

## **DISTRIBUCIÓN ESPACIO - TEMPORAL DE INSECTOS ACUÁTICOS EN QUEBRADAS DE LA LLANURA AMAZÓNICA, LORETO, PERÚ**

Miriam Adriana ALVAN-AGUILAR<sup>1\*</sup>, Judie Andrea CHUNGA MOZOMBITE<sup>2</sup>,  
Marjorie OCHOA VÁSQUEZ<sup>2</sup>, Rosa Angélica ISMIÑO-ORBE<sup>1</sup>,  
Fred William CHU-KOO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP. Carretera Iquitos-Nauta, Km 4.5, Quistococha, San Juan Bautista, Loreto, Perú.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de la Amazonía Peruana - UNAP. Campus Universitario Zungarococha, San Juan Bautista, Loreto, Perú.

<sup>3</sup> Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas - UNAAA. Facultad de Zootecnia, Agronomía, Ciencias Biológicas y Acuicultura. Prolongación Libertad N° 1220-1228, Yurimaguas, Loreto, Perú.

\* Correo electrónico: malvan@iiap.gob.pe

### **RESUMEN**

El objetivo del estudio fue conocer la distribución espacial y temporal de insectos acuáticos en 10 quebradas de la llanura amazónica, ubicadas dentro del área de influencia del eje carretero Iquitos-Nauta (Loreto, Perú). Las colectas fueron realizadas en dos zonas de muestreo con diferentes vías de acceso, grado de influencia antrópica y dimensión de las quebradas, que fueron denominadas: ZM 1 y ZM 2; y, durante tres periodos hidrológicos del año: vaciante, seca y creciente. Se evaluó la riqueza, abundancia, diversidad y dominancia de estos organismos; así como los niveles de pH, temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/l) y conductividad eléctrica (µS/cm) de la columna de agua de cada quebrada. Los resultados reportan una riqueza total de 63 familias y 4771 individuos; de las cuales las familias Leptophlebiidae, Caenidae, Libellulidae, Hydrophilidae, Elmidae, Hydropsychidae, Polycentropodidae, Tipulidae, Ceratopogonidae y Chironomidae, están ampliamente distribuidas en las quebradas evaluadas. Se registraron diferencias significativas entre las dos zonas de muestreo ( $p=0,01$ ) y entre los tres periodos de colecta, evaluados ( $p=0,035$ ); reportándose mayores registros de riqueza, abundancia y diversidad; así como altos valores de pH y

conductividad eléctrica en las quebradas de la ZM 2 y en el periodo de seca. El mayor nivel de dominancia fue reportado en las quebradas de la ZM 1 durante los periodos de vaciante y creciente; siendo Chironomidae la familia dominante. Nuestros resultados aportan información de referencia para la optimización de métodos de evaluación de la calidad ambiental de quebradas de la llanura amazónica peruana.

**PALABRAS CLAVES:** Distribución, insectos acuáticos, quebradas, llanura amazónica.

## **SPATIAL-TEMPORAL DISTRIBUTION OF AQUATIC INSECTS IN STREAMS OF THE AMAZON LOWLANDS, LORETO, PERU**

### **ABSTRACT**

This study aimed to determine the spatial and temporal distribution of aquatic insects in 10 streams of the Amazon lowlands located within the area of influence of the Iquitos-Nauta highway (Loreto, Peru). Samplings were made in two zones with different access roads, anthropic influence and stream sizes, which were named: ZM 1 and ZM 2; and, during three hydrological periods: draining season, dry season and rising season. Richness, abundance, diversity, and dominance of aquatic insects; as well as water pH, temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), dissolved oxygen (mg/l) and electrical conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) levels of each stream were recorded. Results report a total richness of 63 families and 4771 individuals; of which the families Leptophlebiidae, Caenidae, Libellulidae, Hidrophilidae, Elmidae, Hydropsychidae, Polycentropodidae, Tipulidae, Ceratopogonidae and Chironomidae, are widely distributed in the evaluated streams. Significant differences were recorded between the two sampling areas ( $p=0.01$ ) and among the three collection periods evaluated ( $p=0.035$ ); reporting higher records of richness, abundance and diversity; as well as higher values of pH and electrical conductivity in the streams of the ZM 2 and during the dry season. The highest level of dominance occurred in the streams of ZM 1, during the draining and rising water seasons, being Chironomidae, the dominant family. Our results provide baseline information for the optimization of methods for evaluating the environmental quality of streams in the Peruvian Amazon lowlands.

**KEYWORDS:** Distribution, aquatic insects, streams, Amazon lowlands.

## INTRODUCCIÓN

Los arroyos, riachuelos o quebradas, son hábitats acuáticos lóticos de poca profundidad y caudal; que forman grandes redes de drenaje en los bosques. Estos ambientes, son reservorios de una gran diversidad de microhábitats (Subramanian & Sivaramakrishnan, 2005; García *et al.*, 2016), y especies de flora y fauna; dentro de los cuales podemos destacar a los insectos acuáticos, un grupo muy heterogéneo y representativo, que constituye cerca del 90% de toda la fauna de invertebrados de los ambientes de agua dulce (Hamada *et al.*, 2014).

Los insectos acuáticos poseen diferentes estrategias de vida y adaptaciones que les han permitido tener un destacado papel en los diversos procesos ecológicos que ocurren en los ambientes acuáticos. Estos organismos cumplen un rol esencial en el proceso de degradación de la materia orgánica y circulación de nutrientes (Landeiro *et al.*, 2010); tienen diferentes hábitos alimenticios que ha permitido clasificarlos en distintos grupos funcionales alimentarios (GFA) para entender la dinámica funcional de los ecosistemas acuáticos (Rodríguez-Barrios *et al.*, 2011; Villada-Bedoya *et al.*, 2017); sirven como fuente de alimento para organismos superiores, como anfibios y peces; representando un eslabón importante entre los organismos productores de energía y los niveles tróficos superiores de los ambientes acuáticos (Gutiérrez-Garaviz *et al.*, 2016; Cañizales, 2019; Walteros & Castaño, 2020); y tienen la capacidad de presentar diversas adaptaciones al intercambio gaseoso y a la osmorregulación en los ambientes acuáticos, que les ha permitido ocupar una variedad considerable de microhábitats en esos ambientes (Hanson *et al.*, 2010). Además, son considerados excelentes bioindicadores del estado de calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos, debido a

la gran sensibilidad que presentan algunos grupos a las perturbaciones ambientales (Roldán-Pérez, 2016).

La influencia de ciertas actividades antropogénicas, como la contaminación por vertimiento de aguas residuales y desechos sólidos, la deforestación, cambios en el uso del suelo, construcción de carreteras y las alteraciones en el régimen hidrológico de los ecosistemas de agua dulce a causa de inundaciones y sequías irregulares; pueden alterar el comportamiento normal de las estrategias de vida y las adaptaciones de los insectos acuáticos (Castello *et al.*, 2012; Barichivich *et al.*, 2018; Dourojeanni, 2019). Cada taxón está adaptado a vivir en determinadas condiciones (ej. velocidad de la corriente, tipo y tamaño del sustrato, nivel del agua, temperatura del agua y variables químicas). Por lo tanto, una alteración de las condiciones naturales de esos parámetros podría afectar la composición, riqueza, abundancia y distribución de estos organismos, tanto a una escala espacial como temporal (Couceiro *et al.*, 2007; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019; Onana *et al.*, 2021); facilitando la presencia dominante de pocos grupos taxonómicos resistentes y la reducción o pérdida de muchos grupos taxonómicos sensibles, en un determinado lugar (Oviedo-Machado & Reinoso-Flórez, 2018).

Estudios sobre la distribución espacio-temporal de insectos acuáticos han sido realizados con la finalidad de conocer su relación con las condiciones del ambiente (Marshall *et al.*, 2006; Heino & Mykra, 2008; Burgazzi *et al.*, 2018; Mendes *et al.*, 2018; Bacca *et al.*, 2021); determinar su preferencia de hábitats (Henriques-Oliveira & Nessimian, 2010b; Fontanarrosa *et al.*, 2013; Serna *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2015), y rol trófico (Butakka *et al.*, 2014; Domingos & Arcifa, 2017). Estas informaciones, sumada al destacado papel bioindicador que tienen estos organismos,

pueden ser de gran utilidad para implementar programas de biomonitoreo de la calidad del agua en un área determinada. Además, proporcionan conocimientos básicos que pueden servir para la implementación de planes de manejo y gestión a nivel de cuencas hidrográficas.

La llanura amazónica peruana, alberga una gran diversidad de quebradas, caracterizadas por ser del tipo de aguas negras o distróficas; con recursos hidrobiológicos de gran valor ecológico y económico (Del Águila-Chávez *et al.*, 2013; Ismiño *et al.*, 2018; Chávez-Veintemilla, 2020). En la región Loreto, estos cuerpos de agua se encuentran vulnerables a la contaminación de sus aguas; debido a los reportes de presencia de metales pesados, desechos orgánicos y contaminación bacteriológica por coliformes fecales en algunos de sus ríos principales como el Nanay y el Itaya (Sotero-Solís & Alva-Astudillo, 2013; Cerdeña *et al.*, 2014; Flores *et al.*, 2019). En ese sentido, implementar estudios que nos revelen el grado de calidad o contaminación de sus aguas, son urgentes y necesarios.

Considerando la importancia del conocimiento de los insectos acuáticos para estudios de calidad de agua, es que el presente estudio tiene por finalidad conocer los patrones de distribución espacial de la riqueza, abundancia, diversidad y dominancia de la fauna de insectos acuáticos en 10 quebradas de la llanura amazónica; así como, la distribución temporal de esos parámetros, en tres periodos del nivel de agua de los ríos amazónicos (vacante, seca y creciente). Estas informaciones, además de incrementar el poco conocimiento acerca de los insectos acuáticos en cuerpos de agua de la llanura amazónica; podrían ser de gran utilidad como información de línea base referencial y complementario para futuros trabajos de monitoreo de la calidad ambiental de quebradas de aguas negras en la llanura amazónica peruana.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

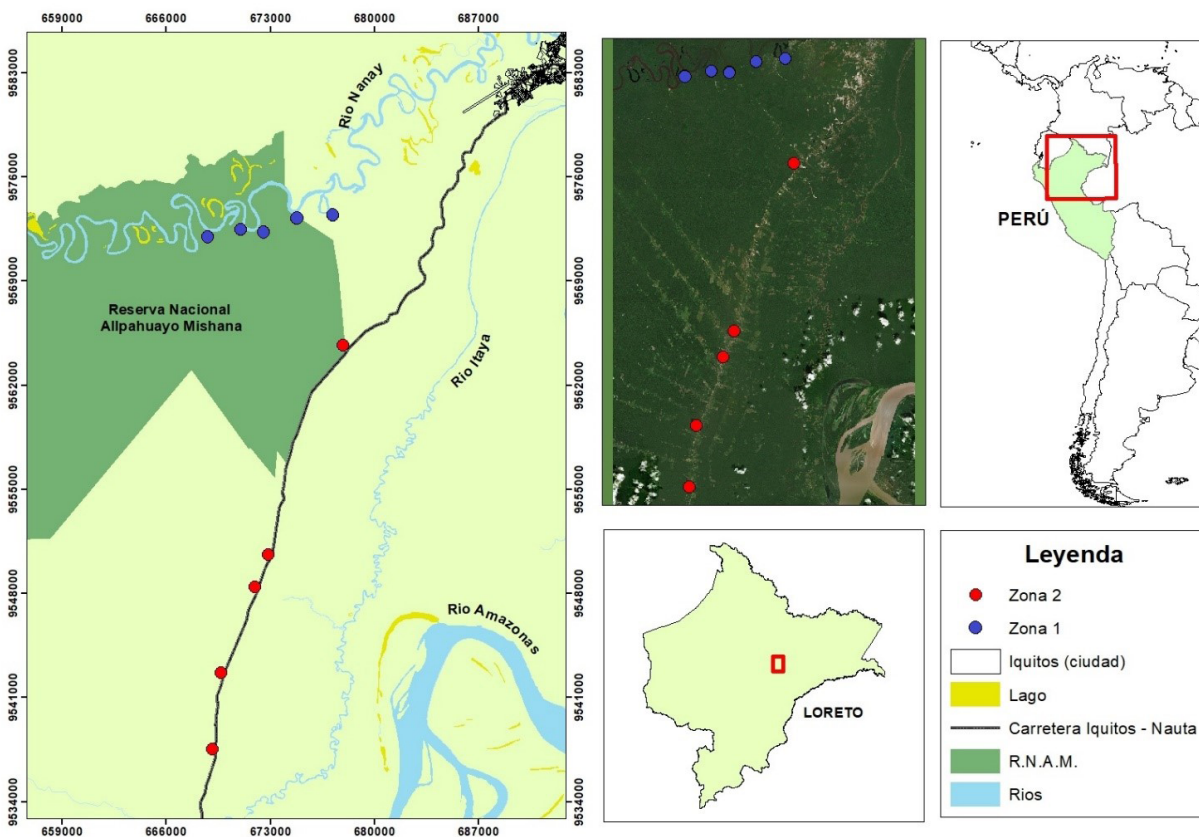
El estudio se desarrolló en 10 quebradas de llanura amazónica, ubicadas dentro del área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto, Perú. En cada quebrada se determinó 3 puntos de muestreo de 10 m de extensión cada uno, separados entre sí por una distancia de 30 m. De acuerdo a la vía de acceso a estos cuerpos de agua, se establecieron dos zonas de muestreo (Tabla 1, Figura 1).

Zona de muestreo 1 (**ZM 1**): Con vías de acceso a 5 quebradas por la cuenca media del río Nanay (Tabla 1, Figura 1). Se caracteriza por presentar movimiento ocasional de transporte acuático y presencia de un reducido número de centros poblados asentados en zonas alejadas de las quebradas evaluadas. Los puntos de muestreo elegidos en cada quebrada se encuentran cerca a sus desembocaduras con el río Nanay (aproximadamente 1 km) y reciben las descargas de materia orgánica proveniente de actividades antropogénicas que ocurren aguas arriba. Sus quebradas miden de 8,21 m a 14,68 m de ancho y tienen entre 1,41 m a 2,94 m de profundidad.

Zona de muestreo 2 (**ZM 2**): Con vías de acceso a 5 quebradas por la carretera Iquitos-Nauta (Tabla 1, Figura 1). Se caracteriza por presentar un constante movimiento de transporte terrestre y presencia de un gran número de centros poblados asentados a lo largo de la carretera, en zonas cercanas a las quebradas evaluadas. Sus quebradas miden de 3,59 m a 9,36 m de ancho y tienen entre 0,39 m y 1,73 m de profundidad.

### COLECTA

Fue realizada en tres periodos hidrológicos distintos: vacante o inicio del periodo de seca (junio), seca o periodo de aguas bajas (setiembre)



**Figura 1.** Mapa de ubicación de las 10 quebradas evaluadas en el área de estudio.

**Tabla 1.** Zona de muestreo, puntos georeferenciales, vía de acceso y cuenca hidrográfica de las 10 quebradas evaluadas.

N°	Zona de muestreo	Nombre de quebrada	Puntos georeferenciales		Vía de Acceso	Cuenca hidrográfica
			X	Y		
1		Llanchama	677177.56	9573519.00		Río Nanay
2		Agua negra	674901.38	9573676.00		Río Nanay
3	ZM 1	Tambishi	672807.25	9572889.00		Río Nanay
4		Santa Cruz	671437.69	9572504.00	Cuenca media del río Nanay	Río Nanay
5		San Pedro	668580.57	9572508.97		Río Nanay
6		Paujil	676058.00	9562471.65		Río Nanay
7		Tocón	672190.94	9549237.00		Río Itaya
8	ZM 2	Pintuyacu	671407.56	9547551.00		Río Itaya
9		Lindero	669210.69	9541697.00	Carretera Iquitos-Nauta	Río Itaya
10		Habanillo	668931.14	9537116.03		Río Itaya

y creciente o inicio del periodo de lluvias (diciembre) del 2019. Consistió en recolectar material bentónico, utilizando una red de mano tipo D-net de 180  $\mu\text{m}$  de abertura de malla, haciendo un barrido y remoción del sustrato donde los insectos suelen refugiarse (hojarasca, sedimento, vegetación sumergida, orilla, etc.). El barrido fue realizado en contra de la corriente de agua, a lo largo de 10 m de extensión de ambas orillas, en cada punto de muestreo por quebrada evaluada. Esta metodología tomó como referencia la guía de métodos de colecta de macroinvertebrados desarrollada por Samanez *et al.* (2014). El material recolectado fue acondicionado en frascos de plástico de 800 ml, conteniendo 250 ml de alcohol al 80%, luego fue transportado al laboratorio de Bromatología y Limnología del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana -IIAP, para su análisis correspondiente.

#### REGISTRO DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

En cada punto de muestreo de las quebradas se determinaron *in situ* los siguientes parámetros físicos y químicos de la columna de agua: pH, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y oxígeno disuelto ( $\text{mg}/\text{l}$ ); utilizando un medidor multiparámetro marca YSI modelo 556 MPS.

#### ANÁLISIS DE MUESTRAS

Consistió en separar los insectos acuáticos de cada muestra (triaje) e identificarlos hasta el nivel taxonómico de familia, utilizando las claves taxonómicas establecidas en Merritt & Cummins (1996), Roldán-Pérez (1996), y Hamada *et al.*, (2014). Los organismos identificados fueron posteriormente contados y colocados en tubos Eppendorff debidamente etiquetados y conteniendo alcohol al 70% para su conservación.

#### PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La estructura de las comunidades de insectos acuáticos, fue analizada en base al cálculo de la riqueza, abundancia, diversidad y dominancia de insectos acuáticos recolectados en cada quebrada, zona de muestreo y periodo de colecta. La riqueza de insectos acuáticos se analizó en base al número de familias observadas, la abundancia mediante el número de individuos colectados; mientras que la diversidad y dominancia, mediante el cálculo de los índices de Shannon-Wiener ( $H' = -\sum \pi_i (\log_2 \pi_i)$ ) y Simpson ( $D = \sum \pi_i^2$ ), respectivamente. Por su parte, los parámetros físicos y químicos fueron analizados mediante el registro de datos por cada quebrada, zona de muestreo y periodo de colecta.

Con la finalidad de analizar los datos obtenidos y ver si hay diferencias significativas entre las quebradas, zonas de muestreo y periodos de colecta, se aplicó las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis cuando se evaluaron más de dos variables y la prueba U de Mann-Whitney, cuando solo se evaluaron dos variables. Todos los cálculos fueron realizados con los softwares PAST 3.17 o Biostat 5.

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### RIQUEZA Y ABUNDANCIA

Se registró una riqueza de 63 familias, distribuidas en 10 órdenes (Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Blattodea, Megaloptera, Hemiptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera y Diptera) en las quebradas evaluadas. Asimismo, se obtuvo una abundancia total de 4771 individuos; de los cuales 44 familias y 1553 individuos fueron reportados para las quebradas de la ZM 1; mientras que 54 familias y 3218 individuos para las quebradas de la ZM 2 (Tabla 2).



**Tabla 2.** Presencia/ausencia y número total de insectos acuáticos/familia en 10 quebradas de la llanura amazónica, Loreto, Perú.

TAXA	ZM 1					TOTAL	ZM 2					TOTAL (ZM1 + ZM2)	
	SP	SC	TA	AN	LL		HA	LI	PI	TO	PA		TOTAL
<b>EPHEMEROPTERA</b>													
<i>Baetidae</i>	X					1	X	X	X	X	X	56	57
<i>Leptophlebiidae</i>	X	X	X	X	X	86	X	X	X	X	X	527	613
<i>Tricorythidae</i>								X	X		X	10	10
<i>Euthyplociidae</i>							X	X		X	X	109	109
<i>Polymitarcyidae</i>	X				X	9	X	X	X	X	X	53	62
<i>Caenidae</i>	X	X	X	X	X	67	X	X	X	X	X	147	214
<i>Potamanthidae</i>							X	X		X	X	18	18
<b>ODONATA</b>													
<i>Libellulidae</i>	X	X	X	X	X	61	X	X	X	X	X	28	89
<i>Gomphidae</i>					X	5	X	X	X	X	X	50	55
<i>Aeshnidae</i>							X					2	2
<i>Calopterygidae</i>								X	X	X	X	25	25
<i>Coenagrionidae</i>	X	X	X			4	X	X	X	X	X	85	89
<i>Megapodagrionidae</i>								X				1	1
<b>PLECOPTERA</b>													
<i>Perlidae</i>							X	X	X	X	X	14	14
<b>BLATTODEA</b>													
<i>Blatellidae</i>								X	X	X	X	19	19
<b>MEGALOPTERA</b>													
<i>Corydalidae</i>								X			X	3	3
<i>Sialidae</i>	X					1	X	X		X		14	15
<b>HEMÍPTERA</b>													
<i>Corixidae</i>					X	1			X	X		6	7
<i>Belostomatidae</i>				X		1							1
<i>Naucoridae</i>				X	X	5							5
<i>Notonectidae</i>	X					1			X			8	9
<i>Veliidae</i>	X		X		X	16	X	X		X		42	58
<i>Gerridae</i>		X				1	X	X				2	3
<i>Mesoveliidae</i>										X		1	1
<b>COLEOPTERA</b>													
<i>Dytiscidae</i>	X	X	X	X	X	50	X		X	X		19	69
<i>Gyrinidae</i>	X					1	X	X				4	5
<i>Hydrophilidae</i>	X	X	X	X	X	24	X	X	X	X	X	17	41
<i>Elmidae</i>	X	X	X	X	X	60	X	X	X	X	X	594	654
<i>Noteridae</i>	X		X		X	16	X	X		X		3	19
<i>Staphylinidae</i>	X					1			X		X	2	3

<i>Psephenidae</i>				X	X	5						5	5
<i>Ptilodactylidae</i>					X	1						1	1
<i>Scirtidae</i>	X	X	X			18	X	X	X	X	X	52	70
<i>Chrysomelidae</i>								X		X	X	5	5
<i>Lampyridae</i>									X	X	X	4	4
<i>Limnichidae</i>							X					1	1
<i>Dryopidae</i>									X			1	1
<i>Amphizoidae</i>		X				1		X				1	2
<i>Carabidae</i>	X	X				3							3
<i>Helodidae</i>							X					1	1
<b>TRICHOPTERA</b>													
<i>Calamoceratidae</i>					X	2	X	X	X	X		42	44
<i>Glossosomatidae</i>				X	X	5							5
<i>Helicopsychoidea</i>								X	X			6	6
<i>Hydropsychidae</i>	X	X	X	X	X	31	X	X	X	X	X	45	76
<i>Hydroptilidae</i>								X			X	10	10
<i>Leptoceridae</i>	X			X	X	13	X	X			X	12	25
<i>Hydrobiosidae</i>								X				4	4
<i>Polycentropodidae</i>	X	X	X	X	X	63	X	X	X	X	X	37	100
<b>LEPIDOPTERA</b>													
<i>Pyralidae</i>	X	X	X	X		7			X		X	9	16
<b>DÍPTERA</b>													
<i>Tipulidae</i>	X	X	X	X	X	18	X	X	X	X	X	51	69
<i>Psychodidae</i>									X			5	5
<i>Culicidae</i>		X	X		X	20	X			X	X	7	27
<i>Ceratopogonidae</i>	X	X	X	X	X	60	X	X	X	X	X	56	116
<i>Chironomidae</i>	X	X	X	X	X	850	X	X	X	X	X	976	1826
<i>Simuliidae</i>	X		X		X	8							8
<i>Stratiomyidae</i>			X			1							1
<i>Tabanidae</i>			X	X		3							3
<i>Ephydriidae</i>					X	1	X			X		4	5
<i>Empididae</i>				X		1					X	2	3
<i>Dolichopodidae</i>	X	X	X	X	X	12			X	X		10	22
<i>Muscidae</i>	X	X	X	X		6	X		X	X	X	8	14
<i>Phoridae</i>			X	X	X	8			X			3	11
<i>Sciomyzidae</i>				X	X	5			X	X	X	7	12
<b>Riqueza de familias</b>						<b>44</b>						<b>54</b>	<b>63</b>
<b>Abundancia</b>						<b>1553</b>						<b>3218</b>	<b>4771</b>

SP: San Pedro, SC: Santa Cruz, TA: Tambishi, AN: Agua Negra, LI: Llanchara, HA: Habanillo, LI: Lindero, PI: Pintuyacu, TO: Tocón, PA: Paujil.  
ZM 1: Zona de muestreo 1, ZM 2: Zona de muestreo 2.



El número de familias registradas en este estudio es mayor a los registrados en otros ambientes acuáticos de la Amazonía peruana; dentro de los cuales podemos destacar los datos reportados por Bocanegra-Chung *et al.* (2011) con 22 familias asociadas a tres plantas acuáticas en el lago Moronacocha (región Loreto); Alván *et al.* (2012) con 7 familias en la laguna de Quistococha (región Loreto); García (2016) con 22 familias en el río Shilcayo (región San Martín); Pinto (2018) con 28 familias en nueve quebradas asociadas a un bosque ribereño primario, bosque secundario y pastizal (región Madre de Dios) y Arana-Maestre *et al.* (2021) con 39 familias en un gradiente altitudinal del río Alto Madre de Dios (región Madre de Dios). Los registros de abundancia de estos estudios fueron muy variables, probablemente se deba a la magnitud del esfuerzo desplegado en cada estudio, sin embargo, ninguno presentó una riqueza de familias mayor a lo reportado en el presente trabajo.

#### DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

De las 63 familias reportadas en este estudio, solo 10 (Leptophlebiidae, Caenidae, Libellulidae, Hydrophilidae, Elmidae, Hidropsychidae, Polycentropodidae, Tipulidae, Ceratopogonidae y Chironomidae) se encuentran distribuidas en las 10 quebradas evaluadas; indicando una amplia distribución en el área de estudio. Además, otras 25 familias fueron reportadas habitando entre 2 a 8 quebradas, 9 familias fueron exclusivas para las quebradas de la ZM 1, mientras que 19 familias lo fueron para las quebradas de la ZM 2 (Tabla 2).

Los patrones de distribución espacial de la fauna de insectos acuáticos son muy complejos y dinámicos; debido a que los ambientes acuáticos presentan una variedad de hábitats y gradientes ambientales; en algunos casos, con perturbaciones antropogénicas que alteran las características físicas y químicas de sus aguas y condicionan la presencia de estos organismos (Brooks *et al.*,

2005, Roldán-Pérez, 2016; Villada-Bedoya *et al.*, 2017). Las características diferenciales de las vías de acceso, influencia antropogénica y dimensión (ancho y profundidad) de las quebradas entre las dos zonas de muestreo, pueden estar relacionadas con los resultados de riqueza, abundancia, diversidad y dominancia de este estudio.

La prueba de Mann-Whitney determinó que existen diferencias estadísticas significativas ( $p= 0,01$ ) en las colectas realizadas entre la ZM 1 y ZM 2. Asimismo, la prueba de Kruskal-Wallis, determinó que existen diferencias significativas ( $p= 0,015$ ) entre las quebradas evaluadas.

Las cinco quebradas de la ZM 1 presentaron menor riqueza y abundancia de insectos acuáticos, reportando de 20 a 28 familias y de 227 a 424 individuos; mientras que las quebradas de la ZM 2, reportaron de 32 a 35 familias y un rango de abundancia de 531 a 910 individuos. Además, Pintuyacu y Paujil fueron las quebradas con mayor riqueza y abundancia respectivamente (Tabla 3).

De acuerdo al índice de Diversidad de Shannon ( $H$ ), valores menores de 2 indica una diversidad baja, de 2 a 3.5 diversidad media y superiores a 3.5 una diversidad alta. La diversidad de familias de las quebradas Santa Cruz, Tambishi y Agua Negra de la ZM 1 fue baja, presentando valores de  $H$  entre 1,56 a 1,63; mientras que las quebradas San Pedro, Llanchama y todas las quebradas de la ZM 2 reportan una diversidad media, registrando un  $H$  entre 2,00 a 2,36; siendo Lindero, la quebrada con mayor diversidad  $H = 2,42$  (Tabla 3).

Por otro lado, de acuerdo a los estándares de calidad ambiental ECA para el agua, establecidos en el Perú, con Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM; en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático y subcategoría E2: Ríos; el rango normal de pH de los ríos de la selva, debe fluctuar entre 6,5 a 9,0; que la temperatura no debe tener una variación mayor de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual

**Tabla 3.** Registro promedio de la estructura de las comunidades de insectos acuáticos y de los parámetros físico-químicos del agua por quebrada y zona de muestreo.

Zona de Muestreo	Quebradas	Estructura de las comunidades				Parámetros Físicos y químicos			
		Riqueza	Abundancia	Diversidad (Shannon H)	Dominancia (D)	pH	Temperatura (°C)	Oxígeno (O <sub>2</sub> )	Conductividad (µs/cm)
ZM 1	San Pedro	27	232	2.13	0.23	5.41	25.50	4.77	13.24
	Santa Cruz	20	262	1.56	0.42	6.24	26.11	4.56	33.54
	Tambishi	21	227	1.69	0.38	5.36	25.98	4.31	23.97
	Agua Negra	22	408	1.63	0.36	5.61	26.58	4.87	14.08
	Llanchama	28	424	2.00	0.27	5.11	25.95	4.75	17.68
<b>Promedio</b>		<b>23.6</b>	<b>310.6</b>	<b>1.80</b>	<b>0.33</b>	<b>5.55</b>	<b>26.02</b>	<b>4.65</b>	<b>20.50</b>
ZM 2	Habanillo	32	610	2.17	0.20	6.73	25.48	3.80	27.39
	Lindero	32	606	2.36	0.16	6.07	26.04	4.19	16.51
	Pintuyacu	35	561	2.26	0.18	6.02	26.65	4.34	16.30
	Tocón	32	531	2.31	0.17	6.41	26.69	5.50	23.64
	Paujil	33	910	2.22	0.21	6.71	26.80	5.28	98.94
	<b>Promedio</b>		<b>32.8</b>	<b>643.6</b>	<b>2.26</b>	<b>0.18</b>	<b>6.39</b>	<b>26.33</b>	<b>4.62</b>

**Tabla 4.** Registro promedio de la estructura de las comunidades de insectos acuáticos y de los parámetros físico-químicos del agua por periodo de colecta.

Periodo de colecta	Estructura de las comunidades				Parámetros Físicos y químicos			
	Riqueza	Abundancia	Diversidad (Shannon H)	Dominancia (D)	pH	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (O <sub>2</sub> )	Conductividad (µs/cm)
Vacante	45	1927	2.25	0.21	5.75	25.94	4.13	21.22
Seca	50	2007	2.53	0.15	6.64	27.25	6.35	43.56
Creciente	39	837	2.09	0.28	5.58	25.40	3.64	25.96

del área evaluada; que el oxígeno disuelto debe estar por encima de los 5 mg/L y que la conductividad eléctrica no supere los 1000 µs/cm. En el presente trabajo se observó que los valores de pH fluctuaron entre 5,11 a 6,73 y del oxígeno disuelto entre 3,8 a 5,5 mg/l por lo que es fácil concluir que a veces estuvieron por debajo del rango establecido en los ECA para agua normados por la legislación peruana. Por otro lado, la

temperatura promedio osciló entre 25,5 a 26,8 °C; mientras que la conductividad presentó un amplio rango de 13,24 a 98,94 (µs/cm) (Tabla 3). Estos resultados son similares a los registrados en otros estudios realizados en ríos de aguas negras de la Amazonía peruana; que reportan niveles de pH que varían entre ácido a ligeramente ácido (3,5 a 6,9), con moderados valores de conductividad eléctrica (no superan los 100

$\mu\text{S/cm}$ ), lo cual indican que son ríos pobres con relación al contenido de electrolitos y nutrientes, donde predominan los ácidos fúlvicos y húmicos producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica (Sotero-Solís & Alva-Astudillo, 2013; Sotil *et al.*, 2016).

Los registros de temperatura y oxígeno disuelto no mostraron diferencias significativas ( $P=0,13$  y  $P=0,94$ ; respectivamente) entre las dos zonas de muestreo; algo que sí ocurrió con el pH ( $P=0,001$ ) y la conductividad eléctrica ( $P=0,04$ ), cuyos niveles fueron más bajos en las quebradas de la ZM 1 en comparación con las de la ZM 2 (Tabla 3).

#### DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

La distribución temporal de los organismos acuáticos depende del efecto que ocasionan las lluvias o las sequías durante el ciclo hidrológico de los ríos, el cual altera la disponibilidad de hábitats, comprometiendo su sobrevivencia y alterando la estructura de sus comunidades (Posada *et al.*, 2000).

En el presente trabajo, la prueba de Kruskal-Wallis encontró diferencias significativas ( $p=0,035$ ), entre los tres periodos de colecta evaluados (vaciante, seca y creciente), donde la época seca se caracterizó por presentar una mayor riqueza (50 familias), abundancia (2007 individuos) y diversidad ( $H = 2,53$ ) de insectos acuáticos; al ser comparada con los otros periodos de colecta (Tabla 4). De acuerdo con Henriques-Oliveira & Nessimian (2010a); la época de seca es el período más seguro para el muestreo de macroinvertebrados acuáticos, debido a que garantiza mayor estabilidad ambiental y biótica en los ambientes acuáticos.

Por otro lado, la época de creciente o inicio de periodo de lluvias registró los menores valores de riqueza (39 familias), abundancia (837 individuos) y diversidad ( $H = 2,09$ ) de insectos acuáticos en la colecta. Estos resultados, son

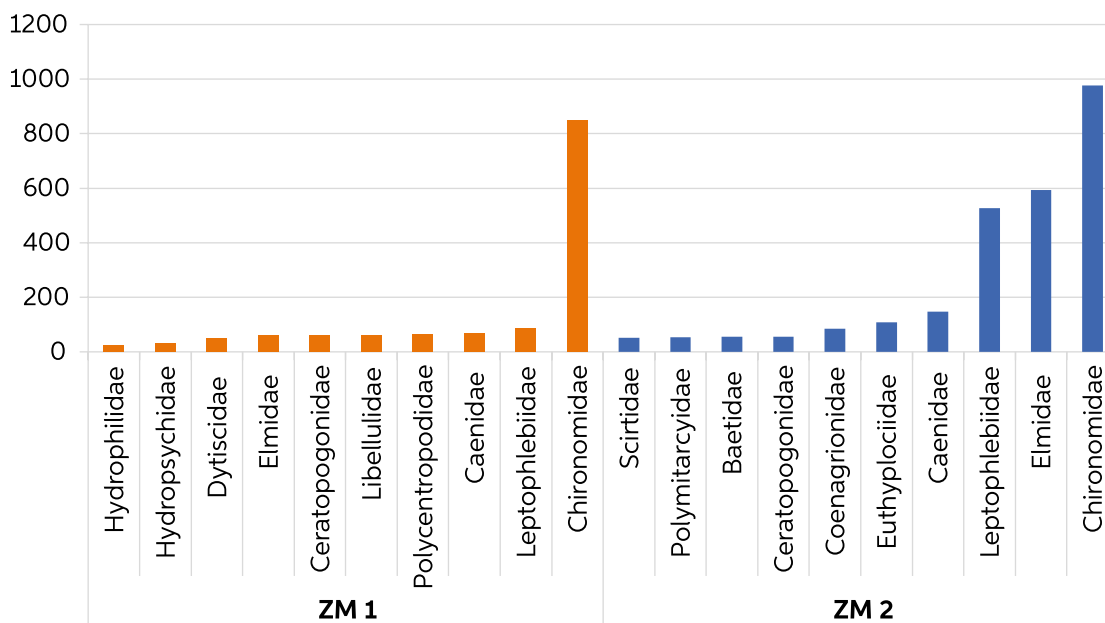
similares a los reportados por Giacometty & Bersosa, (2006) y Guevara-Mora, (2011), quienes señalan que las altas precipitaciones no favorecen el registro de estos organismos, ya que el aumento en los volúmenes de agua genera remoción del material bentónico y de las zonas de refugio en los ambientes acuáticos, lo cual podría ser uno de los factores que disminuye la abundancia de los insectos acuáticos luego del inicio del periodo de lluvia.

Los valores de parámetros físicos y químicos evaluados en este estudio también se ven reflejados en la variación temporal de los ríos amazónicos. Para las dos zonas de muestreo evaluadas, el periodo de seca registró los más altos valores promedio de pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica en comparación a lo reportado en los periodos de vaciante y creciente. Resultados similares fueron reportados en Brasil por Bernardi *et al.* (2009), en el Alto río Madeira. Souza-Filho *et al.* (2019), en la microcuenca del Mindú (Manaus, Amazonas) y Abraham *et al.* (2021); en una charca temporal urbana. En ríos de la llanura amazónica, no se reportan otros estudios de la influencia de la temporalidad de los ríos amazónicos sobre los parámetros físicos y químicos de sus aguas.

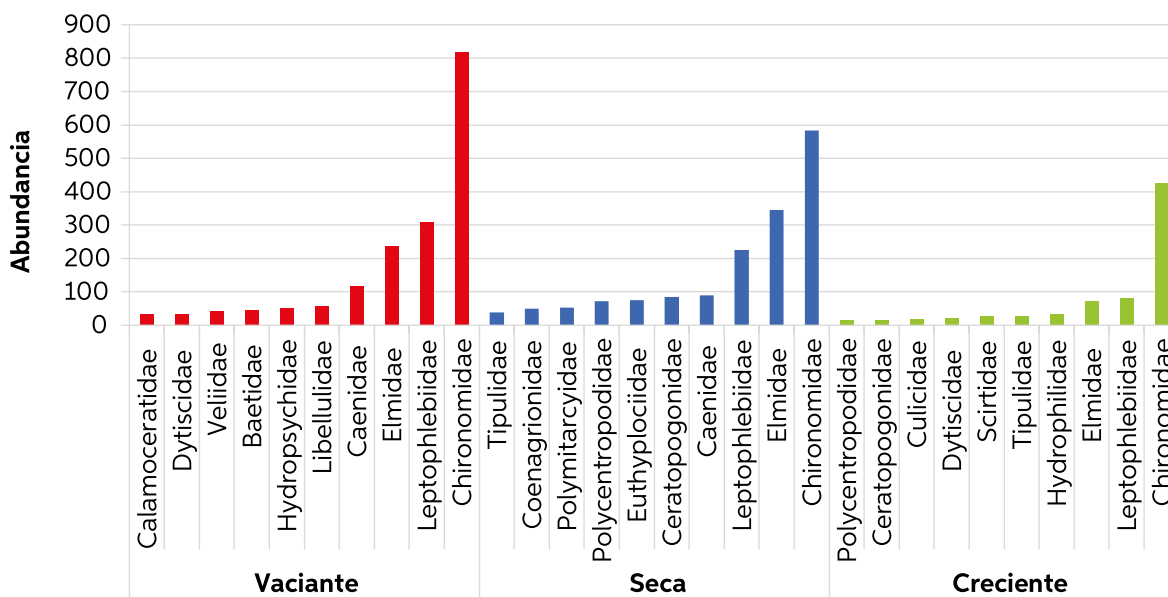
#### DOMINANCIA

En cuanto a la Dominancia (D) de familias; espacialmente, las quebradas de la ZM 1 presentaron en promedio una mayor dominancia ( $D= 0,33$ ) con relación a las de la ZM 2 ( $D=0,18$ ); siendo Santa Cruz, la quebrada con mayor dominancia de familias de insectos acuáticos ( $D=0,42$ ). Por otro lado, de acuerdo a la temporalidad, la mayor dominancia fue observada en las colectas realizadas en las épocas de vaciante y creciente, con valores de 0,21 y 0,28 respectivamente (Tabla 3).

Chironomidae representa la única familia dominante en las colectas reportadas para las quebradas de la ZM 1, representando el 54,73%



**Figura 2.** Familias de insectos acuáticos más abundantes en 10 quebradas de llanura amazónica (Loreto, Perú), por zonas de muestreo.



**Figura 3.** Familias de insectos acuáticos más abundantes por periodo de colecta en 10 quebradas de llanura amazónica (Loreto, Perú).

(850 ind.) del total de individuos colectados en esa zona; mientras que para la ZM 2, representó el 30,33% (976 ind.) de los individuos colectados, seguidos de los Elmidae con el 18,46% (594 ind.) y Leptoblebiidae con el 16,38% (527 ind.) (Figura 2).

Temporalmente, Chironomidae también fue el grupo dominante, representando el 50,77% (425 ind.) de los insectos colectados en las estaciones de creciente, seguido por las colectas realizadas en vaciante con el 40,7% (817 ind.) y seca con el 30,31% (584 ind.) (Figura 3). Las familias Leptophlebiidae y Elmidae, también presentaron cierta representatividad en los tres periodos de colecta evaluados.

Los Chironomidae se caracterizan por ser organismos con una alta tolerancia a las condiciones adversas de calidad del agua, siendo principalmente encontrados en aguas con altos contenidos de materia orgánica y periodos de anoxia, debido a que la mayoría de taxones de esta familia presentan un tipo de hemoglobina, que además de darle la coloración roja, les permite vivir en aguas pobres de oxígeno y donde abunda la materia orgánica (Vimos-Lojano *et al.*, 2017). En ese sentido, su dominancia espacial y temporal reportada en el presente estudio, podría ser un indicador de la influencia antropogénica que presentan las quebradas evaluadas, que estaría conduciéndolas a un estado de polución acuática.

Otros estudios también evidencian la dominancia de Chironomidae con relación a diferentes actividades antropogénicas en sus evaluaciones, dentro de los cuales podemos citar a Zúñiga (2013), quien reporta dominancia de Chironomidae en pequeñas quebradas de la región andina colombiana; indicando que esta tendencia es común en quebradas con fuerte influencia agrícola, ganadera y con índices de calidad que muestran deterioro ambiental. Giraldo *et al.* (2014), quienes evaluando el impacto del uso del suelo

agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja (Valle del Cauca, Colombia), encontraron mayor abundancia de Chironomidae en quebradas con influencia ganadera; Oviedo-Machado & Reinoso-Flórez (2018), que estudiando aspectos ecológicos de larvas de Chironomidae (Diptera) del río Opia (Tolima, Colombia), evidenciaron mayor presencia de esta familia en sus estaciones de muestreo con actividad agropecuaria intensa y presencia de aguas residuales domésticas; Pinto (2018), quien resaltó mayor abundancia de Chironomidae en un bosque ribereño secundario con calidad de agua regular en Madre de Dios; y Arana-Maestre *et al.* (2021), quienes evaluando la distribución altitudinal de macroinvertebrados acuáticos en un sistema fluvial amazónico-río alto Madre de Dios (Perú), señalan la presencia de Chironomidae en todo el gradiente altitudinal, con mayores abundancias en zonas donde la velocidad de la corriente es baja, con periodos de anoxia, abundante materia orgánica y sedimento fino.

## CONCLUSIONES

El presente estudio reveló la existencia de marcadas diferencias en la distribución espacio-temporal de los insectos acuáticos que habitan las quebradas de aguas negras de la llanura amazónica de dos zonas (ZM 1 y ZM 2) con diferentes vías de acceso, influencia antropogénica, dimensión (ancho y profundidad); y características físico-químicas (pH y conductividad eléctrica) durante tres periodos de colecta (vaciante, seca y creciente). Estos resultados son un gran aporte referencial al conocimiento de los insectos acuáticos para la optimización de métodos de evaluación de la calidad ambiental de quebradas de llanura amazónica peruana.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONCYTEC que, a través del Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica - FONDECYT; financiaron el proyecto titulado "Uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad ambiental: Aplicación práctica en acciones de sensibilización ciudadana con fines de conservación de quebradas en Loreto (Perú), ejecutado bajo el Contrato N° 110-2018-FONDECYT-BM-IADT-SE. Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) por el apoyo en la gestión administrativa y tareas logísticas para las actividades de campo y laboratorio. A los señores Reyner Guimaraes Flores y Samuel Tuesta Pérez, por su valiosa colaboración en el proceso de toma de muestras y registro de datos durante el trabajo de campo. También se agradece a los revisores anónimos del manuscrito, cuyos aportes permitieron mejorar notablemente el documento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abraham, M.S.; Natale, E.S.; Príncipe, R. 2021. Diversidad y distribución espacio-temporal de macroinvertebrados acuáticos en una charca temporaria urbana (Córdoba, Argentina). *Biología Acuática*, 36 (2021). DOI: <https://doi.org/10.24215/16684869e020>

Alván J.; Alvan-Aguilar, M.A.; Rodríguez, L.A. 2012. Evaluación preliminar de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de la Laguna de Quistococha, Iquitos, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 2(2): 86-92. DOI: <https://doi.org/10.22386/ca.v2i2.30>

Arana-Maestre, J.; Álvarez-Tolentino, D.; Miranda, R. 2021. Distribución altitudinal de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables ambientales en un sistema fluvial

amazónico (Perú). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(177): 1097-1112. DOI: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1436>

Bacca, R. C.; Pires, M.M.; Moreira, L.F.B.; Stenert, C.; Maltchik, L. 2021. The role of environmental and spatial factors in the assembly of aquatic insect communities in southern Brazilian temporary ponds. *Austral Ecology*, 46 (2): 228-238. DOI: <https://doi.org/10.1111/aec.12972>

Barichivich, J.; Gloor, E.; Peylin, P.; Brienen, R.J.W.; Schöngart, J.; Espinoza, J.C.; Pattnayak, K.C. 2018. Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. *Science Advances*, 4(9): eaat8785. DOI: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aat8785>

Bernardi, J.V.E.; Lacerda, L.D.; Dórea, J.C., Landim, P.M.B; Gomes, J.P.O.; Almeida, R.; Manzatto, A.G.; Bastos, W.R. 2009. Aplicação da análise dos componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no Alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. *Geochimica Brasiliensis*, 23(1): 79-90.

Bocanegra-Chung, I.; Perea-Saavedra, Z.; Alvan-Aguilar, M.A. 2011. Evaluación de comunidades de macroinvertebrados asociados a tres especies de macrófitas acuáticas en la Laguna de Moronacocha, Iquitos. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 1(2): 96-103. DOI: <https://doi.org/10.22386/ca.v1i2.10>

Brooks, A.; Haeusler, T.; Reinfelds I.; Williams, S. 2005. Hydraulic microhabitats and the distribution of macroinvertebrate assemblages in riffles. *Freshwater Biology*, 50(2): 331-344. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01322.x>

Burgazzi, G.; Guareschi, S.; Laini, A. 2018. The role of small-scale spatial location on macroinvertebrate community in an intermittent stream. *Limnetica*, 37(2): 319-340. DOI: <https://doi.org/10.23818/limn.37.26>

- Butakka, C.M.M.; Grzybkowska, M.; Pinha, G.D.; Takeda, A.M. 2014. Habitats and trophic relationships of Chironomidae insect larvae from the Sepotuba River basin, Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 74 (2): 395-407. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.26612>
- Cañizales, I. 2019. Contenido estomacal en anuros de la cordillera de la costa de Venezuela. *Acta Biologica Venezuelica*, 39(1): 125-136.
- Cerdeña, C.; Reyes-Lázaro, W.; Vásquez-Matute, A. 2014. Contaminación de las aguas del río Itaya por las actividades portuarias en el Puerto Masusa, Iquitos, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 4(1): 100-105. DOI: <https://doi.org/10.22386/ca.v4i1.73>
- Castello, L.; McGrath, D.G.; Hess, L.L.; Coe, M.T.; Lefebvre, P.A.; Petry, P.; Macedo, M.N.; Renó, V.F.; Arantes, C.C. 2012. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conservation Letters*, 6(4): 217-229. DOI: <https://doi.org/10.1111/conl.12008>
- Chávez-Veintemilla, C.; Pezo, R.; Vásquez, E. 2020. Diversidad planctónica de los cuerpos de agua en la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto - Perú. *Folia Amazónica*, 29(2): 353-370. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v29i2.536>
- Couceiro, S.R.M.; Hamada, N.; Luz, S.L.B.; Forsberg, B.R.; Pimentel, T.P. 2007. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. *Hydrobiologia*, 575: 271-284. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0373-z>
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.
- Del Águila-Chávez, J.; Cobos-Ruíz, M.; Soplín-Bosmediano, H.; Ruíz, J. 2013. Composición de especies y diversidad de peces en tres cuerpos de agua en la cuenca alta del río Itaya. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 3(1): 43-52. DOI: <https://doi.org/10.22386/ca.v3i1.51>
- Domingos, A. R.; Arcifa, M. S. 2017. Spatial and temporal distribution of gerrid (Heteroptera) and predation on microcrustaceans from a tropical shallow lake. *Brazilian Journal of Biology*, 77 (2): 289-298. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.12715>
- Dourojeanni, M. 2019. Conservación de Insectos en la Amazonia. *Ecología Aplicada*, 18(2): 189-202. DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v18i2.1337>
- Flores, H.; León, F.; García, V.; Gilabert, G. 2019. Evaluación física, química y microbiológica de las aguas del río Nanay a orillas de la comunidad de Nina Rumi. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(1): 113-122.
- Fontanarrosa, M.S.; Chaparro, G.N.; O'Farrell, I. 2013. Temporal and spatial patterns of macroinvertebrates associated with small and medium-sized free-floating plants. *Wetlands*, 33: 47-63. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13157-012-0351-3>
- García, B. 2016. *Evaluación de la calidad de agua del río Shilcayo, mediante la diversidad de insectos acuáticos, Tarapoto, Perú*. Tesis de pre-grado, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Facultad de Ingeniería en Ambiente y Desarrollo. Honduras. 34pp.
- García, M.; Vera, A.; Benetti, C.J.; Blanco, L. 2016. Identificación y clasificación de los microhábitats de agua dulce. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(1): 12-31. DOI: <https://doi.org/10.21829/azm.2016.3201923>
- Giacometty, J.; Besosa, F. 2006. Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico 6, Serie Zoológica 2*: 17-32.
- Giraldo, L.P.; Chará, J.C.; Zúñiga, M.C.; Chará-Serna, A.M.; Pedraza, G.X. 2014. Impacto del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de

- la cuenca del río La Vieja (Valle del Cauca, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 62(2): 203-219. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15788>
- Guevara-Mora, M. 2011. Insectos acuáticos y calidad del agua en la cuenca y embalse del río Peñas Blancas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 59(2): 635-654. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v0i0.3129>
- Gutiérrez-Garaviz, J.; Peláez-Rodríguez, M.; Ovalle-Serrano, H. 2016. Macroinvertebrados acuáticos presentes en dietas de peces de la cuenca del río Hacha (Caquetá, Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(156): 420-432. DOI: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.344>
- Hamada, N.; Nessimian, J.L.; Barbosa, R. 2014. *Insetos aquáticos na Amazonia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia. Manaus, 724pp.
- Hanson, P.; Springer, M.; Ramirez, A. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58(4): 3-37. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4.20080>
- Heino, J.; Mykura, H. 2008. Control of stream insect assemblages: roles of spatial configuration and local environmental factors. *Ecological Entomology*, 33(5): 614-622. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2008.01012.x>
- Henriques-Oliveira, A.L.; Nessimian, J.L. 2010a. Aquatic macroinvertebrate diversity and composition in streams along an altitudinal gradient in Southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 10(3): 115-128. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000300012>
- Henriques-Oliveira, A.L.; Nessimian, J.L. 2010b. Spatial distribution and functional feeding groups of aquatic insect communities in Serra da Bocaina streams, southeastern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(4): 424-441. DOI: <https://doi.org/10.4322/actalb.2011.007>
- Ismiño, R.; Montalván, G.; García, A.; Maco, J.; Tello, S.; Palacios, J.J.; Rodríguez, L. 2018. Comunidad fitoplanctónica de la cuenca del río Itaya en Loreto, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(3): 828-839. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i3.14766>
- Landeiro, V.L.; Hamada, N.; Godoy, B.S.; Melo, A.S. 2010. Effects of litter patch area on macroinvertebrate assemblage structure and leaf breakdown in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 649: 355-363. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0278-8>
- Marshall, J.C.; Sheldon, F.; Thoms, M.; Choy, S. 2006. The macroinvertebrate fauna of an Australian dryland river: spatial and temporal patterns and environmental relationships. *Marine and Freshwater Research*, 57(1): 61-74. DOI: <https://doi.org/10.1071/MF05021>
- Mendes, T.P.; Luiza-Andrade, A.; Cabette, H. S.R.; Juen, J. 2018. How Does Environmental Variation Affect the Distribution of Dragonfly Larvae (Odonata) in the Amazon-Cerrado Transition Zone in Central Brazil? *Neotropical Entomology*, 47(1): 37- 45. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0506-2>
- Merritt, R.W.; Cummins, K.W. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa. 862pp.
- Onana, F.; Tamsa, A.; Tchakonte, S.; Koji, E.; Tchatcho, N.; Nfongmo, Y.; Togouet, S. 2021. Effects of industrial agriculture and urbanization on structure and functional organization of macroinvertebrate of coastal streams in Cameroon. *Journal of Water Resource and Protection*, 13: 154-171. DOI: <https://doi.org/10.4236/jwarp.2021.132009>
- Oviedo-Machado, N.; Reinoso-Flórez, G. 2018. Aspectos ecológicos de larvas de Chironomidae (Diptera) del río Opia (Tolima, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1):



- 101-109. DOI: <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6546>
- Pinto, K.C. 2018. *Influencia del bosque ribereño en la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en nueve quebradas como bioindicadores-Madre de Dios*. Tesis de pre-grado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias Agrarias, Perú. 167pp.
- Posada, A.; Roldán, G.; Ramírez, J. 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 48(1): 59-70.
- Rodríguez-Barríos, J.; Ospina-Tórres, R.; Turizo-Correa, R. 2011. Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(4): 1537-1552. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v59i4.3418>
- Roldán-Pérez, G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. FEN Colombia, Bogotá. 217pp.
- Roldán-Pérez G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155): 254-274. DOI: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Serna, D. J.; Tamaris-Turizo, C.E.; Gutiérrez-Moreno, L. C. 2015. Spatial and temporal distribution of Trichoptera (Insecta) larvae in the Manzanares river Sierra Nevada of Santa Marta (Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 63 (2): 465-477. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i2.15604>
- Sánchez-Bayo, F.; Wyckhuys, K.A.G. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232: 8-27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Samanez, I.; Rimarachín, V.; Palma, C.; Arana-Maestre, J.; Ortega, H.; Correa, V.; Hidalgo, M. 2014. *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural, Ministerio del Ambiente, Lima. 75 pp.
- Sotero-Solís, V.; Alva-Astudillo, M. 2013. Contenido de metales pesados en agua y sedimento en el bajo Nanay. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 3(1): 24-32. DOI: <https://doi.org/10.22386/ca.v3i1.49>
- Sotil, L.E.; Flores, H.I. 2016. *Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán - Loreto*. Tesis de pre-grado. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Facultad de Ingeniería Química, Perú. 77pp.
- Souza, A. M.; Fogaça, F.N.O.; Cunico, A.M.; Higuti, J. 2015. Does the habitat structure control the distribution and diversity of the Odonatofauna? *Brazilian Journal of Biology* 75 (3): 598-606. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.18213>
- Souza-Filho, E.A.; Hortêncio-Batista, I.; Carvalho de Albuquerque, C.A. 2019. Levantamiento de aspectos físico-químicos de las aguas de microcuenca del Mindú en Manaus-Amazonas. *Revista Geográfica de América Central*, 63(2): 341-367. DOI: <https://doi.org/10.15359/rgac.63-2.13>
- Subramanian, K.A.; Sivaramakrishnan, K.G. 2005. Habitat and microhabitat distribution of stream insect communities of the Western Ghats. *Current Science*, 89(6): 976-987.
- Villada-Bedoya, S.; Triana-Moreno, L.A.; Días, L.G. 2017. Grupos funcionales alimentarios de

insectos acuáticos en quebradas andinas afectadas por agricultura y minería. *Caldasia* 39(2): 370-387. DOI: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n2.62800>

Vimos-Lojano, D. 2017. *Influencia de las condiciones hidráulicas e hidrológicas en la variación espacial y temporal de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos de cabecera al sur de Ecuador*. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Valencia, España. 268pp.

Walteros, J.M.; Castaño, J.M. 2020. Composición y aspectos funcionales de los macroinvertebrados acuáticos presentes en una microcuenca de cabecera en los Andes de Risaralda, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 44(171): 581-592. DOI: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1085>

Zúñiga, M.C. 2013. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la región andina colombiana, con énfasis en la entomofauna. *Dugesiana*, 20(2): 263-277.

**Recibido:** 5 de noviembre de 2021 **Aceptado para publicación:** 16 de diciembre de 2021