

## COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DE QUEBRADAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CARRETERA IQUITOS-NAUTA, LORETO-PERÚ

### COMMUNITIES OF BENTHIC MACROINVERTEBRATES OF STREAMS IN THE AREA OF INFLUENCE OF THE IQUITOS-NAUTA HIGHWAY, LORETO-PERÚ

Miriam Adriana Alvan-Aguilar<sup>1,2</sup>, Marjorie Ochoa<sup>3,4</sup>, Samuel Tuesta<sup>3,5</sup>, Rosa Ismiño-Orbe<sup>1,6</sup> y Fred William Chu-Koo<sup>7</sup>

#### Resumen

La construcción de carreteras puede generar amenazas a la biodiversidad de una importante red hidrológica conformada por riachuelos conocidos comúnmente como quebradas en la amazonia peruana. El objetivo del estudio fue determinar la composición, riqueza, abundancia, diversidad, dominancia y similaridad de hábitats de comunidades de macroinvertebrados bentónicos de cinco quebradas ubicadas en el área de influencia del eje carretero Iquitos-Nauta (Loreto, Perú). Las colectas se realizaron en cuatro épocas (vacante, seca, creciente y llena), usando una red tipo D-net. La comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo compuesta por 68 taxones y 4 556 individuos, distribuidos en 4 filos (Arthropoda, Annelida, Mollusca y Nematoda). El análisis de similitud indica que hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las épocas de vacante-seca con las de creciente-llena; siendo la época seca la de mayor valor de riqueza, abundancia y diversidad; y creciente la de mayor dominancia. Chironomidae, Leptophlebiidae, Elmidae y Palaemonidae; fueron los taxones más dominantes. El presente trabajo es un aporte al conocimiento de las comunidades de macroinvertebrados que habitan los pequeños ecosistemas lóticos de la selva baja peruana.

**Palabras clave:** macroinvertebrados, bentónicos, quebradas, carretera, Iquitos, Nauta.

#### Abstract

The construction of roads can generate threats to the biodiversity of an important hydrological network made up of streams known as quebradas in the Peruvian Amazon. The objective of the study was to determine the composition, richness, abundance, diversity, dominance, and similarity of habitats of benthic macroinvertebrate communities of five streams located around the Iquitos-Nauta highway axis (Loreto, Peru). The collections were made in four periods (empty, dry, growing, and full), using a D-net type network. The benthic macroinvertebrate community was composed of 68 taxa and 4556 individuals, distributed in 4 phyla (Arthropoda, Annelida, Mollusca and Nematoda). The similarity analysis indicates that there were significant differences ( $p < 0.05$ ) between the empty-dry seasons and the growing-full seasons; The dry season being the one with the greatest value of wealth, abundance, and diversity; and increasing the one with greater dominance. Chironomidae, Leptophlebiidae, Elmidae and Palaemonidae; were the most dominant taxa. The present work is a contribution to the knowledge of the macroinvertebrate communities that inhabit the small lotic ecosystems of the Peruvian lowland forest.

**Key words:** macroinvertebrates, benthic, streams, highway, Iquitos, Nauta.

#### Introducción

Las carreteras son infraestructuras que facilitan la interconexión entre pueblos y mejoran la calidad de vida humana. Sin embargo, sus construcciones requieren la evaluación de sus posibles impactos ambientales, debido a que tienen un efecto fragmentador del hábitat, pudiendo generar amenazas a la diversidad biológica de los ecosistemas circundantes (Ferrante *et al.*, 2021; Maffei & Cossios, 2021). Por otro lado, contribuyen a la colonización de nuevos espacios de bosques con fines agrícolas y de expansión urbana, con escaso criterio de normas adecuadas de uso del territorio; que consecuentemente ocasionan una reducción significativa de la cobertura boscosa y

aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>; extracción irracional de los recursos; así como contaminación, principalmente por residuos sólidos orgánicos (Kibblewhite, 2018; Honorio *et al.*, 2020).

La carretera Iquitos-Nauta es una vía asfaltada de 94 km de longitud, cuya construcción se extendió por casi 30 años (Mäki *et al.*, 2001). Conecta a las capitales de las provincias de Maynas (Iquitos) y Loreto (Nauta), en la región Loreto-Perú. Su área de influencia se caracteriza por presentar una vasta red hidrológica conformada por decenas de quebradas (riachuelos) que desembocan en ríos como el Nanay, Itaya y Marañón, todos ellos tributarios del río Amazonas (IIAP, 2002). Con el asfaltado de esta carretera se desarrolló un

rápido proceso de ocupación poblacional en su área de influencia, sin considerar un plan de ordenamiento territorial (IIAP, 2002). Pocos estudios reportan los impactos de este proceso de ocupación, dentro de los que podemos mencionar la extracción ilegal de madera redonda y sustrato mineral (arena) de los ecosistemas de varillal de arena blanca (Honorio *et al.*, 2020); el riesgo de extinción local de tres especies de primates: *Lagothrix poeppigii*, *Callicebus torquatus* y *Alouatta seniculus*, relacionado con la alta presión de caza y deforestación (Aquino *et al.*, 2014); cambios de uso de la tierra y una tasa de deforestación de 1 756.89 ha/año para el periodo de 1989-2017 (Castro-Medina, 2020).

En la selva baja peruana se denominan como quebradas a los riachuelos de aguas ácidas, de color marrón claro a oscuro, que drenan suelos arenosos y pantanosos de la llanura amazónica y cuyo color característico se debe a la presencia de sustancias fúlvicas y húmicas disueltas en sus aguas como resultado de la desintegración de la materia orgánica (Maco, 2006). Estas características les proporcionan un valor ecológico particular; además, son fuente de diferentes actividades socioeconómicas como la pesca, el turismo, la recreación y el transporte, para la población de comunidades cercanas.

Considerando la vasta red hidrológica que recorre el área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta (Honorio *et al.*, 2020), sumado a los impactos que ocasionan la ocupación poblacional, se torna necesario que estos cuerpos de agua sean evaluados desde un enfoque ambiental, utilizando herramientas que permitan conocer su estado de calidad ambiental y establecer una línea base de monitoreo. En ese sentido, los macroinvertebrados bentónicos tienen un gran potencial, al ser excelentes bioindicadores del estado de calidad ambiental de los ambientes acuáticos (Roldán-Pérez, 2016).

En el Perú, el conocimiento de estos organismos ha permitido evaluar la calidad ambiental en diferentes cuencas hidrográficas, principalmente de la zona costera y andino-amazónica (Trama *et al.*, 2020; Purihuamán-Leonardo & Sánchez-Bustamante, 2022; Niño-de-Guzmán & Vásquez-Ramos, 2022; Vilca-Carhuapoma, 2022); desarrollar algunos protocolos e índices de evaluación de la calidad ambiental, como el protocolo de evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (Acosta *et al.*, 2009) y el Índice Biótico Andino (Ríos-Touma *et al.*, 2014); así como validar una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana en zonas mineras (Flores & Huamantínco, 2017).

Salvo algunos estudios realizados en peces (Correa & Ortega, 2010; Yalán *et al.*, 2018) y organismos planctónicos (Ismiño *et al.*, 2018; Chávez-Veintemilla *et al.*, 2020), la biodiversidad existente en las quebradas de la selva baja peruana ha sido poco estudiada y, particularmente, estudios sobre macroinvertebrados bentónicos son escasos, destacándose apenas el registro de una nueva especie de crustáceo,

*Macrobrachium nattereri* (García-Dávila *et al.*, 1996), la caracterización del hábitat de dicha especie (Vásquez-Rimachi *et al.*, 2000) y la distribución espacio-temporal de insectos acuáticos (Alvan-Aguilar *et al.*, 2021).

Considerando lo poco que se conoce sobre los macroinvertebrados bentónicos de quebradas de la selva baja peruana, el presente trabajo busca sentar un precedente sobre el conocimiento de la estructura de las comunidades de estos organismos en ambientes acuáticos con influencia antropogénica, vinculados a la construcción de una carretera. En ese sentido, el objetivo del presente estudio fue evaluar la composición, riqueza, abundancia, diversidad y dominancia de macroinvertebrados bentónicos en cinco quebradas ubicadas dentro del área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta (AICIN), Loreto, Perú, durante cuatro épocas de colecta (vacante, seca, creciente y llena). Esta información será de gran utilidad para futuros planes de monitoreo de la calidad de quebradas en la selva baja peruana.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estudio fue realizado en las quebradas Paujil, Tocón, Pintuyacu, Lindero y Habanillo, ubicadas entre los kilómetros 26 y 52 de la carretera Iquitos – Nauta, en Loreto, Perú. La quebrada Paujil forma parte de la cuenca hidrográfica del río Nanay, mientras que las restantes pertenecen a la cuenca del río Itaya (Tabla 1; Figura 1 al final).

**Tabla 1.** Coordenadas geográficas de las quebradas evaluadas en el área de influencia del eje carretero Iquitos-Nauta, Loreto, Perú.

Quebrada	Coordenadas UTM	
	X	Y
Paujil	676058.00	9562471.65
Tocón	672190.94	9549237.00
Pintuyacu	671407.56	9547551.00
Lindero	669210.69	9541697.00
Habanillo	668931.14	9537116.03

### Colecta

Las colectas se realizaron en junio (vacante), setiembre (seca) y diciembre (creciente) del 2019 y en marzo (llena) del 2020. En cada quebrada, se seleccionaron tres puntos de muestreo de 10 m de extensión cada uno, separados por una distancia de 30 m entre ellos. Como herramienta de colecta se utilizó una red de bentos tipo D-net de 1.75 m de largo de mango, 20 x 30 cm de malla y 180 µm de abertura de malla. Las muestras fueron tomadas realizando un barrido a lo largo de las orillas, sobre la vegetación y el fondo de cada punto de muestreo, siempre en sentido contrario a la dirección de la corriente de agua. El material colectado fue acondicionado en frascos de plástico conteniendo alcohol al 96% y luego

transportados al laboratorio para su correspondiente determinación.

Determinación de la estructura de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos

COMPOSICIÓN

En el laboratorio, los organismos fueron separados y determinados hasta el nivel taxonómico posible, utilizando las claves taxonómicas de Merritt & Cummins (1996), Roldán-Pérez (1996) y Hamada *et al.* (2014).

La composición fue representada por los especímenes determinados hasta el nivel más inferior posible y analizada considerando su presencia de forma exclusiva o compartida entre las quebradas.

RIQUEZA, ABUNDANCIA, DIVERSIDAD Y DOMINANCIA

La riqueza observada se determinó mediante el número de taxones identificados. La abundancia mediante el número de individuos colectados por quebrada; mientras que la diversidad y dominancia mediante los índices de Shannon-Wiener (H) y Simpson (D), respectivamente, utilizando el software estadístico PAST 3.17 (Hammer *et al.*, 2001).

SIMILITUD ENTRE UNIDADES DE MUESTREO

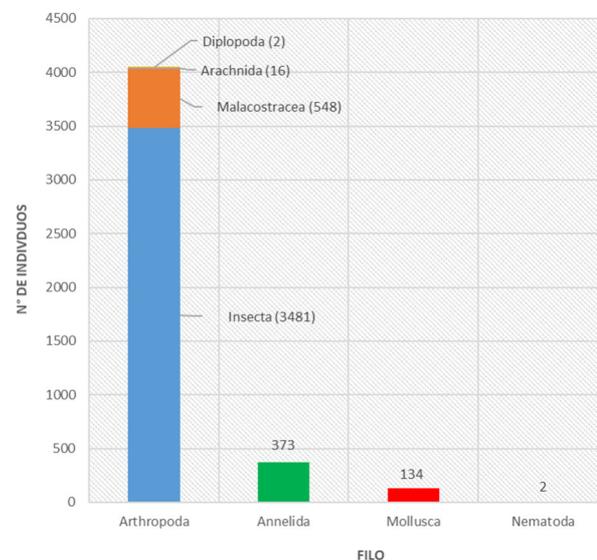
Con la finalidad de identificar los taxones con mayor variabilidad entre las unidades de muestreo (quebradas/periodos de colecta), se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) con matriz de covarianza. Para determinar si existen diferencias entre las unidades de muestreo, se utilizó el análisis de Similitud (ANOSIM) con el índice de Bray Curtis, sugiriendo diferencias significativas cuando  $P < 0.05$ . Estos análisis fueron realizados utilizando los softwares estadísticos PAST 3.17 (Hammer *et al.*, 2001) y Community Analysis Package-CAP 4.0 (Seaby & Henderson, 2007).

**Resultados y discusión**

Composición

Los muestreos realizados en las cinco quebradas (Paujil, Tocón, Pintuyacu, Lindero y Habanillo) y cuatro periodos de colecta (vaciente, seca, creciente y llena) lograron registrar un total de 4 556 individuos y 68 taxones de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 4 filos (Arthropoda, Annelida, Mollusca y Nematoda). El filo Arthropoda está conformado por 6 clases, 16 órdenes y 63 familias, de los cuales destaca la clase Insecta por la mayor abundancia de individuos dentro de las muestras analizadas (3 481 individuos, 76.40%), seguida por la clase Malacostraca (548 individuos, 12.03%), Arachnida (16 individuos, 0.35%) y Diplopoda (2 individuos, 0.04%); mientras que los filos Annelida (373 individuos), Mollusca (134 individuos) y Nematoda (2 individuos) representaron el 8.19%, 2.94% y 0.04%, respectivamente (Figura 2). La abundancia del filo Arthropoda, representada por los insectos acuáticos, corrobora la afirmación de que estos organismos representan del 70 al 90% de los

macroinvertebrados presentes en los ambientes dulceacuicolas (Rosenberg & Resh, 1993).



**Figura 2.** Abundancia total de macroinvertebrados bentónicos/filo: Arthropoda, Annelida, Mollusca y Nematoda; de cinco quebradas del área de influencia del eje carretero Iquitos-Nauta, Loreto, Perú.

Un total de 18 taxones (Elmidae, Scirtidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Tipulidae, Baetidae, Caenidae, Leptophlebiidae, Polymitarcyidae, Coenagrionidae, Gomphidae, Perlidae, Hydropsychidae, Polycentropodidae, Palaemonidae, Oligochaeta, Hirudinea y Bivalvia) estuvieron presentes en las cinco quebradas evaluadas. Esto refleja la amplia distribución de estos organismos en la zona de estudio, además de caracterizar taxonómicamente a estas quebradas, que comparten la particularidad de estar expuestas a un tipo de perturbación antrópica, como es la conectividad a una carretera. La presencia de estos organismos indica que poseen cierto nivel de tolerancia a ambientes perturbados. Esta información es muy útil para elaborar índices bióticos de calidad ambiental específicos para las quebradas de la selva baja amazónica que permita, al sector competente, monitorear y establecer planes de gestión con fines de conservación de estas.

Por otro lado, tres taxones (Empididae, Mesoveliidae y Hydroptilidae) fueron reportados como exclusivos para la quebrada Paujil; seis (Dryopidae, Phoridae, Psychodidae, Notonectidae, Poduridae y Diplopoda) para Pintuyacu; cuatro (Amphizoidae, Heteroceridae, Megapodagrionidae, Hydrobiosidae) para Lindero y tres (Helodidae, Limnichidae y Aeshnidae) para Habanillo. La quebrada Tocón fue el único cuerpo de agua que no presentó taxones exclusivos (Tabla 2).

**Tabla 2.** Composición taxonómica de macroinvertebrados bentónicos presentes en las quebradas Habanillo, Lindero, Pintuyacu, Tocón y Paujil área de influencia del eje carretero Iquitos-Nauta, Loreto, Perú.

TAXONES	QUEBRADAS				
	HAB	LIN	PIN	TOC	PAU
<b>ARTHROPODA</b>					
<b>INSECTA</b>					
<b>Coleoptera</b>					
Amphizoidae		X			
Chrysomelidae		X		X	X
Dryopidae			X		
Dytiscidae	X	X	X	X	
Elmidae	X	X	X	X	X
Gyrinidae	X	X			
Helodidae	X				
Heteroceridae		X			
Hydrophilidae	X	X	X	X	
Limnichidae	X				
Scirtidae	X	X	X	X	X
Staphylinidae			X		X
Lampyridae			X	X	X
Noteridae	X	X		X	
<b>Diptera</b>					
Ceratopogonidae	X	X	X	X	X
Chironomidae	X	X	X	X	X
Ephydriidae	X			X	
Culicidae	X			X	X
Dolichopodidae			X	X	
Empididae					X
Phoridae			X		
Muscidae	X		X	X	X
Psychodidae			X		
Sciomyzidae			X	X	X
Tipulidae	X	X	X	X	X
<b>Ephemeroptera</b>					
Baetidae	X	X	X	X	X
Euthyplociidae	X	X		X	X
Caenidae	X	X	X	X	X
Leptophlebiidae	X	X	X	X	X
Polymitarcyidae	X	X	X	X	X
Potamanthidae	X	X		X	X
Tricorythidae		X	X		X
<b>Hemiptera</b>					
Corixidae			X	X	
Gerridae	X		X		
Mesoveliidae					X
Veliidae	X		X		X
Notonectidae			X		
<b>Lepidoptera</b>					
Pyalidae	X		X		X
<b>Megaloptera</b>					
Corydalidae		X			X
Sialidae	X	X		X	
<b>Odonata</b>					
Aeshnidae	X				
Calopterygidae		X	X	X	X
Coenagrionidae	X	X	X	X	X
Gomphidae	X	X	X	X	X
Libellulidae	X		X	X	X
Megapodagrionidae		X			
<b>Blattodea</b>					
Blattellidae		X	X	X	X

TAXONES	QUEBRADAS				
	HAB	LIN	PIN	TOC	PAU
<b>Plecoptera</b>					
Perlidae	X	X	X	X	X
<b>Trichoptera</b>					
Calamoceratidae	X	X	X	X	
Hydroptilidae					X
Hydrobiosidae		X			
Helicopsychidae		X	X		
Hydropsychidae	X	X	X	X	X
Leptoceridae	X	X			X
Polycentropodidae	X	X	X	X	X
<b>Collembola</b>					
Poduridae			X		
Isotomidae			X		X
<b>CRUSTACEA</b>					
<b>Branchiopoda</b>					
Diplostroca			X		X
<b>Decapoda</b>					
Palaemonidae	X	X	X	X	X
Astacidae	X	X		X	X
<b>CHELICERATA</b>					
<b>Arachnida</b>					
Trombidiformes				X	
Araneae		X	X	X	X
<b>MYRIAPODA</b>					
Diplopoda			X		
<b>NEMATODA</b>					
*		X	X		
<b>ANNELIDA</b>					
<b>Clitellata</b>					
Oligochaeta	X	X	X	X	X
Hirudinea	X	X	X	X	X
<b>MOLLUSCA</b>					
Gastropoda	X		X	X	X
Bivalvia	X	X	X	X	X

PAU: Paujil, TOC: Tocón, PIN: Pintuyacu, LIN: Lindero, HAB: Habanillo. \*Taxones no identificados.

#### Riqueza y Abundancia

En todas las quebradas, la riqueza y abundancia media fueron mayores en época seca (24 a 34 taxones y 422.8 individuos/quebrada), seguida por vaciante (15 a 29 taxones y una abundancia media de 267.6 individuos/quebrada) y creciente (13 a 24 taxones y 153 individuos/quebrada); mientras que en llena, los valores fueron los más bajos, con 5 a 8 taxones y 67.8 individuos/quebrada (Figura 3).

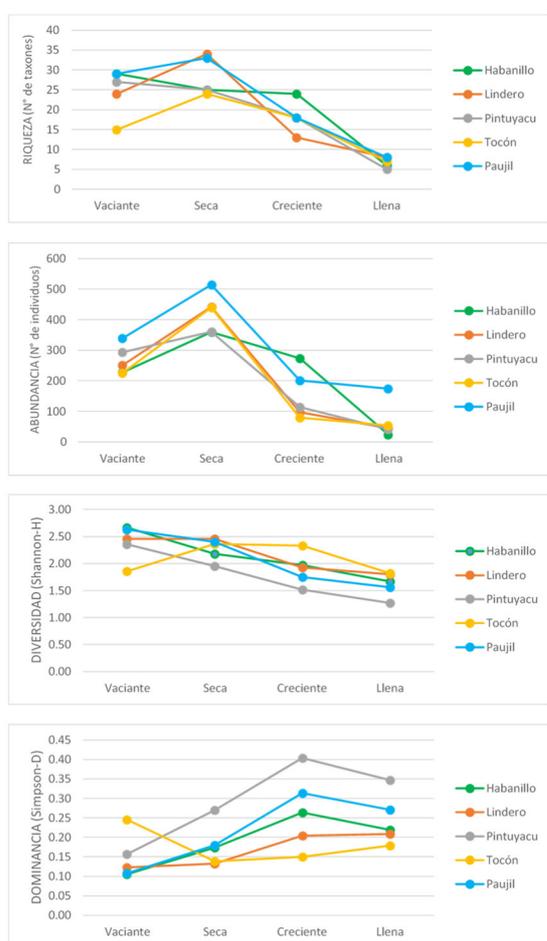
La quebrada Paujil se destacó por presentar la mayor riqueza y abundancia en las épocas de vaciante, seca y llena; mientras que Habanillo lo fue en la época de creciente (Figura 3).

La variación de la riqueza de taxones y abundancia de estos organismos puede estar influenciada a los factores fisicoquímicos que caracterizan a las quebradas en cada época, tales como la concentración de oxígeno disuelto, precipitación pluvial, conductividad, velocidad de corriente, caudal, temperatura, etc.; así como a los ciclos biológicos de los organismos en estudio (Roldán-Pérez, 2016).

### Diversidad y Dominancia

Para todas las quebradas, la diversidad media fue mayor en las épocas de vaciante y seca con valores de 2.39 y 2.27, respectivamente; mientras que las épocas de creciente y llena registraron valores de 1.90 y 1.62, respectivamente. Habanillo y Paujil fueron las quebradas con los mayores valores de diversidad reportada en vaciante, Lindero en seca y Tocón en creciente y llena (Figura 3).

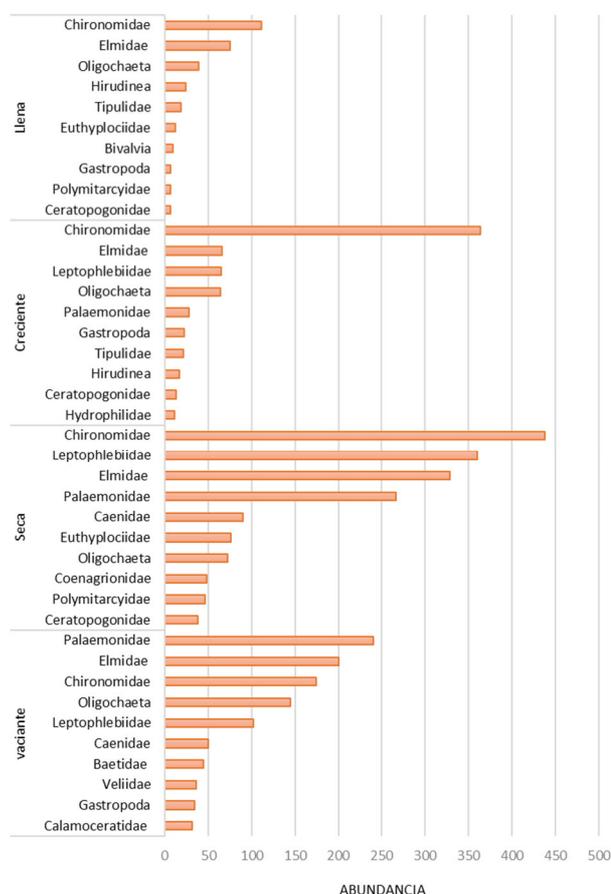
Por el contrario, la dominancia media fue mayor en las épocas de creciente y llena, con valores de 0.27 y 0.24, respectivamente; mientras que las épocas de vaciante y seca registraron valores de 0.15 y 0.18, respectivamente. Pintuyacu fue la quebrada con los mayores valores de dominancia en época seca, creciente y llena, mientras que Tocón lo fue en vaciante (Figura 3).



**Figura 3.** Riqueza, abundancia, diversidad y dominancia de macroinvertebrados bentónicos de las quebradas Habanillo, Lindero, Pintuyacu, Tocón y Paujil por época de colecta (vaciante, seca, creciente y llena), Loreto, Perú.

Los taxones que representaron la dominancia encontrada fueron los insectos de las familias

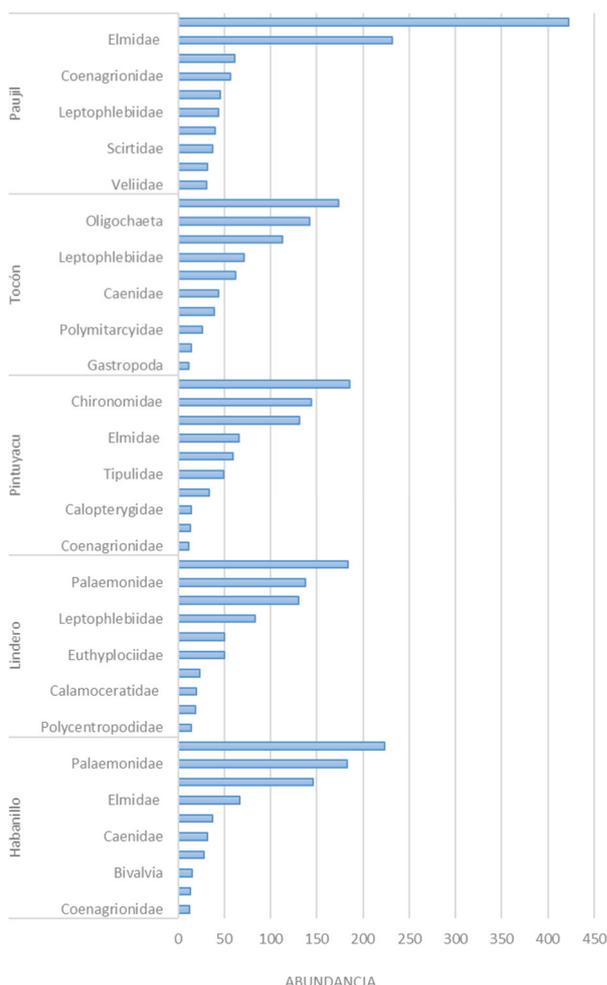
Chironomidae, Leptophlebiidae y Elmidae y crustáceos de la familia Palaemonidae. Entre épocas de colecta, Chironomidae fue el taxón más dominante en época seca (438 individuos), en creciente (364 individuos) y en llena (111 individuos), mientras que Palaemonidae (240 individuos) lo fue en vaciante (Figura 4). Entre quebradas, Chironomidae fue el taxón más dominante en las quebradas Habanillo (223 individuos), Lindero (184 individuos) y Paujil (423 individuos), mientras que Leptophlebiidae (186 individuos) lo fue para Pintuyacu y Elmidae (174 individuos) para Tocón (Figura 5).



**Figura 4.** Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por época de colecta (vaciante, seca, creciente y llena) de cinco quebradas del área de influencia de la carrera Iquitos-Nauta, Loreto, Perú.

La dominancia de Chironomidae, Leptophlebiidae, Elmidae y Palaemonidae, en las distintas épocas de colecta y quebradas evaluadas, podría ser un reflejo de las condiciones del hábitat donde se encuentran estos organismos. Las larvas de la familia Chironomidae, por lo general, son consideradas indicadoras de contaminación por materia orgánica (Adler *et al.*, 2019) y metales pesados (Loayza-Muro *et al.*, 2010). Tienen habilidad de vivir en lugares con muy bajos niveles de oxígeno, donde el sedimento es fino (Goretti *et al.*,

2020; Villamarín *et al.*, 2021); y suelen presentar deformidades morfológicas durante su desarrollo larval cuando están expuestas a ambientes contaminados (Goretti *et al.*, 2020). Las ninfas de Leptophlebiidae son indicadoras de aguas limpias o ligeramente contaminadas (Roldán-Pérez, 1996; Salcedo *et al.*, 2013). De Elmidae, tanto sus larvas como la mayoría de los adultos son acuáticos, siendo comunes en aguas corrientes con buen contenido de oxígeno. Sin embargo, algunos géneros se pueden encontrar en arroyos moderadamente contaminados (González-Córdoba *et al.*, 2020). Los Palaemonidae viven en aguas someras de fondo arenoso, con escasa disponibilidad de nutrientes, alto contenido de material húmico en suspensión y abundante vegetación ribereña (Vásquez-Rimachi *et al.*, 2000); además que son considerados bioindicadores de aguas no contaminadas (Triana & Campos, 2007).



**Figura 5.** Abundancia total de macroinvertebrados bentónicos por quebrada evaluada (Habanillo, Lindero, Pintuyacu, Tocón y Paujil), en el área de influencia del eje carretero Iquitos-Nauta, Loreto, Perú.

En el Perú, algunos estudios también evidenciaron una mayor abundancia de la familia Chironomidae en

diferentes tipos de cuerpos de agua. Podemos destacar lo reportado en el río Cunas, Junín (Custodio & Chanamé, 2016), en el río Huallaga entre Cerro de Pasco y Huánuco (Alomía *et al.*, 2017), en la laguna de Quistococha, Iquitos (Alvan *et al.*, 2018), en los humedales altoandinos de la región Junín (Custodio *et al.*, 2018), en las lagunas altoandinas de las cuencas de los ríos Rímac y Mantaro (Tapia *et al.*, 2018), y en el río alto Madre de Dios (Arana-Maestre *et al.*, 2021). Esto evidencia una amplia distribución y dominancia de la familia Chironomidae en diferentes cuerpos de agua y zonas geográficas del Perú.

#### Similitud entre unidades de muestreo

De acuerdo con el análisis de componentes principales (Figura 6 al final), la variabilidad entre las unidades de muestreo se explica al 66.38% en dos componentes principales. El componente principal 1 (Axis 1) explica la variabilidad a un 37.62%, donde las unidades taxonómicas más importantes fueron Chironomidae (-0.78) y Elmidae (-0.45) quienes fueron más abundantes en Paujil y Tocón durante la época seca, respectivamente. El componente principal 2 (Axis 2) explica la variabilidad a un 28.76% y las unidades taxonómicas más importantes fueron Leptophlebiidae (-0.75) y Palaemonidae (-0.47), quienes fueron más abundantes en Pintuyacu y Habanillo durante la época seca, respectivamente.

Las comunidades colectadas en las épocas de vaciante y seca fueron significativamente diferentes con las colectadas en creciente y llena (ANOSIM,  $P = 0.004$ ). Mientras que, entre vaciante/seca y creciente/llena no se reportan diferencias significativas (ANOSIM,  $P = 0.067$ ).

En los meses de menor pluviosidad (en vaciante y principalmente en seca), el agua quedó restringida al canal principal de las quebradas, brindando un sustrato y vegetación marginal más estable para el mantenimiento de los macroinvertebrados; dando como resultado un mayor registro de la riqueza, abundancia y diversidad de estos organismos, mientras que la dominancia fue baja. En los meses con mayor pluviosidad (en creciente principalmente, y en llena), debido al aumento de la velocidad y caudal del agua, el sustrato necesario para el mantenimiento de estos organismos es lavado y los propios organismos removidos; dando como resultado un menor registro de la riqueza, abundancia y diversidad; mientras que surge la aparición de grupos más dominantes que resisten esas alteraciones. Resultados similares fueron reportados por Maicelo *et al.* (2014) en un inventario realizado en el río Utcubamba (Amazonas); por Custodio & Chanamé (2016) en el río Cunas, Junín, Perú; y por Arana & Cabrera (2017) en Ica y Huancavelica.

Por otro lado, las comunidades de macroinvertebrados de la quebrada Paujil fueron significativamente diferentes con Habanillo (ANOSIM,  $P = 0.014$ ) y Pintuyacu (ANOSIM,

P = 0.043). Entre Habanillo con Lindero-Pintuyacu-Tocón; Lindero con Paujil-Pintuyacu-Tocón; y Tocón con Paujil-Pintuyacu; no hubo diferencias significativas.

### Conclusiones

La estructura de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en las cinco quebradas de la selva baja peruana (Paujil, Tocón, Pintuyacu, Lindero y Habanillo) evaluadas durante cuatro épocas del régimen hidrológico de los ríos amazónicos (creciente, llena, vaciante y seca) se caracteriza por estar compuesta de 68 taxones distribuidos en 4 filos (Arthropoda, Annelida, Mollusca y Nematoda) y comparten en común 18 taxones.

La riqueza, abundancia, diversidad y dominancia de macroinvertebrados bentónicos se encuentran influenciadas por el régimen hidrológico de los ríos amazónicos, existiendo diferencias significativas entre las épocas de vaciante-seca con las de creciente-llena, siendo la época seca la de mayor valor de riqueza, abundancia y diversidad; y la época creciente la de mayor dominancia.

Los taxones más dominantes en los ambientes evaluados fueron los Chironomidae, Leptophlebiidae, Elmidae y Palaemonidae; de los cuales, Chironomidae fue el más representativo.

### Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) y el Banco Mundial, quienes a través de la unidad ejecutora ProCiencia, financiaron el proyecto semilla con Contrato N°110-2018-FONDECYT-BM-IADT-SE, para la ejecución de este estudio. Al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP por el apoyo de su personal técnico en las colectas y facilitar el uso de laboratorios. También se agradece a los revisores anónimos del manuscrito, cuyos aportes permitieron mejorar notablemente el documento.

### Literatura citada

Acosta R., Ríos B. & Rieradevall M. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (C.E.R.A) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1): 35-64. DOI: 10.23818/limn.28.04.

Adler P.H., & Courtney G.W. 2019. Ecological and Societal Services of Aquatic Diptera. *Insects*, 10(3): 70. DOI: 10.3390/insects10030070.

Alomía J., Iannacone J., Alvares L. & Ventura K. 2017. Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la Cuenca Alta del Río Huallaga, Perú. *The Biologist* (Lima), 15(1): 65-84. DOI: <https://doi.org/10.24039/rtb2017151144>.

Alván J., Alvan-Aguilar M. & Rodríguez L. 2018. 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>.

Alvan-Aguilar M.A., Chunga J.A., Ochoa M., Ismiño-Orbe R.A. & Chu-Koo F.W. 2021. Distribución espacio-temporal de insectos acuáticos en quebradas de la llanura Amazónica, Loreto, Perú. *Folia Amazónica*, 30(2): 199-216. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v30i2.565>.

Aquino R., Charpentier E. & García G. 2014. Diversidad y abundancia de primates en hábitats del área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta, Amazonia Peruana. *Ciencia Amazónica* (Iquitos), 4(1): 3-12. DOI: <https://doi.org/10.22386/ca.v4i1.62>.

Arana J. & Cabrera C. 2017. Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuicolas del área de influencia del gasoducto PERÚ LNG en los departamentos de Ica y Huancavelica. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 20(40): 86-93. DOI: <https://doi.org/10.15381/iigeo.v20i40.14394>.

Arana-Maestre J., Álvarez-Tolentino D., Miranda R., Tobes I., Araujo-Flores J., Carrasco-Badajoz C. & Rayme-Chalco C. 2021. Distribución altitudinal de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables ambientales en un sistema fluvial amazónico (Perú). *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 45(177): 1097-1112. DOI: <https://doi.org/10.18257/racefyn.1436>.

Castro-Medina M.I. 2020. Deforestación y uso de la tierra mediante imágenes satelitales, en la carretera Iquitos Nauta 1989-2017. Tesis para optar el grado de Magister en Ciencias Forestales con mención en Manejo Forestal. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/7109>.

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>.

Correa E. & Ortega H. 2010. Diversidad y variación estacional de peces en la cuenca baja del río Nanay, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 17(1): 037-042. <https://doi.org/10.15381/rpb.v17i1.48>.

Custodio M. & Chanamé F.C. 2016. Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7(1): 33-44. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.01.04>.

Custodio M., Chanamé F., Pizarro S. & Cruz D. 2018. Quality of the aquatic environment and diversity of benthic macroinvertebrates of high Andean wetlands of the Junín region, Peru. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(3): 195-202. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.08.004>.

Ferrante L., Andrade M.B.T. & Fearnside P.M. 2021. Land grabbing on Brazil's Highway BR-319 as a spearhead for Amazonian deforestation. *Land Use Policy*, 108: 105559. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105559>.

Flores D. & Huamantínco A. 2017. Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la Cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú). *Ecología Aplicada*, 16(2): 105-114. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1014>.

- García-Dávila C.R., Chujandama-Satalaya M., Vásquez-Rimachi E. & Alcántara-Bocanegra F. 1996. *Macrobrachium nattereri* (Crustacea, Palaemonidae), nuevo registro para el Perú. *Folia Amazónica*, 8(2): 141-145. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v8i2.326>.
- González-Córdoba M., Zúñiga M.C., Giraldo L.P., Ramírez Y.P. & Chará J. 2020. Sensibilidad de Elmidae (Insecta: Coleoptera) a la perturbación del hábitat y la calidad fisicoquímica del agua en ambientes lóticos de los Andes colombianos. *Revista de Biología Tropical*, 68(2): 601-622. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i2.36702>.
- Goretti E., Pallottini M., Pagliarini S., Catasti M., La Porta G., Selvaggi R., Gaino E., Di Giulio A.M. & Ali A. 2020. Use of larval morphological deformities in *Chironomus plumosus* (Chironomidae: Diptera) as an indicator of freshwater environmental contamination (Lake Trasimeno, Italy). *Water*, 12(1): Art. 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12010001>.
- Hamada N., Nessimian J.L. & Querino R.B. (Eds.). 2014. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: Taxonomia, biología e ecología. Editora do INPA. Manaus, Brasil. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/100609>.
- Hammer O., Harper D.A.T. & Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1): Art. 4. [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf).
- Honorio-Coronado E.N., Mercado-Torres A., Del Castillo-Torres D., Dávila-Cardozo N., Martín-Brañas M., Ríos-Torres S., Baker T.R. & Montoya M. 2020. Impacto de la construcción de la carretera Iquitos-Saramiriza sobre los bosques y turberas del río tigre, Loreto, Perú. *Folia Amazónica*, 29(1): 65-87. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v28i2.493>.
- IIAP. 2002. Iquitos – Nauta zonificación ecológica económica para el desarrollo sostenible. Tomo 1: propuesta de ZEE. IIAP, Proyecto Araucaria Amazonas - Nauta. Iquitos, Perú. <https://repositorio.iiap.gob.pe/handle/20.500.12921/284>.
- 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. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 29(3): 828-839. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rivp.v29i3.14766>. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/14766>.
- Kibblewhite M.G. 2018. Contamination of agricultural soil by urban and peri-urban highways: An overlooked priority? *Environmental Pollution*, 242(Part B): 1331-1336. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.08.008.
- Loayza-Muro R., Elias-Letts R., Marticorena-Ruiz J., Palomino J., Duivenvoorden J., Kraak M. & Admiraal W. 2010. Metal induced shifts in benthic macroinvertebrate community composition in Andean high altitude streams. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(12): 2761-2768. DOI: <https://doi.org/10.1002/etc.327>.
- Maco J. 2006. Tipos de ambientes acuáticos de la amazonia peruana. *Folia Amazónica*, 15(1-2): 131-140. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v15i1-2.231>.
- Maffei L. & Cossios E.D. 2021. Posibles impactos de la carretera Iquitos-Saramiriza sobre la biodiversidad de Loreto, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 28(especial): e21963: 303-314. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v28iespecial.21963>.
- Maicelo J.L., Miñano K. A., Bardales W. & Leiva S.T. 2014. Inventario de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del río Utcubamba, región Amazonas (Perú). *Rev. INDES*, 2(2): 39-48. <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/74>.
- Mäki S., Kalliola R. & Vuorinen K. 2001. Road construction in the Peruvian Amazon: process, causes and consequences. *Environmental Conservation*, 28(3): 199-214. <https://www.jstor.org/stable/44519901>.
- Merritt R.W. & Cummins K.W. (Eds.). 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company, 3th edition. Dubuque, Iowa.
- Niño-de-Guzman M. & Vásquez-Ramos J.M. 2022. Construcción de un índice integral basado en macroinvertebrados para determinar la calidad del agua con influencia agroindustrial. *Scientia Agropecuaria*, 13(2): 117-123. DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.010>.
- Purihuamán-Leonardo C.N. & Sánchez-Bustamante E.F. 2022. Comunidades de macroinvertebrados bentónicos como bioindicador de calidad de agua en un sector del río Chotano, Perú. *Revista Tecnología en Marcha*, 35(3): 117-127. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v35i3.5662>.
- Ríos-Touma B., Acosta R. & Prat N. 2014. The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical*, 62(S2): 249-273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15791>.
- Roldán-Pérez G. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. FEN Colombia, Conciencias, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>.
- Roldán-Pérez G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 40(155): 254-274. DOI: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefy.n.335>.
- Rosenberg D.M. & Resh V.H. 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. *En: Rosenberg D.M. & Resh V.H. (Ed), Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York.
- Salcedo S., Ártica L. & Trama F. 2013. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 3(2): 124-139. DOI: <https://doi.org/10.18259/acs.2013016>.
- Seaby R.M. & Henderson P.A. 2007. Community Analysis Package (CAP). Versión 4.0. Pisces Conservation Ltd. <http://www.pisces-conservation.com/softcap.html>.
- Tapia L., Sánchez T., Baylón M., Jara E., Arteaga C., Maceda D. & Salvatierra A. 2018. Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en lagunas altoandinas del Perú. *Ecología Aplicada*, 17(2): 149-163. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i2.1235>

- Trama F.A., Salcedo S.A., Demarcy L., Erbure L., Jara B.A., Muñoz F.E., Ríos J.R. & Patrón F. 2020. Índices de calidad de hábitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: Conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, 27(2): 149-168. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16730>.
- Triana D.R. & Campos M.R. 2007. Nuevos registros de Crustáceos, Decápodos de agua dulce, (Trichodactylidae, Pseudothelphusidae, Atyidae, Palaemonidae), en la región de Acandí. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. y Nat.*, 31(120): 425-434. [https://accefyn.com/revista/Vol\\_31/120/425-434.pdf](https://accefyn.com/revista/Vol_31/120/425-434.pdf).
- Vásquez-Rimachi E., Chujandama-Satalaya M., García-Dávila C.R. & Alcántara-Bocanegra F. 2000. Caracterización del hábitat del camarón *Macrobrachium brasiliense* en ambientes acuáticos de la carretera Iquitos-Nauta. *Folia Amazónica*, 10 (1-2): 57-71. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v10i1-2.214>.
- Vilca-Carhuapoma E. 2022. Uso de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua en ecosistemas lóticos en el Perú: una revisión. *South Sustainability*, 3(2): e060. DOI: 10.21142/SS-0301-2022-e060.
- Villamarín C., Villamarín-Cortez S., Salcido D.M., Herrera-Madrid M. & Ríos-Touma B. 2021. Drivers of diversity and altitudinal distribution of chironomids (Diptera: Chironomidae) in the Ecuadorian Andes. *Revista de Biología Tropical*, 69(1): 113-126. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i1.40964>.
- Yalán R., Chuquipiondo C. & Villacorta L. 2018. Disminución de la tasa de mortandad de peces ornamentales para exportación por medio de la recirculación de las aguas efluentes con humedales artificiales en la región Loreto, Perú. *Folia Amazónica*, 28(2): 215-221. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v27i2.455>.

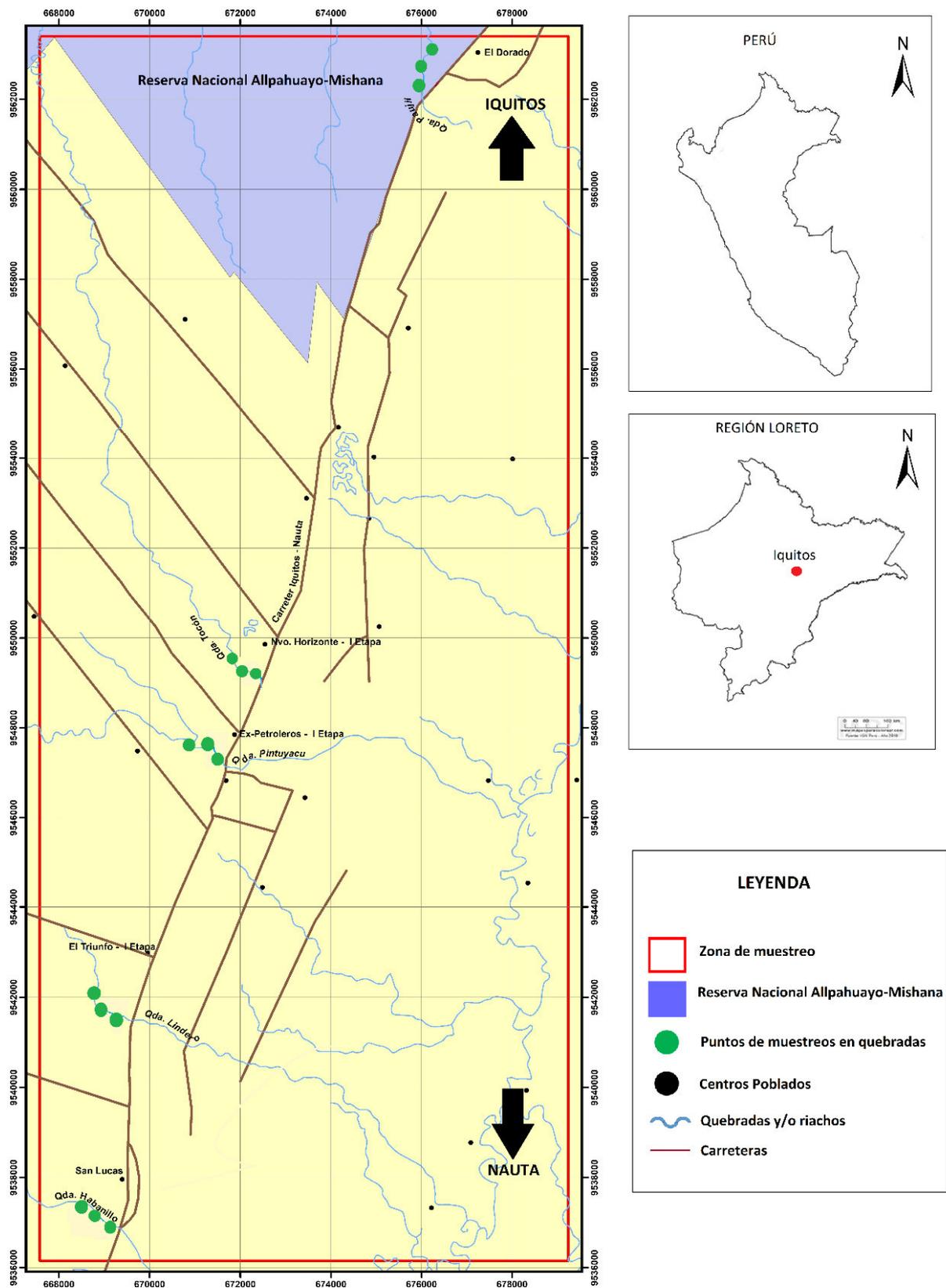
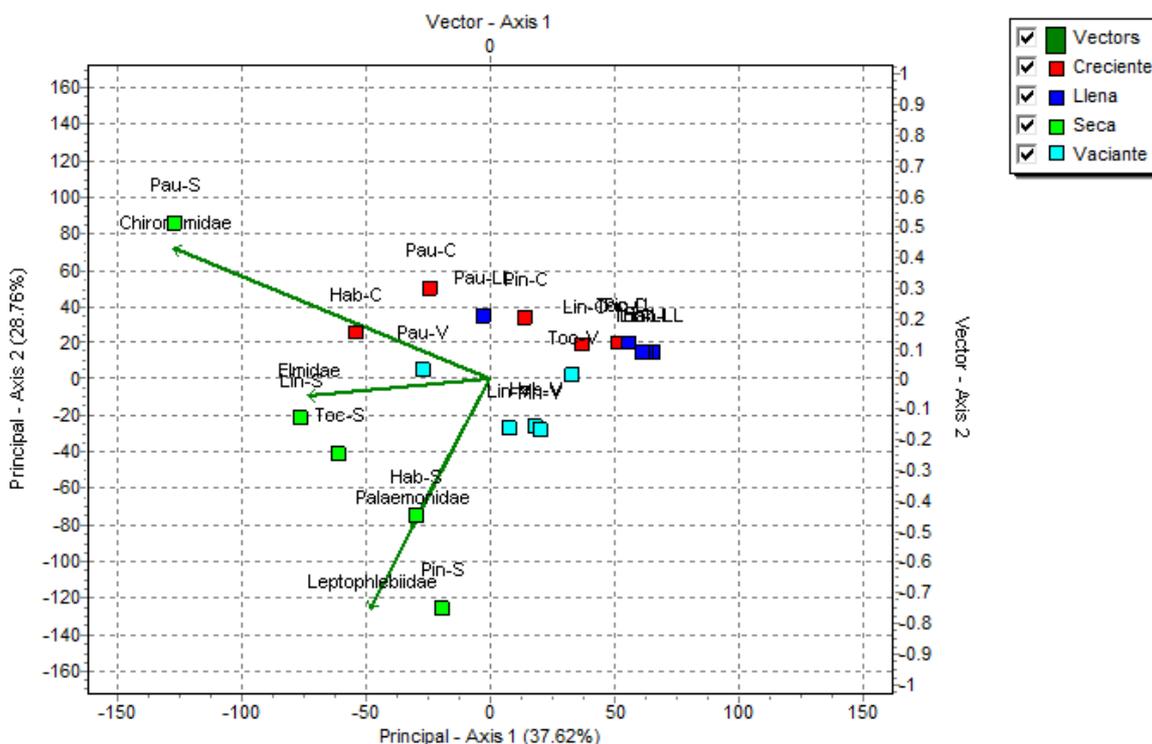


Figura 1. Mapa de ubicación de las quebradas Pajuil, Tocón, Pintuyacu, Lindero y Habanillo en el Área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta, Loreto, Perú.



**Figura 6.** Análisis de Componentes Principales (ACP) con matriz de covarianza de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos por unidades de muestreo (quebrada-época de colecta), Loreto, Perú. Hab: Habanillo, Lin: Lindero, Pin: Pintuyacu, Toc: Tocón, Pau: Paujil, V: vaciante, S: seca, C: creciete y LL: llena.

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Carretera Iquitos-Nauta Km 4.5, Casilla 16007. Quistococha, San Juan Bautista / Loreto / Perú.  
<sup>2</sup> malvan@iiap.gob.pe. ORCID: 0000-0001-6293-1407.  
<sup>3</sup> Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Campus Universitario. Casilla 16007. Zungarococha, San Juan Bautista / Loreto / Perú.  
<sup>4</sup> ochoavasquezm@gmail.com. ORCID: 0000-0001-6945-8659.  
<sup>5</sup> samujoseph18@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1368-876X.  
<sup>6</sup> rismino@iiap.gob.pe. ORCID: 0000-0003-0253-9045.  
<sup>7</sup> Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas (UNAAA) \ Facultad de Zootecnia, Agronomía, Ciencias Biológicas y Acuicultura. Prolongación Libertad N° 1220-1228 / Yurimaguas / Loreto / Perú. Casilla 16501. fchu@unaaa.edu.pe. ORCID: 0000-0002-1046-8147.