



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

TESIS

**DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN
ECOSISTEMAS LÉNTICOS Y LÓTICOS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO
MAZÁN, LORETO, PERÚ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO**

PRESENTADO POR:

JHANCARLO CHONG MENDOZA

ASESORES:

Blgo. HOMERO SÁNCHEZ RIVEIRO, M.Sc.

Blgo. WERNER CHOTA MACUYAMA, Mg.

Blga. MIRIAM ADRIANA ALVÁN AGUILAR DE CHU, Mg.

IQUITOS, PERÚ

2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNAP

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 007-CGT-UNAP-2024

En la ciudad de Iquitos, Departamento de Loreto, mediante sala presencial, a los 29 días del mes de febrero del 2024, a las 17:00 horas se dio inicio a la sustentación pública de la tesis titulada: "DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN ECOSISTEMAS LÉNTICOS Y LÓTICOS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO MAZÁN, LORETO, PERÚ", presentado por el bachiller **JHANCARLO CHONG MENDOZA**, autorizada mediante RESOLUCIÓN DECANAL N° 078-2024-FCB-UNAP, para optar el Título Profesional de **BIÓLOGO**, que otorga la UNAP de acuerdo a Ley 30220, su Estatuto y el Reglamento de Grados y Títulos vigente.

El Jurado Calificador y Dictaminador designado mediante RESOLUCIÓN DECANAL N° 051-2023-FCB-UNAP, de fecha 03 de marzo de 2023, integrado por los siguientes Profesionales:

- | | |
|---|--------------|
| - Biga. CAROL MARGARETH SÁNCHEZ VELA, Dra. | - Presidente |
| - Biga. EMÉRITA ROSABEL TIRADO HERRERA, M.Sc. | - Miembro |
| - Biga. ROSSANA CUBAS GUERRA, Dra. | - Miembro |



Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas, las cuales fueron absueltas:


satisfactoriamente

El Jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la Tesis han sido aprobada con la calificación de Buena estando el Bachiller apto para obtener el Título Profesional de **BIÓLOGO**.



Siendo las 18:30 horas se dio por terminado el acto de sustentación.


Biga. CAROL MARGARETH SÁNCHEZ VELA, Dra.
Presidente


Biga. EMÉRITA ROSABEL TIRADO HERRERA, M.Sc.
Miembro


Biga. ROSSANA CUBAS GUERRA, Dra.
Miembro


Biga. HOMERÓ SÁNCHEZ RIVEIRO, M.Sc.
Asesor


Blgo. WERNER CHOTA MACUYAMA, Mg.
Asesor

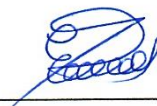

Biga. MIRIAM ADRIANA ALVÁN AGUILAR DE CHU, Mg.
Asesora

JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR



Blga. CAROL MARGARETH SÁNCHEZ VELA, Dra.

Presidenta



Blga. EMERITA ROSABEL TIRADO HERRERA, M.Sc.

Miembro



Blga. ROSSANA CUBAS GUERRA, Dra.

Miembro


ASESORES



Blgo. HOMERO SANCHEZ RIVEIRO, M.Sc.



Blgo. WERNER CHOTA MACUYAMA, Mg.



Blga. MIRIAM ADRIANA ALVAN AGUILAR DE CHU, Mg.

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD






6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, Marieta y Lincer (Q.E.P.D.), por darme la vida y la oportunidad de conocer la amazonía en su esplendor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) por acogerme como tesista y brindarme su respaldo profesional y material, permitiéndome llevar a cabo esta investigación.

A mis asesores, el Blgo. Werner Chota Macuyama, la Blga. Miriam Alván Aguilar y el Blgo. Homero Sánchez Riveiro, por su valiosa orientación, paciencia y apoyo incondicional en cada etapa de este estudio.

A los voluntarios y practicantes del Laboratorio de Calidad Ambiental del IIAP, quienes con su colaboración y compromiso hicieron más llevadero el proceso de tratamiento de muestras durante el desarrollo de este estudio.

Gracias a Dios por todo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR	iii
ASESORES	iv
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	3
1.1.1. Estudios en la amazonía baja peruana	3
1.1.2. Otros estudios en la costa, sierra y amazonía alta peruana	8
1.2. Bases teóricas	12
1.2.1. Macroinvertebrados acuáticos	12
1.2.2. Principales grupos de macroinvertebrados Cnidarios (Cnidaria-Hydrozoa)	14
1.2.3. Ecosistemas de aguas continentales	26
1.2.4. Ecosistemas acuáticos amazónicos	27
1.2.5. Río Mazán	28
1.3. Definición de términos básicos	28
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	30

2.1.	Formulación de la hipótesis	30
2.2.	Variables y su operacionalización	30
	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	32
3.1.	Área de estudio	32
3.2.	Tipo y diseño	33
3.3.	Diseño muestral	33
3.3.1.	Población y muestra	33
3.3.2.	Muestreo o selección de muestra	33
3.4.	Procedimientos de recolección de datos	34
3.4.1.	Colecta de muestra	34
3.4.2.	Búsqueda y conservación de macroinvertebrados	35
3.4.3.	Identificación de macroinvertebrados	36
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	37
	CAPÍTULO IV: RESULTADOS	39
4.1.	Riqueza	39
4.1.1.	Riqueza en la cuenca baja del río Mazán	39
4.1.2.	Riqueza en los ecosistemas acuáticos	40
4.1.3.	Riqueza por órdenes de macroinvertebrados	42
4.2.	Abundancia	44
4.2.1.	Abundancia en la cuenca baja del río Mazán	44
4.2.2.	Abundancia en los ecosistemas acuáticos	46
4.2.3.	Abundancia por familias de macroinvertebrados	48
	CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	50
	CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	55
	CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	56
	CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	57
	ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Riqueza de familias (registrada y estimada) de macroinvertebrados acuáticos y completitud del inventario de los ecosistemas lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú. 41

Tabla 2. Abundancia y dominancia de familias de macroinvertebrados acuáticos de los ambientes lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, región Loreto, Perú. 46

Tabla 3. Abundancia de macroinvertebrados acuáticos por familias de los ambientes lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú. 49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de los ambientes acuáticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, en Loreto, Perú. Fuente: Imagen satelital de Google Maps.	32
Figura 2. Colecta de macroinvertebrados acuáticos mediante arrastre con una red de mano tipo “D” en las orillas.	35
Figura 3. Búsqueda (A) y conservación (B) de macroinvertebrados.	36
Figura 4. Identificación de los especímenes de macroinvertebrados acuáticos.	37
Figura 5. Riqueza de familias por órdenes de macroinvertebrados acuáticos de la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú. Las barras de colores representan las diferentes clases: verde para Collembola, anaranjado para Insecta, dorado para Malacostraca, gris para Bivalvia y azul para Gastropoda.	39
Figura 6. Riqueza de familias de macroinvertebrados acuáticos de los ecosistemas lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú, mediante curvas de rarefacción. Las líneas discontinuas indican el error estándar con un intervalo de confianza del 95%.	42
Figura 7. Riqueza de familias por órdenes de macroinvertebrados acuáticos de los ambientes lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.	43
Figura 8. Abundancia porcentual de los grupos de macroinvertebrados acuáticos de la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.	44
Figura 9. Abundancia de las 10 familias de macroinvertebrados acuáticos más representativas de la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.	45

Figura 10. Abundancia proporcional de familias de macroinvertebrados acuáticos de los ambientes lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú, mediante Curvas de Whittaker o Rango-Abundancia. 47

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Parámetros fisicoquímicos de los ambientes lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.	64
Anexo 2. Coordenadas geográficas en unidades UTM de los ambientes lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.	65
Anexo 3. Tratamiento de la muestra colectada en campo de los ambientes acuáticos evaluados.	66
Anexo 4. Grupos de macroinvertebrados acuáticos de los ambientes lénticos y lóticos evaluados de la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.	67
Anexo 5. Algunos de los grupos de macroinvertebrados encontrados en los ambientes acuáticos de la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.	69

RESUMEN

Se evaluó la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, en términos de riqueza y abundancia, de ambientes lénticos y lóticos de la cuenca baja del río Mazán. Se muestrearon tres “cochas”, tres quebradas y el río como contraste. Las muestras fueron colectadas con una red tipo “D” mediante la técnica de arrastre modificada. Se reportaron 40 familias y 2474 individuos de los cuerpos de agua evaluados pertenecientes a insectos, oligoquetos, ácaros, nemátodos, gasterópodos, decápodos, copépodos, bivalvos, colémbolos y ostrácodos. De las cochas, Yuto presentó la mayor riqueza y abundancia, con 12 familias y 388 individuos; mientras que, de las quebradas, Adán tuvo la mayor riqueza y Atún Poza la mayor abundancia, con 15 familias y 242 individuos respectivamente. No obstante, el río fue el más rico y abundante de todos los ambientes acuáticos evaluados, con 24 familias y 967 individuos. Entre todas las familias, Chironomidae fue la más abundante en la mayoría de los cuerpos de agua, dominando en río Mazán, en quebrada Adán y en todas las cochas. Se concluye que, las quebradas presentan las mayores riquezas de familia y una homogénea distribución de las abundancias de macroinvertebrados a diferencia de las cochas; es decir, que los ambientes lóticos son más diversos que los ambientes lénticos. Además, los insectos fueron los más representativos tanto en riqueza como en abundancia, siendo la familia Chironomidae (Diptera) la más destacada.

Palabras clave: Diversidad, riqueza, abundancia, macroinvertebrados dulceacuícolas, ecosistemas acuáticos.

ABSTRACT

The diversity of aquatic macroinvertebrates was evaluated, in terms of richness and abundance, in lentic and lotic environments of the lower Mazán river basin. Three oxbow lakes, three streams and the river were sampled as a contrast. Samples were collected with a “D” type net using the modified trawl technique. Forty families and 2474 individuals were reported from the evaluated water bodies belonging to insects, oligochaetes, mites, nematodes, gastropods, decapods, copepods, bivalves, springtails and ostracods. Of the oxbow lakes, Yuto had the highest richness and abundance, with 12 families and 388 individuals; while, of the streams, Adán had the highest richness and Atún Poza the highest abundance, with 15 families and 242 individuals, respectively. However, the river was the richest and most abundant of all the aquatic environments evaluated, with 24 families and 967 individuals. Among all the families, Chironomidae was the most abundant in most of the water bodies, dominating in the Mazán river, in Adán creek and in all the oxbow lakes. It was concluded that, unlike the oxbow lakes, the streams had the highest family richness and a homogeneous distribution of macroinvertebrate abundance; that is, the lotic environments were more diverse than the lentic environments. In addition, insects were the most representative in both richness and abundance, with the family Chironomidae (Diptera) being the most prominent.

Keywords: Diversity, richness, abundance, freshwater macroinvertebrates, aquatic ecosystems.

INTRODUCCIÓN

Diversos ambientes acuáticos en todo el mundo están sufriendo perturbación y contaminación a causa de diferentes actividades humanas, las cuales alteran la composición química del agua, modifican las comunidades de organismos acuáticos y causan pérdida de diversidad biológica⁽¹⁻⁴⁾. En la amazonía baja peruana, ríos, quebradas y cochas (lagunas) están experimentando impactos similares debido a la extracción petrolera⁽⁵⁻⁷⁾, la minería aurífera fluvial^(8,9), la agricultura de monocultivos⁽¹⁰⁾ y el crecimiento urbano desordenado⁽¹¹⁾. Ante esta situación, en todo el mundo se están intensificando los esfuerzos por estudiar y conservar los ecosistemas acuáticos⁽¹²⁾.

Para la conservación del ecosistema acuático es esencial conocer la biodiversidad que lo habita. Los inventarios de especies y sus abundancias son fundamentales para comprender las tendencias poblacionales y los procesos naturales del hábitat; además, nos permiten identificar y explicar las condiciones del ambiente acuático a través de la presencia o ausencia de especies indicadoras, las cuales son conocidas como bioindicadores⁽¹³⁾. En la evaluación de la contaminación del agua, los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos han sido tradicionalmente los métodos más utilizados^(1,14-16); sin embargo, no es suficiente con analizar únicamente las condiciones del agua sino también la integridad del ecosistema acuático. En este sentido, los bioindicadores se presentan como herramientas altamente efectivas para comprender los efectos de la contaminación de un cuerpo de agua^(3,14,15). Entre estos organismos

bioindicadores están los macroinvertebrados acuáticos, quienes son los más empleados en la evaluación del estado de los ambientes acuáticos^(1,3,14,17,18).

La minería aurífera fluvial y la extracción de petróleo están contaminando numerosos ambientes acuáticos en la región Loreto, poniendo en riesgo su integridad ecológica y la salud de los pobladores que dependen de sus recursos. Debido a esto, es necesario tomar acciones para proteger estos ecosistemas de tan grave problema. Dado la importancia de los macroinvertebrados, tanto en la evaluación de la calidad del agua y el escaso conocimiento de los grupos que habitan los ambientes acuáticos amazónicos, es fundamental que se estudie su riqueza y abundancia, con el fin de obtener una base científica que permita desarrollar programas y proyectos de restauración de ecosistemas perturbados de bajo costo utilizando bioindicadores⁽¹⁹⁾ y que sea de gran utilidad para las organizaciones e instituciones comprometidas con la conservación del medio ambiente y la biodiversidad.

Por tal motivo, en este estudio se evaluó la diversidad de macroinvertebrados en tres cochas y tres quebradas de la cuenca baja del río Mazán, en la región Loreto, a través de la estimación de su riqueza y abundancia. Esta información servirá como antecedente y base para la evaluación del estado ambiental de esta cuenca, debido a que en este río se han reportado actividades ilegales de explotación aurífera fluvial que podría poner en riesgo este ecosistema y la salud de las poblaciones humanas asentadas a lo largo de su recorrido.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Estudios en la amazonía baja peruana

En 2023, se realizó un estudio analítico-transversal y no experimental que utilizó macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores para evaluar la calidad del agua en la desembocadura de los ríos Itaya y Nanay, en Iquitos, Loreto. En Itaya registraron 14 familias y 64 individuos, distribuidos del siguiente modo: 4 familias de Diptera, 4 de Hemiptera, 2 de Ephemeroptera, 2 de Odonata, 1 de Coleoptera y 1 de Mesogastropoda, siendo Hemiptera el grupo más abundante. Las familias más representativas fueron Naucoridae, Corixidae y Chironomidae. En Nanay reportaron 19 familias y 122 individuos, distribuidos así: 4 familias de Coleoptera, 4 de Ephemeroptera, 4 de Trichoptera, 2 de Hemiptera, 2 de Odonata, 1 de Coleoptera, 1 de Clitellata (Hirudinea) y 1 de Mesogastropoda (Gastropoda). Ephemeroptera y Trichoptera fueron los grupos más abundantes. Las familias más representativas fueron Leptoceridae y Caenidae. El estudio concluyó que las aguas de la desembocadura del Nanay son más limpias que las del Itaya, según el índice BMWP/Col, lo que se relaciona con la mayor diversidad y abundancia de macroinvertebrados reportados en el Nanay⁽²⁰⁾.

En 2019, se llevó a cabo un estudio descriptivo, cuantitativo y no experimental durante las épocas de creciente (avenidas) y vaciante (estiaje) en 10 quebradas de la zona de influencia del eje carretero Iquitos-

Nauta, Loreto. Evaluaron la influencia de los parámetros fisicoquímicos del agua sobre la estructura de los macroinvertebrados bentónicos. Demostraron el mayor número de taxones en la época de vaciante en comparación con la época de creciente. En creciente, los taxones más abundantes fueron Chironomidae, Palaemonidae, Leptophlebiidae, Elmidae, Haplotaxidae y Caenidae. Por el contrario, en vaciante, los taxones predominantes fueron Chironomidae, Elmidae, Palaemonidae, Leptophlebiidae, Oligochaeta y Caenidae. Referente a las quebradas, durante la época de creciente, Pintuyacu y Paujil presentaron una mayor abundancia, y en la época de vaciante Paujil, Lindero y Tocón. La mayor diversidad en la creciente fue observada en Habanillo y Paujil, con 29 taxones cada uno; mientras que en vaciante, Lindero y Paujil mostraron 33 y 32 taxones, respectivamente. Concluyeron que ciertos parámetros fisicoquímicos tienen un impacto significativo en la abundancia de ciertos taxones de macroinvertebrados en ambas fases hidrológicas⁽²¹⁾.

En 2019, se condujo un estudio de tipo exploratoria y descriptivo-cuantitativa en la laguna Imiría, Ucayali, durante la época de vaciante (estiaje). El estudio tuvo como objetivo describir la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y evaluar la calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados mostraron que la comunidad de macroinvertebrados está compuesta por las clases Insecta, Gastropoda, Branchiopoda, Malacostraca, Oligochaeta, Nematophora y Arachnida, distribuidas en 11

órdenes y 20 familias. La clase Insecta fue la más abundante, destacándose especialmente las familias Chironomidae, Baetidae y Libellulidae. Concluyeron que existe una alta diversidad de macroinvertebrados en la laguna Imiría y que los parámetros fisicoquímicos del agua cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos para lagunas y lagos⁽²²⁾.

Durante los años 2012, 2013 y 2014 se desarrolló un monitoreo biológico en los ríos Arabela, Curaray y Napo, en Loreto, Perú, durante los períodos de creciente y vaciante. Evaluaron la diversidad de macroinvertebrados en siete estaciones de muestreo, que representaban comunidades nativas de estos ríos. Se reportaron un total de 43 especies y 347 individuos de macroinvertebrados acuáticos, pertenecientes a los grupos de artrópodos, anélidos, nemátodos y moluscos. Para el río Arabela, se identificaron 28 especies distribuidas en 17 familias, 11 órdenes, 4 clases y 4 filos. En el río Curaray, se registraron 23 especies, 17 familias, 9 órdenes, 3 clases y 2 filos. Finalmente, en el río Napo se encontraron 12 especies, 8 familias, 6 órdenes, 2 clases y 2 filos. El orden Diptera presentó la mayor riqueza de familias tanto en los ríos Arabela como Napo, mientras que el orden Ephemeroptera en Curaray. Entre las familias, Chironomidae fue la más abundante en todos los ríos evaluados. Los investigadores concluyeron que la riqueza y abundancia de macroinvertebrados están influenciadas por los períodos hidrológicos, siendo la época de creciente la que presentó la mayor diversidad y cantidad de individuos⁽²³⁾.

En 2012, se realizó un estudio en la laguna Quistococha, ubicada en Loreto, Perú, con el objetivo de evaluar la composición, riqueza y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados presentes en las orillas y “a un metro de profundidad” de este cuerpo de agua. Determinaron que la laguna alberga macroinvertebrados de las clases Insecta, Malacostraca, Hirudinea, Oligochaeta y Gastropoda. En la zona de orillas, se reportaron 109 individuos y 11 especies distribuidas en 10 familias, 7 órdenes, 4 clases y 3 filos. En contraste, en la zona “a un metro de profundidad” se registraron 51 individuos y 5 especies, organizados en 4 familias, 4 órdenes, 3 clases y 3 filos. En ambas áreas, la familia Chironomidae se destacó como la más abundante. Concluyeron que la mayor riqueza y abundancia de macroinvertebrados se encuentra en las orillas en comparación con la zona a un metro de profundidad, y que la familia Chironomidae domina ambos estratos. Sin embargo, los gusanos oligoquetos fueron exclusivos de la zona a un metro de profundidad⁽²⁴⁾.

En 2011, se llevó a cabo un estudio en la laguna de Moronacocha, Iquitos, que evaluó la riqueza y abundancia de macroinvertebrados asociados a tres especies de macrófitas: ***Pistia stratiotes***, ***Eichhornia crassipes*** y ***Echinocloa polystachya***. Los investigadores identificaron las clases Insecta, Gastropoda, Branchiopoda, Hirudinea y Oligochaeta, encontrando 25 familias asociadas a ***P. stratiotes***, 21 a ***E. crassipes*** y 25 a ***E. polystachya***, siendo la clase Insecta la que presentó la mayor riqueza y abundancia en estas macrófitas. Concluyeron que Insecta fue la clase más

representativa en las tres especies de macrófitas, destacando las familias Chironomidae, Noteridae y Haplotoxidae como las más abundantes. Además, se observaron tres familias exclusivas para *E. crassipes* y *E. polystachya*, así como dos familias exclusivas para *P. stratiotes*⁽²⁵⁾.

En 2009, una investigación realizada en la laguna de Moronacochoa, Iquitos, evaluó la calidad biológica de esta laguna mediante insectos acuáticos como bioindicadores. Determinaron 1322 individuos distribuidos en 33 familias y 7 órdenes, del cual los órdenes Diptera y Hemiptera fueron los más ricos y los más abundantes fueron los órdenes Coleoptera, Hemiptera y Diptera. Por otro lado, las familias Hydrophilidae (Coleoptera), Corixidae y Noteridae (ambos Hemiptera) fueron las más abundantes. Concluyeron que no existen diferencias significativas en la diversidad y abundancia de macroinvertebrados entre las distintas zonas muestreadas de la laguna Moronacochoa⁽²⁶⁾.

En 2002, se llevó a cabo una investigación que evaluó la entomofauna acuática de la laguna Pañacochoa, ubicada cerca de la ciudad de Iquitos. Reportaron una riqueza de 7 órdenes: Collembola, Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera, Trichoptera, Coleoptera y Diptera, además de 27 familias. La familia más abundante fue Chironomidae (Diptera/Insecta). Este estudio concluyó que no se observaron variaciones en la entomofauna a nivel comunitario; sin embargo, se identificaron variaciones temporales en la distribución de los insectos en relación con los períodos de lluvia⁽²⁷⁾.

1.1.2. Otros estudios en la costa, sierra y amazonía alta peruana

En 2018, se llevó a cabo un estudio analítico-prospectivo no experimental en San Martín, Perú, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en un sistema de cultivo de peces para consumo humano. Se realizaron colectas en tres zonas con una red tipo D mediante arrastre y se evaluó la calidad del agua mediante el índice nBMWPper. El estudio encontró una riqueza de 4 filos, 10 clases, 19 órdenes y 48 familias, siendo Arthropoda el filo más diverso, con Diptera y Hemiptera destacando con un 15% y 13% de familias, respectivamente. Las familias de moluscos Hidrobiidae y Corbiculidae presentaron abundancias muy altas, con el 30.32% y 29.98% de un total de 6,566 individuos; por otra parte, las familias Chironomidae, Caenidae, Notonectidae, Baetidae, Leptoceridae, Elmidae y Glossiphoniidae también fueron abundantes. Se identificaron 33 familias clasificadas como sensibles y tolerantes. El estudio concluyó que la actividad acuícola en la zona no ha alterado la calidad del agua⁽²⁸⁾.

En 2017, se desarrolló una investigación de tipo no experimental y diseño descriptivo, con el objetivo de emplear macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, mediante índices bióticos, en 12 estaciones durante las temporadas secas y de lluvia. Este estudio determinó 30 taxones para estas dos temporadas, siendo los más abundantes Chironomidae, Baetidae, Leptohyphidae e Hydropsychidae. Los insectos fueron los más abundantes, representando

el 94% para la temporada seca y 95% para la temporada lluviosa. Concluyeron que la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga presentan condiciones de “buena” y de “dudosa calidad” según los índices ABI y BMWP/col; Mientras que el índice EPT demostró que la calidad biológica es buena en ambas temporadas⁽²⁹⁾.

En 2013, se desarrolló una investigación de tipo no experimental y descriptivo, que incluyó como población a macroinvertebrados de la microcuenca de San Alberto, en Oxapampa, Perú, como bioindicadores de la calidad de sus aguas. Con respecto a la riqueza y abundancia registraron un total de 132 taxones, 42 familia y 13 órdenes. En la cuenca alta reportaron 101 taxones, 42 familias y 10 órdenes, donde Leptoceridae (Trichoptera) y Baetidae (Ephemeroptera) fueron las familias más abundantes. También, en la cuenca media, se reportaron 77 taxones, 32 familias y 10 órdenes, donde Baetidae y los dípteros Chironomidae y Simuliidae fueron las familias más abundantes. Finalmente, en la cuenca baja, se reportaron 55 taxones, 27 familias y 10 órdenes, donde Baetidae y Chironomidae fueron las familias más abundantes. Por otra parte, reportaron mayor riqueza y abundancia en sustrato de piedra que en el sustrato de arena. Concluyeron que la riqueza es mayor en la cuenca alta porque hay mayor heterogeneidad, fuentes de alimentación y refugio para el mejor desarrollo de las comunidades bentónicas y que la mayor abundancia presentada en la cuenca media se deba probablemente a una mayor concentración de nutrientes provenientes de fertilizante, y que los

pobres hallazgos en la cuenca baja se deben a las perturbaciones humanas⁽³⁰⁾.

Ente 2003 y 2009, se desarrollaron monitoreos biológicos de la biota acuática (plancton, bentos y peces) en 5 localidades del bajo río Urubamba (Cusco-Ucayali). Las muestras de bentos fueron colectadas con una red Surber (30x30 cm, abertura de malla 1mm) con 3 repeticiones en cada estación. reportaron 112 especies distribuidos en 14 órdenes y 3 filos: Annelida, Arthropoda y Mollusca; siendo los órdenes Trichoptera, Coleoptera y Ephemeroptera los más diversos en todas las localidades muestreadas, y escasos los órdenes Oligochaeta, Megaloptera, Plecoptera y Unionoida. Concluyeron que los Arthropoda, con larvas y adultos de insectos, dominan estas localidades; Asimismo, que los órdenes Trichoptera, Coleoptera y Ephemeroptera destacaron en los registros⁽³¹⁾.

En 2005, se desarrollaron inventarios biológicos rápidos en el que evaluaron la diversidad y el estado de conservación de cuerpos de agua de la cuenca del río Huallaga, en zonas de selva alta (Tarapoto) y selva baja (Yurimaguas). Las muestras de bentos fueron colectadas con una red "Surber" (abertura de malla 1mm) con 3 réplicas para los 4 puntos de colecta (aguas lólicas) en la estación Cainarachi del sector Tarapoto. Reportaron 20 especies, 17 familias, 10 órdenes, y dos Filos: Arthropoda y Mollusca. En cuanto a la diversidad, fue de baja a moderada (3-11 especies) en las diferentes estaciones. La abundancia total fue de 78

individuos, siendo los órdenes Plecoptera y Ephemeroptera los más abundantes, con 20 y 12 individuos, respectivamente. Concluyeron que la calidad del agua de esta estación es buena por la presencia de especies del grupo EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)⁽³²⁾.

En 2002 y 2003, se desarrolló una investigación del tipo no experimental, descriptivo y con diseño prospectivo longitudinal, en el que usaron como población de estudio a macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua del río Rímac, en Lima, Callao, mediante el uso del índice BMWP' modificado. La investigación reportó 35 taxones, de los cuales 27 pertenecieron a Hexapoda, 2 a Annelida, 2 a Molusca, 2 a Arachnida, 1 a Plathyhelminthes y 1 a Chilopoda; también, 2166 individuos de los cuales 597 pertenecieron a Oligochaeta, 521 a Psychodidae, 442 a Physidse, 300 a Chironomidae y 168 a Dixidae. Con un puntaje de 29 según el índice BMWP' modificado se valoró como "calidad crítica" a aguas "muy contaminadas" al río Rímac⁽³³⁾.

En 2002, una investigación de tipo no experimental y descriptivo, en el que incluyó como población a macroinvertebrados de dos ríos de Cajamarca y Amazonas, para ser utilizados como bioindicadores de la calidad de sus aguas con el índice biótico "Biological Monitoring Working Party" (BMWP). Reportaron para el río Wawas (Amazonas) 22 familias, donde predominaron las familias Trichoptera (40%), Plecoptera (16%) y Ephemeroptera (10%), y para el río Amojú (Cajamarca) se reportaron 30 familias con predominancia de Ephemeroptera (27%), Trichoptera (25%) y

Diptera (21%). En relación con el índice BMWP, el río Wawas presentó un puntaje que indicó una calidad de agua “aceptable” con algunos efectos de contaminación; mientras que el río Amojú presentó un puntaje de 38 que indicó una calidad de aguas “dudosa” y “crítica” caracterizando a este río como contaminada a muy contaminada⁽³⁴⁾.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados son organismos invertebrados que, en alguna etapa de su ciclo de vida, habitan los ambientes de agua dulce. Se caracterizan por su tamaño, ya que son visibles a simple vista o pueden ser capturados con redes que tengan una abertura de malla entre 200 y 500 μm . Estos organismos engloban una amplia variedad de especies pertenecientes a los filos Annelida, Mollusca, Platyhelminthes, Nematoda, Nematomorpha y Arthropoda, siendo este último el más diverso⁽¹⁴⁾.

Estos organismos habitan en una amplia variedad de ambientes acuáticos, tanto lóticos como lénticos. La mayoría se encuentran en el fondo de ríos y lagos, en el fango o la arena, en troncos, ramas y rocas sumergidas, otros adheridos a vegetación acuática flotante o de las orillas. Según sus modos de vida, reciben diferentes denominaciones: Neuston, los que habitan en la superficie del agua, ya sea caminando, patinando o saltando, como los chinches acuáticos (Hemiptera), colémbolos y ciertos dípteros; Necton, los que nadan libremente en el agua, que incluyen familias de

coleópteros (Dytiscidae, Gyrinidae, Hydroptilidae), hemípteros (Corixidae, Notonectidae) y efemerópteros (Baetidae); por último, Bentos, los que habitan el fondo de los cuerpos de agua, adheridos a una variedad de sustratos, como los plecópteros, efemerópteros, plecópteros, tricópteros, megalópteros, dípteros, nemátodos, hirudineos, moluscos, cangrejos, camarones, ácaros, entre otros, y son comúnmente denominados macroinvertebrados bentónicos^(15,35,36).

Los macroinvertebrados son muy importantes porque desempeñan funciones primordiales en los ecosistemas acuáticos al convertir y transferir energía de materiales autóctonos (como las algas) y alóctonos (vegetales y animales) a otros niveles tróficos, regulando así la productividad primaria y sirviendo como alimento para diversos invertebrados y vertebrados⁽³⁶⁾. Sus grupos, en especial los insectos, son ampliamente utilizados como indicadores biológicos de la calidad del agua en evaluaciones de ecosistemas, y su empleo se está extendiendo a nivel mundial⁽³⁷⁾. Se consideran excelentes bioindicadores principalmente porque son organismos sedentarios, lo que permite detectar fácilmente cualquier alteración en su hábitat. Sus poblaciones muestran diferentes niveles de tolerancia a diversos parámetros de contaminación, tanto a corto como a largo plazo. Además, son visibles a simple vista, tienen una amplia distribución y son fáciles de recolectar, ya que existen técnicas de muestreo estandarizadas que no requieren equipos costosos^(14,35,37,38).

1.2.2. Principales grupos de macroinvertebrados Cnidarios (Cnidaria-Hydrozoa)

Los cnidarios son en su mayoría organismos marinos, compuestas por medusas, anémonas y corales. Sin embargo, también existen cnidarios de agua dulce, como las hidras del género *Hydra*^(39,40). La estructura corporal de los cnidarios se caracteriza por un cuerpo cilíndrico, conocido como celénteron o cavidad gastrovascular, que varía en longitud de 2 a 30 mm y poseen numerosos tentáculos alrededor de la boca^(41,42) y se presentan en dos fases corporales: la fase sésil o pólipo y la fase móvil o medusa^(39,40). La hidra de agua dulce es un pólipo solitario que habita en charcas y arroyos de agua limpia, donde se encuentra sobre vegetación sumergida u otros sustratos; aunque generalmente son sésiles, pueden moverse libremente en el agua en ocasiones⁽⁴²⁾.

Platelmintos (Platyhelminthes-Turbellaria)

Los platelmintos, comúnmente conocidos como gusanos planos debido a la forma deprimida dorsoventral de su cuerpo, comprenden un grupo diverso que incluye a los turbelarios (planarias), trematodos (duelas), monogéneos y cestodos (tenias). Estos organismos pueden ser acuáticos, ya sea marinos o de agua dulce, así como terrestres y parásitos. Sus tamaños varían considerablemente, desde menos de un milímetro hasta varios metros de longitud, como en el caso de las solitarias^(39,40,42). Los turbelarios de agua dulce son principalmente de vida libre y se dividen en cuatro órdenes: Rhabdocoela, Temnocephalida, Alloecoela y Tricladida. Este último es el más conocido, ya que incluye a las planarias⁽⁴²⁾. Las

planarias se caracterizan por su cuerpo aplanado, su cabeza en forma triangular con dos ojos y pueden alcanzar tamaños de hasta 30 mm⁽⁴¹⁾.

Nemátodos (Nematoda)

Los nemátodos, comúnmente conocidos como gusanos redondos, son los organismos más abundantes del mundo, distribuidos en casi todos los hábitats desde aguas salinas y dulces, en el suelo, abarcando desde las zonas polares hasta los trópicos y desde las montañas hasta las profundidades marinas^(39,42). También se encuentran en aguas termales y en las bromelias epífitas⁽³⁹⁾. Los nemátodos pueden ser de vida libre o parásitos, algunos de ellos infectan a humanos, animales y plantas. Su tamaño es variado, la mayoría mide menos de 5 cm y algunos son microscópicos, aunque existen parásitos que pueden superar los 1 m de longitud^(40,42).

Nematomorfos (Nematomorpha)

Se les conoce como gusanos pelo de caballo, gusanos pelo o gordiáceos. Los individuos adultos son de vida libre, mientras que los juveniles son parásitos de artrópodos. Estos gusanos miden entre 1 y 3 mm de diámetro y pueden alcanzar longitudes de hasta 1 m. Se han descrito aproximadamente 320 especies en este filo, y la mayoría de los nematomorfos pertenece a la clase Gordioida. Habitan en cuerpos de agua limpios, donde se adhieren a la vegetación, se esconden bajo piedras y se encuentran en suelos húmedos⁽³⁹⁻⁴²⁾.

Anélidos (Annelida)

Los anélidos, también conocidos como gusanos segmentados, incluyen a los Poliquetos, Oligoquetos y Hirudíneos (sanguijuelas). El primer grupo cuenta con representantes marinos, mientras que los otros son dulceacuícolas y terrestres, como las lombrices de tierra. El cuerpo de los anélidos está dividido en segmentos similares y la mayoría de ellos posee cerdas finas, exceptuando a las sanguijuelas. Estas cerdas facilitan la locomoción en el agua y en el suelo^(39,40,42).

- Oligoquetos (Oligochaeta)

La mayoría de los oligoquetos acuáticos se asemejan a las lombrices de tierra, pero son de tamaños mucho más pequeños, variando entre 1 y 30 mm, y presentan pocas cerdas, ya sean largas o cortas. Habitan en aguas eutrofizadas, sobre fondos fangosos y con abundante detritus. Su alta abundancia sugiere que se encuentran en aguas contaminadas, lo que los convierte en buenos indicadores de contaminación⁽³⁹⁾.

- Sanguijuelas (Hirudinea)

Conocidos como "chupasangres", estos gusanos segmentados y aplanados tienen dos ventosas: una anterior que rodea la boca y otra posterior, utilizada para adherirse a los sustratos. Su tamaño varía entre 5 mm y 45 cm de longitud y poseen 34 segmentos corporales. Su color puede ser blanco, transparente, oscuro, moteado o con rayas. Aunque algunas especies se alimentan de residuos orgánicos y pocas son

parásitas, la mayoría es carnívora, alimentándose de caracoles, insectos, lombrices acuáticas y otros pequeños invertebrados. Habitan en aguas quietas y poco oxigenadas, donde son abundantes, lo que los convierte en buenos indicadores de contaminación orgánica. Generalmente, se encuentran sobre troncos, rocas y residuos vegetales sumergidos⁽⁴¹⁾.

Moluscos (Mollusca)

Este amplio grupo de invertebrados de cuerpo blando, con o sin concha, incluye principalmente organismos acuáticos marinos o de agua dulce, aunque también hay algunas especies terrestres. Entre ellos se encuentran almejas, ostras, calamares, pulpos y caracoles. En los ecosistemas de agua dulce, los dos grupos de moluscos más representativos son los bivalvos y los gasterópodos^(39,40,42).

- Bivalvos (Bivalvia)

Los bivalvos se distinguen por tener dos conchas o valvas que protegen su cuerpo. Su tamaño varía considerablemente, desde pequeñas conchas de 1 o 2 mm, similares a semillas, hasta almejas gigantes que pueden alcanzar 1 m de longitud. Aunque la mayoría son marinos, también hay especies que habitan en ríos, lagos y charcas, siendo especialmente abundantes en ecosistemas lénticos⁽⁴²⁾. Se alimentan de plancton y detritus mediante un proceso de filtración, lo que les permite prosperar en sustratos fangosos de ecosistemas acuáticos no contaminados, con un pH superior a 7.0 y ricos en carbonatos⁽⁴¹⁾.

- Gasterópodos (Gastropoda)

Los gasterópodos son el grupo más representativo y diverso dentro de los moluscos. Su característica principal es la presencia de una concha en espiral, que mide entre 2 y 70 mm, aunque existen algunas especies que carecen de ella^(41,42). Habitan en ambientes ricos en carbonato de calcio, lo que les permite construir sus conchas; por tanto, son indicadores de aguas duras y alcalinas. Muchas especies de gasterópodos prosperan en ambientes bien oxigenados, mientras que otras, como **Physa**, se encuentran en áreas con alta concentración de vegetación acuática y restos orgánicos. Algunos grupos también habitan en aguas quietas y poco profundas, donde pueden ser bastante abundantes⁽⁴¹⁾.

Artrópodos (Arthropoda)

Los artrópodos son el grupo más diverso del reino animal, representando aproximadamente tres cuartas partes de todas las especies conocidas en la Tierra. La mayoría de ellos son herbívoros, aunque también existen carnívoros, omnívoros y parásitos. Estos invertebrados habitan casi todos los tipos de ambientes, incluyendo aquellos donde otros animales no podrían sobrevivir^(39,42). Dentro de este grupo se encuentran grupos acuáticos y terrestres como las arañas, escorpiones, garrapatas, ácaros, crustáceos, milpiés, ciempiés, colémbolos, insectos y muchas otras especies menos conocidas^(40,42)

- Ácaros (Acari)

Los ácaros, junto con las garrapatas, conforman el grupo Acari, una diversa categoría de arácnidos. Estos organismos son cosmopolitas y se pueden encontrar en una amplia variedad de hábitats, como musgo, plantas, hojarasca del suelo, madera en descomposición, detritos, en animales y en agua dulce^(39,40). Los ácaros se distinguen de otros arácnidos por su cuerpo compacto, donde el cefalotórax y el abdomen están fusionados, lo que provoca que no haya una división evidente entre las dos partes. Además, presentan una gran variabilidad en su tamaño, que oscila desde menos de 1 mm hasta alcanzar hasta 3 cm⁽⁴²⁾.

- Crustáceos (Crustacea)

Los crustáceos deben su nombre al caparazón que, en su mayoría, caracteriza a sus miembros (del latín *crusta*). Aunque la mayoría de ellos son marinos, también existen numerosas especies de agua dulce y algunas pocas que habitan en ambientes terrestres. Entre los crustáceos más conocidos y consumidos se destacan los cangrejos, las langostas y los camarones, mientras que entre los menos conocidos y no comestibles se encuentran copépodos (Copepoda), ostrácodos (Ostracoda), pulgas de agua (Cladocera) y entre otros^(39,40,42).

- Colémbolos (Collembola)

Los colémbolos son principalmente terrestres, aunque algunas especies han desarrollado adaptaciones para vivir en la superficie de cuerpos acuáticos^(43,44). Todos los colémbolos son de pequeño tamaño, con

longitudes que no superan los 5 mm, y cuentan con una estructura en el extremo del abdomen, conocida como fúrcula, que les permite saltar y escapar de sus depredadores^(36,42,44). Los colémbolos terrestres son abundantes en la hojarasca, en suelos húmedos y en madera en descomposición, alimentándose de materia en descomposición y hongos⁽³⁹⁾. Por otro lado, los colémbolos acuáticos se encuentran sobre la superficie de charcas y en la vegetación de las orillas de los ríos⁽⁴²⁾.

- Insectos (Insecta)

Los insectos son el grupo más diverso y abundante de los artrópodos, y de todas las clases de animales⁽⁴²⁾. Menos del 5% de las especies son acuáticas, predominando en su mayoría en estados inmaduros, con pocos ejemplares en estado adulto⁽³⁶⁾. Se caracterizan por tener piezas bucales expuestas (ectognatas), tres pares de patas, un par de antenas, un par de ojos compuestos y generalmente dos pares de alas, aunque en algunas especies pueden tener un solo par o incluso carecer de alas^(39,42).

Los tamaños de los insectos varían considerablemente, desde menos de 1 mm hasta 20 cm de longitud, y hay especies aún más grandes en los trópicos⁽⁴²⁾. Son los animales con mayor distribución en el mundo, gracias a su capacidad de vuelo, especialización y adaptación a una amplia gama de hábitats⁽⁴²⁾. Aunque este grupo está compuesto por 29 órdenes, solo 12 de ellos se consideran acuáticos o están asociados a cuerpos de agua⁽³⁶⁾. Sin embargo, no abordaremos los órdenes Blattaria y

Hymenoptera, ya que son terrestres; nos enfocaremos en los demás órdenes.

Coleópteros (Coleoptera)

Los coleópteros son los artrópodos más diversos en los ambientes acuáticos^(41,45). Se desarrollan en una amplia variedad de hábitats acuáticos, tanto lóticos como lénticos, y juegan un papel crucial en la cadena alimentaria como depredadores de otros organismos, además de ser una fuente de alimento para los peces⁽⁴²⁾. Los coleópteros adultos se caracterizan por su cuerpo compacto, que incluye piezas bucales visibles, un par de antenas de forma variable y dos pares de alas. El primer par de alas, conocido como élitros, está endurecido y cubre dorsalmente el tórax y el abdomen⁽⁴¹⁾.

Dípteros (Diptera)

Constituyen el taxón de macroinvertebrados más diverso y abundante en muchos hábitats de agua dulce. Estos insectos habitan una amplia variedad de ambientes, y algunos grupos son extremadamente tolerantes a condiciones adversas, encontrándose incluso en cuerpos de agua altamente contaminados. Los dípteros acuáticos presentan larvas y pupas que se desarrollan en el agua, mientras que los adultos son voladores y habitan en tierra. La mayoría de sus larvas se asemejan a las de los gusanos, careciendo de patas segmentadas; algunas presentan una

cabeza en forma de cápsula, aunque en otros dípteros esta estructura puede ser reducida u oscurecida⁽⁴⁶⁾.

Efemerópteros (Ephemeroptera)

Las efemerópteras son un grupo pequeño y frágil de insectos que son exclusivamente acuáticos y primitivos. Casi todas las larvas son acuáticas, mientras que los adultos son terrestres⁽⁴⁷⁾. Estas larvas se encuentran en lagos, humedales, ríos y quebradas, siendo más diversas en hábitats lóticos^(45,46). Son muy importantes en la cadena alimenticia de los ecosistemas acuáticos, ya que son una fuente de alimento para otros organismos y contribuyen al procesamiento de la materia orgánica⁽⁴⁷⁾. Las larvas tienen cuerpos alargados y presentan dos o tres filamentos caudales en el extremo del abdomen, branquias dorsales en cada segmento abdominal y una garra tarsal al final de cada pata⁽⁴⁶⁾.

Hemípteros (Hemiptera)

Los hemípteros acuáticos, comúnmente conocidos como "chinchas de agua", tienen piezas bucales modificadas en forma de un "pico" chupador. Su primer par de alas, de consistencia dura en la parte basal y llamados "hemiélitros", protege al segundo par de alas, que son membranosas; en algunas especies, las alas pueden estar ausentes^(39,41). Estos insectos son cosmopolitas y pueden ser acuáticos o semiacuáticos, habitando en zonas remansadas de ríos y quebradas, lagos, ciénagas y pantanos, aunque también se les encuentra en aguas de corrientes rápidas^(41,48). Son

depredadores de otros insectos, y las especies más grandes se alimentan de peces y crustáceos^(36,41).

Lepidópteros (Lepidoptera)

La mayoría de las lepidópteras son terrestres; sin embargo, algunas especies de la familia Crambidae tienen larvas y pupas acuáticas^(36,45). En total, se han registrado ocho familias de lepidópteras acuáticas: Cosmopterigidae, Momphidae, Tortricidae, Pyralidae, Crambidae, Sphingidae, Eribidae y Noctuidae⁽⁴³⁾. Las larvas de lepidópteras presentan un cuerpo eruciforme o glabro, con la presencia o ausencia de pelos o espinas. Tienen una cabeza esclerotizada que puede ser hipognata o prognata, un aparato bucal masticador, patas torácicas pequeñas y propatas blandas en los segmentos abdominales 3-6, además de espiráculos en el protórax y en los segmentos abdominales 1-8^(40,48). Estas larvas habitan en casitas construidas en plantas acuáticas o sobre piedras en áreas de corrientes, donde edifican túneles de tela o seda⁽³⁶⁾.

Megalópteros (Megaloptera)

Las larvas de los megalópteros son alargadas y achatadas, con una cabeza prognata de forma cuadrada, y presentan piezas bucales desarrolladas y visibles. Tienen antenas largas, maxilas también alargadas, patas con tarsos no articulados y dos garras, así como filamentos abdominales y garras en el extremo del abdomen. Este orden cuenta con solo dos familias: Corydalidae y Sialidae. Los Corydalidae son

grandes y habitan en aguas con corrientes, mientras que los Sialidae son más pequeños y se encuentran en diversos tipos de hábitats acuáticos con sedimentos blandos. Ambas familias son depredadoras^(36,46,48).

Neurópteros (Neuroptera)

Las larvas de Sisyridae son acuáticas, mientras que la pupa y el adulto son terrestres. Estas larvas se alimentan de esponjas y briozoos de agua dulce⁽³⁶⁾. Presentan una cutícula poco esclerotizada, con tórax y abdomen que cuentan con tubérculos dorsales y numerosos pelos. Sus piezas bucales son alargadas y flexibles, en forma de estilete, y tienen antenas filiformes, patas delgadas con una garra, así como branquias abdominales ventrales⁽⁴⁸⁾.

Odonatos (Odonata)

Los odonatos, comúnmente conocidos como libélulas y caballitos del diablo, son insectos cuyas larvas son estrictamente acuáticas⁽⁴³⁾. Su desarrollo en el agua puede durar desde varios meses hasta 3 años. Habitan en pozas, pantanos, márgenes de lagos y ríos de corriente lenta, prefiriendo ecosistemas con abundante vegetación acuática sumergida y emergente⁽⁴¹⁾.

Las larvas tienen cuerpos robustos en las Anisoptera y alargados en las Zygoptera. Presentan una cabeza grande con grandes ojos compuestos laterales, un aparato bucal tipo masticador con fuertes mandíbulas y un labio extensible y prensil para capturar presas. En las Anisoptera, los

palpos labiales (labro y clípeo) cubren la frente como una máscara, mientras que en las Zygoptera se encuentran por debajo de la cabeza. Además, poseen patas con tarsos de dos o tres segmentos y dos garras tarsales. El abdomen está compuesto por 10 segmentos, y en el último segmento pueden presentarse cinco espinas, filamentos o branquias en forma de hojas⁽⁴⁸⁾.

Plecópteros (Plecoptera)

Las ninfas de plecópteros presentan similitudes con los adultos, destacándose por su cabeza bien esclerotizada y de tipo prognata. Tienen dos cerci multisegmentados en el extremo del abdomen, antenas largas y branquias torácicas ventrales, así como, en ocasiones, branquias anales. Su tamaño varía entre 10 y 30 mm, y su coloración corporal es diversa, abarcando desde un amarillo pálido o parduzco hasta café oscuro y negro^(41,48). Estas ninfas habitan en cuerpos de agua corrientes, bien oxigenadas y limpias, así como en lagos alpinos oligotróficos. Por su parte, los adultos se encuentran en la vegetación ribereña o en rocas⁽⁴⁵⁾. Este grupo es característico de ambientes acuáticos alpinos o altoandinos, por lo que no hay registros en la Amazonía baja.

Tricópteros (Trichoptera)

Los tricópteros son uno de los grupos más grandes de insectos acuáticos⁽⁴⁹⁾. Sus larvas habitan en una amplia variedad de ecosistemas de agua dulce, limpios y con abundante oxigenación⁽⁴⁵⁾. Estas larvas se

caracterizan por tener un cuerpo cilíndrico, una cabeza esclerotizada con antenas que pueden ser cortas o largas, y un aparato bucal masticador con mandíbulas fuertes. Su tórax tiene segmentos bien desarrollados, siendo el pronoto una placa esclerotizada; cada segmento torácico posee patas y, en el tarso, presentan una garra simple. El abdomen está compuesto por 10 segmentos, en los cuales el noveno y décimo pueden fusionarse; el noveno segmento tiene una placa dorsal y un par de patas falsas, que pueden ser cortas o largas, con garras en el décimo segmento⁽⁴⁸⁾.

El desarrollo larval se lleva a cabo dentro de los cuerpos acuáticos durante uno a dos años, mientras que la etapa de pupa dura entre dos y tres meses. Durante su fase larval, las tricópteros construyen refugios de diversas formas, hechos de seda y materiales del sustrato donde habitan, que les proporcionan protección. Su alimentación se compone de material vegetal y algas, aunque algunas larvas adoptan un comportamiento depredador^(41,49).

1.2.3. Ecosistemas de aguas continentales

Los ecosistemas de aguas continentales, conocidos también como ecosistemas de agua dulce, son los ecosistemas acuáticos de menor extensión en los continentes en comparación con los ecosistemas marinos, que son más amplios. Esta categoría incluye ríos, quebradas, lagos, lagunas, humedales, acuíferos, entre otros⁽⁵⁰⁾. Estos ecosistemas se clasifican principalmente según el movimiento de sus aguas,

dividiéndose en ecosistemas lóticos (corrientes de agua) y ecosistemas lénticos (aguas estancadas)^(19,50).

Ambientes lóticos

Estos ecosistemas acuáticos se caracterizan por el movimiento horizontal unidireccional de sus aguas, que fluyen tanto sobre la superficie terrestre como por el subsuelo⁽⁵⁰⁾. Los ecosistemas lóticos incluyen ríos superficiales, ríos subterráneos y arroyos.

Ambientes lénticos

Estos ecosistemas acuáticos se caracterizan por el movimiento vertical o convectivo de sus aguas dentro de las depresiones del terreno que los contienen⁽⁵⁰⁾. En esta clasificación se incluyen lagos, lagunas, humedales y charcas temporales. Además, también se pueden considerar dentro de este grupo las aguas que se acumulan en diversos tipos de recipientes, que van desde bromelias hasta latas vacías⁽³⁷⁾.

1.2.4. Ecosistemas acuáticos amazónicos

En la Amazonía peruana, los ecosistemas lóticos están representados por los ríos y las quebradas, mientras que los ecosistemas lénticos por las cochas (lagunas) y "tipishcas"^(19,51). Ambos tipos de ecosistemas se clasifican según sus características fisicoquímicas; así, los ecosistemas lóticos se subdividen en: ríos de agua blanca, ríos de agua negra, ríos de aguas mixtas y ríos de agua clara. Por otro lado, los ecosistemas lénticos

se clasifican en: lagunas de origen tectónico, lagunas de origen fluvial, lagunas de várzea y lagunas de aguas negras⁽⁵¹⁾.

1.2.5. Río Mazán

El río Mazán es uno de los principales tributarios del río Napo en su cuenca baja. Sus aguas tienen características de aguas blancas, con ligera acidez y un fondo arcillo-arenoso⁽⁵²⁾. Su color es marrón claro y su transparencia promedio es de 60 cm. El río presenta una anchura que varía entre 80 y 100 metros, y una profundidad cercana a los 12 metros (7 brazas)⁽⁵³⁾.

La orografía a su alrededor es plana, lo que permite que sus aguas fluyan a una altitud media de 109 m.s.n.m., siguiendo un rumbo sinuoso que atraviesa bosques altos, bosques de bajial o várzea, y bosques de aguajal, donde forma meandros, tipishcas, tahuampas y cochas⁽⁵²⁾. Además, su régimen hidrológico se caracteriza por un periodo de creciente desde diciembre hasta febrero, y un periodo de vaciante de mayo a julio⁽⁵⁴⁾.

1.3. Definición de términos básicos

Diversidad: es la variabilidad entre todos los distintos seres vivos, incluyendo los ecosistemas terrestres, marinos y los otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte⁽⁵⁵⁾.

Bioindicadores: Grupos de organismo acuáticos que por el cambio de su composición o abundancia indican alguna condición en el ecosistema acuático⁽⁵⁶⁾.

Cocha: Del quechua *kocha* o laguna. Es un depósito natural de agua dulce de menor dimensión que un lago, principalmente en la profundidad⁽⁵⁷⁾.

Quebrada: Sinónimo de arroyo. Es el cauce por donde discurre un caudal corto de agua casi continuo. Río navegable de corta extensión.

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

Los ambientes lóticos presentan una mayor diversidad de macroinvertebrados que los ambientes lénticos en la cuenca baja del río Mazán.

2.2. Variables y su operacionalización

Variables

Dependiente

Tipo de ecosistema acuático: Lóticos y Lénticos

Independiente

Diversidad de macroinvertebrados acuáticos

Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	TIPO/NATURALEZA	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORÍA	VALORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Tipo de ecosistema acuático	Clasificación de los ecosistemas acuáticos	Categórica/Cualitativa	Flujo de sus aguas	Nominal	Lótico	Río/quebrada	Ficha de registro de parámetros fisicoquímicos
					Léntico	Cocha	
Diversidad de macroinvertebrados	Variedad de familias de macroinvertebrados en los diferentes ecosistemas acuáticos	Numérica/Cuantitativa	Riqueza de familias	Razón	Alta	Más de 20 familias	Resultados de los análisis mediante programas estadísticos
					Media	Entre 10 a 20 familias	
					Baja	Menos de 10 familias	
		Abundancia de familias	Razón	Dominante	Más del 50% de individuos		
				Medio dominante	Entre 20% y 50% de individuos		
				Raro	Menos del 10% de individuos		

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

El área de estudio abarcó un tramo de la cuenca baja del río Mazán, que va desde 500 metros aguas arriba del poblado de Maucallacta hasta 500 metros aguas abajo del poblado de Santa Cruz. Este sector se localiza muy cerca de la ciudad de Mazán, que es la capital del distrito de Mazán, en la provincia de Maynas, de la región Loreto, Perú (Figura 1). La ciudad de Mazán posee un clima cálido-tropical, con una temperatura media anual de 26.4 °C y precipitación anual de 2810 mm⁽⁵⁴⁾.



Figura 1. Ubicación de los ambientes acuáticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, en Loreto, Perú. Fuente: Imagen satelital de Google Maps.

En este tramo del río, se evaluaron diversos cuerpos de agua, que incluyeron las cochas Gamitana, Visto Bueno y Yuto, así como las quebradas Contayo, Adán y Atún Poza; también se evaluó cinco puntos en este tramo del río para contrastar los hallazgos obtenidos con los otros cuerpos de agua antes mencionados. Los parámetros fisicoquímicos y las coordenadas geográficas de estos ambientes acuáticos, expresados en unidades UTM (Universal Transverse Mercator), se pueden consultar en los anexos 1 y 2, respectivamente.

3.2. Tipo y diseño

Este estudio tuvo un diseño no experimental u observacional, de tipo descriptivo, con un enfoque cuantitativo y una recolección de datos transversal y retrospectiva.

3.3. Diseño muestral

3.3.1. Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por todos los individuos de macroinvertebrados acuáticos presentes en cada cuerpo de agua evaluado.

La muestra lo conformaron todos los individuos de macroinvertebrados encontrados en los sustratos bentónicos colectados de los cuerpos de agua evaluados.

3.3.2. Muestreo o selección de muestra

El muestreo fue de tipo no probabilístico, donde se estableció por conveniencia cinco puntos de colecta en cada cuerpo de agua, sumando un total de 35 puntos de todos los ambientes evaluados. En el caso de las quebradas, los sitios de colecta se ubicaron a intervalos de aproximadamente 100 metros entre sí, siguiendo una disposición desde la desembocadura hacia el interior. Por otro lado, en las cochas, los puntos de colecta se distribuyeron de manera proporcional según la forma del cuerpo de agua, de modo que abarque todo el ambiente acuático.

3.4. Procedimientos de recolección de datos

3.4.1. Colecta de muestra

Las muestras se recolectaron utilizando una red de mano tipo 'D' (Red D-net) mediante la técnica de arrastre modificada (Figura 2). Esta técnica consistió en realizar 'barridos' en el cuerpo de agua cerca de la orilla, a lo largo de 3 metros, siguiendo la dirección contraria a la corriente en las quebradas y en cualquier dirección en las cochas. La red tipo 'D' es ampliamente utilizada tanto en aguas poco profundas como profundas, gracias a su diseño triangular, que se adapta eficazmente a las superficies irregulares del fondo de los cuerpos de agua⁽¹⁹⁾.

El sustrato colectado fue colocado en un balde para su lavado y tamizado con el fin de eliminar el exceso de lodo, arena y hojarasca. Posteriormente, se guardaron en bolsas plásticas (bolsas de hielo) y se preservó con alcohol de 70° y etiquetados con los siguientes datos: Lugar de colecta, cuenca, fecha y datos del colector (Anexo 3). Las muestras fueron

trasladadas al Laboratorio de Calidad Ambiental del IIAP para su posterior tratamiento y análisis.



Figura 2. Colecta de macroinvertebrados acuáticos mediante arrastre con una red de mano tipo “D” en las orillas.

3.4.2. Búsqueda y conservación de macroinvertebrados

Se colocaron pequeñas porciones de muestra en una placa Petri y se diluyeron con agua destilada. Estas fueron examinadas cuidadosamente con pinzas y estiletes bajo un estereoscopio Nikon SMZ800 para identificar los especímenes de macroinvertebrados (Figura 3-A). Los especímenes recolectados se almacenaron en frascos de plástico de tapa rosca con capacidad de 60 ml, conservados en alcohol al 80 % y debidamente rotulados, con los datos correspondientes a la muestra (Figura 3-B).

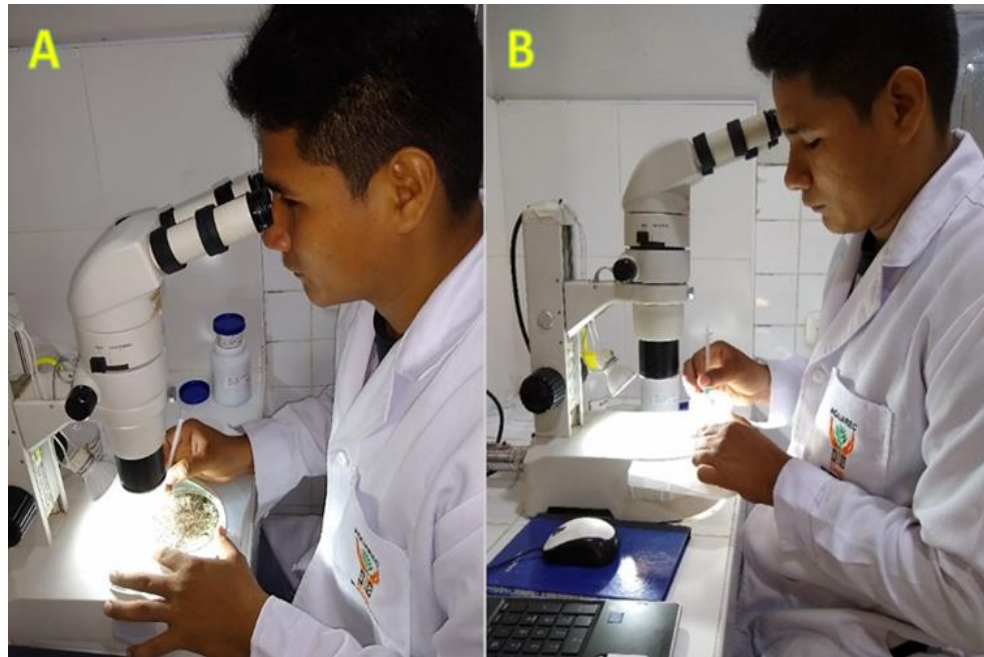


Figura 3. Búsqueda (A) y conservación (B) de macroinvertebrados.

3.4.3. Identificación de macroinvertebrados

Los macroinvertebrados se identificaron mediante sus características morfológicas, empleando claves taxonómicas generales y especializadas (Figura 4). La identificación se realizó principalmente hasta el nivel taxonómico de Familia; sin embargo, algunos grupos se clasificaron en taxones superiores debido a la ausencia de claves específicas y/o la complejidad en su identificación (Anexos 4 y 5).

Las claves utilizadas fueron las de Hamada et al., 2014⁽⁴⁸⁾; Hamada et al., 2018⁽⁴³⁾; Roldán, 1996⁽⁴¹⁾; Bouchard, 2004⁽⁴⁶⁾; Merrit et al., 2008⁽⁴⁵⁾; Domínguez & Fernández, 2009⁽⁵⁸⁾; Hanson et al., 2010⁽³⁶⁾; Flowers & De la Rosa, 2010⁽⁴⁷⁾; Springer, 2010⁽⁴⁹⁾; Oscoz et al., 2011⁽⁵⁹⁾ y Palma, 2013⁽⁶⁰⁾. Para ubicar taxonómicamente a los crustáceos se siguió a Martin & George,

2001⁽⁶¹⁾; para los moluscos a Ramírez et al., 2003⁽⁶²⁾ y para los Colémbolos se siguió la clave de Bellinger et al. 2019⁽⁴⁴⁾.



Figura 4. Identificación de los especímenes de macroinvertebrados acuáticos.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Los especímenes de macroinvertebrados acuáticos identificados se registraron en una base de datos utilizando Microsoft Excel. Estos datos fueron organizados y sistematizados para describir y analizar la diversidad, cuyos resultados se presentaron en tablas y figuras generadas en el mismo programa.

El análisis de la diversidad se realizó considerando la riqueza (observada y esperada) y la abundancia. La riqueza observada se definió como el número de familias registradas, mientras que la riqueza esperada se

estimó utilizando el estimador paramétrico Chao-1⁽⁶³⁾. Además, se evaluó la eficiencia de los muestreos mediante el cálculo de la completitud del inventario, expresada como el porcentaje de especies registradas con respecto a las estimadas. Estos valores porcentuales también reflejan la representatividad de las muestras. Para comparar las riquezas, se emplearon curvas de rarefacción basadas en el número de individuos.

La abundancia por ambiente y familia se determinó mediante el conteo total de individuos, mientras que la dominancia por ambiente se calculó utilizando el índice de dominancia de Simpson (D). La comparación de la distribución de las abundancias entre tipos de ambientes acuáticos (lénticos y lóticos) se llevó a cabo mediante curvas de rango-abundancia (curvas de Whittaker). Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el software PAST (PAleantological STatistics Software) versión 4.1.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Riqueza

4.1.1. Riqueza en la cuenca baja del río Mazán

En total se registraron 40 familias de macroinvertebrados procedentes de los siete cuerpos de agua evaluados. De estas, 33 familias correspondieron a insectos, 3 a gasterópodos, 2 a colémbolos, 1 a decápodos y 1 a bivalvos. Además, se identificaron otros grupos como los oligoquetos, ácaros, copépodos, ostrácodos y nemátodos a los que no se identificaron sus familias (Anexo 3).

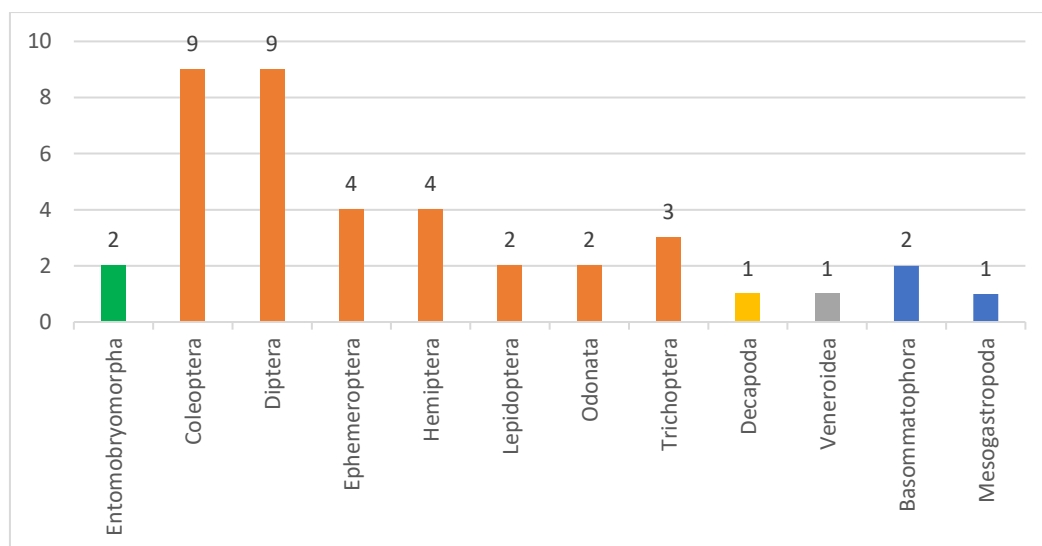


Figura 5. Riqueza de familias por órdenes de macroinvertebrados acuáticos de la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú. Las barras de colores representan las diferentes clases: verde para Collembola, anaranjado para Insecta, dorado para Malacostraca, gris para Bivalvia y azul para Gastropoda.

Entre los insectos, los órdenes Coleoptera y Diptera se destacaron por presentar las mayores riquezas, con 9 familias cada uno; mientras que, los demás órdenes mostraron una riqueza menor, con un rango de 2 a 4 familias. De manera similar, los órdenes pertenecientes a otras clases registraron entre 1 y 2 familias (Figura 5).

4.1.2. Riqueza en los ecosistemas acuáticos

Las cochas evaluadas presentaron riquezas similares, entre 11 y 12 familias; mientras que, las quebradas mostraron una mayor variación en sus riquezas, con valores entre 11 y 15 familias. Por su parte, el río Mazán se destacó como el ambiente más diverso de todos, con 24 familias registradas.

En todos los cuerpos de agua, la riqueza estimada (Chao-1) fue mayor a la registrada, lo que evidencia que hubo más familias por registrar. En las cochas Gamitana y Visto Bueno, así como en la quebrada Atún Poza, los valores de riqueza registrados fueron muy cercanos a los estimados, lo que indicó un muestreo bastante completo; contrariamente, en la cocha Yuto, las quebradas Adán y Contayo, y el río Mazán, las riquezas registradas fueron menores a las esperadas, lo que demostró que en estos ambientes el muestreo fue incompleto. La baja completitud del inventario en estos últimos ambientes mencionados muestra que se necesitó de un mayor esfuerzo de muestreo para tratar de registrar la mayor cantidad de familias de macroinvertebrados presentes (Tabla 1).

Tabla 1. Riqueza de familias (registrada y estimada) de macroinvertebrados acuáticos y completitud del inventario de los ecosistemas lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.

Riqueza	Ambientes lénticos			Ambientes lóticos			
	Cocha Gamitana	Cocha Visto Bueno	Cocha Yuto	Quebrada Adán	Quebrada Atún Poza	Quebrada Contayo	Río Mazán
Riqueza registrada	11	11	12	15	12	11	24
Riqueza estimada (Chao-1)	11.74	11.25	16.98	17.98	12.99	14.23	26.49
Completitud del inventario (%)	94%	98%	71%	83%	92%	77%	91%

Al analizar la biodiversidad de los cuerpos de agua y clasificarlos en ecosistemas lénticos y lóticos, se identificaron 18 familias en las cochas y 22 en las quebradas. En este análisis, el río Mazán no se consideró como parte del ambiente lótico, sino como un punto de contraste. La comparación de estos datos mediante curvas de acumulación reveló que los ecosistemas lóticos, representado por las quebradas, y el río presentan una mayor diversidad de familias en comparación con los ecosistemas lénticos, representados por las cochas (Figura 6).

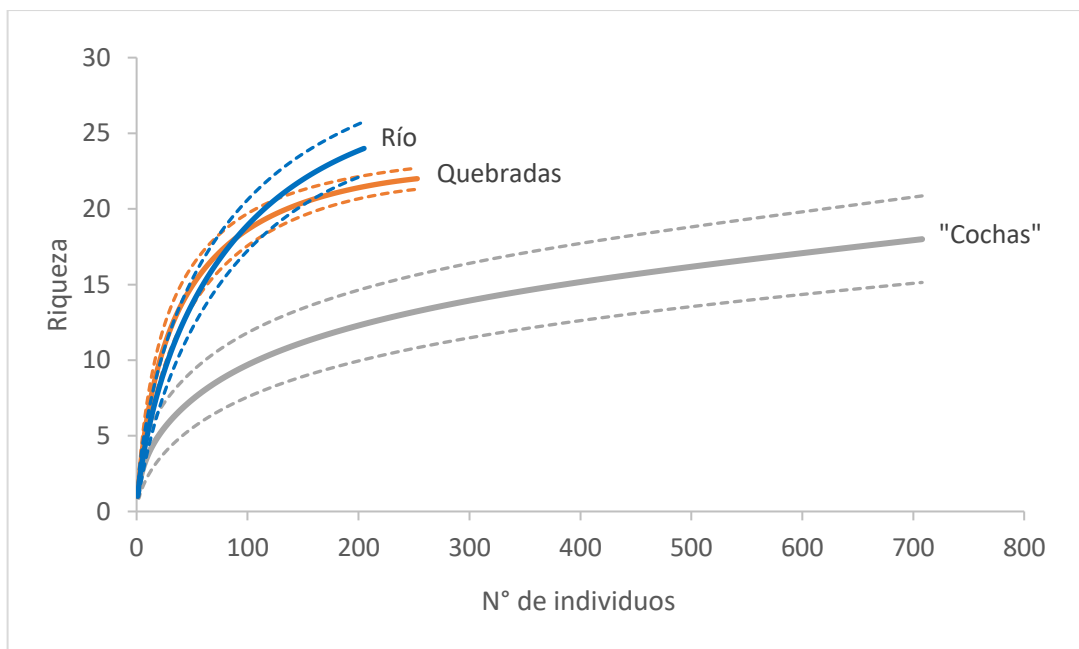


Figura 6. Riqueza de familias de macroinvertebrados acuáticos de los ecosistemas lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú, mediante curvas de rarefacción. Las líneas discontinuas indican el error estándar con un intervalo de confianza del 95%.

4.1.3. Riqueza por órdenes de macroinvertebrados

Los órdenes Diptera y Coleoptera presentaron las mayores riquezas en todos los cuerpos de agua evaluados (Figura 7). En las cochas, Coleoptera alcanzó la mayor riqueza en Gamitana y Visto Bueno, con 4 familias en cada uno, mientras que Diptera se destacó en Yuto, con 3 familias. En las quebradas, Diptera registró la mayor riqueza en Adán y Atún Poza, ambas con 4 familias, y en el río Mazán, con 9 familias. Por otro lado, Coleoptera fue el orden con mayor riqueza en la quebrada Contayo, con 4 familias. Los demás órdenes presentaron riquezas más bajas, con 1 o 2 familias en los distintos ambientes.

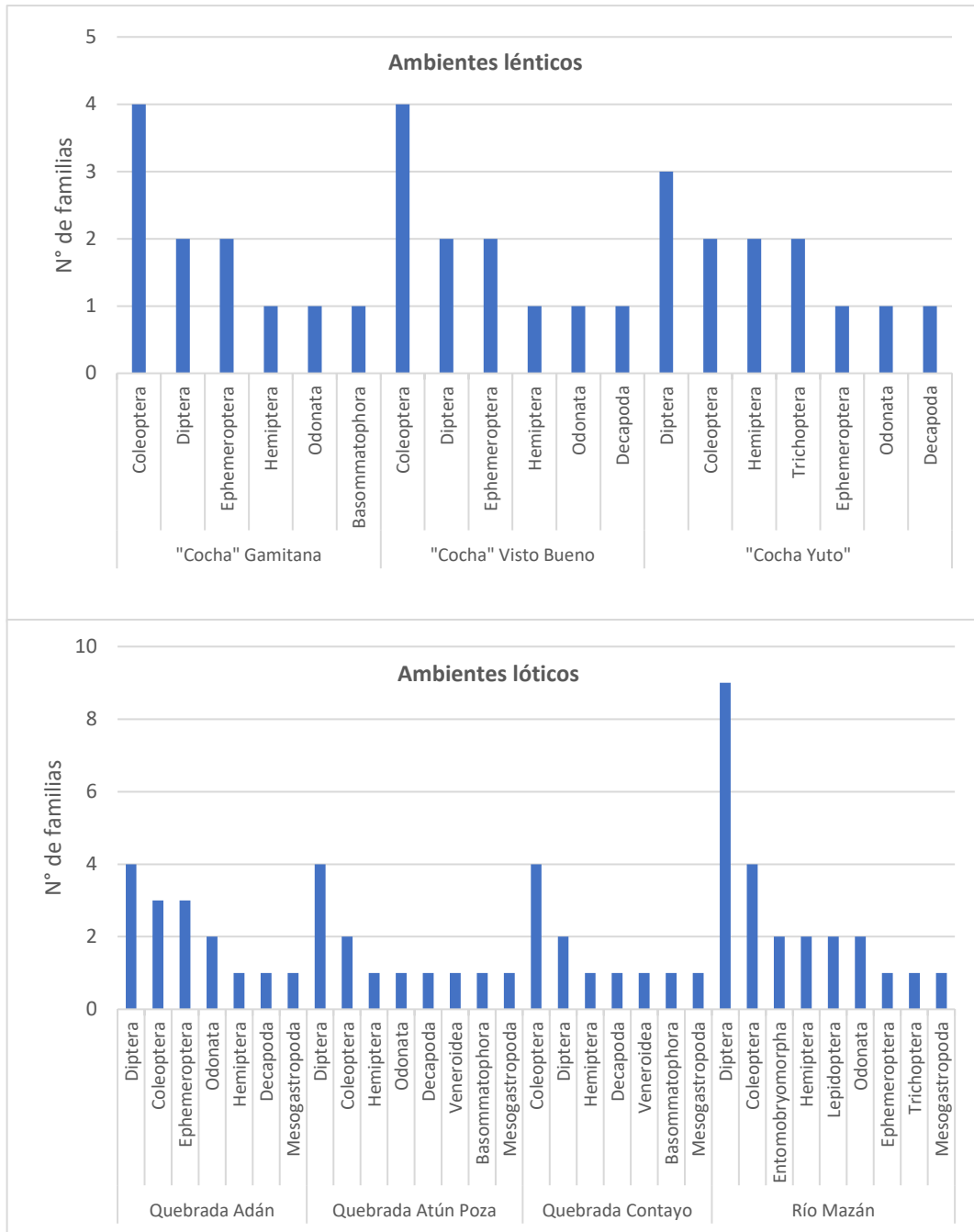


Figura 7. Riqueza de familias por órdenes de macroinvertebrados acuáticos de los ambientes lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.

4.2. Abundancia

4.2.1. Abundancia en la cuenca baja del río Mazán

Se registraron un total de 2,474 individuos de macroinvertebrados, de los cuales el 43% correspondieron a insectos (1,059 individuos), el 24% a oligoquetos (601 individuos), el 14% a ácaros (358 individuos) y el 13% a nemátodos (318 individuos). El 6% restante estuvo compuesto por gasterópodos (44 individuos), decápodos (36 individuos), copépodos (30 individuos), bivalvos (20 individuos), colémbolos (7 individuos) y un ostrácodo (1 individuo) (Figura 8).

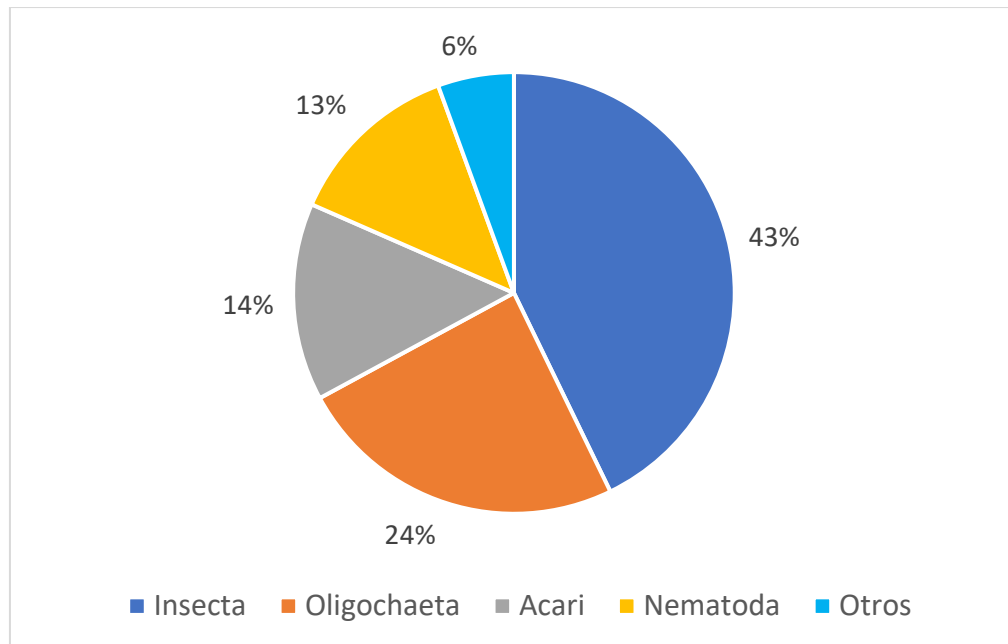


Figura 8. Abundancia porcentual de los grupos de macroinvertebrados acuáticos de la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.

A nivel de familias, Chironomidae (Diptera) fue la más dominante, con una abundancia de 596 individuos, lo que representa el 51% del total de familias y el 56% del total de insectos. Además, cabe destacar las familias Palaemonidae (Decapoda), Hydrobiidae (Mesogastropoda) y Pisidiidae (Veneroidea) por su relevancia en la comunidad, con 36, 30 y 20 individuos, respectivamente (Figura 9).

El resto de las familias presentó bajas abundancias, con menos de 15 individuos. Entre ellas, las familias Ptiliidae (Coleoptera), Dolichopodidae (Diptera), Phoridae (Diptera), Baetidae (Ephemeroptera), Notonectidae (Hemiptera), Pleidae (Hemiptera), Crambidae (Lepidoptera), Noctuidae (Lepidoptera), Hydroptilidae (Trichoptera), Polycentropodidae (Trichoptera) y Ancyliidae (Basommatophora) estuvieron representadas por un solo individuo.

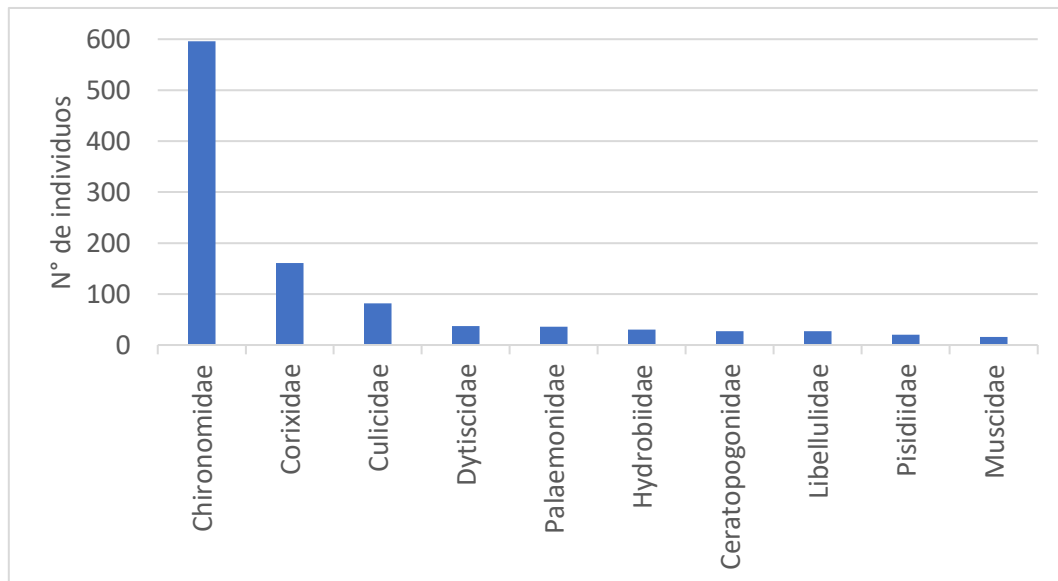


Figura 9. Abundancia de las 10 familias de macroinvertebrados acuáticos más representativas de la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.

4.2.2. Abundancia en los ecosistemas acuáticos

Las mayores abundancias se registraron en las cochas en comparación con las quebradas (Tabla 2). Entre las cochas, Yuto y Visto Bueno fueron los ambientes más abundantes, con 388 y 346 individuos, respectivamente. En las quebradas, Atún Poza y Contayo destacaron con 242 y 226 individuos. Sin embargo, el río Mazán presentó una abundancia significativamente mayor, con 967 individuos, superando ampliamente a las cochas y quebradas. Los índices de Simpson revelaron una alta dominancia en las cochas, lo que indica que pocas familias presentaron las mayores abundancias. En contraste, en las quebradas y en el río, estos índices revelaron una baja dominancia, indicando una distribución más equitativa de las abundancias entre las diferentes familias.

Tabla 2. Abundancia y dominancia de familias de macroinvertebrados acuáticos de los ambientes lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, región Loreto, Perú.

Abundancia	Ambientes lénticos			Ambientes lóticos			
	Cocha Gamitana	Cocha Visto Bueno	Cocha Yuto	Quebrada Adán	Quebrada Atún Poza	Quebrada Contayo	Río Mazán
Abundancia total	141	346	388	164	242	226	967
Abundancia de familias	127	279	302	131	90	32	205
Dominancia de Simpson (D)*	0.59	0.33	0.4	0.23	0.16	0.13	0.27

(*) índice de dominancia de Simpson basada en las abundancias de familias.

Al comparar las abundancias de las familias agrupadas por tipo de ambiente acuático mediante curvas de Whittaker, se observa que en los ambientes lénticos la abundancia disminuye rápidamente, lo que indica que unas pocas familias son dominantes y la diversidad es menor. En contraste, los ambientes lóticos presentan una distribución más uniforme de abundancias, donde la diversidad es mayor. Además, el río mantiene una tendencia intermedia entre los otros dos ambientes, con una distribución más estable en la parte media y baja del rango de familias. Estos patrones sugieren diferencias en la distribución de las comunidades de macroinvertebrados según el tipo de ambiente (Figura 10).

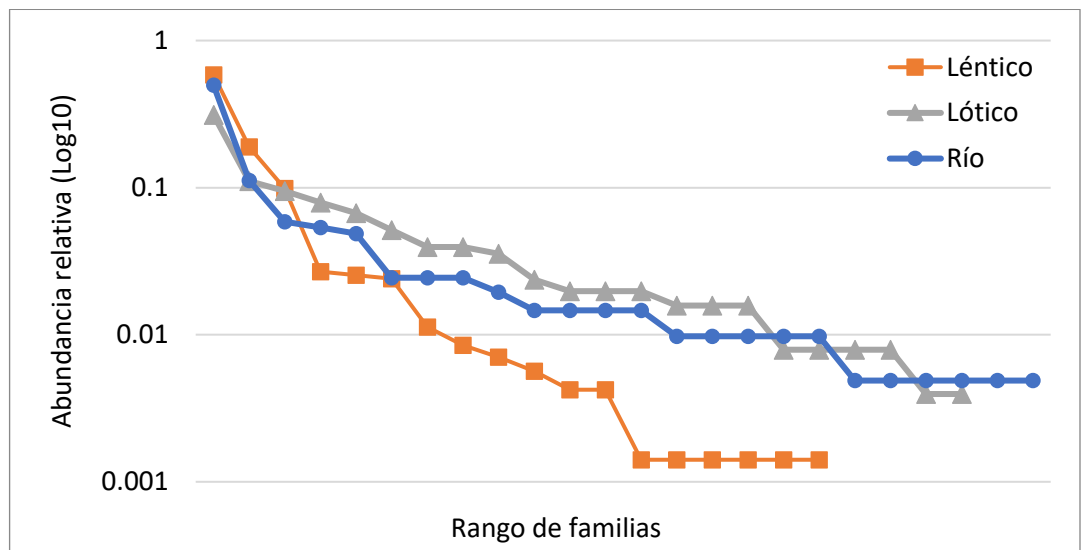


Figura 10. Abundancia proporcional de familias de macroinvertebrados acuáticos de los ambientes lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú, mediante Curvas de Whittaker o Rango-Abundancia.

4.2.3. Abundancia por familias de macroinvertebrados

La familia Chironomidae (Diptera) se fue la más abundante en la mayoría de los cuerpos de agua. Dominó sobre otras familias en las cochas Gamitana, Visto Bueno y Yuto, con 97, 139 y 179 individuos, respectivamente; también, fue dominante en el río Mazán, donde se registraron 102 individuos. A pesar de su abundancia en las quebradas Adán y Contayo, con 56 y 8 individuos respectivamente, no logró establecerse como la especie dominante en estos ambientes. Por otra parte, la familia Hydrobiidae (Mesogastropoda) fue la más abundante en la quebrada Atún Poza, con 23 individuos, pero no fue dominante. Por último, es importante resaltar la representatividad de las familias Corixidae (Hemiptera) y Culicidae (Diptera) en las cochas (Tabla 3).

Tabla 3. Abundancia de macroinvertebrados acuáticos por familias de los ambientes lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.

Familias	Ambientes lénticos				Ambientes lóticos		
	Cocha Gamitana	Cocha Visto Bueno	Cocha Yuto	Quebrada Adán	Quebrada Atún Poza	Quebrada Contayo	Río Mazán
Aeshnidae				1	1		1
Ancyliidae	1						
Baetidae				1			
Caenidae	2	1		6			
Ceratopogonidae				1	2	1	23
Chironomidae	97	139	179	56	15	8	102
Corixidae	11	65	58	22	2		3
Crambidae							1
Culicidae	3	48	19	4	5		3
Dolichopodidae							1
Dytiscidae	1	8	8	3		7	10
Elmidae	2	3					2
Entomobryidae							2
Ephydriidae			1	10			3
Gerridae						4	
Hydraenidae		3					
Hydrobiidae				3	23	2	2
Hydrophilidae						2	
Hydroptilidae			1				
Isotomidae							5
Leptoceridae							12
Leptophlebiidae				5			2
Libellulidae	1	3	14	4			5
Muscidae					5		11
Noctuidae							1
Noteridae	4						
Notonectidae			1				
Palaemonidae		2	17	12	4	1	
Phoridae							1
Pisidiidae					19	1	
Planorbidae					12	1	
Pleidae							1
Polycentropodidae			1				
Polymitarcyidae	2	2	2				
Psychodidae							5
Ptiliidae					1		
Ptilodactylidae				1		1	3
Scirtidae	3	5		2			2
Staphylinidae			1		1	4	
Tipulidae							4

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Riqueza

Este estudio es el primero en reportar la diversidad de macroinvertebrados a nivel de cuenca en la amazonía baja peruana, integrando distintos tipos ecosistemas acuáticos en un solo estudio. Los resultados de este estudio evidencian diferencias significativas en la diversidad y composición de macroinvertebrados acuáticos entre los ecosistemas lénticos y lóticos de la cuenca baja del río Mazán. La mayor riqueza de familias en los ambientes lóticos, en comparación con los lénticos, se debe a la variabilidad de microhábitats y a una mayor disponibilidad de oxígeno disuelto, factores que favorecen una mayor diversidad biológica. Estos hallazgos coinciden con los estudios de Ochoa, realizados en 10 quebradas de la zona de influencia de la carretera Iquitos-Nauta⁽²¹⁾, en Loreto, y con los de Ismiño *et al.*, quienes evaluaron la biodiversidad en los ríos Arabela, Curaray y Napo⁽²³⁾.

En contraste, la menor riqueza registrada en los ecosistemas lénticos se debe a la relativa inmovilidad de sus aguas y los altos niveles de descomposición orgánica por acumulación de material alóctono de origen vegetal, que reducen la concentración de oxígeno disuelto. Estas condiciones favorecen la proliferación de un número reducido de grupos tolerantes y limitan la biodiversidad en estos ambientes. Estos resultados coinciden con los reportados en otros estudios como los realizados en la laguna Imiría⁽²²⁾ en la región Ucayali y en Quistococha⁽²⁴⁾, Moronacocha⁽²⁶⁾ y Pañacocha⁽²⁷⁾ en la región Loreto.

Por otra parte, dado que es imposible registrar toda la riqueza de un ecosistema, la estimación de la riqueza esperada proporciona un valor aproximado de la riqueza total presente⁽⁶³⁾. En este estudio, los valores de riqueza estimada (Chao-1) fueron superiores a los registrados en los ambientes acuáticos evaluados, lo que indica que no se logró registrar la totalidad de la biodiversidad presente. En particular, la cocha Yuto, las quebradas Adán y Contayo, y el río Mazán presentaron niveles de completitud del inventario inferiores al 80%, lo que indica que el muestreo fue insuficiente. Según el Instituto Humboldt de Colombia⁽⁶⁴⁾, un inventario de biodiversidad se considera eficiente cuando supera el 85% de los taxones esperados. Por lo tanto, habría sido necesario incrementar el esfuerzo de muestreo en estos ambientes, ya que la riqueza está fuertemente influenciada por el tamaño de la muestra.

En cuanto a los macroinvertebrados, los insectos fueron el grupo con mayor riqueza en los ambientes evaluados, tal como lo afirma Hickman *et al.* (2009)⁽⁴²⁾ al decir que son el grupo más diverso de todas las clases de animales. De ellos, se destacan los órdenes Diptera y Coleoptera, pero particularmente Diptera fue más diverso en las quebradas y en el río, como lo reportan Mozombite (2023)⁽²⁰⁾ en la desembocadura del río Itaya, Ochoa (2020)⁽²¹⁾ en la mayoría de las quebradas de su estudio, Ismiño *et al.* (2015)⁽²³⁾ en los ríos Arabela y Napo; mientras que Coleoptera fue más diverso en las cochas, como lo reporta Alván *et al.* (2012)⁽²⁴⁾ en la laguna Quistococha.

Estudios realizados en ríos, quebradas, lagos y lagunas de otras regiones del Perú muestran la misma tendencia en la diversidad de estos ecosistemas, donde

los ambientes lóticos suelen ser más diversos⁽²⁹⁻³⁴⁾. Sin embargo, la composición de macroinvertebrados varía según la región, ya que los órdenes predominantes en cada ambiente acuático pueden diferir. En general, los grupos más representativos son Plecoptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Coleoptera y Odonata. La presencia de los tres primeros órdenes de insectos en un cuerpo de agua es un indicador de buenas condiciones ambientales y calidad del agua.

Abundancia

Los macroinvertebrados acuáticos registrados correspondieron principalmente a estados larvales o inmaduros (principalmente insectos), mientras que los estados adultos fueron menos frecuentes^(36,45,56). Estos organismos se distribuyeron en cuatro de los siete principales filos de invertebrados que conforman la comunidad de macroinvertebrados de agua dulce: Arthropoda, Mollusca, Annelida y Nematoda^(14,36,39).

A diferencia de la tendencia observada en la riqueza, los ambientes lénticos presentaron una mayor abundancia de individuos en comparación con los lóticos, donde las cochas Yuto y Visto Bueno fueron los ambientes con mayor abundancia. Estos resultados superan los reportados en los lagos Imiría⁽²²⁾ y Quistococha⁽²⁴⁾, pero son inferiores a los de Moronacocha⁽²⁵⁾. En cuanto a los ambientes lóticos, algunos presentaron mayores abundancias, como el río Mazán, cuyas cifras superaron a las de los ríos Arabela, Curaray y Napo⁽²³⁾. No obstante, la abundancia total en las quebradas evaluadas fue menor en comparación con las quebradas del eje carretero Iquitos-Nauta⁽²¹⁾.

Los insectos fueron el grupo más abundante y de mayor distribución en los ambientes acuáticos, lo que se debe a su capacidad de vuelo, colonización y adaptación a una amplia variedad de hábitats⁽⁴²⁾. Esto explica la alta abundancia de insectos en los ambientes lénticos. Sin embargo, en los ambientes lóticos, los oligoquetos fueron el grupo dominante. Este grupo prospera en cuerpos de agua con abundante detrito y fondo fangoso, siendo un buen indicador de ambientes eutrofizados o contaminados^(39,40).

En la mayoría de los ambientes evaluados, la familia Chironomidae fue la más abundante, dominando sobre el resto de macroinvertebrados. Su alta tolerancia a condiciones variables y su capacidad para colonizar sustratos blandos con alta carga orgánica explican su éxito en estos ecosistemas. Esto coincide con lo reportado por Ochoa (2020) en las quebradas del eje carretero Iquitos-Nauta⁽²¹⁾, Alván *et al.* (2012) en la laguna Quistococha⁽²⁴⁾, Perea *et al.* (2011) en macrófitas de la laguna Moronacocha⁽²⁵⁾ y Sánchez & Del Águila (2002) en la laguna Pañacocha⁽²⁷⁾. Sin embargo, difiere de los hallazgos de Racchumi (2019) en la laguna Imiría⁽²²⁾ y de Pinedo & Mozón (2010) en la laguna Moronacocha⁽²⁶⁾.

El índice de dominancia de Simpson mostró que los ecosistemas lénticos presentaron una distribución menos equitativa de la abundancia, con pocas familias concentrando la mayoría de los individuos, mientras que los ecosistemas lóticos mostraron una distribución más homogénea. De manera similar, las curvas de rango-abundancia de Whittaker indicaron que la abundancia en los ambientes lénticos disminuye rápidamente, reflejando una baja equitatividad, mientras que en los ambientes lóticos y en los ríos la distribución de las

abundancias es más uniforme. Este hallazgo resalta la influencia del tipo de ecosistema en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados.

Los resultados de este estudio subrayan la importancia de los ecosistemas lóticos como reservorios de biodiversidad en la cuenca baja del río Mazán. La mayor riqueza observada en estos ambientes destaca la necesidad de estrategias de conservación enfocadas en la protección de quebradas y ríos, que no solo albergan una diversidad significativa de macroinvertebrados, sino que también desempeñan un papel clave en la conectividad ecológica de la región. Además, la alta concentración de ciertos grupos, como Chironomidae, en los ecosistemas lóticos tiene implicaciones importantes para la gestión ambiental. Estudios previos han señalado que una elevada dominancia de Chironomidae puede ser indicativa de contaminación orgánica o eutrofización, lo que subraya la necesidad de monitorear estos ecosistemas para detectar posibles impactos antropogénicos.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

En la cuenca baja del río Mazán se registró una riqueza de 40 familias y una abundancia de 2474 individuos pertenecientes a insectos, oligoquetos, ácaros, nemátodos, gasterópodos, decápodos, copépodos, bivalvos, colémbolos y ostrácodos.

Las quebradas se estimaron las mayores riquezas y las menores dominancias a diferencia de las “cochas”.

Los órdenes Coleoptera y Diptera presentaron la mayor riqueza de familias tanto en los ambientes acuáticos como en la cuenca baja del río Mazán. Asimismo, la familia Chironomidae (Diptera) se destacó como la más abundante, dominando en dichos ambientes.

Los ambientes lóticos presentaron la mayor diversidad de macroinvertebrados acuáticos en comparación con los ambientes lénticos en la cuenca baja del río Mazán.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

Con experiencia en este estudio, no es recomendable almacenar las muestras sin procesar durante mucho tiempo, ya que la sedimentación de los sustratos puede destruir muchos especímenes y perderse mucha información.

Volver a muestrear estos ambientes con un mayor esfuerzo de muestreo y utilizando varias técnicas de colecta. Además, es importante realizar muestreos tanto en periodos de creciente y vaciante para obtener un registro completo y confiable de la diversidad de macroinvertebrados en esta cuenca.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Alonso A, Camargo JA. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles: Ecosistemas [Internet]. 2005 [citado el 1 de marzo de 2022];14(3). Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/432>
2. Oscoz J, Campos F, Escala MC. Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica*. el 15 de diciembre de 2006;25(2):683–92.
3. Gamboa M, Reyes Gil R, Arrivillaga-Henríquez J. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. el 1 de diciembre de 2008;48(2):109–20.
4. Custodio M, Chanamé F. Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Sci.agropecu*. el 16 de abril de 2016;7(1):33–44.
5. Grados C, Pacheco E. El impacto de la actividad extractiva petrolera en el acceso al agua: el caso de dos comunidades Kukama Kukamiria de la cuenca del Marañón (Loreto – Perú). *Anthropologica*. el 15 de diciembre de 2016;34(37):33–59.
6. Palacios Vega JJ, Chota-Macuyama W, Zárate Gómez R, Pérez Peña PE. Análisis espacial de la deforestación por actividad petrolera en el lote 192, Loreto, Perú. *Folia Amazónica*. 2019;28(2):147–60.
7. Noticias ambientales [Internet]. 2020 [citado el 8 de marzo de 2022]. Nuevo informe indica que más de 400 derrames de petróleo afectaron la Amazonía peruana. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2020/08/informe-derrames-petroleo-amazonia-peruana/>
8. Brack A, Ipenza CA, Álvarez J, Sotero V. Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con Mercurio, una bomba de tiempo [Internet]. 1a ed. Lima, Perú: Editorial Super Gráfica E.I.R.L.; 2011. 106 p. Disponible en: http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/mineria_a_aurifera_en_madre_de_dios.pdf
9. Velásquez Zapata GY. Problemas medioambientales de la minería aurífera ilegal en Madre de Dios (Perú). *Observatorio Medioambiental*. el 21 de diciembre de 2020;23:229–41.

10. Escobedo Grandez A. Agronegocios y Crisis Climática en el Perú- Monocultivos, deforestación y emisiones de carbono en la Amazonía peruana [Internet]. 2a ed. Lima, Perú: Negrapata S.A.C.; 2021. Disponible en: https://oi-files-cng-prod.s3.amazonaws.com/peru.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/Agronegocios-y-crisis-clim%C3%A1tica-Per%C3%BA.pdf
11. Moschella P. El desafío del crecimiento urbano sostenible en la ciudad amazónica de Iquitos. En 2019. p. 304–17.
12. Figueroa R, Valdovinos C, Araya E, Parra O. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*. junio de 2003;76(2):275–85.
13. Cruz Flores DD, Martínez Borrego D, Fontenla JL, Mancina CA. Inventarios y Estimaciones de la Biodiversidad. En: *Diversidad Biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas*. La Habana: AMA; 2017. p. 502 pp.
14. Alba-Tercedor J. Macroinvertebrados acuáticos y la calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)*. 1996;2:203–13.
15. Roldán-Pérez G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev Acad Colomb Cienc Ex Fis Nat*. el 3 de julio de 2016;40(155):254.
16. Guzman Rodriguez JSC. Efecto de la degradación ambiental, por acción antrópica, sobre la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos (MIB) del río Yura (Arequipa). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa [Internet]. 2021 [citado el 4 de marzo de 2022]; Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12945>
17. Barbour MT, Gerritsen J, Snyder BD, Stribling JB. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wedeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish*. [Internet]. Second Edition. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency; 1999 [citado el 9 de junio de 2022]. 134 p. (EPA 841-B-99-002). Disponible en: <https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1164.pdf>
18. Roldán Pérez GA. Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Rev Acad Colomb Cienc*. septiembre de 1999;XXIII(88):375–87.

19. Universidad Nacional Mayor de San Marcos M de HN, editor. Métodos-de-Colecta-identificación-y-análisis-de-comunidades-biológicas.compressed.pdf. Primera, Diciembre, 2014. 75 p.
20. Mozombite Mamolada W. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en las desembocaduras de los ríos Itaya y Nanay – Iquitos, Loreto. 2023 [Internet]. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2023 [citado el 22 de enero de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/9847>
21. Ochoa Vásquez M. Parámetros fisicoquímicos y su influencia en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de quebradas del área de influencia del eje carretero Iquitos, Nauta, Loreto, Perú, 2019. Repositorio institucional - UNAP [Internet]. 2020 [citado el 1 de marzo de 2022]; Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6987>
22. Racchumi-Ocaña R. Macroinvertebrados bentónicos y algunos parámetros fisico-químicos y biológicos de la laguna Imiria, Ucayali, Perú 2019. [Internet]. Universidad Nacional de Trujillo; Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16790>
23. Ismiño Orbe R, Alvan-Aguilar M, Chota-Manuyama W, García-Dávila C. Diversidad y abundancia de Plancton y Bentos en los ríos Curaray, Arabela y Napo. En: Evaluación Hidrobiológica en los ríos Arabela y Curaray cuenca del río Napo. 1a ed. Gráfica Biblos; 2015. p. 40–75.
24. Alván Alvarado J, Rodríguez Chú L, Alvan-Aguilar M. Evaluación preliminar de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de la laguna de Quistococha, Iquitos, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*. 2012;2(2):86–92.
25. Perea-Saavedra Z, Bocanegra-Chung I, Alvan-Aguilar M. Evaluación de comunidades de macroinvertebrados asociados a tres especies de macrófitas acuáticas en la laguna de Moronacocha, Iquitos. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*. el 30 de diciembre de 2011;1(2):96–103.
26. Pinedo JP, Monzón GA. Evaluacion de la calidad biologica del lago Moronacocha utilizando insectos acuaticos, Iquitos-Perú [Internet]. [Iquitos]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2010. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/2275/T-595.7-P59.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
27. Sánchez C, Del Águila C. Entomofauna Acuática de Pañacocha: Bases para su monitoreo, Loreto-Perú. [Iquitos]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2002.

28. Del Águila Panduro EA. Calidad biológica del agua en un sistema de cultivo de peces de consumo utilizando macroinvertebrados acuáticos, San Martín-Perú, 2018 [Internet]. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2022 [citado el 22 de enero de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unapikitos.edu.pe/handle/20.500.12737/8863>
29. Alomía J, Iannacone JA, Alvariño L, Ventura K. Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú. *The Biologist (Lima)* [Internet]. el 6 de julio de 2017 [citado el 4 de marzo de 2022];15(1). Disponible en: <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/144>
30. Salcedo S, Artica L, Trama FA. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad* [Internet]. el 15 de diciembre de 2013 [citado el 4 de marzo de 2022];3(2). Disponible en: <https://cendoc.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/197>
31. Ortega H, Chocano L, Palma C, Samanez I. Biota acuática en la Amazonía Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco - Ucayali). *Revista Peruana de Biología*. abril de 2010;17(1):29–36.
32. Ortega H, Rengifo B, Samanez I, Palma C. Diversidad y el estado de conservación de cuerpos de agua Amazónicos en el nororiente del Perú. *Revista Peruana de Biología*. julio de 2007;13(3):185–94.
33. Paredes E C, Iannacone O J, Alvariño F L. Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rimac, Lima-Callao, Perú. *Revista Colombiana de Entomología*. diciembre de 2005;31(2):219–25.
34. Paredes C, Iannacone J, Alvariño L. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú | *Revista Peruana de Entomología*. Rev per Ent. noviembre de 2004;4(1):107–18.
35. Roldán Pérez GA. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. 1°. Antioquía, Colombia: Universidad de Antioquía; 2003. 170 p.
36. Hanson P, Springer M, Ramirez A. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Rev Biol Trop*. diciembre de 2010;58((Supl. 4)):3–37.

37. Prat N, Rios-Touma B, Acosta R, Rieradevall M. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En 2008. p. 631–54.
38. Alvarez-Arango LF. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. [Internet]. instname:Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2005 [citado el 22 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>
39. Ruppert EE, Barnes RD. Zoología de los Invertebrados. 6a ed. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.; 1996. 1070 p.
40. Brusca RC, Brusca GJ. Invertebrados. 2a ed. Madrid, España: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.; 2005.
41. Roldán-Pérez G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía. Bogotá, Colombia: Impreades Presencia S.A.; 1996. 218 p.
42. Hickman C, Roberts LS, Keen SL, Larson A, L' Anson H, Eisenhour DJ. Principios Integrales de Zoología. 14a ed. México: McGraw-Hill; 2009. 917 p.
43. Hamada N, Thorp JH, Rogers DC. Keys to Neotropical Hexapoda-Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates. 4a ed. Vol. 3. ELSEVIER-ACADEMIC PRESS; 2018. 813 p.
44. Bellinger PF, Christiansen kenneth A, Janssens F. Checklist of the Collembola of the World [Internet]. [citado el 8 de marzo de 2022]. Disponible en: <http://www.collembola.org/>
45. Merritt RW, Cummins KW, Berg MB. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 4a ed. United States of America: KENDAL/HUNT PUBLISHING COMPANY; 2008. 1158 p.
46. Bouchard RWJr. Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest. Identification Manual for Students, Citizen Monitors and Aquatic Resource Professionals. St. Paul, Minnesota: University of Minnesota; 2004. 208 p.
47. Flowers RW, De la Rosa C. Ephemeroptera. Rev Biol Trop. diciembre de 2010;58((Supl. 4)):63–93.
48. Hamada N, Nessimian JL, Barbosa Querino R. Insetos Aquáticos na Amazonia Brasileira: Taxonomia, Biología e Ecología. Manaus: Editora INPA; 2014. 724 p.

49. Springer M. Trichoptera. Rev Biol Trop. diciembre de 2010;58((Suppl. 4)):115–98.
50. Sánchez O. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología; 2007. 293 p.
51. Maco-García JT. TIPOS DE AMBIENTES ACUÁTICOS DE LA AMAZONÍA PERUANA. Folia Amazónica. el 1 de diciembre de 2006;15(1–2):131–40.
52. Tejado C. Abundancia de *Melanosuchus niger* Spix, 1825, *Paleosuchus trigonatus* Schneider, 1801 y *Caiman crocodilus* L., 1758 en el cauce medio del río Mazán (Amazonas, Perú). Munibe (Ciencias Naturales-Natur Zientziak). 2012;(60):113–30.
53. Quiroz A. A, Saravia T. P. Evaluación de las artes y métodos de pesca empleados en el río Mazan. Evaluacion de las artes y metodos de pesca empleados en el rio Mazan [Internet]. 1979 [citado el 23 de junio de 2022]; Disponible en: <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/284>
54. Normas Técnicas Hidrográficas SEHINAV N°01 Levantamientos Hidrográficos Fluviales [Internet]. 2° Edición. MARINA DE GUERRA DEL PERÚ-SERVICIO DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN DE LA AMAZONÍA; 2018 [citado el 23 de junio de 2022]. 40 p. (HIDRONAV). Disponible en: <https://www.dhn.mil.pe/files/pdf/normas-tecnicas/sehinaav/NormaT%C3%A9cnicaSEHINAVN%C2%B001.pdf>
55. Lawrence E, editor. Diccionario_Akal_de_Terminos_Biologicos.pdf. 688 p.
56. Ladrera Fernández R, Rieradevall Sant M, Prat N. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: una herramienta didáctica. Ikastorratza e-Revista de didáctica [Internet]. 2013 [citado el 3 de marzo de 2022];11. Disponible en: <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/192054>
57. ASALE R, RAE. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. [citado el 7 de marzo de 2022]. Diccionario de la lengua española | Edición del Tricentenario. Disponible en: <https://dle.rae.es/>
58. Domínguez E, Fernández HR. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos: sistemática y biología. 1a ed. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo; 2009. 659 p.
59. Oscoz J, Galicia D, Miranda R. Identification Guide of Freshwater Macroinvertebrates of Spain. Spain: Springer Science & Business Media; 2011. 153 p.

60. Palma A. Guía para la identificación de invertebrados acuáticos. 1°. 2013. 122 p.
61. Martin JW, George ED. An Update Classification of the Recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles County. el 14 de diciembre de 2001;124.
62. Ramírez R, Paredes C, Arenas J. Moluscos del Perú. Revista de Biología Tropical. 2003;51(3):225–84.
63. Moreno CE. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. 2001;1:84 pp.
64. Villareal HM, Álvarez M, Córdoba-Córdoba S, Escobar F, Fagua G, Gast F, et al. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. instname:Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt [Internet]. 2004 [citado el 22 de febrero de 2022]; Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31419>

ANEXOS

Anexo 1. Parámetros fisicoquímicos de los ambientes lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.

Parámetros		Ambientes lénticos			Ambientes lóticos			
		Cocha Gamitana	Cocha Visto Bueno	Cocha Yuto	Quebrada Adán	Quebrada Atún Poza	Quebrada Contayo	Río Mazán
Físicos	Color aparente	Marrón claro	Marrón claro	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Marrón claro
	Temperatura Agua (°C)	27.29	26.21	30.62	25.23	26.08	24.48	26.19
	Transparencia (cm)	55	50	120	110	70	80	40
Químicos	Conductividad (µS/cm)	10	8	13	11	12	9	8
	TDS (mg/L)	5	4	6	6	6	4	4
	Oxígeno disuelto (mg/L)	4.17	4.52	3.3	1.72	1.88	3.15	4.58
	pH	5.55	5.45	5.49	5.06	5.86	5.44	4.6
	Amonio (mg/L)	-	0.25	0.25	-	-	-	0.5
	Nitrito (mg/L)	-	-	0.05	0.05	0.05	-	-
	Alcalinidad (mg/L)	20	24	12	16	20	6	16
	CO ₂ (mg/L)	10	9	15	20	15	7	12
	Cloruros (mg/L)	12	10	8	10	9	12	8
	Dureza (ppm de CaCO ₃)	4	4	6	16	6	16	8

(-) parámetro no medido.

Anexo 2. Coordenadas geográficas en unidades UTM de los ambientes lénticos y lóticos evaluados en la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.

Lugares de muestreo	Coordenadas UTM			
	Huso	Zona	X	Y
Quebrada Contayo	18	M	683033	9627840
“Cocha” Gamitana	18	M	686867	9620964
“Cocha” Visto Bueno	18	M	688999	9618339
“Cocha” Yuto	18	M	694125	9616384
Quebrada Adán	18	M	696167	9616611
Quebrada Atún Poza	18	M	703516	9611094
Río Mazán-1	18	M	683152	9627938
Río Mazán-2	18	M	688526	9621526
Río Mazán-3	18	M	689176	9618896
Río Mazán-4	18	M	695113	9616543
Río Mazán-5	18	M	705803	9611174

Anexo 3. Tratamiento de la muestra colectada en campo de los ambientes acuáticos evaluados.



Vacío del sustrato en un balde



Lavado y tamizado del sustrato



Preservación en alcohol y etiquetado de la muestra

Anexo 4. Grupos de macroinvertebrados acuáticos de los ambientes lénticos y lóticos evaluados de la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.

Categoría Taxonómica				Ambientes acuáticos						
Filos	Clases	Órdenes	Familias	Cocha Gamitana	Cocha Visto Bueno	Cocha Yuto	Quebrada Adán	Quebrada Atún Poza	Quebrada Contayo	Río Mazán
Annelida	Oligochaeta	(*)	(*)	X	X	X	X	X	X	X
Arthropoda	Arachnida/Acari	(*)	(*)	X		X	X	X	X	X
	Collembola	Entomobryomorpha	Entomobryidae							X
			Isotomidae							X
	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	X	X	X	X		X	X
			Elmidae	X	X					X
			Hydraenidae		X					
			Hydrophilidae						X	
			Noteridae	X						
			Ptiliidae					X		
			Ptilodactylidae				X		X	X
			Scirtidae	X	X		X			X
			Staphylinidae			X		X	X	
		Diptera	Ceratopogonidae				X	X	X	X
			Chironomidae	X	X	X	X	X	X	X
			Culicidae	X	X	X	X	X		X
			Dolichopodidae							X
			Ephydriidae			X	X			X
			Muscidae					X		X
			Phoridae							X
			Psychodidae							X
			Tipulidae							X

(*): Categorías taxonómicas no identificados.

Continuación...

Categoría Taxonómica				Ambientes acuáticos						
Filos	Clases	Órdenes	Familias	Cocha Gamitana	Cocha Visto Bueno	Cocha Yuto	Quebrada Adán	Quebrada Atún Poza	Quebrada Contayo	Río Mazán
		Ephemeroptera	Baetidae				X			
			Caenidae	X	X		X			
			Leptophlebiidae				X			X
			Polymitarcyidae	X	X	X				
		Hemiptera	Corixidae	X	X	X	X	X		X
			Gerridae						X	
			Notonectidae			X				
			Pleidae							X
		Lepidoptera	Crambidae							X
			Noctuidae							X
		Odonata	Aeshnidae				X	X		X
			Libellulidae	X	X	X	X			X
		Trichoptera	Hydroptilidae			X				
			Leptoceridae							X
			Polycentropodidae			X				
	Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae		X	X	X	X	X	
	Maxillopoda/Copepoda	Calanoida	(*)		X	X				X
	Ostracoda/Podocopa	Podocopida	(*)		X					
Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	Pisidiidae					X	X	
	Gastropoda	Basommatophora	Ancylidae	X						
			Planorbidae					X	X	
		Mesogastropoda	Hydrobiidae				X	X	X	X
Nematoda	(*)	(*)	(*)		X	X	X	X	X	X

Anexo 5. Algunos de los grupos de macroinvertebrados encontrados en los ambientes acuáticos de la cuenca baja del río Mazán, Loreto, Perú.

OLIGOCHAETA



OLIGOCHAETA



ACARI



ACARI



ACARI



ACARI



DECAPODA



COPEPODA/Calanoida



Fam: Palaemonidae

OSTRACODA



COLLEMBOLA



Fam: Entomobryidae

COLLEMBOLA



COLLEMBOLA



Fam: Isotomidae

COLEOPTERA



Fam: Isotomidae

COLEOPTERA



Fam: Dytiscidae (adulto)

COLEOPTERA



Fam: Dytiscidae (inmaduro)

COLEOPTERA



Fam: Elmidae (inmaduro)

COLEOPTERA



Fam: Elmidae (inmaduro)

COLEOPTERA



Fam: Ptilodactylidae (Inmaduro)

COLEOPTERA



Fam: Scirtidae (Inmaduro)

DIPTERA



Fam: Noteridae (adulto)

DIPTERA



Fam: Ceratopogonidae

DIPTERA



Fam: Ceratopogonidae

DIPTERA



Fam: Ceratopogonidae

DIPTERA



Fam: Chironomidae

DIPTERA



Fam: Chironomidae

DIPTERA



Fam: Culicidae

DIPTERA



Fam: Dolichopodidae

DIPTERA



Fam: Ephydriidae (pupa)

DIPTERA



Fam: Muscidae

DIPTERA



Fam: Phoridae

DIPTERA



Fam: Psychodidae

HEMIPTERA



Fam: Tipulidae

HEMIPTERA



Fam: Corixidae

LEPIDOPTERA



Fam: Pleidae

ODONATA



Fam: Noctuide

GASTROPODA



Fam: Libellulidae

NEMATODA



Fam: Hydrobiidae

NEMATODA

