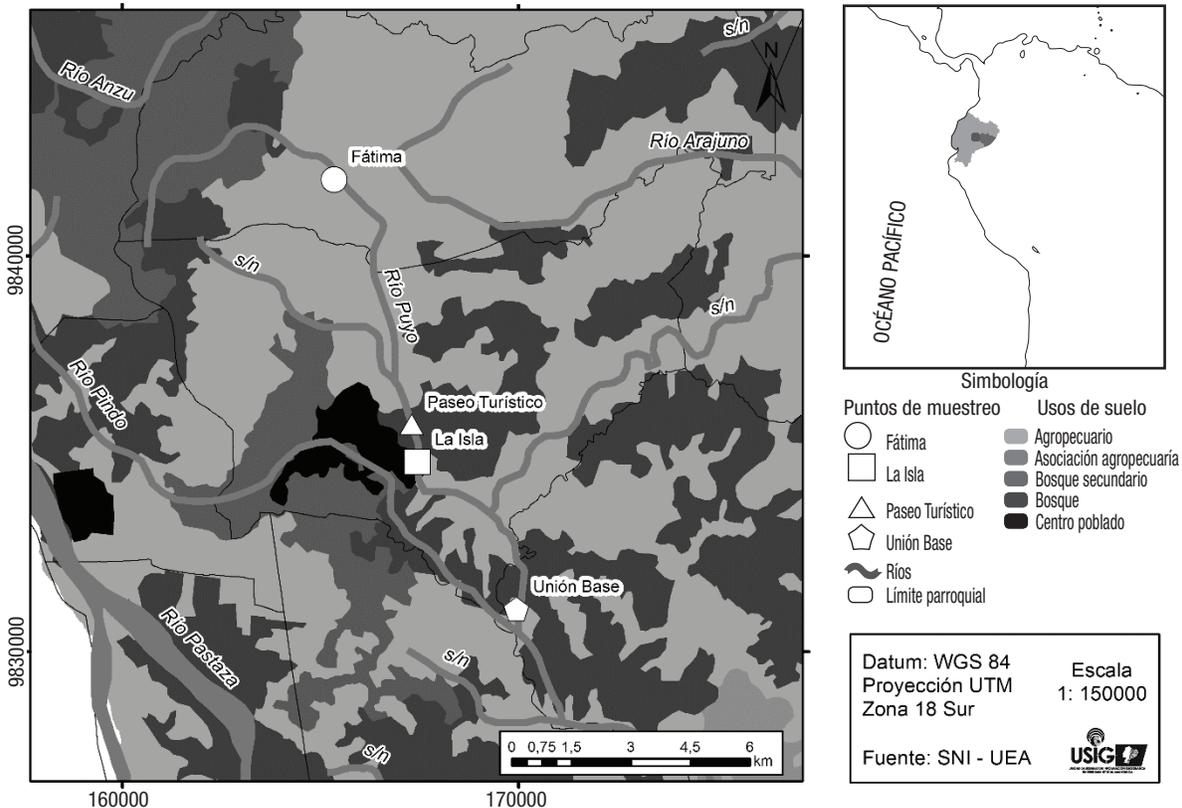


Figura 1. Mapa de localización de los cuatro sitios de muestreo en el Río Puyo, Ecuador.

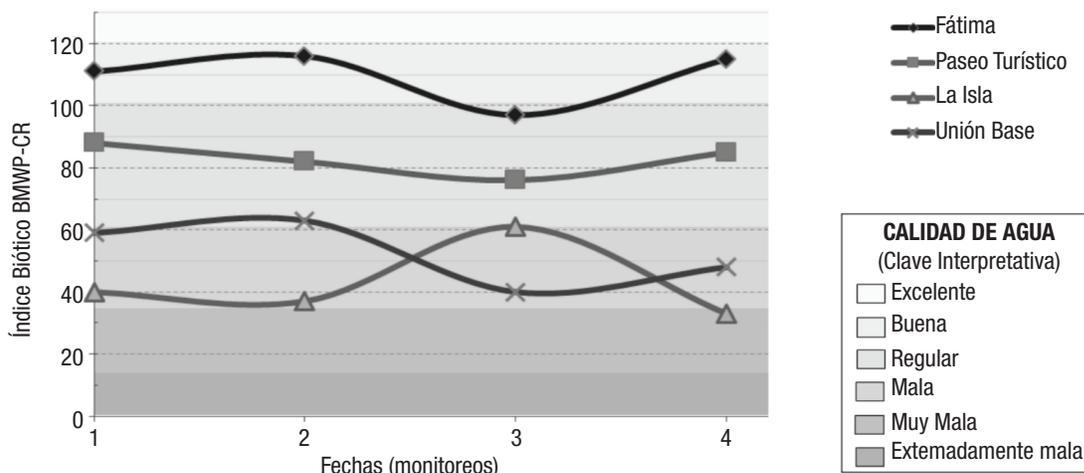


Figura 2. Variación del Índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party for Costa Rica) en el periodo de muestreo. Río Puyo, Ecuador en 2012.

RESULTADOS

Se identificaron 39 familias y 2 808 individuos de macroinvertebrados bentónicos distribuidos en los cuatro sitios considerados (Tabla 1). Se observa que el mayor número de familias se encuentra en el sitio 1 (Fátima), mientras que en los sitios 3 (La Isla) y 4 (Unión Base) se encontró menor número de éstas (Tabla 1).

En la Tabla 2 se detallan los grupos taxonómicos a los que pertenecen los ejemplares colectados, de los cuales existió una mayor abundancia de individuos de las familias *Leptohyphidae* (23.3%) e *Hydropsychidae* (18.7%), y de los órdenes *Ephemeroptera* (31.9%) y *Trichoptera* (21.5%) se registraron 896 y 604 individuos, respectivamente. El sitio que mayor riqueza de familias presentó fue el número 1 (Fátima), con 29, mientras que los de menor riqueza fueron los sitios 3 (La Isla) y 4 (Unión Base). En los sitios 1, 2 y 4 se observó la predominancia de individuos de familias pertenecientes a los órdenes *Ephemeroptera* (35.0, 22.2 y 48.9% del total de individuos, respectivamente) y *Trichoptera* (27.4, 36.3 y 34.6% del total de individuos, respectivamente), mientras que en el sitio 3 existió un mayor número de familias pertenecientes al orden *Diptera* (32.0%), seguido de *Ephemeroptera* (24.4%) y anélidos de la clase *Oligochaeta* (18.1%).

Respecto a la abundancia de familias por cada uno de los sitios, en el 1 (Fátima) se colectó un total de 785 individuos, distribuidos en 29 familias y 10 órdenes; el orden más representativo fue *Ephemeroptera*,

con 275 individuos (35.0%); seguido de *Trichoptera*, con 215 (27.4%), y *Coleoptera*, con 114 individuos (14.5%). A nivel de familias, las más abundantes fueron: *Leptohyphidae* (*Ephemeroptera*), con 148 individuos (18.9%); *Hydropsychidae*, con 145 (18.5%), y *Leptophlebiidae* (*Ephemeroptera*), con 92 (11.7%). Los grupos taxonómicos con menor abundancia de individuos fueron las clases *Arachnida* y *Turbellaria*, cada una con un individuo (0.1%).

En el sitio 2 (Paseo Turístico), se colectaron 526 individuos, distribuidos en 21 familias y 9 órdenes; el más representativo fue el *Trichoptera*, con 191 individuos (36.3%); seguido de *Ephemeroptera*, con 117 (22.2%), y *Diptera*, con 83 (15.8%). A nivel de familias, las más abundantes fueron: *Hydropsychidae*, con 186 individuos (35.4%); *Leptohyphidae* (*Ephemeroptera*), con 60 (11.4%), y *Chironomidae* (*Diptera*), con 59 (11.2%). Los órdenes que representaron una menor abundancia fueron: *Plecoptera*, con 6 individuos (1.1%), y *Hemiptera*, con 4 (0.8%). En el sitio 3 (La Isla), se colectó un total de 928 individuos, distribuidos en 20 familias y 13 órdenes; el orden más representativo fue *Diptera*, con 297 individuos (32.0%); seguido de *Ephemeroptera*, con 226 (24.4%), así como de la clase *Oligochaeta*, con 168 individuos (18.1%). A nivel de familias, las más abundantes fueron: *Chironomidae* (*Diptera*), con 293 individuos (31.6%); *Leptohyphidae* (*Ephemeroptera*), con 220 (23.7%), y *Tubificidae* (*Oligochaeta*), con 168 (18.1%). Los órdenes con menor número de individuos fueron: *Trichoptera* y *Megaloptera*, así como el subfilo *Crustacea*, con un individuo cada uno (0.1%).

Tabla 1. Ubicación geográfica y grupos taxonómicos Identificados en los cuatro sitios de muestreo, en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana.

Sitio de muestreo	Latitud	Longitud	Filos	Clases	Órdenes	Familias	Individuos
Sitio 1 (Fátima)	833095	9841928	2	3	10	30	785
Sitio 2, (Paseo Turístico)	166358	9836727	2	2	9	21	526
Sitio 3, (La Isla)	166603	9835827	4	5	13	20	928
Sitio 4, (Unión Base)	169509	9831024	4	4	11	20	569
Total			4	7	9	39	2808

En el sitio 4 (Unión Base), se colectaron 569 individuos, distribuidos en 20 familias y 11 órdenes. El orden más representativo fue *Ephemeroptera*, con 278 individuos (48.8%); seguido de Trichoptera, con 197 (34.6%), y *Diptera*, con 56 (9.8%). A nivel de familias, las más abundantes fueron: *Leptohyphidae* (*Ephemeroptera*), con 228 individuos (40.1%); *Hydropsychidae*, con 194 (34.1%), y *Chironomidae* (*Diptera*), con 52 individuos (9.1%). Los grupos taxonómicos que representaron una menor abundancia fueron *Oligochaeta* e *Hirudinea*, con 2 individuos (0.4%), y Hemiptera, con un individuo (0.2%).

En la determinación del índice BMWP-CR se establecieron valores comprendidos en un intervalo de entre 33 y 124 puntos, que, en términos de calidad ambiental, hacen mención a aguas de calidad “muy mala” a “excelente”. La variación de los valores determinados en cada sitio a lo largo del tiempo (Fig. 2) y recorrido (Fig. 3) describe tendencias entre intervalos claramente definidos respecto a la calidad de agua, lo cual se analiza a continuación:

En el sitio 1 (Fátima), se registró un valor mínimo de 106 y un máximo de 124 puntos, lo que da lugar a un agua de calidad “buena” a “excelente”, con un valor promedio de 117 puntos, que es interpretado como “buena”. Conforme al Minae (2007), estos valores hacen referencia a “aguas de buena calidad, no contaminadas o alteradas de manera sensible”.

En el sitio 2 (Paseo Turístico), se registró un valor mínimo de 84 y un máximo de 90 puntos, lo que dio como resultado un valor promedio de 87. Todos estos valores hacen referencia a un agua de calidad “regular”, lo cual, de acuerdo con la clave interpretativa del índice propuesto, indica condiciones de eutrofia y contaminación moderada.

En el sitio 3 (La Isla), se registró un valor mínimo de 33 puntos y un máximo de 60, lo que se interpreta como “muy mala” a “mala” en términos de calidad de agua; su valor promedio es 42 puntos, y su interpretación, “mala”; es decir, contaminada.

En el sitio 4 (Unión Base), se registró un valor mínimo de 40 puntos y un máximo de 68, que da lugar a una interpretación de “mala” a “regular” en términos de calidad de agua; su valor promedio es de 54 puntos, y su interpretación, “regular”, lo cual, de acuerdo con la clave interpretativa del índice propuesto, indica condiciones de eutrofia y contaminación moderada.

En los resultados del análisis de varianza para el índice BMWP-CR (Tabla 3), se observan diferencias significativas al 1% de probabilidad de error para sitios de monitoreo, y no significativas para fechas, con un coeficiente de variación de 14.35%. En la prueba de Tukey al 5% (Fig. 4), se observan tres rangos de significación respecto a condiciones de calidad de agua; en el primer rango se ubica el sitio 1 (Fátima); en el segundo, el 2 (Paseo Turístico), y en el tercero, los sitios 3 (La Isla) y 4 (Unión Base).

En la determinación del IBF-SV, se obtuvieron, a nivel general, valores comprendidos en un rango de entre 4.78 y 8.14 puntos, que, en términos de calidad ambiental, hacen mención a aguas de calidad “buena” a “muy pobre” en tendencias que reflejan variación a lo largo del tiempo (Fig. 5) y recorrido (Fig. 6).

En el sitio 1 (Fátima), se registró un valor mínimo de 4.78 puntos y un máximo de 5.32, lo cual se interpreta como “buena” a “regular” en términos de calidad de agua, con un valor promedio de 5.09 puntos, interpretado como agua de calidad “regular”. Estos valores hacen referencia a “aguas en las cuales es probable una contaminación orgánica de manera sustancial” (Sermeño *et al.*, 2010).

En el sitio 2 (Paseo Turístico), se obtuvo un valor mínimo de 5.37 puntos y un máximo de 5.59, que se interpreta como “regular” en términos de calidad de agua en todos los casos, y un promedio de 5.41. Al igual que en el sitio anterior, la clave interpreta a este puntaje como propio de aguas con calidad “regular”, en las cuales es probable una contaminación orgánica de manera sustancial (Sermeño *et al.*, 2010).

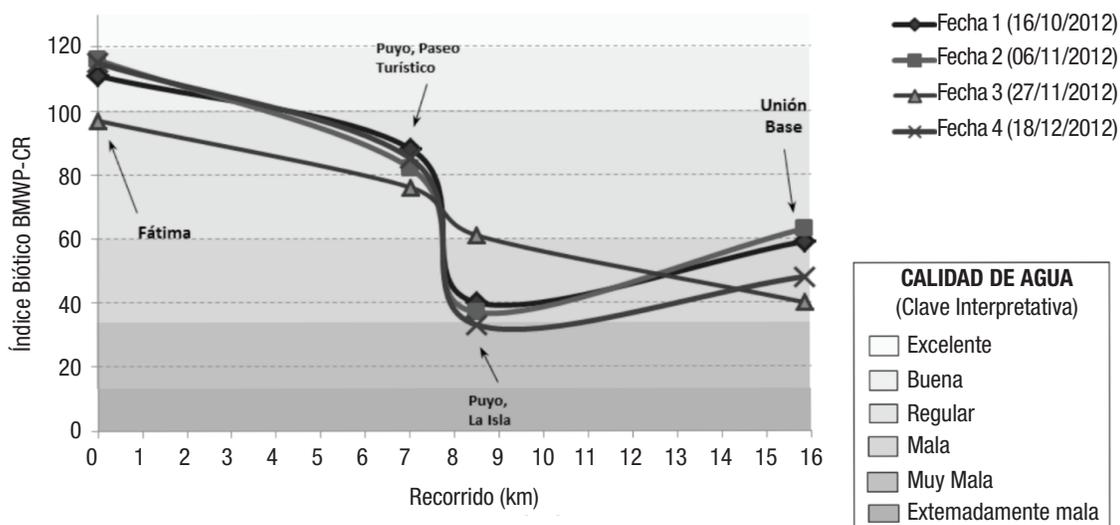


Figura 3. Variación del Índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica) en el curso medio del río Puyo en la Amazonía Ecuatoriana con muestreos realizados en 2012.

Tabla 2. Abundancia y proporción de grupos taxonómicos identificados. Río Puyo en la Amazonía Ecuatoriana con muestreos realizados en 2012.

Clase	Orden	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4		Total		Familia		Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4		Total								
		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P							
Turbellaria		0.1	6.5	3.1	1.1	70	2.5	No definida	1	0.1	34	6.5	29	3.1	6	1.1	70	2.5												
Oligochaeta		0	0	18.1	0.4	170	6.1	Tubificidae	0	0	0	0	168	18.1	2	0.4	170	6.1												
Hirudinea		0	0	9.8	0.4	93	3.3	Glossiphoniidae	0	0	0	0	91	9.8	2	0.4	93	3.3												
Gastropoda		0	0	9.5	1.2	95	3.4	Physidae	0	0	0	0	88	9.5	6	1.1	94	3.3												
								Thiaridae	0	0	0	0	0	0	1	0.2	1	0												
Arachnida		0.1	0	0	0	1	0	Hydracarina*	1	0.1	0	0	0	0	0	0	1	0												
Malacostraca		0	0	0.1	0	1	0	Pseudothelphusidae	0	0	0	0	1	0.1	0	0	1	0												
Insecta	Ephemeroptera	35	22.2	24.4	48.9	896	31.9	Baetidae	23	2.9	21	4	6	0.6	13	2.3	63	2.2												
								Oligoneuriidae	4	0.5	0	0	0	0	0	0	4	0.1												
								Leptophlebiidae	92	11.7	36	6.8	0	0	37	6.5	165	5.9												
								Polymitarcyidae	1	0.1	0	0	0	0	0	0	1	0												
								Leptohyphidae	148	18.9	60	11.4	220	23.7	228	40.1	656	23.4												
								Melanemerellidae	1	0.1	0	0	0	0	0	0	1	0												
								Euthyplociidae	6	0.8	0	0	0	0	0	0	6	0.2												
								Odonata	2.3	5.7	1.7	1.1	70	2.5	Calopterygidae	0	0	0	0	2	0.2	0	0	2	0.1					
									Coenagrionidae	6	0.8	7	1.3	10	1.1	4	0.7	27	1											
									Gomphidae	1	0.1	0	0	0	0	0	0	1	0											
									Libellulidae	6	0.8	15	2.9	3	0.3	2	0.4	26	0.9											
									Platystictidae	5	0.6	8	1.5	1	0.1	0	0	14	0.5											
	Plecoptera	6.8	1.1	0	0	59	2.1	Perlidae	53	6.8	6	1.1	0	0	0	0	59	2.1												
	Hemiptera		2	0.8	0.4	0.2	25	0.9	Belostomatidae	14	1.8	2	0.4	4	0.4	1	0.2	21	0.7											
									Veliidae	2	0.3	2	0.4	0	0	4	0.1													
	Coleoptera		14.5	8.2	0.4	0.7	165	5.9	Cneoglossidae	0	0	0	0	1	0.1	0	0	1	0											
									Psephenidae	38	4.8	4	0.8	0	0	42	1.5													
									Ptilodactylidae	40	5.1	22	4.2	0	0	63	2.2													
									Elmidae	31	3.9	15	2.9	2	0.2	50	1.8													
									Hydrochidae	0	0	1	0.2	0	0	1	0													
									Spercheidae	5	0.6	1	0.2	1	0.1	8	0.3													
									Diptera	7.3	15.8	32	9.8	493	17.6	Simuliidae	13	1.7	24	4.6	0	0	0	0	37	1.3				
								Chironomidae	39	5	59	11.2	293	31.6	52	9.1	443	15.8												
								Psychodidae	1	0.1	0	0	4	0.4	9	0.3														
								Tipulidae	4	0.5	0	0	0	0	4	0.1														
Megaloptera	4.5	3.4	0.1	1.8	64	2.3	Corydalidae	35	4.5	18	3.4	1	0.1	10	1.8	64	2.3													
Trichoptera		27.4	191	36.3	1	197	0.1	Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	1	0.2	1	0												
								Hydrobiosidae	1	0.1	1	0.2	0	0	2	0.1														
								Xiphocentronidae	1	0.1	0	0	0	0	1	0														
								Hydropsychidae	145	18.5	186	35.4	1	0.1	194	34.1	526	18.7												
Lepidoptera		0	0	0.2	0	2	0.1	Leptoceridae	68	8.7	4	0.8	0	0	2	0.4	74	2.6												
								Pyralidae	0	0	0	0	2	0.2	2	0.1														
TOTAL		100	100	100	100	2808	100		785	100	526	100	928	100	569	100	2808	100												

I = Individuos; P = Proporción; * = Grupo que contiene 40 familias.

Los órdenes y familias fueron ordenadas desde las antiguas a las más recientes, en orden descendente; siguiendo las descripciones de: Calor (2009); Carle *et al.* (2015); Dijkstra *et al.* (2014); Gullan y Cranston (2004); Ogden *et al.* (2009); The Tree of Life Web Project (2002); Yeates *et al.* (2007). En negritas se indica el # total de individuos.

En el sitio 3 (La Isla), se obtuvo un valor mínimo de 7.44 puntos, un máximo de 8.14 y un promedio de 7.73, lo cual es interpretado como aguas de calidad “muy pobre” y “contaminación orgánica severa probable” (Sermeño, *et al.*, 2010).

En el sitio 4 (Unión Base), se registró un valor mínimo de 5.01 puntos y un máximo de 5.86, en un rango interpretativo de calidad “regular” a “regular pobre”, y un valor promedio de 5.60, calificado como “regular” (Sermeño *et al.*, 2010).

En el análisis de varianza efectuado para el índice IBF-SV (Tabla 4), se observan diferencias a 1% de probabilidad de error para sitios de monitoreo y no significativas para fechas, con un coeficiente de variación de 4.82%. En la prueba de Tukey a 5% (Fig. 7), se observan además dos rangos de significación, separando la condición del sitio 1 (Fátima) y situándolo en el primer rango respecto a los demás sitios, los cuales se ubican en el segundo rango.

Las concentraciones de oxígeno disuelto presentaron valores promedio comprendidos entre 7.4 y 7.9 mg/l, en los sitios 3 (La Isla) y 1 (Fátima), respectivamente, y arrojaron un valor de 0.915 para el coeficiente de correlación lineal r de Pearson respecto al índice BMWP-CR (significativo a 5% de probabilidad de error), y un valor de -0.947 respecto al índice IBF-SV (significativo al 1% de probabilidad de error). Para pH se obtuvieron valores comprendidos entre 7.6 y 8.2 en los mismos sitios, con coeficientes de correlación lineal r de Pearson de 0.885 respecto al índice BMWP-CR (significativo a 5% de probabilidad de error), y de -0.875 respecto al índice IBF-SV (significativo a 5% de probabilidad de error).

DISCUSIÓN

Respecto a la identificación de familias de macroinvertebrados acuáticos presentes, la existencia de un mayor número de grupos taxonómicos en los sitios 1 (Fátima) y 2 (Paseo Turístico) guarda relación con condiciones de calidad de agua favorables, de acuerdo con lo establecido por los índices BMWP-CR (Minae, 2007) e IBF-SV (Sermeño *et al.*, 2010). La predominancia de individuos pertenecientes a los órdenes *Ephemeroptera* y *Trichoptera* en el sitio 1 (Fátima) se relaciona con la existencia de aguas transparentes, oligotróficas (Roldán-Pérez, 1999), con elevada oxigenación, lo que además puede ser favorecido por características físicas propias del lugar, como la presencia de un fondo rocoso, baja profundidad del lecho y rápidas corrientes que contribuyen

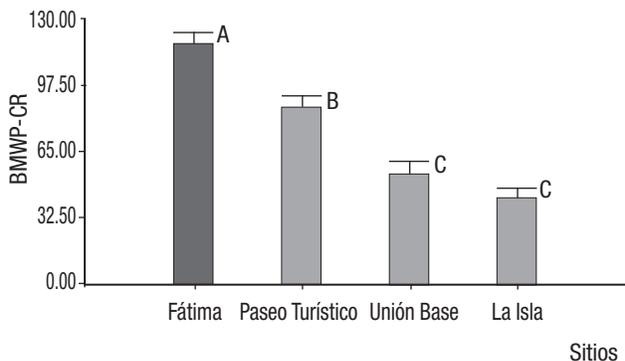


Figura 4. Prueba de Tukey al 5% para el Índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica) en los cuatro sitios de monitoreo. Río Puyo, 2012.

Tabla 3. Análisis de Varianza para sitios de monitoreo y fechas en el análisis del Índice BMWP-CR. (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica) Río Puyo, 2012.

F.V.	SC	g. l.	CM	F	p-Valor
Modelo	13927.88	6	2321.31	20.15	0.0001
Sitio	13836.19	3	4612.06	40,04	<0.0001
Fecha	91.69	3	30.56	0.27	0,8487
Error	1036.56	9	115.17		
Total	14964.44	15			

CV: 14.35 g. l. (grados de libertad) = 9

a una elevada oxigenación (Sánchez, 2007; Adopte-un-arroyo, 2004). A pesar de lo afirmado, algunos organismos de las familias *Baetidae* y *Leptohiphidae*, del orden *Ephemeroptera* (que fueron encontradas en este sitio), podrían, en algunos casos, tolerar aguas ligeramente contaminadas con materia orgánica (Giacometti & Bersosa, 2006).

Las características de la biota acuática en el sitio 1 (Fátima) sugieren que existe una estrecha relación con la cobertura del suelo en donde predomina la vegetación arbórea, esto favorece el desarrollo de grupos predadores y fragmentadores, como la familia *Perlidae*, perteneciente al orden *Plecoptera*, y las familias *Hydropsychidae* y *Leptoceoridae*, pertenecientes a *Trichoptera* (Wotton *et al.*, 1993); dicha relación se incrementa en arroyos rodeados por riberas de vegetación nativa, donde disminuyen en sitios con presencia de plantaciones y vegetación exótica e ingreso de material (Mancilla *et al.*, 2009). Además, no se localizaron descargas de aguas residuales en aguas arriba del sitio de monitoreo.

En el sitio 2 (Paseo Turístico), los parámetros físicos y químicos medidos sugieren mayores indicios de contaminación respecto al sitio 1 (Fátima), pero, de igual forma, la existencia de un fondo pedregoso y la corriente rápida generan una oxigenación adecuada (Sánchez, 2007; Adopte-un-arroyo, 2004); esto, unido a una cobertura vegetal en buen estado de conservación y abundante vegetación arbórea situada especialmente en el margen izquierdo del río, podría incidir en el mantenimiento de las condiciones necesarias para la sobrevivencia de ciertos órdenes de insectos predominantes, como *Trichoptera* (Arscott *et al.*, 2003) y *Ephemeroptera* (Bauernfeind & Moog, 2000), y familias pertenecientes a los mismos, como *Hydropsychidae* y *Leptohiphidae*, respectivamente. Sin embargo, la presencia de algunas viviendas río

Tabla 4. Análisis de Varianza para sitios de monitoreo y fechas en el análisis del Índice IBF-SV. (Índice Biológico de Familias para El Salvador) Río Puyo, 2012.

F.V.	SC	g.l.	CM	F	p-Valor
Modelo	17.55	6	2.92	35.47	<0.0001
Sitio	17.29	3	5.76	69.91	<0.0001
Fecha	0.26	3	0.09	1.04	0.4217
Error	0.74	9	0.08		
Total	18.29	15			

CV: 4,82 gl: 9

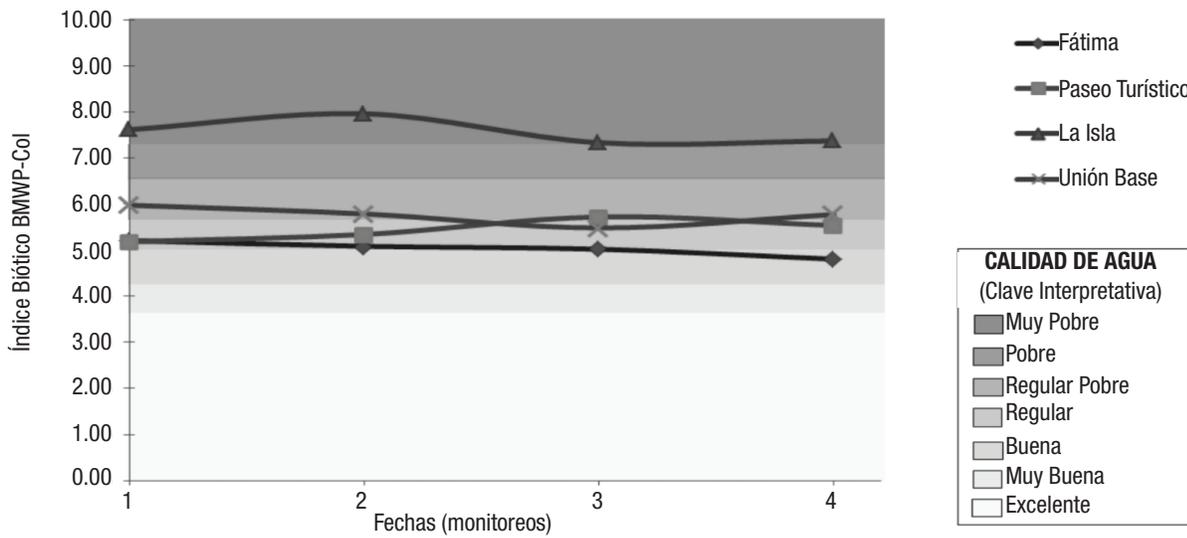


Figura 5. Variación del Índice Biótico IBF-SV (Índice Biológico de Familias para El Salvador) en el periodo de muestreo. Río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana, 2012.

arriba, y la consiguiente presencia de descargas de aguas residuales, contribuye a generar una influencia adversa sobre la abundancia de los órdenes mencionados, lo cual favorece la presencia de un mayor número de individuos de insectos de familias, como *Chironomidae*, que incluye especies que soportan condiciones de hipoxia (Teixeira, *et al.*, 2014) y *Simuliidae*, que incluye especies características de aguas poluidas, en las que se incrementan los niveles de eutrofización (Jonker *et al.*, 2009).

En el sitio 3 (La Isla), se observa el mayor indicio de contaminación debido a la afluencia de descargas líquidas, que afectan las condiciones de calidad física y química del agua. Aquí es fácil detectar la presencia de flóculos de materia orgánica, restos de materia vegetal y animal, así como otros tipos de residuos suspendidos en el agua y olores desagradables derivados de la descomposición de éstos. La abundancia relativa de *Chironomidae* (Diptera) y *Tubificidae* (Oligochaeta) respecto a otros sitios es atribuible a la gran tolerancia (Minae, 2007) que presentan estos individuos en condiciones de contaminación respecto a otros organismos (Jonker *et al.*, 2009), ya que éstos presentan estrategias adaptativas, como pigmentos, que les permiten vivir en aguas

pobres de oxígeno y donde abunda la materia orgánica (Dajoz, 2002; López & Sedeño, 2015). Respecto a la presencia de efemerópteros, es destacable que la totalidad de los individuos observados pertenecen a las familias *Baetidae* (8/10) y *Leptohyphidae* (7/10), tolerantes a aguas medianamente poluidas (Giacometti & Bersosa, 2006).

En el sitio 4 (Unión Base), el río presenta algunos indicios de recuperación, pues hay menor presencia de flóculos y menos turbidez y malos olores que en el sitio 3, (La Isla). Con respecto a los organismos, llama la atención la mayor presencia de individuos de *Trichoptera*, lo cual sugiere también que el agua mejora su contenido de oxígeno disuelto (Serna *et al.*, 2015), puesto que la principal familia encontrada, *Hydropsychidae*, corresponde a los puntajes más altos (7 y 9) de calificación del BMWP para Colombia (Rowe, 2014), y guarda relación con puntajes similares propuestos para BMWP-CR (Minae, 2007). Esto puede deberse a la escasa presencia de descargas u otras fuentes significativas de aporte de materia orgánica a lo largo de aproximadamente 7 km, además de la dilución efectuada por afluentes en ese tramo, como el Río Sandalias, así como la pendiente y relieve del lecho, lo cual favorece

Tabla 5. Valores de mediana y promedio para Oxígeno Disuelto y pH en los cuatro sitios de monitoreo y coeficiente de correlación lineal "r" de Pearson con indicadores bióticos. Río Puyo, en la Amazonía, Ecuatoriana durante muestreos realizados en 2012.

Sitio	Oxígeno disuelto (mg/L)		pH	
	Promedio	Mediana	Promedio	Mediana
Fátima	7.9	7.8	8.2	8.1
Paseo Turístico	7.7	7.7	7.8	7.8
La Isla	7.4	7.4	7.6	7.6
Unión Base	7.6	8.0	7.9	7.8
Correlación con BMWP-CR	0.915*		0.885*	
Correlación con IBF-SV	-0.947**		-0.875*	

Probabilidad Asociada (p): * = 5% = **1%

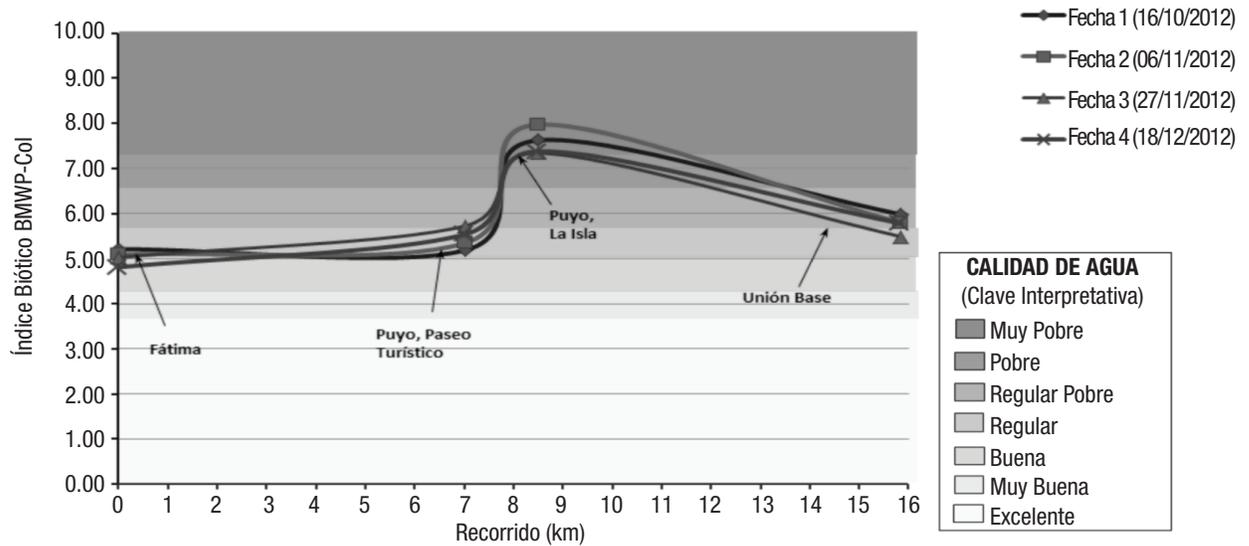


Figura 6. Variación del Índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica) en el curso medio del río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana, en cuatro muestreos realizados en 2012.

rece el flujo rápido y turbulento, y, consecuentemente, su oxigenación y descontaminación (Sánchez, 2007; Adopte-un-arroyo, 2004).

Respecto a la valoración ambiental de las familias analizadas mediante el índice BMWP-CR, se observa una tendencia constante, descrita por los valores obtenidos entre sitios, para las cuatro fechas consideradas. Se puede notar que la calidad de agua decrece progresivamente entre el sitio 1 (Fátima) y el sitio 3 (La Isla); que experimenta una lenta recuperación en el sitio 4 (Unión Base) y que no llega al nivel de calidad existente en el sitio 2 (Paseo Turístico). En los dos últimos sitios, además, la dispersión de los datos es mayor (coeficientes de variación de 29 y 20%, respectivamente), lo que indica la existencia de mayores variaciones en la calidad de agua a lo largo del tiempo, que podría indicar la existencia de procesos de contaminación no uniformes capaces de alterar sensiblemente las poblaciones de algunos organismos. Lo expresado podría guardar relación también con la tendencia observada en la variación de los puntajes del índice BMWP-CR respecto a las fechas de monitoreo, ya que hacia la fecha 3, se observa un decrecimiento en la calidad del agua, coincidente en tres de los cuatro sitios, lo que podría atribuirse a factores meteorológicos e hidrológicos (Pearson, 2014). Únicamente en el sitio 3 (La Isla) se observa una inusual mejoría en la calidad del agua en aquella fecha, posiblemente debido a que la mayor presencia de actividades antropogénicas alteró la tendencia observada en los sitios restantes.

El análisis de varianza y la prueba de Tukey para el índice BMWP-CR ratifican estadísticamente las diferencias existentes en la calidad de agua de los sitios considerados en el monitoreo y, por tanto, la tendencia decreciente en la misma a lo largo del recorrido. En un estudio realizado por Rowe (2014), se describe un decrecimiento semejante en la calidad de agua del río Puyo entre sitios situados antes y después del sitio 2 (Paseo Turístico) en una distancia de aproximadamente 2 kilómetros.

En la tendencia de los valores del IBF-SV observados a lo largo de la distancia se observa un cierto patrón de uniformidad, en el cual la

calidad de agua tiende a empobrecerse progresivamente desde el sitio 1 (Fátima) hasta el sitio 3, (La Isla) para experimentar cierta recuperación hasta el sitio 4 (Unión Base). Los resultados concuerdan en gran parte con la interpretación del índice BMWP-CR, destacando en ambos índices, la calificación que se hace del sitio 3 (La Isla) como un sitio de calidad desfavorable respecto a cualidades que favorezcan la conservación de la biota. Sin embargo, el IBF-SV no establece diferencias entre la calidad de agua de los dos sitios iniciales (como lo hacía el BMWP-CR). Por otra parte, los valores obtenidos para el Índice IBF-SV no llegan a tener una dispersión semejante a la de los obtenidos con el índice BMWP-CR, con un coeficiente de variación entre fechas de los mismos a 6% en el sitio 4 (Unión Base), en el cual se obtuvieron los valores más dispersos. Los resultados del análisis de varianza para el índice IBF-SV determinan diferencias existentes en la calidad de agua a lo largo del recorrido, siendo superior la misma en el sitio 1 (Fátima) respecto a los tres sitios restantes.

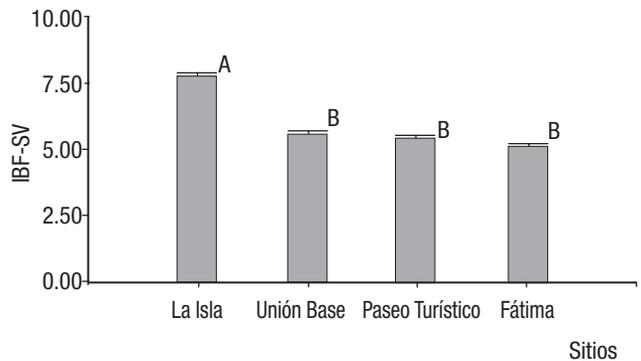


Figura 7. Prueba de Tukey al 5% para el Índice IBF-SV (Índice Biológico de Familias para El Salvador) en cuatro sitios de monitoreo. Río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana en 2012.

Aunque las correlaciones existentes entre los parámetros Oxígeno Disuelto (OD) y potencial Hidrógeno (pH) y los indicadores bióticos BMWP-CR e IBF-SV fueron todos significativos, se verificó un mayor nivel de confiabilidad estadística (99%) en la correlación entre OD y el índice IBF-SV, lo cual sugiere una mayor afinidad en el empleo de estos dos indicadores con fines de evaluación de la calidad de agua en zonas similares a la estudiada (Serna *et al.*, 2015; Hussain & Pandit, 2012).

A pesar de que, de acuerdo con Goyenola (2007), el rango de los valores de oxígeno disuelto observado corresponde a condiciones aceptables para la vida de la gran mayoría de peces y otros organismos acuáticos y que, conforme a MAE (2002), el pH óptimo para conservación de flora y fauna debe mantenerse en un rango entre 5 y 9, las correlaciones del último parámetro con los índices biológicos sugerirían que, aunque la concentración de OD se mantenga dentro de los niveles considerados adecuados, ligeras variaciones en el pH podrían incidir en las poblaciones de macroinvertebrados (Hussain & Pandit, 2012).

REFERENCIAS

- ADOPTÉ-UN-ARROYO. 2004. *Muestreo visual de arroyos*. Atlanta: Georgia Environmental Protection Division. Disponible en línea en: http://www.georgiaadoptastream.com/Manuals_etc/Spanish/quimico_biologico.pdf?15-0909 (consultado el 11 de Enero del 2016)
- ALBA-TERCEDOR, J., I. PARDO, N. PRAT & A. PUJANTE. 2005. Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos. In: De la Fuente M. J. (Ed.). *Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua en la Configuración Hidrográfica del Ebro*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. pp. 131-175. Disponible en línea en: http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm7-16059.pdf (Consultado el 2 de junio de 2015).
- ARSCOTT, D., B. KELLER, K. TOCKNER, & J. WARD, 2003. Habitat Structure and Trichoptera Diversity in Two Headwater Flood Plains, N.E. Italy. *International Review of Hydrobiology* 88 (3-4): 255-273. DOI: 10.1002/iroh.200390023
- BAUERNEFEIND, E. & O. MOOG. 2000. Mayflies (Insecta: Ephemeroptera) and the assessment of ecological integrity: a methodological approach. *Hydrobiologia* 442: 71-83. DOI: 10.1023/A:1017090504518
- CALOR, A. 2009. Considerações Acerca da Filogenia de Trichoptera Kirby 1813: da Análise dos Dados para as Hipóteses ou dos Cenários para os Dados. *Entomobrasilia* 2 (1): 01-10. DOI: 10.12741/ebra-silis.v2i1.24
- CARLE, F. L., K. KJER, & M. MAY. 2015. A molecular phylogeny and classification of Anisoptera (Odonata). *Arthropod systematics & Phylogeny* 73 (2): 201-301.
- DAJOZ, R. 2002. Capítulo 5: Los Factores Abióticos en el Agua y en el Suelo. 2da ed. In: *Tratado de Ecología*, Madrid. pp. 89-90.
- DIJKSTRA, K. D., V. KALKMAN, R. DOW, F. STOKVIS & J. VAN TOL. 2014. Redefining the damselfly families: a comprehensive molecular phylogeny of Zygoptera (Odonata). *Systematic Entomology* 39: 68-96. DOI: 10.1111/syen.12035
- DOMÍNGUEZ, E. & H. FERNÁNDEZ. 2009. Capítulo 3: Ephemeroptera. In: *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y Biología*. Fundación Miguel Lilo, Tucumán, Argentina. 656 p.
- GARCIA, X. & D. PARGAMENT. 2014. Rehabilitating rivers and enhancing ecosystem services in a water-scarcity context: the Yarqon River. *International Journal of Water Resources Development* 73-87. DOI: 10.1080/07900627.2014.911147
- GIACOMETTI, J. & F. BERSOSA. 2006. Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico 6, Serie Zoológica* 2: 17-32.
- GOYENOLA, G. 2007. El ¿Cómo? de la Red MAPSA, Planificación del Programa de Monitoreo. Guía para la utilización de Valijas Viajeras. Red de Monitoreo Ambiental participativo de Sistemas acuáticos, pp.1-4. Disponible en línea en: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/3-planificacion.pdf (consultado el 15 de Enero del 2016)
- GULLAN, P. J., & P. S. CRANSTON. 2004. *The insects: An outline of entomology*. 3rd ed. United Kingdom: Wiley-Blackwell. 529 p. DOI: 10.1111/j.1442-9993.2005.01454.x
- HILSENHOFF, W. L. 1987. An Improved biotic index of organic stream pollution. *The Great Lakes Entomologist* 20: 31-39
- HUSSAIN, Q., & A. PANDIT. 2012. Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors. *International Journal of Fisheries and Aquaculture* 4 (7): 114-123. DOI: 10.5897/IJFA11.045
- JONKER, M. N., J. H. J. VAN VUREN & V. VEPENER. 2009. The impact of feedlot effluent on water quality and aquatic macroinvertebrate community structure in streams of the upper Vaal River catchment, South Africa. *African Journal of Aquatic Science* 34 (3): 219-230. DOI: 10.2989/AJAS.2009.34.3.3.979
- LÓPEZ-LÓPEZ, E., & J. E. SEDEÑO-DÍAZ. 2015. Biological indicators of water quality: The role of fish and macroinvertebrates as indicators of water quality. In: Armon, R. H. & O. Hänninen (Eds.). *Environmental indicators*, © Springer Science+Business. pp. 650-652. DOI: 10.1007/978-94-017-9499-2
- MANCILLA, G., C. VALDOMINOS, M. AZOCAR, P. JORQUERA & R. FIGUEROA. 2009. Efecto del reemplazo de la vegetación nativa de ribera sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en arroyos de climas templados, Chile central. *Hidrobiológica* 19 (3): 193-203.
- MICHAEL, D., & D. CULVER. 1987. Influence of plecopteran and megalopteran predators on Hydropsyche (Trichoptera:Hydropsychidae) micro-distribution and behavior. *Journal of the North American Benthological Society* 6 (1): 46-55. DOI: 10.2307/1467523
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador). 2002. *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria*. Libro VI. Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Ecuador.
- Ministerio Nacional de Ambiente y Energía (MINAE). 2007. *Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales*: Capítulo IV: Monitoreo Biológico. La Uruca, San José: La Gaceta Diario oficial 178. Decreto N° 33903-MINAE-S, pp. 3-4.

- OGDEN, T., J. GATTOLLIAT, M. SARTORI, A. STANICZEK, T. SOLDÁN, & M. WHITING. 2009. Towards a new paradigm in mayfly phylogeny (Ephemeroptera): Combined analysis of morphological and molecular data. *Systematic Entomology* 34: 616-634. DOI: 10.1111/j.1365-3113.2009.00488.x
- PEARSON, R. G. 2014. Dynamics of Invertebrate Diversity in a Tropical Stream. *Diversity* 6: 771-791. DOI:10.3390/d6040771
- ROLDÁN-PÉREZ, G. 1999. Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del Agua. *Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23 (88): 375-387. DOI: 10.4067/S0716-078X2003000200012
- RODRÍGUEZ, L., R. ABRIL, P. CEDEÑO, P. RÍOS GUAYASAMÍN, M. ESPINOSA & M. MASABANDA. 2013. Rehabilitación ambiental del río Puyo. Diagnóstico de calidad ambiental de la subcuenca media. Informe Final. Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. 134 p. (no publicado)
- ROWE, A. 2014. River Health in Puyo, Ecuador The Use of Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Quality and Alternatives to Chlorine for Whitening Clothes in the Puyo River Watershed. Independent Study Project (ISP) Collection. Paper 2018. 34 p.
- SÁNCHEZ, O. 2007. Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. In: O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, (Eds.) *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (págs. 11-36). Michoacan: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). Disponible en línea en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/533.pdf> (consultado el 11 de Enero del 2016). ISBN: 978-968-817-856-0
- SERMEÑO-CHICAS, J., L. SERRANO-CERVANTES, M. SPRINGER, M. PANIAGUA- CIENFUEGOS, D. PÉREZ, A. RIVAS-FLORES, R. MENJÍVAR-ROSA, B. BONILLA DE TORRES, F. CARRANZA-ESTRADA, J. FLORES-TENSOS, C. GONZÁLES, P. GUTIÉRREZ-FONSECA, M. HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, A. MONTERROSA-URIAS & A. ARIAS DE LINARES. 2010. Índice Biológico a nivel de familia de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010). In: Sermeño-Chicas, J. (Ed.) *Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos*. San Salvador: Editorial Universitaria Universidad de El Salvador. pp. 17-25
- SERNA M, D., E. TAMARIZ-TURIZO, & G. L. MORENO. 2015. Distribución espacial y temporal de larvas de Trichoptera (Insecta) en el río Manzanares, Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). *Revista de Biología Tropical* 63 (2): 465-477.
- SIERRA, C. 2011. Calidad de Agua, evaluación y diagnóstico. Universidad de Medellín. Ediciones de la U. Bogotá. 457 p.
- THE TREE OF LIFE WEB PROJECT. (2002). Tree of Life Web Project. Recuperado el 11 de 01 de 2016, de Insecta. Insects. Version 01 January 2002 (under construction): <http://tolweb.org/Insecta/8205>
- TEIXEIRA, M., M. BUDD, & D. STRAYER. 2014. Responses of epiphytic aquatic macroinvertebrates to hypoxia. *Inland waters* 5: 75-80. DOI 10.5268/IW10.5268/IW-5.1.010.5268/IW-5.1.764
- WOTTON, R., M. WIPFLY, L. WATSON, & R. MERRIT. 1993. Feeding variability among individual aquatic predators in experimental channels. *Canadian Journal of Zoology* 71 (10): 2033-2037. DOI: 10.1139/z93-287
- WRIGHT-STOW, A. & M. WINTERBOURN. 2003. How well do New Zealand's stream monitoring indicators, the macroinvertebrate community index and its quantitative variant. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 37 (2): 461-470. DOI: 10.1080/00288330.2003.9517180
- YEATES, D., B. WIEGMANN, G. COURTNEY, R. MEIER, C. LAMBIN, & T. PAPE. 2007. Phylogeny and systematics of Diptera: Two decades of progress and prospects. *Zootaxa* 1668: 565-590. DOI: 10.15468/otggs3

