

Evaluación hidrobiológica
en los ríos

Arabela y Curaray

Cuenca del río Napo

Salvador Tello Martín y Carmen García-Dávila
(editores)







COORDINADOR GENERAL

Salvador Tello Martín

EQUIPO TÉCNICO

Especialista en identificación molecular de ictioplancton
Carmen García-Dávila

Especialista en gestión integrada de recursos hídricos
Werner Chota Macuyama 

Especialista en pesca y rasgos de vida de peces
Aurea García Vásquez

Especialista en plancton
Rosa Ismiño Orbe

Especialista en taxonomía de peces
Homero Sánchez Riveiro

Especialista en hidrología y ecofisiología de Peces
Fred Chu Koo

Asistente en identificación molecular de ictioplancton
Diana Castro Ruiz 

Asistente en pesca y rasgos de vida de peces
Gladys Vargas Dávila

Asistente en análisis de calidad de agua
Lamberto Arévalo Llerena



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

ÁREA DE ESTUDIO

Descripción del área de estudio	6
• Río Napo	6
• Río Curaray	7
• Río Arabela	8
Estaciones de Muestreo	8
Bibliografía citada	9

I. CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RÍOS CURARAY, ARABELA Y NAPO

1.1. Introducción	11
1.2. Materiales y métodos	11
1.3. Resultados y discusión:	
• Aceites, grasas, HTP y metales en aguas	15
• Aceites, grasas, HTP y metales en sedimentos	20
• Aceites, grasas, HTP y metales en tejido de peces	25
1.4. Conclusiones	28
1.5. Bibliografía citada	28
Anexos	34

II. DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE PLANCTON Y BENTOS

2.1. Introducción	50
2.2. Materiales y métodos	51
2.3. Resultados y discusión:	
• Fitoplancton	53
• Zooplancton	67
• Macroinvertebrados bentónicos	76
2.4. Conclusiones	85
2.5. Bibliografía citada	85
Anexos	89



III. DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE ICTIOPLANCTON

2.1. Introducción	93
2.2. Materiales y métodos	94
2.3. Resultados y discusión:	
• Presencia y abundancia de ictioplancton en el área de estudio	97
• Composición y abundancia específica de larvas de peces	99
3.4. Conclusiones	112
3.5. Bibliografía citada	113

IV. DIVERSIDAD, COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DE PECES

4.1. Introducción	119
4.2. Materiales y métodos	120
4.3. Resultados y Discusión:	
• Composición y riqueza de especies	121
• Diversidad y abundancia de especies	127
• Composición de tamaños	136
4.4. Conclusiones	142
4.5. Bibliografía citada	142
Anexo 1: Especies registradas en los ríos Arabela, Curaray y Napo	146

V. CULTURA Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS EN LOS RÍOS CURARAY, ARABELA Y NAPO

5.1. Historia	161
5.2. Horticultura tradicional versus agricultura intensiva	164
5.3. La caza	166
5.4. La pesca	169
5.5. Bibliografía citada	173



INTRODUCCIÓN

Con 7,040 kilómetros de longitud –medidos desde su origen en el nevado Mismi, a 5,597 msnm, en Arequipa, hasta su desembocadura en la costa atlántica de Brasil– el río Amazonas constituye el sistema fluvial más largo, extenso y complejo del mundo. El rey de los ríos amazónicos está conformado por un número significativo de ríos, quebradas y cochas (lagunas) que contienen un quinto del total del agua dulce del planeta, y una descarga aproximada de 210,000 m³ por segundo.

Al igual que otros ecosistemas tropicales, la cuenca del Amazonas está configurada por diversas condiciones físicas, químicas y biológicas del agua, las cuales son influenciadas por factores ambientales y geográficos – que cambian de manera espacial y estacional– así como por fluctuaciones del nivel de agua que producen una dinámica interacción entre el suelo, la floresta y el ambiente acuático. En la cuenca del Amazonas, el nivel de agua puede fluctuar entre 5 a 12 metros por año (Tello, 2014).

El anegamiento estacional del bosque, conocido como “pulso de inundación”, origina los sistemas fluviales en este ecosistema y es el principal mecanismo regulador de los cambios en el ambiente amazónico, que afecta el desarrollo de organismos acuáticos y terrestres, incluyendo al hombre.

En la Amazonía, la zona de inundación es el área vecina a un río, quebrada, laguna u otro ambiente acuático, sujeto a cambios periódicos en su nivel de agua y donde la vegetación inundada juega un rol ecológico fundamental. Esta proporciona hábitat a peces y fauna silvestre, funcionando, a la vez, como estabilizador del curso de agua y las orillas y previniendo la erosión. Asimismo, la zona de inundación actúa como filtro y esponja del exceso de agua durante la estación de las lluvias, incorporando a los ríos, de manera progresiva, agua clara, sin sedimentos y libre de elementos químicos potencialmente tóxicos como nitrógeno, fósforo y sulfuros. Al llegar la sequía, las tierras húmedas y la vegetación incorporan agua al sistema, contribuyendo a mantener el nivel de los ríos y de las aguas subterráneas. Se estima que las dos terceras partes del agua que ingresa a los ambientes acuáticos, retorna a la atmósfera a través de la evaporación y la transpiración del bosque para convertirse en lluvias, cerrando de esta manera el ciclo hidrológico (Tello, 2014).

No existen dudas sobre el beneficio del “pulso de inundación” en la vida acuática del Amazonas. Las áreas que son cubiertas de agua de forma periódica a causa del desborde de los ríos y cochas, son excelentes lugares de crianza para una alta diversidad de especies, debido a que disponen de mayores áreas de alimentación, reproducción, dispersión y protección. En tiempo de creciente,



frutos, semillas e insectos son abundantes en el bosque inundado por lo que muchas especies que se alimentan de ellas se benefician durante este periodo, produciéndose, al mismo tiempo, la dispersión de semillas por acción de la fauna (roedores, murciélagos, peces, monos, entre otros), de las corrientes de agua y del viento (Tello, 2014).

En los últimos cincuenta años, la cuenca del Amazonas ha sido sometida a fuertes impactos por parte de las actividades humanas, que están alterando la diversidad biológica y cultural, así como la estructura y función de los ecosistemas acuáticos a lo largo de su recorrido. Deforestación, contaminación por actividades urbanas, industriales, mineras, entre otros, son algunos de los responsables de la degradación de los bosques y el agua en la Amazonía peruana (Tello, 2014).

Desde el punto de vista ambiental, los impactos producidos pueden alterar la composición química de las aguas, el régimen hidrológico y el caudal de los ríos, modificar los ciclos biológicos de las especies de flora y fauna y en su diversidad y abundancia, afectando la sobrevivencia de sus poblaciones. Poco se conoce acerca de la magnitud y frecuencia de estos impactos, por lo que es necesario emprender programas de monitoreo ambiental a fin de incrementar el conocimiento sobre ellos y recomendar las medidas adecuadas para su mitigación o adaptación a dichos cambios, particularmente en cuencas hidrográficas donde se desarrolle algún tipo de actividad extractiva que ponga en riesgo la integridad del ecosistema.

A lo largo de los ríos de origen andino, particularmente los que nacen en el Ecuador, se desarrollan diversas actividades extractivas. De allí la necesidad de conocer la situación ambiental del agua de estos ríos y sus recursos a fin de elaborar una línea base para futuras evaluaciones relacionadas a estas cuencas. Este es el caso de los ríos Arabela y Curaray, ambos tributarios del río Napo, donde se desarrollaron diversos estudios ambientales y biológicos durante los años 2012-2014, cuyos resultados se presentan a continuación.

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló en los ríos Arabela y Curaray, cuyas aguas desembocan en el sector medio de la cuenca hidrográfica del río Napo. Este sector del Amazonas peruano se encuentra localizado en el distrito del Napo, provincia de Maynas, departamento de Loreto y forma parte de la denominada "Ecorregión del Napo", un lugar con notable riqueza y endemismo de especies, por lo que es considerada importante para la conservación de la biodiversidad a nivel mundial y porque presenta una variedad de ecosistemas cubiertos principalmente por bosques tropicales húmedos de alta diversidad biológica. A lo largo del año, mantiene sus condiciones meteorológicas constantes: temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad y dirección del viento y presión atmosférica, característica que le confiere condiciones ideales para el desarrollo de diferentes formas de vida.

Fisiográficamente, la zona de estudio está constituida por un paisaje formado principalmente por lomas y colinas bajas que se encuentran dentro del Ecosistema Bosque Húmedo Tropical. Hidrológicamente, es parte de la cuenca del río Napo, que está conformada por numerosos afluentes, siendo los más importantes los ríos Curaray y Arabela, que a su vez cuentan con quebradas de primer, segundo y hasta tercer orden, que discurren formando meandros a lo largo de sus cauces y cochas anexas. Dentro del área de estudio se encuentran numerosos centros poblados o caseríos, siendo los más importantes: San Rafael, Nueva Libertad, Mucha Vista, Santa María, Tipishca, Soledad, Nueva Yarina, Bolívar, Shapajal y Urbina, en el río Curaray; así como Buena Vista y Flor de Coco en el río Arabela.

RÍO NAPO

Es uno de los más importantes afluentes del río Amazonas. Se localiza al norte de la región Loreto y nace en las faldas del Cotopaxi (Andes ecuatorianos), convirtiéndose en el límite natural entre Ecuador y el Perú, desde la confluencia con el río Yasuni por la margen derecha. A partir de su unión con el río Aguarico, se extiende por el Llano amazónico penetrando en territorio peruano. Es un río de aguas blancas, cuya longitud total es de casi 550 km y su ancho oscila entre 1.5 y 3 metros como máximo. La velocidad de la corriente varía de 2.7 a 5.6 km/h. La cuenca del río Napo se divide en Alto y Bajo Napo. El primero, va desde la naciente hasta la desembocadura del río Coca; el segundo, desde el río Coca hasta su desembocadura en el río Amazonas, 83.7 km aguas abajo de la ciudad de Iquitos, a la altura de la comunidad de Orellana. En la cuenca baja, el río Napo presenta un lecho de fondo arenoso, con cauce variable, numerosas islas y playas que son visibles en época de vacante, especialmente aguas arriba de la desembocadura del río Curaray, desde donde el río Napo va aumentando la distancia de orilla a orilla, mientras se acerca a su desembocadura con el Amazonas, alcanzando en dicho punto hasta los 3 km.

El régimen hidrológico del río Napo se encuentra bien definido. El periodo de creciente se presenta regularmente entre los meses de febrero y agosto, con una máxima entre junio y julio. Durante esta etapa, el río es navegable por embarcaciones de hasta 1.5 metros de calado, pudiendo hacerlo de día hasta la localidad de Pantoja. La vacante se presenta entre setiembre y enero, disminuyendo la profundidad hasta 1 metro. Es durante esta etapa que las embarcaciones toman mayores precauciones por la presencia de bancos de arena, evitando especialmente la navegación nocturna

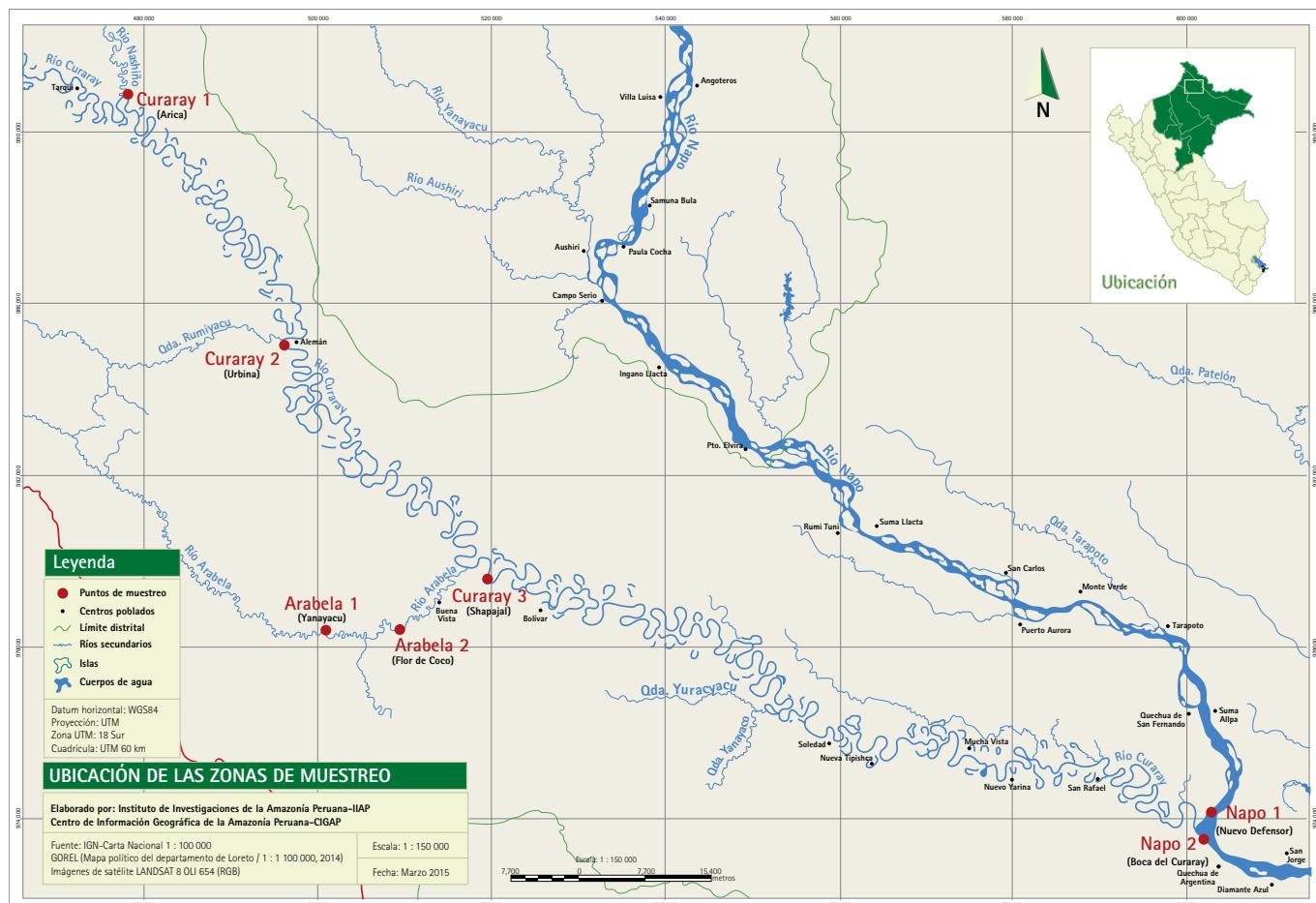


Figura 1. Área de estudio mostrando las estaciones de colecta en los ríos Arabela, Curaray y Napo.

entre la desembocadura del río Curaray y Pantoja. El río Napo es un medio de comunicación fluvial entre los pueblos asentados en ambas márgenes. Su navegabilidad está condicionada a las épocas de vacante y creciente de los ríos. En el Perú, sus aguas discurren por los distritos de Torres Causana, Napo, Mazán y Las Amazonas.

RÍO CURARAY

El río Curaray es el principal afluente del río Napo y nace en el Ecuador, en las estribaciones de la cordillera de los Andes, en la unión de los ríos Cononaco, Nashiño u Orellana y Nushiño o Pastaza. Es un río de aguas blancas, que discurre por Ecuador y el Perú. El Curaray tiene una longitud total aproximada de 800 km, de los cuales 414 discurren por la Amazonía peruana. En la parte peruana, el río Curaray recibe, por la izquierda, a su principal afluente, el río Cononaco y discurre luego en dirección sureste por los amplios llanos del departamento de Loreto, siendo un río totalmente meandrífico. Recibe al río Nashiño por la izquierda, en la localidad de Puerto Arica, y, más abajo, al río Villano. El Curaray es un río encajonado y profundo, con numerosos meandros. Su lecho es de piedras desde su formación hasta la desembocadura del río Villano y posteriormente de arena. Su ancho en el delta (boca) es de aproximadamente 300 metros y disminuye paulatinamente hasta llegar a 100 metros a la altura del río Cononaco.

Las características más visibles de los ríos de origen andino como el Napo y el Curaray son la alta descarga de sedimentos en suspensión que se acumulan en el lecho del río. Asociados a estos sedimentos, se encuentra una abundante carga de materia orgánica y de nutrientes que tienen un tremendo impacto en las características geomorfológicas, biogeoquímicas y ecológicas de los ríos de la llanura baja. La alta carga de sedimentos, nutrientes, y los periódicos ciclos de inundación crean las planicies de inundación conocidas localmente como tahuampas, que constituyen vastas áreas de bosque inundado, lagos y bancos de macrófitas de importancia estacional para el ciclo de vida de organismos acuáticos y áreas de tierra firme adyacentes a los cuerpos de agua (Richey *et al.*, 1990, Melack y Forsberg, 2001).

RÍO ARABELA

El río Arabela es un afluente del río Curaray. Cuenta con un área de captación de 2,227 Km² y una longitud total de poco más de 125 km. Esta cuenca está habitada por el pueblo indígena Arabela del cual recibe su nombre.

ESTACIONES DE MUESTREO

El estudio fue desarrollado en el área comprendida entre los ríos Curaray, Arabela y Napo. Se evaluaron siete estaciones de muestreo: dos en el río Arabela (Yanayacu-A1, Flor de Coco-A2); tres en el río Curaray (Arica-C1, Urbina-C2, Shapajal-C3); y dos en la cuenca media del río Napo, a 500 metros aguas arriba y aguas abajo de la desembocadura del río Curaray (Nuevo Defensor-N1, Boca del Curaray-N2) (Figura 1). Las evaluaciones se realizaron durante los años 2012, 2013 y 2014, abarcando los períodos de creciente y vacante de cada año.



BIBLIOGRAFÍA CITADA

Melack, J.M; Forsberg, B.R. 2001. Biogeochemistry of Amazon floodplain lakes and associated wetlands. In McClain M.E.; Victoria R.L; Richey, J.E., eds. *The Biogeochemistry of the Amazon Basin*. New York: Oxford University Press. 235– 274p.

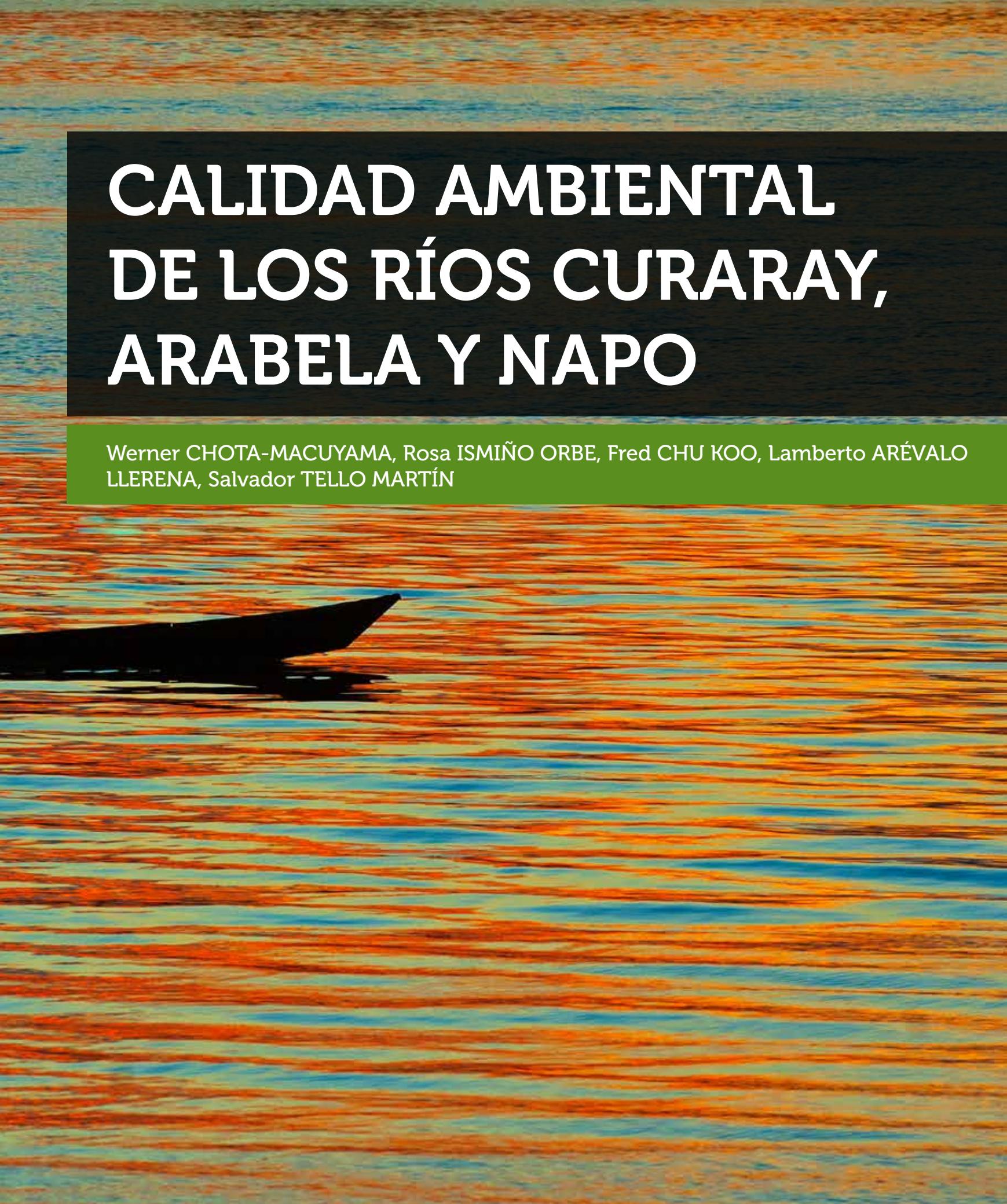
Richey, J.E.; Hedges, J.I.; Devol, A. H.; Quay, P.D. 1990. Biogeochemistry of carbon in the Amazon River. *Limnology and Oceanography* 35: 352–371.

Tello, S. 2014. *Los ríos y sus recursos*, Capítulo II, Libro "Iquitos", Editado por Telefónica del Perú, pp. 124-131.



CALIDAD AMBIENTAL DE LOS RÍOS CURARAY, ARABELA Y NAPO

Werner CHOTA-MACUYAMA, Rosa ISMIÑO ORBE, Fred CHU KOO, Lamberto ARÉVALO LLERENA, Salvador TELLO MARTÍN



1.1. INTRODUCCIÓN

El deterioro ambiental es uno de los problemas más notorios que en la actualidad afecta a la enorme diversidad y abundancia de recursos hídricos de la Amazonía. Su vulnerabilidad radica, principalmente, en su alto poder para disolver y transportar gran variedad de sustancias de desecho (Pabón y Chaparro, 2010). Sus características son muchas veces alteradas por la presencia de diversos contaminantes que provienen de fuentes antrópicas (Vitousek, 1994; Simeonov *et al.*, 2003; Programa de las Naciones Unidas *et al.*, 2009, Christophoridis *et al.*, 2009), lo que constituye una amenaza para el ambiente y la salud pública. Los casos más conocidos son aquellos relacionados con los metales pesados, que tienden a bioacumularse y biomagnificarse en los organismos que componen la cadena alimenticia, pudiendo llegar al ser humano (Diagomanolin *et al.*, 2004).

En los últimos 20 años, la Amazonía peruana ha sufrido un incremento gradual de ocupación territorial, originándose con ello, diversos problemas relacionados con la producción de desechos antrópicos de origen doméstico, agrícola e industrial. En 2012, por ejemplo, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) reportó concentraciones de mercurio y plomo por encima de los niveles permitidos en muestras de agua de la cuenca del río Nanay y sus afluentes (ANA, 2012). Según la misma entidad estatal, tendría su origen en los botaderos de residuos domésticos, las actividades de dragado del río y las aguas residuales domésticas, pudiendo también provenir, en caso de los metales, de la mineralogía de la cuenca.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad ambiental de los ríos Curaray, Arabela y Napo (a la altura de la desembocadura del Curaray) a través de la determinación de la presencia de aceites y grasas, hidrocarburos totales de petróleo y metales totales en aguas, sedimentos y músculos de peces, durante los períodos de creciente y vacante entre los años 2012 y 2014.

1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

REGISTRO DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y COLECTA DE MUESTRAS

Registro de parámetros físicos y químicos del agua

En cada estación de muestreo, se registraron datos limnológicos con un equipo multiparámetros YSI (modelo MPS 556). Los parámetros registrados fueron los siguientes: temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, pH y sólidos totales disueltos (Figura 1A). Las concentraciones de amonio, nitritos, dióxido de carbono, cloruros, dureza total y la alcalinidad total fueron determinadas por un kit para análisis LaMotte, Kit AQ-2 (Figura 1B) y la transparencia por un disco Secchi.

Colecta de muestras de agua

Para los análisis de aceites y grasas, hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y metales totales (Figuras 1C y 1D) fueron colectadas 14 muestras de agua, dos por cada estación de muestreo (una de la orilla y otra del centro del río). Las muestras para los análisis de aceites y grasas fueron preservadas con 40 gotas de ácido sulfúrico diluido 1:1 (Figura 2A), las muestras para metales con 20 gotas de ácido nítrico diluido 1:1 (Figura 2B), mientras que para HTP no se utilizaron preservantes. Todas las muestras fueron mantenidas en refrigeración como máximo 15 días hasta su análisis.

Colecta de sedimentos

Fueron colectadas dos muestras de sedimento por cada estación de muestreo (una de la orilla y otra del centro del río), utilizando una draga tipo Eckman (Figura 2C). Las muestras sin adición de preservantes fueron depositadas en frascos de vidrio color ámbar de 1L (Figura 2D) y conservadas en refrigeración.

Colecta de tejido muscular de peces

Se colectó un individuo por cada estación de muestreo, tratando de cubrir las categorías tróficas detritívoros, omnívoros y piscívoros. En la creciente, la pesca fue realizada en zonas inundables o en la entrada de los caños que conectan los lagos, empleando redes agalleras de 7.5 cm y 10 cm de abertura de malla. En vacante, se emplearon además, anzuelos y tarrafas. Los individuos capturados fueron medidos y pesados, y a continuación se tomó una muestra de tejido muscular, entre 150 a 250 g, dependiendo del tamaño del pez (Figura 2E). Las muestras sin adición de preservantes, fueron conservadas en un congelador.



▲ FIGURA 1. A y B. Registro de parámetros físicos y químicos del agua, C y D = Colecta y conservación de agua para análisis de metales pesados.





▲ Figura 2. A y B = Colecta y conservación de agua para análisis de aceites y grasas, C y D = Colecta de sedimentos para análisis de metales pesados, aceites y grasas. E = Colecta de tejido muscular de peces para análisis de metales pesados, aceites y grasas.

ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

Los aceites y grasas, HTP y metales totales fueron analizados por un laboratorio acreditado. Los metales analizados fueron el aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, boro, cadmio, calcio, cobalto, cobre, cromo, estaño, estroncio, fósforo, hierro, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plata, plomo, potasio, selenio, silicio, sodio, talio, titanio, vanadio y zinc.

- ▶ **Análisis de agua:** Los aceites y grasas fueron analizados mediante el método EPA 1664-A, los HTP por el EPA 8015-C, la corrida de metales por el EPA 200.7, y el mercurio por el EPA 245.7.
- ▶ **Análisis de sedimentos:** Los aceites y grasas fueron analizados mediante el método SM 5520-E, los HTP (C10-C40) por el EPA 8015-C, la corrida de metales (Óptico) por el EPA 6010-B, y el mercurio por el método (ICP-AES) EPA 7474.
- ▶ **Análisis de tejido muscular de peces:** Para el análisis de aceites y grasas el método utilizado fue el SM 5520, para los HTP fue el EPA 8015-C, para la corrida de metales fue el EPA 6010-B, y para el mercurio fue el método CVAFS.

Valores estándares utilizados para la interpretación de los resultados

Los resultados obtenidos fueron comparados con valores estándares de calidad ambiental. En la mayoría de los casos, con estándares de otros países, debido a que el Perú todavía no cuenta con estándares establecidos. Para aguas, los estándares utilizados fueron:

- ▶ Calidad Ambiental para Aguas de Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático, del Ministerio del Ambiente (MINAM) de Perú, 2008.
- ▶ Directiva de Consejo 78/659/CEE de la Unión Europea (UE).
- ▶ Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario de Colombia.
- ▶ Calidad Ambiental para Aguas de Categoría 1: Poblacional y Recreativo. A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, del Ministerio del Ambiente (MINAM) de Perú.

Para sedimentos se utilizaron estándares ambientales de los siguientes países:

- ▶ Estados Unidos: EPA Region IV. Ecological Screening Values-ESV.



▲ Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Arica (Curaray), obtenidos.



- ▶ Holanda: Dutch Standards. Intervention values and Target values-Soil quality standards.

Para peces se utilizaron los valores estándares establecidos por:

- ▶ Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos-DINAL (Brasil).
- ▶ Organización Mundial de la Salud (OMS).
- ▶ Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA, Resolução 357-2005 (Brasil).

1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONTENIDO DE ACEITES Y GRASAS, HTP Y METALES EN AGUAS

La contaminación de las aguas dulces con una amplia gama de contaminantes se ha convertido en un asunto de gran preocupación en las últimas décadas (Kalay y Canli, 2000). Dentro de las sustancias más importantes se encuentran los aceites y grasas, HTP y los metales pesados, que provienen de diferentes fuentes tanto naturales como antrópicas. Sin embargo, los contaminantes metálicos son el mayor problema para la calidad de las aguas continentales, y son de gran importancia en términos de riesgo para la salud de los ecosistemas y de la población humana. Los metales pesados son componentes naturales traza de los ambientes acuáticos, pero sus niveles pueden incrementarse debido a actividades domésticas, industriales, minería y agricultura (Kalay y Canli, 2000), convirtiéndose en uno de los problemas principales para la calidad de las aguas continentales. En contraste a los contaminantes orgánicos, como los aceites, grasas e hidrocarburos, los metales no se degradan o eliminan; sus formas físicas y químicas cambian, y son fácilmente removidos en el medio ambiente por mecanismos de transformación natural. La determinación de estos elementos en ambientes acuáticos es muy importante para evaluar la capacidad de las aguas para acumular contaminantes sin efectos perjudiciales (Seyler y Boaventura, 2003).

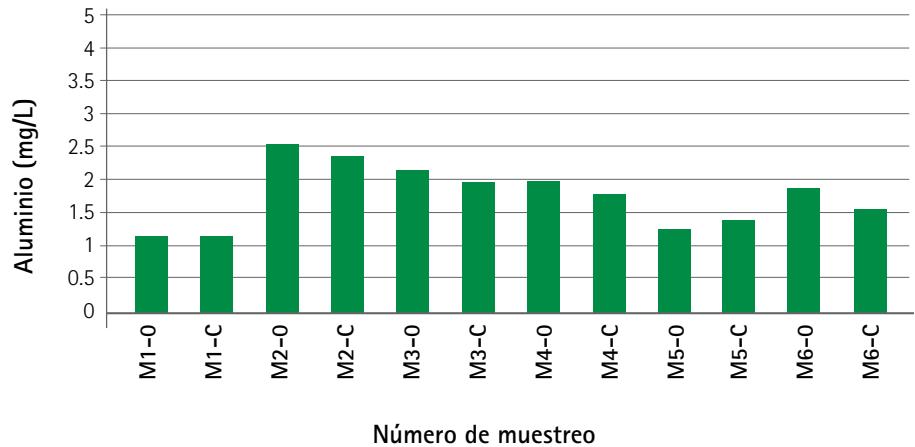
En los períodos de creciente y vaciante durante los años de evaluación, no fueron registrados los HTP; mientras que los aceites y grasas sólo fueron registrados en bajas concentraciones (1 mg/L) en la creciente del 2014 en las estaciones Curaray 2, Curaray 3 y Arabela 2. La presencia de los aceites y grasas y HTP puede deberse a varios factores como los efluentes con kerosene, lubricantes, vertimientos de gasolineras, industrias domésticas, así como de residuos de alimentos. Por tanto, el registro de estas sustancias en la zona de estudio, podría deberse a cualquiera de estos factores, siendo la mayor presencia de embarcaciones fluviales en el periodo de creciente el factor principal.

En nuestra evaluación se analizaron 32 metales tanto en agua, sedimentos y peces, enfocándonos en el análisis de aquellos más importantes desde el punto de vista ecosistémico y de la salud poblacional, además de otros que podrían presentarse por encima de los niveles máximos permisibles de acuerdo a valores estándares utilizados como comparación. De esta forma, los metales analizados más importantes fueron el arsénico, plomo, níquel, mercurio, cromo y cadmio, que resultan peligrosos debido a su carácter no biodegradable, por lo que su presencia en concentraciones mayores a los límites permisibles, suele ser perjudicial. (Mahler, 2003; García y Dorronsoro, 2005; Corinne et

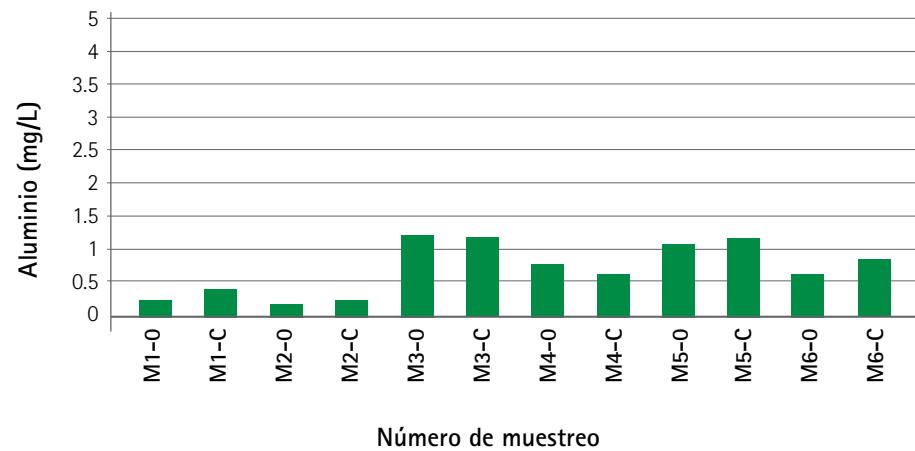
al., 2006; Lucho *et al.*, 2005). Es importante mencionar, que los metales pesados se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos, pudiendo ser absorbidos por las plantas u otros organismos y de ese modo incorporarse a las cadenas tróficas (Rooney *et al.*, 2006; Zhao *et al.*, 2006).

En las aguas de los tres ríos evaluados, de los 32 metales analizados siete no fueron detectados (arsénico, bismuto, boro, cadmio, plata, selenio y talio). Otros metales como el bario, cobalto, cromo, níquel, vanadio y zinc, fueron registrados por debajo de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos en la norma nacional vigente (D.S. N° 002-2008-MINAM) para las Aguas de Categoría 4 (Conservación del Ambiente Acuático) y Categoría 1-A1 (Uso Poblacional y Recreativo-Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). Además, las concentraciones obtenidas de todos los metales estuvieron en relación al tipo de agua de los ríos, siendo el Napo (aguas blancas) quién registró las mayores concentraciones, seguido del Curaray (aguas Intermedias) y el Arabela (aguas negras).

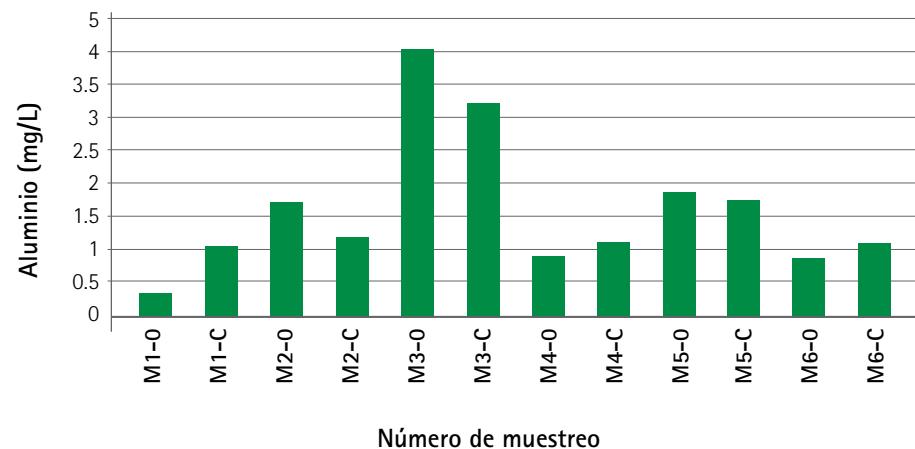
El aluminio y el hierro fueron los metales más abundantes y con valores por encima de los ECA para agua en los tres ríos evaluados. Esto concuerda con el hecho de que los suelos de la cuenca amazónica pertenecen en su mayoría a la familia del suelo ferralítico rojo (que representan el 80 % de la cuenca amazónica), cuya mineralogía es dominada por el cuarzo, óxidos de aluminio y fierro y caolinita, principalmente. Es decir, que la concentración registrada de estos elementos, al igual que el manganeso (que pertenece al mismo tipo de suelo), sugieren que son liberados de los suelos durante las altas descargas en época de creciente (Seyler y Boaventura, 2003). En el caso particular del aluminio, se ha demostrado que este elemento es tóxico para los peces en el hemisferio norte. Pero, poco se conoce de sus efectos en peces neotropicales, siendo uno de los escasos ejemplos el *Prochilodus lineatus*, con el cual se ha demostrado en ensayos de laboratorio que la concentración superior del ECA para agua de Brasil (0.2 mg/L) produce serias alteraciones en la osmorregulación del pez (Camargo *et al.*, 2009). Similarmente, el cobre (registrado sólo en el Napo, en creciente) es un elemento ampliamente distribuido en los ecosistemas acuáticos, debido a que es un elemento de origen natural, pero sin embargo, las concentraciones pueden ser en gran medida incrementados por fuentes antropogénicas, como derrames de petróleo (Adewuyi y Olowu, 2012) o la quema de combustibles. En el río Curaray, tanto en creciente como en vaciante, las concentraciones de los metales sobre los ECA para



▲ FIGURA 3. Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Arica (Curaray), obtenidos en los seis muestreos realizados entre los años 2012-2014 (M: Muestreo, O: Orilla del río, C: centro del río).



▲ FIGURA 4. Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Yanayacu (Arabela), obtenidos en los seis muestreos realizados entre los años 2012-2014 (M: Muestreo, O: Orilla del río, C: centro del río).



▲ FIGURA 5. Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Nuevo Defensor (Napo), obtenidos en los seis muestreos realizados entre los años 2012-2014 (M: Muestreo, O: Orilla del río, C: centro del río).

Metales	CURARAY			ARABELA		NAPO	
	Arica	Urbina	Shapajal	Yanayacu	Flor de Coco	Nuevo Defensor	Boca Curaray
Aluminio	●	●	●	●	●	●	●
Antimonio	-	●	-	-	-	-	-
Arsénico	-	-	-	-	-	-	-
Bario	●	●	●	●	●	●	●
Berilio	-	-	-	-	-	●	-
Bismuto	-	-	-	-	-	-	-
Boro	-	-	-	-	-	-	-
Cadmio	-	-	-	-	-	-	-
Calcio	●	●	●	●	●	●	●
Cobalto	●	●	●	●	●	●	●
Cobre	●	●	●	●	●	●	●
Cromo	●	●	●	●	●	●	●
Estaño	●	●	●	-	-	●	●
Estroncio	●	●	●	●	●	●	●
Fósforo	●	●	●	●	●	●	●
Hierro	●	●	●	●	●	●	●
Litio	●	●	●	●	●	●	●
Magnesio	●	●	●	●	●	●	●
Manganeso	●	●	●	●	●	●	●
Mercurio	●	-	-	-	-	-	-
Molibdeno	-	●	●	-	-	-	-
Níquel	●	●	●	●	●	●	●
Plata	-	-	-	-	-	-	-
Plomo	●	●	●	●	●	●	●
Potasio	●	●	●	●	●	●	●
Selenio	-	-	-	-	-	-	-
Silicio	●	●	●	●	●	●	●
Sodio	●	●	●	●	●	●	●
Titanio	●	●	●	●	●	●	●
Talio	-	-	-	-	-	-	-
Vanadio	●	●	●	●	●	●	●
Zinc	●	●	●	●	●	●	●

▲ FIGURA 6. Metales registrados en muestras de agua de los ríos Curaray, Arabela y Napo. La raya negra indica que el metal no fue registrado en ninguno de los seis muestreos realizados, en tanto que, el círculo amarillo y el círculo rojo indican que el metal por lo menos en una de las seis evaluaciones fue registrado por debajo y sobre los límites permitidos, respectivamente.



▲ Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Arica (Curaray), obtenidos en los seis muestreo.



agua (Categoría 1, uso poblacional y recreacional) recomendados por el MINAM (2008) para el aluminio fue de 0.49 a 1.97 mg/L (en las tres estaciones de colecta, Figura 3) y para el hierro fue de 1.36 a 3.52 mg/L (en las tres estaciones de colecta). En tanto que para el manganeso, en la creciente del 2012, fue de 0.13 mg/L sólo en la estación Curaray 1; y en la vaciante del mismo año, fue de 0.15 a 0.16 mg/L en la estación Curaray 1 y de 0.15 mg/L en la estación Curaray 2. En la vaciante de 2014, el manganeso estuvo sobre los niveles permisibles en todas las estaciones de colecta en un rango de 0.113 a 0.179 mg/L. En el río Arabela, tanto en creciente como en vaciante, los metales sobre los valores permitidos fueron al igual que en el Curaray, el aluminio (0.15 a 1.214 mg/L (Figura 4) y hierro (0.9 a 2.866 mg/L), en las dos estaciones de colecta. En el río Napo, para ambos períodos hidrológicos, los metales sobre los ECA para agua (Categoría 4, conservación del ambiente acuático) fueron el aluminio (0.32 a 4.524 mg/L, Figura 5) y hierro (0.66 a 5.739 mg/L), en las dos estaciones de colecta. Además, fueron registrados sobre los ECA para agua, el cobre (0.051 mg/L) en creciente y el fósforo (0.12 a 0.41 mg/L) en vaciante, para ambos en las dos estaciones de colecta.

Tanto en creciente como en vaciante, las concentraciones de los metales conocidos como macronutrientes (sodio, potasio, calcio y magnesio) fueron similares, siendo el más abundante el calcio, seguido del sodio, magnesio y potasio. Además, las concentraciones de estos metales fueron mayores en el Napo, seguido del Curaray y Arabela. La concentración de fósforo fue también uno de los

indicadores de nuestros resultados, debido a que este metal está relacionado al contenido de sólidos disueltos, por tanto, mayor cantidad de fósforo indica mayor cantidad de sólidos (Ferreira *et al.*, 2007). En nuestro trabajo, si bien es cierto que las concentraciones fueron bajas, los sólidos disueltos fueron mayores en el Napo, seguido por el Curaray y el Arabela.

Nuestros datos difieren del estudio realizado en la cuenca del Napo por el GOREL-DIGESA (2012), tanto en número de metales detectados y en la concentración de los mismos, pudiendo ser debido a que los lugares de muestreo fueron diferentes. Pero todos las concentraciones al igual que en nuestro estudio estuvieron por debajo de los ECA para agua recomendado por el MINAM (2008). El estudio indicado registró entre los metales más importantes al arsénico, cadmio, plomo y cromo. Como ejemplo, podemos mencionar al arsénico cuya concentración en el Curaray fue de 0.0006 mg/L (cerca de la comunidad de San Rafael). Las mayores concentraciones fueron registradas en el río Napo, en la línea de frontera con el Ecuador (0.0017 mg/L) y cerca de la comunidad de Rango Isla (0.0016 mg/L). En la Figura 6 mostramos de forma resumida los metales encontrados en los tres ríos evaluados, indicándose con una línea negra, los metales que no fueron registrados, con círculo amarillo y con círculo rojo (aluminio, antimonio, cobre, fósforo, hierro, manganeso y mercurio) indican que el metal por lo menos en una de las seis evaluaciones fue registrado por debajo y sobre los límites permitidos, respectivamente.

ACEITES Y GRASAS, HTP Y METALES EN SEDIMENTOS

Muchos de los contaminantes que ingresan a un cuerpo de agua superficial, por vía natural o antropogénica, quedan retenidos en los sedimentos que se depositan en el fondo del cauce (Esteves *et al.*, 1996; Bohn *et al.*, 2001), actuando como fuentes secundarias de contaminación (Herrera *et al.*, 2013), y produciendo efectos tóxicos sobre los sistemas acuáticos (Esteves *et al.*, 1996; Bohn *et al.*, 2001). Por tanto, evaluar la variación temporal de contaminantes en los sedimentos es muy importante, porque en ellos se incorporan elementos tóxicos que se acumulan a lo largo del tiempo, es decir, conservan un registro histórico del tipo de contaminación que ha tenido lugar en las zonas próximas a su recorrido (Mariani y Pompéo, 2008; De Biasi *et al.*, 2007). Esto permite rastrear el origen de los contaminantes en el medio y predecir los impactos que pueden producir en los ecosistemas acuáticos (Herrera *et al.*, 2013).

En este estudio, en la vaciante de 2012, se registraron concentraciones tanto de aceites y grasas (81 mg/kg) y HTP (191 mg/kg) solo en la estación Curaray 1 (Arica). En tanto que, en la creciente de 2013, se registraron aceites y grasas en las estaciones Curaray 1 (de 190 a 483 mg/kg), Arabela 1 (364 mg/kg), Napo 1 (139 a 1431 mg/kg) y Napo 2 (102 a 207 mg/kg). Este resultado guarda relación con la mayor cantidad de embarcaciones fluviales en la período de creciente.

En cuanto a los metales, el mayor número de ellos fue registrado en la vaciante, algunos en concentraciones más elevadas que en creciente y sobre los niveles permisibles. No fueron registrados el bismuto, plata y talio. En la mayoría de estaciones de colecta no fueron detectados el antimonio, berilio, boro, estaño, molibdeno y selenio. Los metales más importantes detectados en los sedimentos fueron el arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc. De ellos, el mercurio, cobre, cromo, mercurio y níquel estuvieron sobre los niveles permisibles en algunas de las estaciones de colecta; aunque es importante resaltar que su distribución no fue homogénea, ni presentaron patrones geográficos marcadamente definidos, encontrándose altos niveles en cualquier lugar de colecta o largo de cada río estudiado, evidenciando que las fuentes pueden ser variadas y no son continuas. El resto de metales siempre estuvieron por debajo de los límites permisibles internacionales (Canadá, Estados Unidos y Holanda).

De forma similar a las muestras de agua, los elementos más abundantes registrados fueron el aluminio y el hierro. Pero a diferencia del agua, los sedimentos presentaron además cromo, mercurio y níquel sobre los niveles permitidos (en agua, el



▲ Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Arica (Curaray), obtenidos.



mercurio solo fue registrado en una colecta y solo en la estación Curaray 1), siendo el Curaray el que registró el mayor número de ellos (6). En la Figura 7 mostramos de forma gráfica los metales encontrados en los tres ríos evaluados, indicándose con una línea negra, los metales que no fueron registrados, con círculo amarillo y con círculo rojo (aluminio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio y níquel) el metal que por lo menos en una de las seis evaluaciones fue registrado por debajo y sobre los límites permitidos, respectivamente. Además, en la Figura 8 se muestran los metales que estuvieron sobre los niveles permitidos tanto en agua como en sedimentos en los tres ríos evaluados.

Esta gráfica además muestra que el Curaray posee sedimento con mayor fracción orgánica que los del Arabela y Napo, al retener

Metales	CURARAY			ARABELA		NAPO	
	Arica	Urbina	Shapajal	Yanayacu	Flor de Coco	Nuevo Defensor	Boca Curaray
Aluminio	●	●	●	●	●	●	●
Antimonio	-	-	-	-	-	-	-
Arsénico	○	○	○	○	○	○	○
Bario	○	○	○	○	○	○	○
Berilio	-	-	-	-	-	○	-
Bismuto	-	-	-	-	-	-	-
Boro	-	-	-	-	-	-	-
Cadmio	-	-	○	○	○	○	○
Calcio	○	○	○	○	○	○	○
Cobalto	○	○	○	○	○	○	○
Cobre	○	○	●	●	○	●	○
Cromo	○	●	●	○	○	○	○
Estaño	○	○	○	○	○	○	○
Estroncio	○	○	○	○	○	○	○
Fósforo	○	○	○	○	○	○	○
Hierro	●	●	●	●	●	●	●
Litio	-	-	-	-	-	-	-
Magnesio	○	○	○	○	○	○	○
Manganeso	○	○	○	○	○	○	○
Mercurio	●	○	●	●	●	○	○
Molibdeno	-	-	-	-	-	-	-
Níquel	○	●	●	○	○	○	●
Plata	-	-	-	-	-	-	-
Plomo	○	○	○	○	○	○	○
Potasio	○	○	○	○	○	○	○
Selenio	-	-	-	-	-	-	-
Silicio	○	○	○	○	○	○	○
Sodio	○	○	○	○	○	○	○
Titanio	○	○	○	○	○	○	○
Talio	-	-	-	-	-	-	-
Vanadio	○	○	○	○	○	○	○
Zinc	○	○	○	○	○	○	○

▲ FIGURA 7. Metales registrados en muestras de sedimentos de los ríos Curaray, Arabela y Napo. La raya negra indica que el metal no fue registrado en ninguno de los seis muestreos realizados, en tanto que, el círculo amarillo y el círculo rojo indican que el metal por lo menos en una de las seis evaluaciones fue registrado por debajo y sobre los límites permitidos, respectivamente.



▲ Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Arica (Curaray), obtenidos.



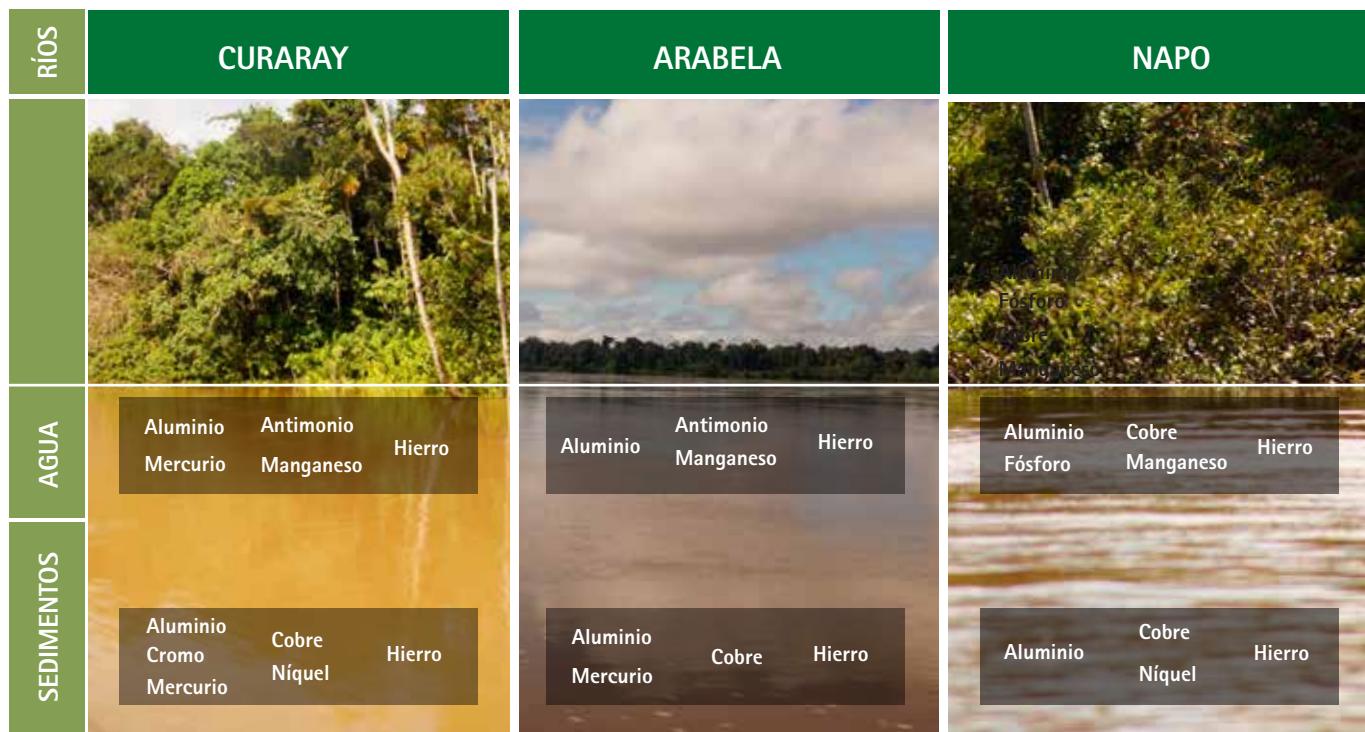
más metales que no aparecen en el agua, lo cual reduce su biodisponibilidad. Esto se debe a que al disminuir el contenido de material orgánico en el sedimento también se reduce su capacidad de acumular metales, quedando estos disponibles en disolución, lo cual facilita su transporte a lo largo del cauce (Herrera *et al.*, 2013).

En el caso del cobre, presentó concentraciones desde la no detección hasta los 32.2 mg/kg en la estación Arabela 1 (Figura 9) durante la creciente del año 2014. Otras estaciones como Curaray 3 (Figura 10) y Napo 1 (Figura 11) presentaron concentraciones elevadas (23.6 mg/kg y 28.7 mg/kg, respectivamente), siendo superiores al máximo recomendado por la agencia gubernamental estadounidense EPA región IV (18.7 mg/kg). Por su parte, el cromo, fue detectado en concentraciones superiores al límite establecido por las normas ambientales canadienses (37.3 mg/kg), en las estaciones Curaray 3 (38.9 mg/kg, vacante 2012 y 43.4 mg/kg, vacante 2013) y Curaray 2 (39.3 mg/kg, vacante 2013).

Las concentraciones de níquel superaron los niveles máximos permitidos por las normas ambientales estadounidenses (15.9 mg/kg) y canadienses (18 mg/kg), en las estaciones Curaray 2 (orilla), Curaray 3 (orilla) y Napo 2 (orilla y centro), en concentraciones que estuvieron en un rango de 18.4 a 23.9 mg/kg. Además, en la

vaciante de 2013 el níquel superó los niveles permisibles en las estaciones Curaray 2 (39.3 mg/kg) y Curaray 3 (43.4 mg/kg).

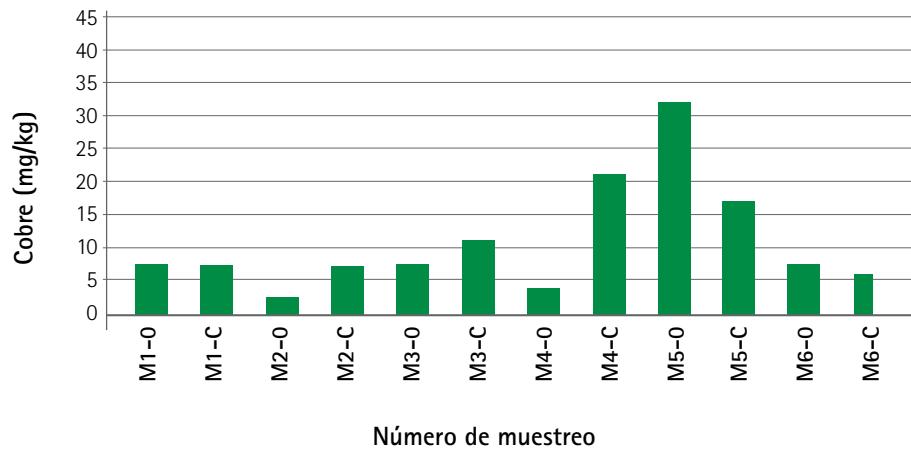
En vacante, el metal más importante por su toxicidad fue el mercurio, que superó los niveles permisibles (0.174 mg/kg) en la vacante de 2012 en la estación Curaray 3 (0.27 a 0.30 mg/kg), y en la vacante de 2013 en las estaciones Curaray 1 (0.249 mg/kg), Arabela 1 (0.427 mg/kg) y Arabela 2 (de 0.45 a 1.72 mg/kg). En algunas estaciones, como Napo 2 (0.15 mg/kg) y Arabela 2 (0.13 mg/kg) estuvieron cerca al límite permisible. Este metal puede ser responsable de intoxicaciones y contaminación ambiental (Driscoll *et al.*, 2013; Sampaio *et al.*, 2006). El mercurio se presenta como un factor de riesgo para la salud humana, a través de la ingesta de alimentos, específicamente de especies acuáticas, que es la vía de exposición más importante (Jackson *et al.*, 2013; Nava-Ruiz y Méndez-Armenta, 2011). La presencia de mercurio en los ecosistemas acuáticos amazónicos puede deberse a la explotación de oro, principalmente (Lacerda *et al.*, 1989; Malm *et al.*, 1990; Guyot, 1993; LIDEMA, 1993; Nriagu, 1993; GOREL-DIGESA, 2012). Pero ante la aparente ausencia o poca actividad minera en el Arabela y el Curaray, la deforestación parece ser la principal causa de la presencia de mercurio. Este



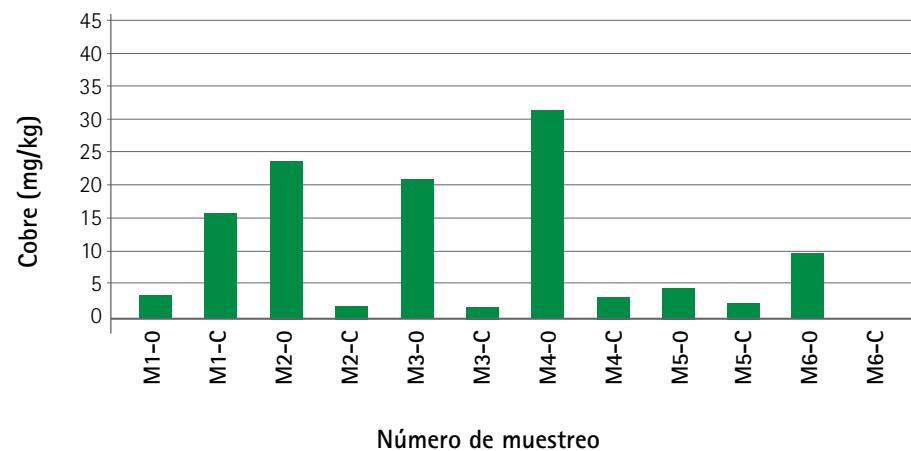
▲ FIGURA 8. Comparación de metales que estuvieron sobre los niveles permitidos en los ríos Curaray, Arabela y Napo en muestras de agua y sedimentos.

metal se libera de los suelos sin cobertura boscosa y por efecto de la escorrentía se traslada finalmente a los ríos y quebradas (Roulet *et al.*, 1999; Fostier *et al.*, 2000).

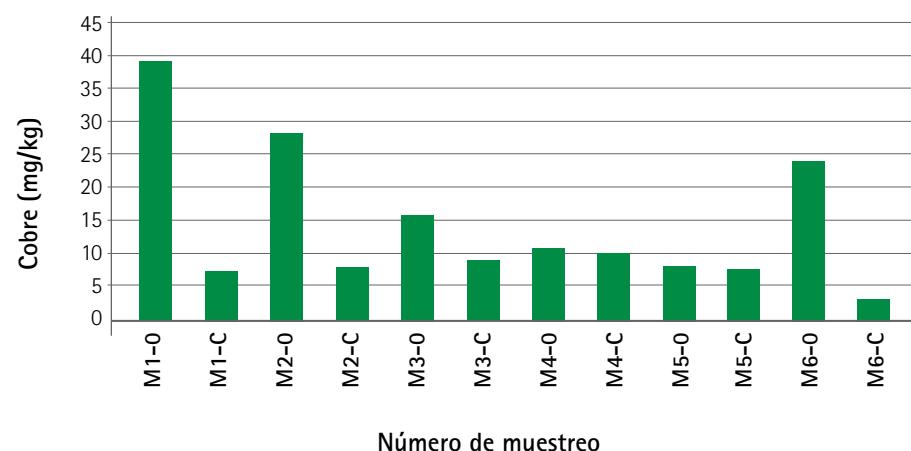
El arsénico, que también es importante por su toxicidad y cuyo origen principal en los cuerpos de agua se debe a que está presente en plaguicidas y preservantes de madera (Mancilla-Villa *et al.*, 2012; Nava-Ruiz y Méndez-Armenta, 2011), fue detectado en todas las estaciones de muestreo (1.19 - 4.06 mg/kg), pero dentro de los límites permisibles. Es importante mencionar que la toxicidad del arsénico para los humanos depende en gran medida de la forma química en la que es ingerido (Mancilla-Villa *et al.*, 2012). Los compuestos orgánicos de este metal se encuentran en concentraciones elevadas de forma natural en los pescados, moluscos y crustáceos, y son menos tóxicos que las formas inorgánicas (Nava-Ruiz y Méndez-Armenta, 2011). En nuestro estudio, este metal no fue registrado en las muestras de agua y peces, por lo que la concentración encontrada en el sedimento, además de estar dentro de los límites permisibles, no representa un riesgo si es que no se remueve el fondo de los ríos.



▲ FIGURA 9. Concentración de cobre (mg/kg) en muestras de sedimento de la estación de muestreo Yanayacu (Arabela), obtenidos en los seis muestreos realizados entre los años 2012-2014 (M: Muestreo, O: Orilla del río, C: centro del río).



▲ FIGURA 10. Concentración de cobre (mg/kg) en muestras de sedimento de la estación de muestreo Shapajal (Curaray), obtenidos en los seis muestreos realizados entre los años 2012-2014 (M: Muestreo, O: Orilla del río, C: centro del río).



▲ FIGURA 11. Concentración de cobre (mg/kg) en muestras de sedimento de la estación de muestreo Nuevo Defensor (Napo), obtenidos en los seis muestreos realizados entre los años 2012-2014 (M: Muestreo, O: Orilla del río, C: centro del río).

ACEITES Y GRASAS, HTP Y METALES EN TEJIDO DE PECES

Los peces, y en especial las especies no migratorias, son importantes indicadores de la integridad de los ecosistemas acuáticos y de la presencia de elementos tóxicos (Webb *et al.*, 2015), como hidrocarburos y metales pesados. Los organismos acuáticos como los peces acumulan estos compuestos en diferentes órganos y en concentraciones muchas veces superiores a las presentes en agua y sedimentos (Olaifa *et al.*, 2004; Khaled, 2004; Guven *et al.*, 1999). Esto pone en riesgo a las poblaciones humanas a través de la alimentación (Al-Weher, 2008), ya que en la Amazonía los peces proporcionan el 70% de la proteína animal.

En nuestro trabajo, analizamos las siguientes especies de peces, según sus hábitos alimenticios:

Detrítivores

Llambina (*Potamorhina altamazonica*)
Yahuarachi (*Potamorhina latior*)
Ractacara (*Psectrogaster amazonica*)
Boquichico (*Prochilodus nigricans*)
Yaraquí (*Semaprochilodus insignis*)
Maparate (*Hypophthalmus edentatus*)

Omnívoros

Lisa (*Leporinus trifasciatus*)
Lisa (*L. Friderici*)
Lisa (*Schizodon fasciatus*)
Sábalo (*Brycon cephalus*)
Palometa (*Mylossoma duriventre*)
Bujurqui vaso (*Chaetobranchus flavescens*)
Arahuana (*Osteoglossum bicirrhosum*)

Piscívoros

Huapeta (*Hydrolycus scomberoides*)
Tigre zúngaro (*Pseudoplatystoma tigrinum*)
Doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*)
Fasaco (*Hoplias malabaricus*)
Acarahuazú (*Astronotus ocellatus*)
Tucunaré (*Cichla monoculus*)
Chambira (*Rhaphiodon vulpinus*)
Cachorro (*Acestrorhynchus falcirostris*)

Estas categorías fueron contrastadas con los trabajos de Pouilly *et al.* (2012) y García *et al.* (2008).

En ninguna de las especies evaluadas en los tres ríos se registró la presencia de HTP. Sin embargo, todas registraron aceites y



Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Arica (Curaray), obtenidos.



grasas (de 487 mg/kg en fasaco, a 85376 mg/kg en maparate), expresando el contenido natural de lípidos de estas especies. Esto ante la escasa presencia de estas sustancias tanto en el agua como en los sedimentos analizados.

En relación a los metales, la Organización mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) recomienda realizar monitoreo obligatorio del mercurio, cadmio, plomo, arsénico, cobre, zinc, hierro y el estaño (Staniskiene, 2006). Esto debido a que elementos como el cadmio, mercurio y plomo no tienen un rol esencial conocido en los organismos vivos, y son tóxicos incluso a bajas concentraciones.

Por otro lado, si bien metales como el cobre, cobalto, zinc, hierro y manganeso son esenciales para la actividad enzimática y varios procesos biológicos, estos metales en altas concentraciones también pueden ser tóxicos (Mendonça Duarte *et al.*, 2008). Por este motivo se recomienda, realizar estudios en agua y sedimentos conjuntamente con organismos vivos, debido a que estos elementos pueden no ser peligrosos por el consumo directo del agua pero sí a través del consumo de organismos acuáticos como los peces. En nuestro trabajo, en el tejido muscular de los peces analizados, no se registraron algunos de estos metales importantes, pero sí fueron registrados el cobre y el mercurio.

El cobre, fue registrado en 0.6 mg/kg tanto en lisa como en boquichico, ambos colectados en el período de creciente. El cobre es un elemento esencial requerido por todos los organismos



▲ Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Arica (Curaray), obtenidos.



vivos para varias funciones y reacciones bioquímicas (Linder and Hazegh-Azam, 1996), pero también puede ser tóxico para los peces, dependiendo de la especie y de las características del agua (Grosell *et al.*, 2002). En nuestro estudio, se registraron concentraciones de cobre sobre los niveles permitidos en agua solo en el Napo (en las dos estaciones de colecta) mientras que en sedimento fueron registrados en los tres ríos (en las estaciones Curaray 3, Arabela 1 y Napo 1), concentraciones que podrían estar afectando a los peces. La forma tóxica del cobre en los peces es catión divalente libre Cu²⁺ (Campbell, 1995), que en los peces de agua dulce interfiere en el mecanismo de captación de Na⁺ y Cl⁻ en las branquias. Los peces expuestos a altas concentraciones de cobre experimentan un incremento de la permeabilidad en las branquias resultando en la pérdida de iones y la subsecuente muerte (Laurén y McDonald, 1985).

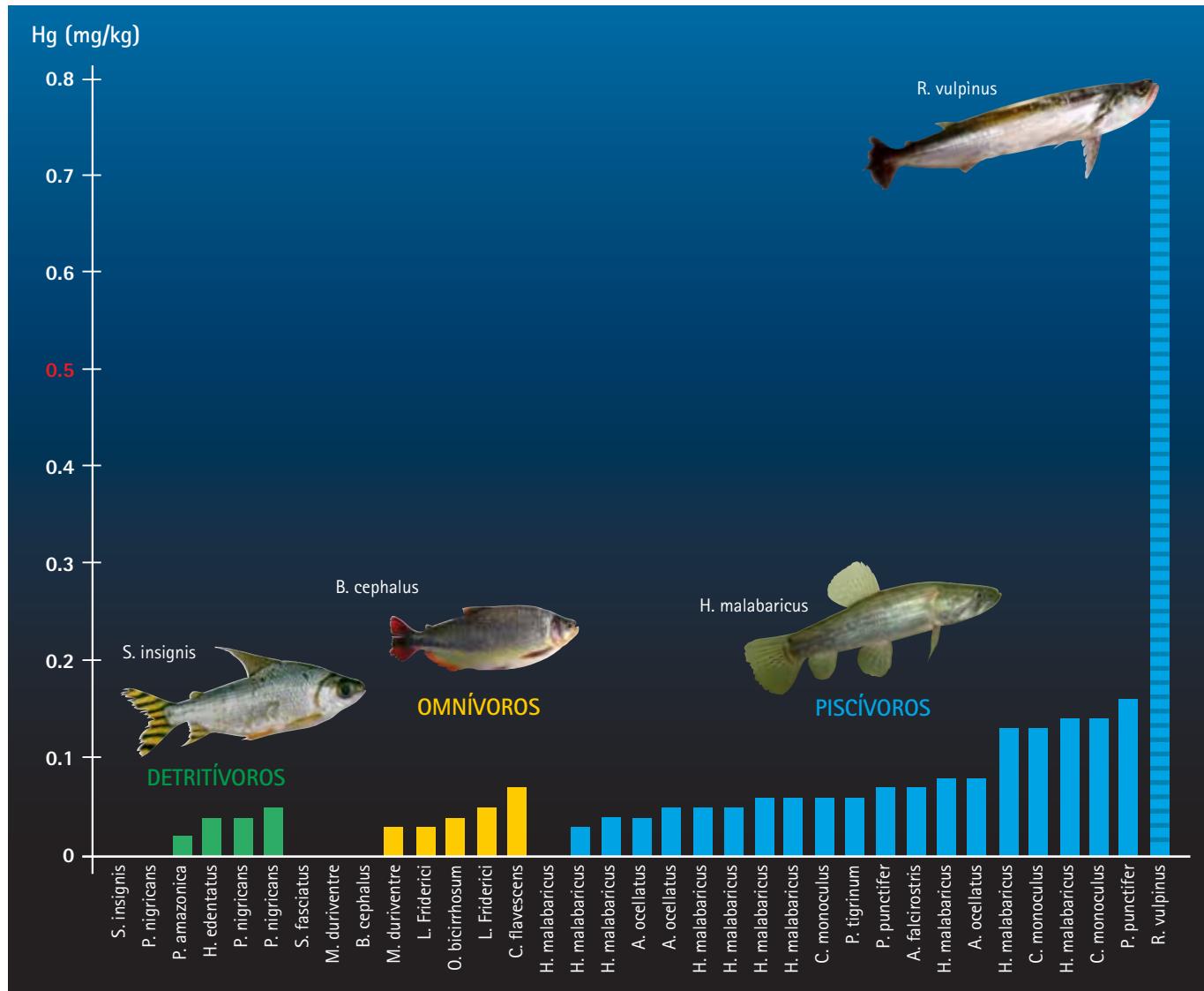
En la mayoría de las especies y en todas las estaciones de colecta, las concentraciones de mercurio estuvieron por debajo de los límites permisibles (de 0.02 a 0.16 mg/kg), a excepción de la chambira (*Rhaphiodon vulpinus*) colectada en la estación

Curaray 1, en la creciente de 2014, con una concentración de 0.75 mg/kg, que supera el nivel permisible de 0.5 mg/kg, recomendado por la Organización Mundial de la Salud (Ver Figura 12). Este es un caso excepcional en nuestro trabajo, pero nos sugiere continuar con el monitoreo de la concentración del mercurio en los peces.

Otras especies que presentaron concentraciones importantes de mercurio, pero por debajo de los límites permisibles fueron la doncella (0.16 mg/kg, estación Curaray 1) y el fasaco (0.14 mg/kg, estación Arabela 1) en la vaciante de 2013; tucunaré (0.13 mg/kg, estación Curaray 1), tucunaré (0.14 mg/kg, estación Curaray 3) y fasaco (0.13 mg/kg, estación Arabela 2), en la vaciante de 2014. Las mayores concentraciones de mercurio fueron registradas en las especies de régimen piscívoro (ver Figura 12), corroborando la tesis que refiere que este metal se bioacumula principalmente en los peces predadores (Veiga *et al.*, 1999; Jørn 2001), porque se alimentan de sus predecesores detritívoros y omnívoros. No obstante, para la doncella y el tigre zúngaro, por ser grandes migratorios (García-Dávila *et al.*, 2013), la presencia de mercurio en sus tejidos puede ser circunstancial, pudiendo haberlo bioacumulado o biomagnificado en otras áreas (por ejemplo, las cabeceras del río Napo). Asimismo, se registraron concentraciones que se sobreponen entre niveles tróficos, lo que puede atribuirse a la alta plasticidad trófica de las especies, una característica de los peces amazónicos como respuesta a la variabilidad, abundancia y disponibilidad de alimento durante el ciclo hidrológico de los ríos.

Los resultados obtenidos contrastan con el estudio realizado por el GOREL-DIGESA en el año 2012, donde se evaluó el impacto ambiental de la minería aurífera informal en los ríos Napo, Curaray y Aguarico. Dicho estudio determinó en la huapeta, niveles de mercurio que alcanzaron los 3.35 mg/kg (capturados cerca de la comunidad de San Rafael, río Curaray) y 5.74 mg/kg (San Fernando, río Napo), es decir, concentraciones entre 6.7 y 11.5 veces más altas que la recomendada por la OMS (1990). En nuestro estudio, para el mismo género *Hydrolycus*, el mercurio no fue detectado, pudiendo deberse a que las zonas de muestreo fueron diferentes, reforzando en parte nuestra tesis de que la presencia de los metales en los ríos evaluados se deben a diferentes fuentes, no continuas. Es decir, se demuestra que, las diferentes concentraciones registradas muestran la influencia del factor geográfico y de los patrones migratorios de los peces (Kumar *et al.*, 2011).

Otro metal registrado fue el aluminio, que si bien no es considerado un agente excesivamente tóxico, está asociado a ciertos daños neurológicos. Debido a la sospecha de que



▲ FIGURA 12. Concentraciones de mercurio (mg/kg) en peces detritívoros (verde), omnívoros (amarillo) y piscívoros (azul) colectados en los ríos Curaray, Arabela y Napo entre los años 2012 al 2014. La barra roja con rayas celestes pertenece a la única especie que superó los niveles permisibles de 0.5 mg/kg (rojo).

la exposición humana a este metal se ha incrementado (en magnitud y en diversidad de fuentes) de forma progresiva, existe la incertidumbre suficiente para establecer la necesidad de evaluar el riesgo alimentario en la situación actual (Fernández *et al.*, 2009). El aluminio fue encontrado en un rango que varió desde el nivel de la no detección en la doncella (Curaray 3) hasta los 30 mg/kg observado en el fasaco (Arabela 1). El estudio realizado por el GOREL-DIGESA (2012), en tejido muscular de peces se registró concentraciones de aluminio desde 1 mg/

kg en boquichico (a la altura de la comunidad de Rango Isla) a 18.4 mg/kg en *Platystomatichthys sturio*. Para la huapeta, se reportaron concentraciones de 1.8 mg/kg y para lisa de cuatro bandas fue de 2.2 mg/kg. En el presente trabajo los niveles de aluminio registrados no superan dichas concentraciones. El registro de otros metales como calcio, potasio, sodio, magnesio y manganeso pueden considerarse normales. Estos minerales son electrolitos importantes en la homeostasis interna de las células, regulando el balance iónico celular (Kumar *et al.*, 2011).



▲ Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Arica (Curaray), obtenidos.



1.4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la calidad ambiental de las aguas de los ríos Curaray, Arabela y Napo (a la altura de la desembocadura del río Curaray), en relación a los parámetros evaluados durante los años 2012 a 2014, no representan riesgo para el ambiente y posiblemente para la salud de los ribereños (en relación a los estándares de calidad utilizados, principalmente los ECA para Agua, en la categoría Conservación del Ambiente Acuático). Algunas de las concentraciones de metales y HTP encontrados por encima de los estándares de calidad en algunas estaciones de muestreo, no comprometen la integridad de los ecosistemas acuáticos debido a que los elementos encontrados se concentran en los lugares de muestreo y no muestran un comportamiento de dilución río abajo desde un punto de mayor concentración (excepto la concentración elevada de mercurio encontrada en el pez *Raphiodon vulpinus*, que sugiere realizar más investigaciones con un mayor número de muestras). Este hecho estaría evidenciando que la presencia de los mismos está en relación al origen geológico y/o al desarrollo de algunas actividades antrópicas puntuales (no determinadas) en las zonas de muestreo, que estuvieron ubicadas cerca a los poblados mayores de los ríos evaluados.

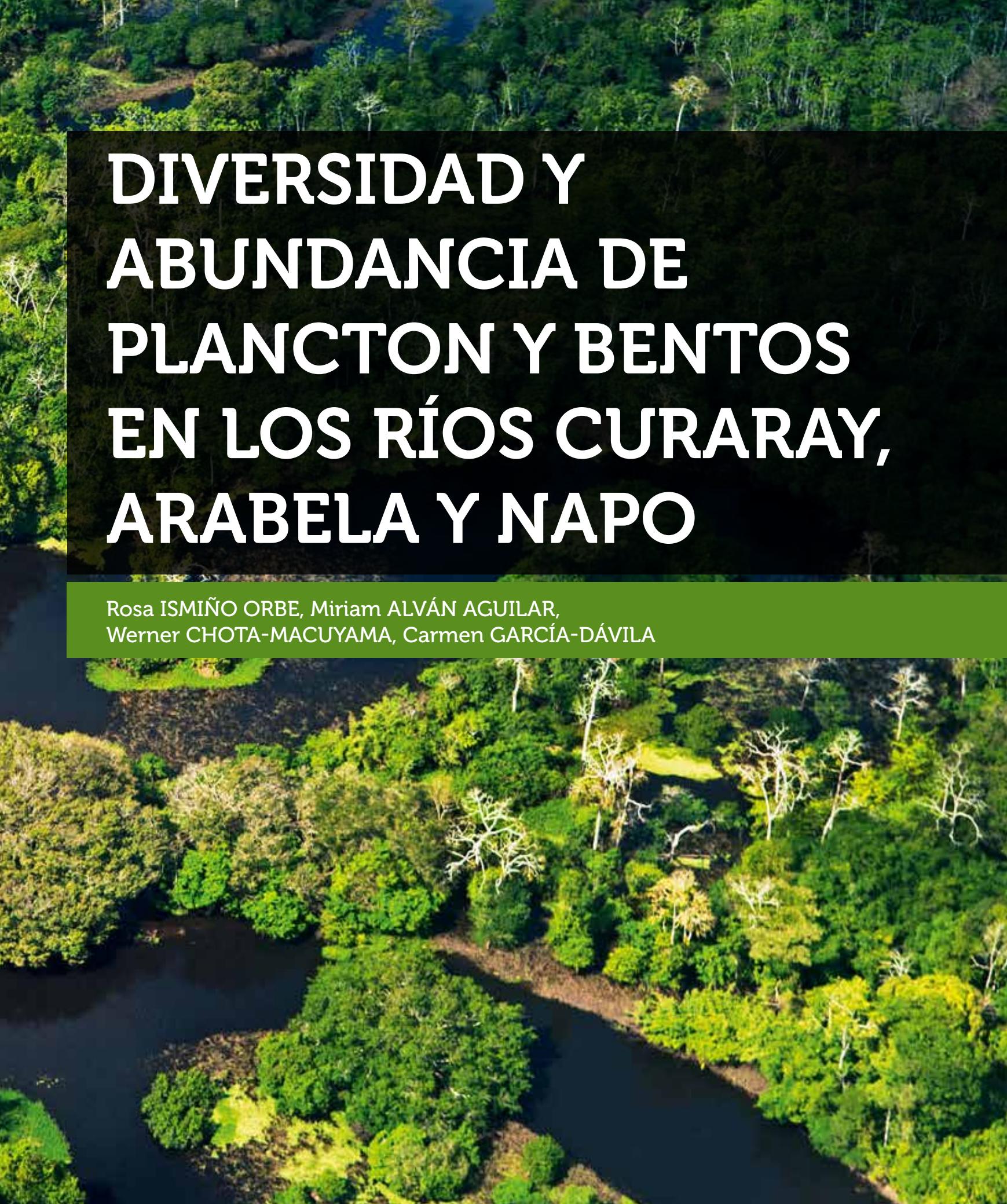
1.5. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Al-Weher, S. M. 2008. Levels of Heavy Metal Cd, Cu and Zn in Three Fish Species Collected from the Northern Jordan Valley, Jordan. *Jordan Journal of Biological Sciences*. Volume 1, Number 1, Mar. 2008. Pages 41-46.
- ANA (Autoridad Nacional del Agua). 2012. Informe Técnico N° 018-2012-ANA-DGCRH/CGEL. Monitoreo participativo e identificación de fuentes contaminantes de la calidad de agua superficial de la cuenca del Nanay. 69 p.
- Beltran-Pedreros, S.; Zuanon, J.; Rosseval Leite, R.; Pacheco, J. R.; Barros, A.; Forsberg, B. 2011. Mercury bioaccumulation in fish of commercial importance from different trophic categories in an Amazon floodplain lake. *Neotropical Ichthyology*, 9(4): 901- 908.
- Bohn, H.; McNeal, B.; O'Connor, G. 2001. *Soil Chemistry*. 2da ed. Canadá: John Wiley y Sons, Inc, 341 p.
- Christophoridis, C.; Dedepsidis, D.; Fytianos, K. 2009. Occurrence and distribution of selected heavy metals in the surface sediments of Thermaikos Gulf, N. Greece. Assessment using pollution indicators. *Journal of Hazardous Materials*, 168: 1082-1091.
- CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente do Brasil). Disponible en la página web: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acceso: 03/03/2013.
- De Biasi, A. M.; Fabi, G.; Pacciardi, L.; Puletti, M. 2007. Heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons near an off-shore gas-platform (Adriatic Sea): a 3-year monitoring study. *Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem.*, Serie B, 114. 23-33 p.
- Diagomanolin, V.; Farhang, M.; Ghazi-Khansari, M.; Jafarzadeh, N. 2004. Heavy metals (Ni, Cr, Cu) in the Karoon waterway river, Iran. *Toxicology Letter*, 151: 63-68.
- Driscoll, C.; Mason, R.; Man Chan, H.; Jacob,D.; Pirrone, N. 2013. Mercury as a Global Pollutant: Sources, Pathways, and Effects. *Environmental Science y Technology*, 47(10): 4967-4983.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1995. Ecological Screening Values - ESV. En: *Supplemental Guidance to RAGS: Region 4 Bulletins-Ecological Risk Assessment*, Bulletin No.2. Atlanta, Georgia. November 1995. <http://www.epa.gov/region4/wastepgs/ofiecser/otsguid.html>. Acceso: 07/03/2013.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1992. *Test methods for evaluating solid waste, physical/chemical methods*. USEPA, SW-846, 3rd ed. United States Environmental Protection Agency.
- Esteves, J.; Gil, M.; Harvey, M. 1996. Evaluación de la contaminación por metales en sedimentos y materiales en suspensión de la cuenca Turbio-Gallegos. Informe Técnico N°12 del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patogónica. Puerto Madryn, Argentina, 21 p.
- Ferreira, E.; Zuanon, J.; Forsberg B.; Goulding, M.; Briglia-Ferreira, S. 2007. *Río Branco, peixes, ecología e conservação de Roraima*. Amazon Conservation Association (ACA), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Sociedad Civil Mamirauá. Wust ediciones. 201 p.
- Fostier, A.H.; Forti, M.C.; Guimaraes, J.R.D.; Melfi, A.J.; Boulet, R.; Espírito Santo, C.M.; Krug, J.F. 2000. Mercury fluxes in a natural forested Amazonian catchment (Serra do Navio, Amapá State, Brazil). *Science of the Total Environment*, 260(1-3): 201-211.
- García, A.; Tello, S.; Vargas, G.; Duponchelle, F. 2009. Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2009. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35(1): 53-67.
- García-Dávila, C.; Duponchelle, F.; Castro-Ruiz, D.; Villacorta, J.; Querouil, S.; Chota- Macuyama, W.; Núñez, J.; Römer, U.; Carvajal-Vallejos, F.; Renno, J-F. 2013. Molecular identification of a cryptic species in the Amazonian predatory catfish genus *Pseudoplatystoma* (Bleeker, 1962) from Peru. *Genetica*, 141(7-9): 347-58.
- GOREL-DIGESA (Gobierno Regional de Loreto - Dirección General de Salud Ambiental). 2012. *Impacto socio ambiental de la minería aluvial en la región Loreto*. Documento Técnico. Dirección Regional de Energía y Minas de Loreto. Gobierno Regional de Loreto. Iquitos, Perú. 103 p.
- Granado, C. 2000. *Ecología de comunidades, el paradigma de los peces de agua dulce*. Universidad de Sevilla. España. 282 p.
- Grosell, M., Nielsen, C., Bianchini, A., 2002. Sodium turnover rate determines sensitivity to acute copper and silver exposure in freshwater animals. *Comp. Biochem. Physiol.* 133C, 287-303.

- Guyot, J.L. 1993. *Hydrogeochemistry of the Bolivian Amazon Rivers*. Ph.D. Thesis ORSTOM France. 261 p.
- Guven K, Ozbay C, Unlu E and Satar A. 1999. Acute lethal toxicity and accumulation of copper in *Gammarus pulex* (L.) (Amphipoda). *Turk. Jour. Biol.* 23: 513-521.
- Herrera, J.; Rodríguez, J.; Coto, J.; Salgado, V.; Borbón, H. 2013. Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro. *Tecnología en Marcha*, Vol. 26, N° 1.
- Jackson, T.; Telmer, K.; Muir, D. 2013. Mass-dependent and mass-independent variations in the isotope composition of mercury in cores from lakes polluted by a smelter: Effects of smelter emissions, natural processes, and their interactions. *Chemical Geology*, 352:27-46.
- Jørn, M.M. 2001. *Assessing mercury contamination in the Amazon Basin*. Technical Report. 26 p.
- Kalay, M.; Canlı, M. 2000. Elimination of essential (Cu, Zn) and nonessential (Cd, Pb) metals from tissue of a freshwater fish *Tilapia zillii* following an uptake protocol. *Turk. J. Zool.* 24: 429-436.
- Kumar, B.; Mukherjee, B.D.; Kumar, S.; Mishra, M.; Prakash, D.; Singh, S.K.; Sharma, C.S. 2011. Bioaccumulation of heavy metals in muscle tissue of fishes from selected aquaculture ponds in east Kolkata wetlands. *Annals of Biological Research*, 2(5): 125- 134.
- Lacerda, L.D.; Pfeiffer, W.C.; Ott, A.T.; Silveira, E.G. 1989. Mercury contamination in the Madeira river, Amazon-Hg inputs to the environment. *Biotropica*, 21: 91-93.
- Laurén, D.J., McDonald, D.G., 1985. Effects of copper on branchial ionoregulation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Richardson. *J. Comp. Physiol. B* 155, 635-644.
- LIDEMA (Liga de Defensa del Medio Ambiente). 1993. *Estudio de impacto ambiental por la explotación de oro en la región de Nueva Esperanza, Araras, del departamento de Pando*. LIDEMA (eds.). La Paz, Bolivia. 175 p.
- Linder, M.C., Hazegh-Azam, M., 1996. Copper biochemistry and molecular biology. *Am. J. Clin. Nutr.* 63, 797s-811s.
- MacDonald, D.D.; Ingersoll, C.G.; Berger, T.A. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39: 20-31.
- Malm, O.; Pfeiffer, W.C.; Souza, C.M.M.; Reuther, R. 1990. Mercury pollution due to gold mining in the Madeira river basin, Brazil. *Ambio*, 19(1): 11-15.
- Mancilla-Villa, O.; Ortega-Escobar, H.; Ramírez-Ayala, C.; Uscanga-Mortera, E.; Ramos-Bello, R.; Reyes-Ortigoza, A. 2012. Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1): 39-48.
- Mariani, C.; Pompêo, M. 2008. La calidad del sedimento: La contaminación por metales puede ser una amenaza para los seres vivos. *Revista Ciencia Hoy*, 18(107): 48-53.
- Mendonça Duarte, R.; Leite Menezes, A. C.; Da Silveira Rodrigues, L.; Fonseca de Almeida-Val, V. M.; Val, A. L. 2008. Copper sensitivity of wild ornamental fish of the Amazon. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72 (2009) 693-698.
- MHSPE (Ministry of Housing, Spatial Planning, and Environment). 1994. *Intervention values and target values-Soil quality standards*. Directorate General for Environmental Protection. Department of Soil Protection. The Hague, The Netherlands. 98 pp.
- Ministério da Saúde do Brasil. 1965. Decreto no 55.871, de 26 de março de 1965. In: Legislação federal do setor da saúde. 2da Ed. Brasília, Consultoria Jurídica, 1977; 2: 498-545.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2008a. Decreto Supremo N° 002-2008. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aguas de Categoría 1: Poblacional y Recreacional. A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. Ministerio del Ambiente del Perú.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2008b. Decreto Supremo N° 002-2008. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aguas de Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático. MINAM.
- Nava-Ruiz, C.; Méndez-Armenta, M. 2011. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Archivos de Neurociencias (Mex)*, 16(3): 140-147.

- Nriagu, J.O. 1993. Mercury pollution from silver mining in colonial South America. In: *Proceedings. Perspectives for Environmental Geochemistry in Tropical Countries*. Niteroi, Brazil. Abrão, J.J., Wasserman, J.C. and Silva-Filho, E.V. (eds.). 365-368 p.
- Olaifa FE, Olaifa AK, Adelaja AA, and Owolabi AG. 2004. Heavy metal contamination of Clarias garpinus from a lake and Fish farm in Ibadan, Nigeria. *Afric. J. of Biomed. Res.* 7: 145-148.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 1990. *Methylmercury: Environmental Health Criteria*, Vol. 101. World Health Organization, Geneva.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2006. *Guías para la calidad del agua potable. Primer apéndice a la Tercera edición*. Volumen 1. Ginebra, Suiza. 408 p.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; Organización del Tratado de Cooperación Amazónica; Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. 2009. *GEO Amazonía, perspectivas del medio ambiente en la Amazonía*. 323 p.
- República de Colombia. 2012. *Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario*.
- Roulet, M.; Lucotte, M.; Farella, N.; Serique, G.; Coelho, H.; Sousa-Passos, C.J.; Silva, E.J.; Scavone, E.; Andrade, P.; Mergler, D.; Guimaraes, J.R.D.; Amorim, M. 1999. Effects of recent human colonization on the presence of mercury in Amazonian ecosystems. *Water, Air & Soil Pollution*, 112: 297-313.
- Sampaio da Silva, D.; Lucotte, M.; Roulet, M.; Poirier, H.; Mergler, D.; Crossa, M. 2006. *Mercury in fish of the Tapajós river in the Brazilian Amazon*. INTERFACEHS - A Journal on Integrated Management of Occupational Health and the Environment, 1(1).
- Seyler, P. T.; Geraldo R. Boaventura, G. 2003. Distribution and partition of trace metals in the Amazon basin. *Hydrol. Process.* 17, 1345-1361.
- Simeonov, V.; Stratis, J.; Samara, C.; Zachariadis, G.; Voutsas, D.; Anthemidis, A.; Sofoniou, M.; Kouimtzis, T. 2003. Assesment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Research*, 37: 4119-4124.
- Sioli, H. 1984. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types Pp: 127-165, En: H. Sioli (ed.) *The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster, Netherlands.
- Staniskiene, B.; Matusevicius, P.; Budreckiene, R.; Skibniewska, K. A. 2006. Distribution of Heavy Metals in Tissues of Freshwater Fish in Lithuania. *Polish J. of Environ. Stud.* Vol. 15, No. 4 (2006), 585-591.
- Unión Europea. 1978. CEE DOCE nº. L 222, de 14-08-1978. Directiva del Consejo 78/659/CEE, relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.
- Val, A.L., Almeida-Val, V.M.F., 1995. *Fishes of the Amazon and Their Environments. Physiological and Biochemical Features*. Springer, Heidelberg.
- Veiga, M.M.; Hinton, J.; Cameron, L. 1999. Mercury in the Amazon: A comprehensive review with special emphasis on bioaccumulation and bioindicators. Proc. of the NIMD (National Institute for Minamata Disease) Forum'99, Minamata, Japan. 19-39 pp.
- Vitousek, P. 1994. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology*, 75: 1861- 1876.
- Webb, J.; Coomes, O. T.; Mainville, N; Mergler, D. 2015. Mercury contamination in an indicator fish species from Andean Amazonian rivers affected by petroleum extraction. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Volume 95, Issue 3, 279-285p





DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE PLANCTON Y BENTOS EN LOS RÍOS CURARAY, ARABELA Y NAPO

Rosa ISMIÑO ORBE, Miriam ALVÁN AGUILAR,
Werner CHOTA-MACUYAMA, Carmen GARCÍA-DÁVILA

2.1. INTRODUCCIÓN

Las asociaciones biológicas de los ecosistemas acuáticos continentales están formadas por una variedad de grupos de organismos afines, que cumplen diversas funciones, como fijar energía, degradar materia orgánica, remover sedimento, control biológico, entre otras. Por esta razón, sus ciclos reproductivos, hábitos alimenticios, patrones de distribución y abundancia se encuentran estrechamente ligados a la dinámica natural y las características del medio acuático en el que viven (Esteves, 2011).

Entre los organismos que habitan los ecosistemas acuáticos, los organismos planctónicos (fitoplancton y zooplancton) y bentónicos (macroinvertebrados acuáticos) son los grupos biológicos que más se emplean para monitorear la calidad del agua (Iannacone *et al.*, 2000; Vuorio *et al.*, 2007; Ortega *et al.*, 2010).

El fitoplancton constituye el primer eslabón en la cadena trófica acuática (Roldán, 1992) y es muy utilizado como indicador de calidad del agua, por su sensibilidad o tolerancia a los cambios ambientales (Aguayo y Muñoz 2001, Yucra 2005, Yucra y Tapia, 2008). Por su parte, el zooplancton cumple un rol clave en la transferencia de energía de los organismos base de la cadena trófica (fitoplancton) hacia los niveles superiores (Grosspietsch, 1999; Suthers y Rissik, 2009). De igual forma, participa en la regeneración de nutrientes disueltos al hacerlos biodisponibles (Arocena y Conde, 1999), y es muy empleado como indicador de calidad de agua debido a su sensibilidad o tolerancia a residuos orgánicos y químicos (Pedrozo y Rocha, 2005; Iannacone y Alvariño, 2007).

Las comunidades de macroinvertebrados son buenas indicadoras de alteraciones locales debido a que muchos organismos béticos presentan escasa capacidad de migración o son sésiles, es decir, crecen adheridos a rocas u otros organismos (Salazar *et al.*, 2001; Paredes *et al.*, 2004, 2005; Gamboa *et al.*, 2008). Además, estos permiten reflejar cambios ambientales acumulativos en períodos de tiempo relativamente cortos debido a que tienen ciclos biológicos complejos, como la mayoría de los insectos (Alonso y Camargo, 2005).

Los monitoreos biológicos en ambientes acuáticos surgen como respuesta a la necesidad de detectar cambios significativos en el ambiente, la abundancia de los recursos, la salud de las poblaciones biológicas que habitan el ecosistema y por supuesto

los efectos y consecuencias para las poblaciones humanas (Bartram y Ballance, 1996). En la actualidad, estos ecosistemas están experimentando cambios en su biodiversidad, calidad y cantidad por diversas actividades humanas que ocasionan contaminación, destrucción y degradación de hábitats (Allan, 1995; Reynolds, 1997). El presente estudio informa los resultados del monitoreo biológico realizado entre los años 2012 y 2014, sobre las comunidades de organismos planctónicos y bentónicos de los ríos Curaray, Arabela y Napo, como línea base para futuros monitoreos y control de la calidad de agua de esos ríos.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

COLECTA Y PRESERVACIÓN DEL FITOPLANCTON Y ZOOPLANCTON

La evaluación de organismos planctónicos fue realizada mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras colectadas en el periodo de creciente y vacante de los ríos. Para el análisis cualitativo se colectaron un total de 42 muestras (21 por cada periodo hidrológico) y consistió en la realización de tres arrastres (15 minutos cada uno) de una red planctónica (25 micras de abertura de malla) por el centro del río de cada estación de muestreo evaluada (Figura 1A). Las muestras concentradas fueron preservadas (solución de formol al 5%) en frascos de polietileno de 100 ml, perfectamente rotulados, para su posterior análisis en laboratorio.

Para el análisis cuantitativo, fueron colectadas un total de 14 muestras (2 muestras por cada estación de muestreo, centro y orilla) tanto en el periodo de vacante como de creciente. Las muestras fueron colectadas siguiendo la metodología de Roldan (1992), que consiste en hacer pasar 100 litros de agua a través de una red planctónica de 25 micras de abertura de malla. Las muestras concentradas fueron preservadas (solución de formol al 5%) en frascos de polietileno de 100 ml, perfectamente rotulados hasta su posterior análisis.

COLECTA Y PRESERVACIÓN DEL BENTOS

En cada estación de muestreo fueron realizados tres lances de una draga Eckman de 0.02 m² de abertura de boca (Figura 1B). Las muestras fueron tamizadas en un colador de 500 mm de abertura de malla y transferidas a un frasco de polietileno de 100



▲ FIGURA 1. Colecta de organismos planctónicos (A) y bentónicos (B).

ml, preservados en formol al 10% (3 ml) y debidamente rotulados para su posterior análisis en laboratorio.

ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE ORGANISMOS PLANCTÓNICOS Y BENTÓNICOS

El análisis del fitoplancton y zooplancton fue realizado con ayuda de un microscopio ocular. Para el análisis cuantitativo del primer grupo de organismos se utilizó una cámara Neubauer, en tanto que para el zooplancton se utilizó una cámara Sedgewick-Rafter y un ocular de Wipple. El análisis de bentos fue realizado utilizando una lupa estereoscópica.

La identificación de los organismos colectados fue realizada en base a claves de identificación dicotómicas especializadas

para organismos fitoplanctónicos (Aldave, 1969; Bicudo, 1969; Bourrelly, 1981; Fernández, 1982; Acleto, 1998); zooplanctónicos (Eddy y Hodson, 1961; Pennak, 1978) y bentónicos (Edmondson, 1959; Pennak, 1978; Mc Cafferty, 1983; Merrit y Cummins, 2008).

ANÁLISIS DE DATOS

Para cada grupo de organismos capturados se obtuvieron datos sobre el número de especies y número de individuos por especie para cada estación de muestreo, río, ciclo hidrológico (creciente y vaciante) y año de colecta (2012, 2013 y 2014), adicionalmente se aplicaron los Índices de Diversidad de Shannon-Wiener (H'). Para el cálculo de los valores de diversidad y similaridad, se utilizó el Programa Informático Past para Windows (vs. 2.09).

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de las colectas realizadas durante periodo de creciente y vaciante de los años 2012, 2013 y 2014 en siete estaciones de muestreo de los ríos Curaray (Arica, Urbina-Alemán y Shapajal), Arabela (Yanayacu y Flor de coco) y Napo (Nuevo defensor y Boca del Curaray), fueron registrados un total de 211 especies de organismos acuáticos, compuesto por 139 especies de fitoplancton (66%), 32 de zooplancton (16%) y 40 de bentos (19%) (Figura 2).

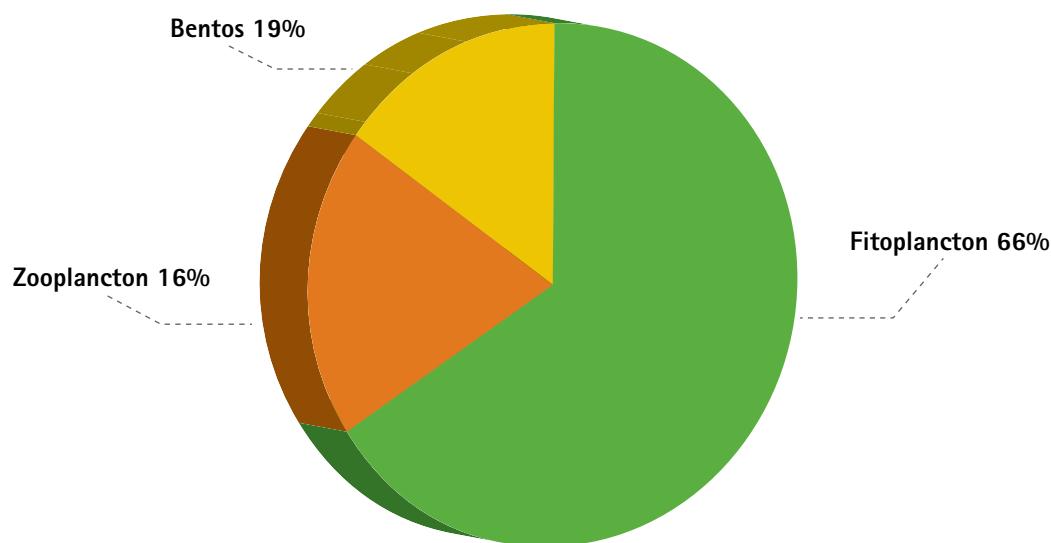
FITOPLANCTON

Del total de 139 especies de algas reportadas en este estudio, 99 correspondieron al río Curaray, distribuidas en 62 géneros, 29 familias y 7 divisiones (Tabla 1); 63 especies en la cuenca del río Arabela distribuidas en 42 géneros, 27 familias y 7 divisiones (Tabla 2); mientras que en la cuenca del río Napo se identificaron 76 especies, 51 géneros, 31 familias y 7 divisiones (Tabla 3).

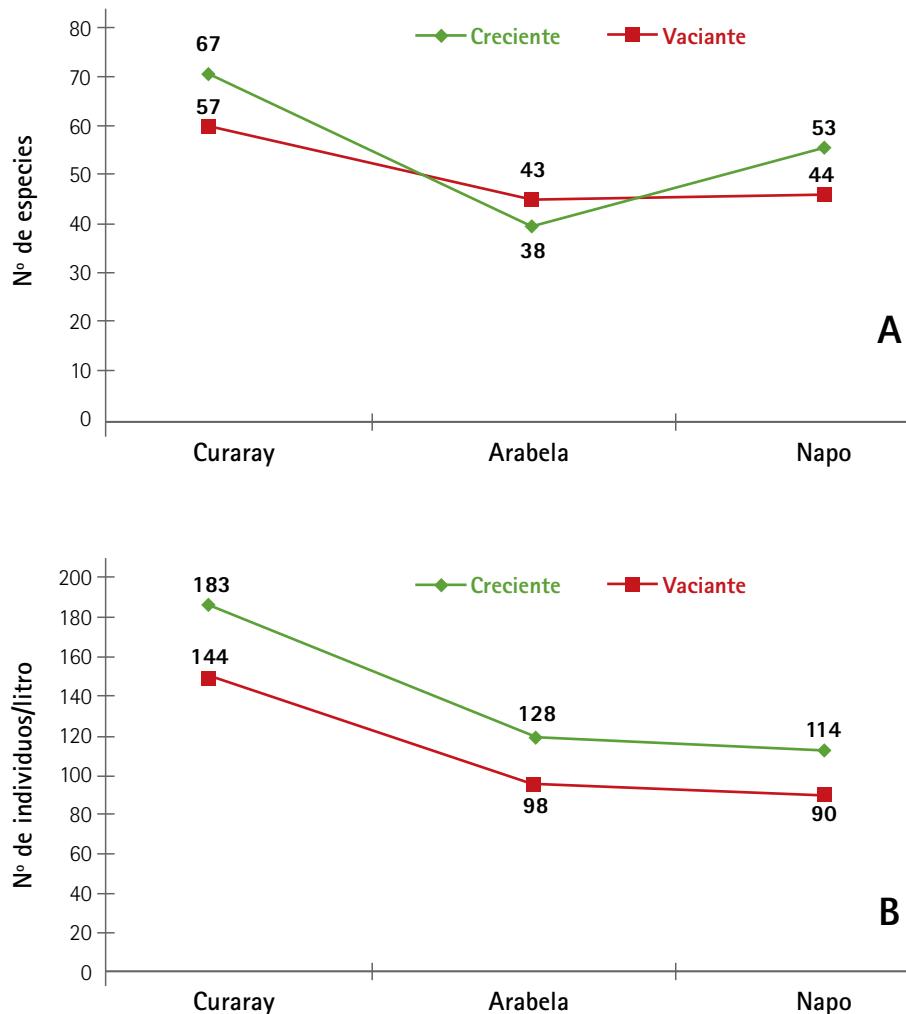
La riqueza y abundancia de especies fue diferente entre los periodos de creciente y vaciante del área estudiada. Durante el periodo de creciente, la riqueza y abundancia fue mayor en los tres ríos evaluados (Figura 3). Estos resultados coinciden con los obtenidos para los ríos y lagos amazónicos de la cuenca del Putumayo, donde se registró mayor cantidad de algas en el periodo de creciente a diferencia del periodo de vaciante,



▲ Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Arica (Curaray), obtenidos.



▲ FIGURA 2. Riqueza total de fitoplantón, zooplantón y bentos colectados durante los períodos de creciente y vaciante de los años 2012, 2013 y 2014 en los ríos Curaray, Arabela y Napo.



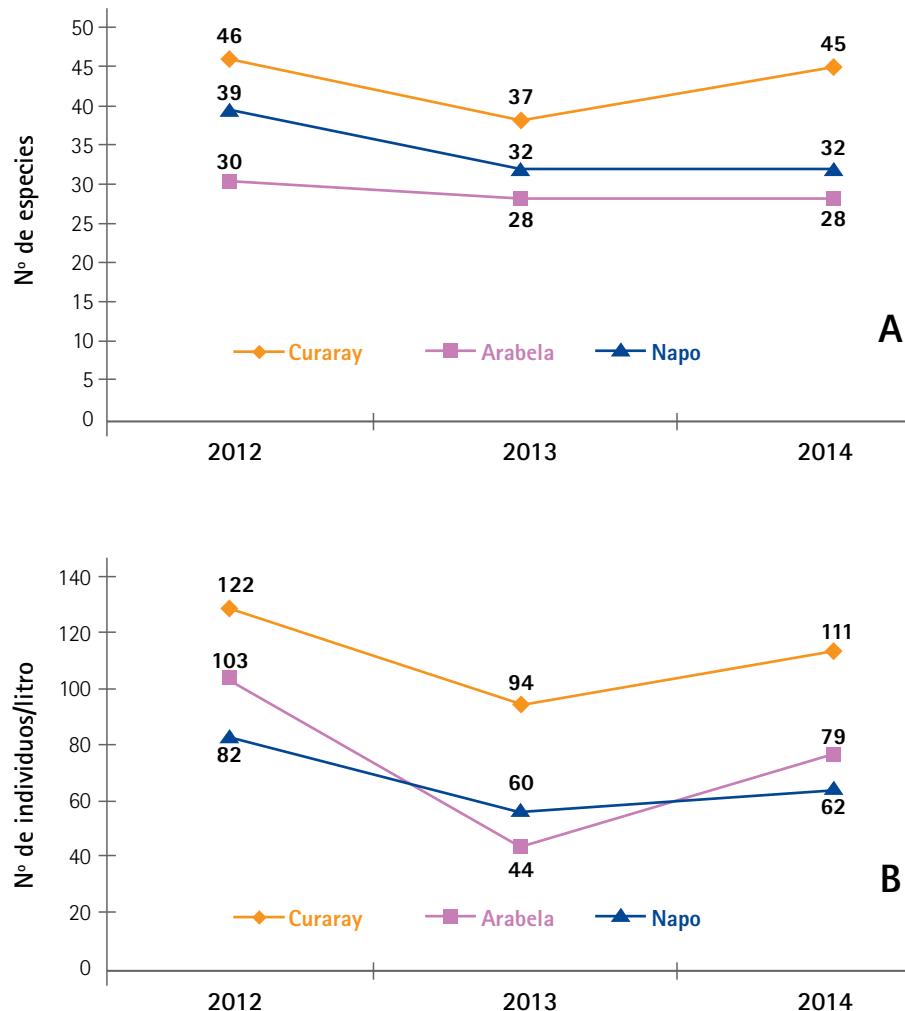
▲ FIGURA 3. Riqueza (A) y Abundancia (B) de organismos fitoplanctónicos registrados durante los períodos de creciente y vacante (periodo 2012–2014) en los ríos Curaray, Arabela y Napo.

con 293 y 206 especies respectivamente (Núñez-Avellaneda, 2005). Este alto número de algas en creciente posiblemente esté relacionado con una mayor entrada de material alóctono –que proviene del exterior– causado por el pulso de la inundación (Passarinho, 2013).

El río Curaray presentó mayor riqueza (67 y 57 especies) y abundancia (183 y 144 individuos) de fitoplancton en el periodo de creciente y vacante. La riqueza en el río Napo (53 y 44 especies) registró valores ligeramente altos con respecto al río Arabela (43 y 38 especies) en ambos periodos hidrológicos. Mientras que la abundancia en el Arabela (128-98) fue mayor que

el Napo (114-90) respectivamente. Esto se debe posiblemente a que este río presenta mucha turbulencia, lo cual no permite que las comunidades fitoplanctónicas se desarrollen (Figura 3).

Por lo general, durante los tres años de estudio, el río Curaray mostró altos valores en cuanto a riqueza y abundancia fitoplanctónica, a diferencia de los ríos Napo y Arabela, que manifestaron valores relativamente bajos y entre ellos tienen pequeños contrastes. En la evaluación del año 2013, la tendencia es decreciente en las tres cuencas, tanto en riqueza como en abundancia (Figura 4).

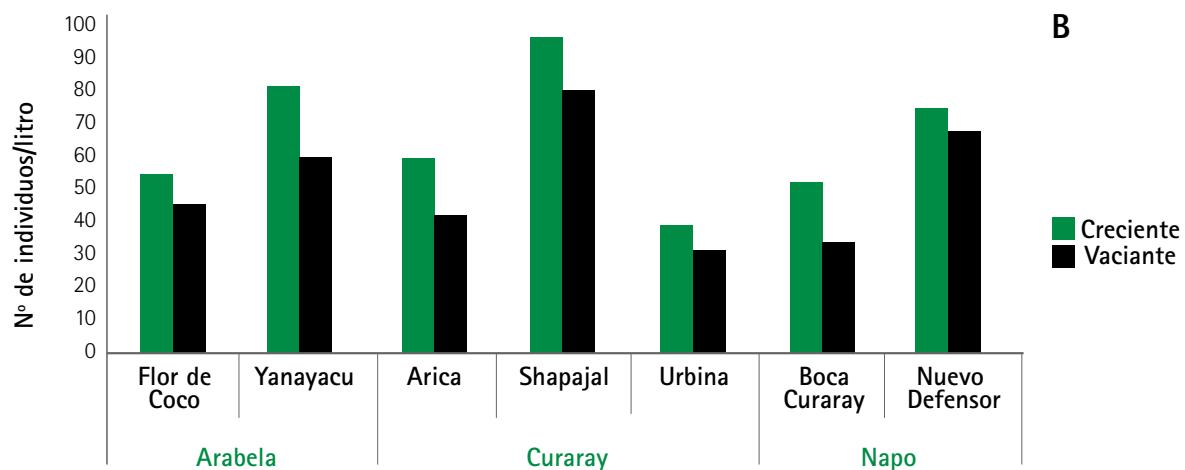
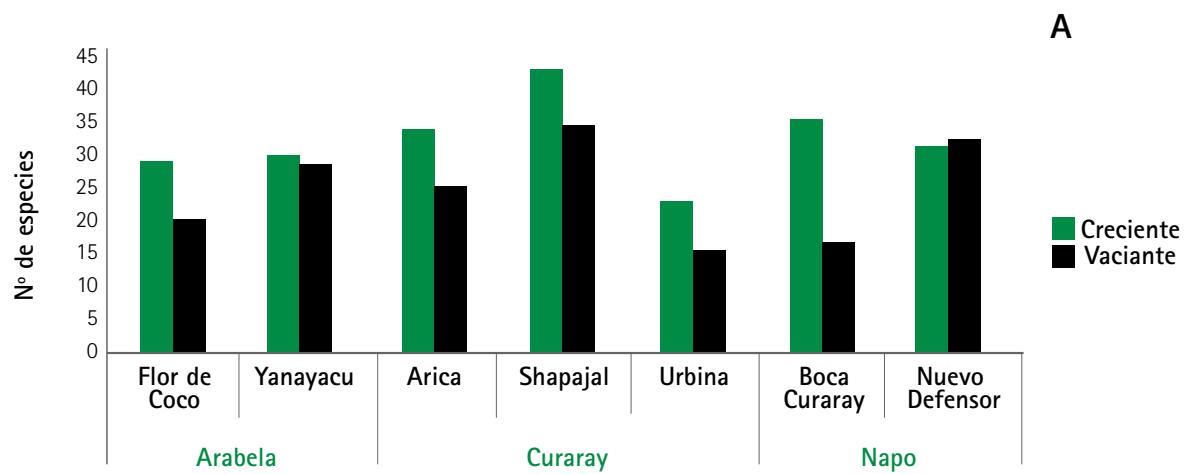


▲ FIGURA 4. Riqueza (A) y Abundancia (B) de organismos fitoplanctónicos registrados entre los años 2012-2014 en los ríos Curaray, Arabela y Napo.

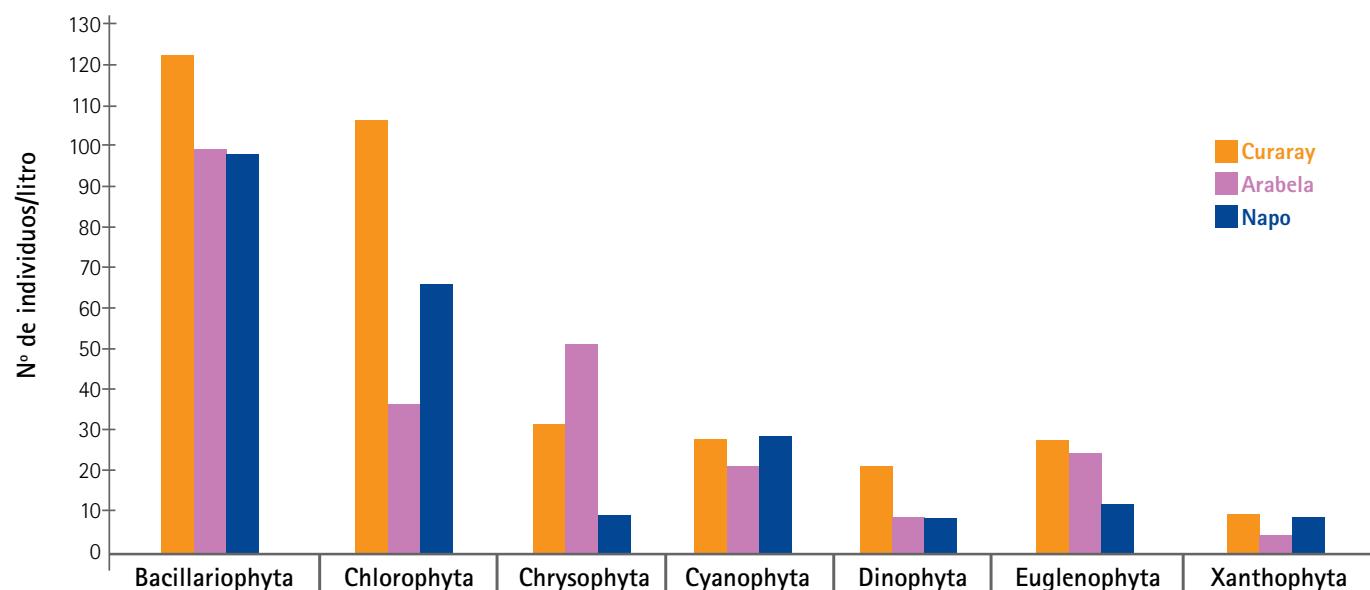
En cuanto a las estaciones de muestreo, la riqueza y abundancia de fitoplancton fue mayor durante la época de creciente. Las estaciones Shapajal, Yanayacu y Nuevo defensor reportaron los valores más altos de abundancia, con un total de 16,900, 13,100 y 12,800 individuos.L-1 respectivamente (Figura 5).

La comunidad fitoplanctónica durante el tiempo de estudio, estuvo constituida mayormente de algas Bacillariophytas, con un total de 308 individuos (41%). Estas algas posiblemente son el grupo taxonómico que mejor se adapten a vivir en ambientes lóticos, ya que estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio; Además, ecológicamente son más conocidos que otros grupos (Round, 1993). El segundo grupo representativo fueron

las algas Chlorophytas con 202 individuos (27%), seguido de los Chrysophyta con 89 individuos (12%) (Figura 6). Estos resultados coinciden con los reportados en otros estudios realizados en la Amazonía peruana, en las que mencionan que en ríos de aguas claras las Bacillariophytas son el grupo fitoplanctónico predominante, seguido de las Chlorophytas (Uherkovich, 1976; Uherkovich y Raid, 1979). Algunos grupos taxonómicos estuvieron presentes en menor cantidad, o estuvieron ausentes; ciertas asociaciones de algas abandonan el espacio competitivo durante determinado tiempo pasando a una fase de latencia (Wetzel, 2001).



▲ FIGURA 5. Riqueza (A) y Abundancia (B) de organismos fitoplanctónicos en las estaciones de muestreo de los ríos Curaray, Arabela y Napo entre los años 2012–2014.



▲ FIGURA 6. Abundancia total de organismos fitoplanctónicos por grupo taxonómico (División) encontrados en los ríos Curaray, Arabela y Napo entre los años 2012–2014.

Durante los periodos de creciente, las estaciones Shapajal, en el Curaray y Nuevo defensor, en el Napo, presentaron altos índices de diversidad (30.02-24.2 especies efectivas, respectivamente). Sin embargo, estas estaciones de colecta mostraron un bajo índice de dominancia y una alta homogeneidad. Por consiguiente, las especies están mejor distribuidas en estas estaciones de muestreo. Por el contrario, las estaciones Urbina, en el Curaray, y Yanayacu, en el Arabela, presentaron los valores más bajos en relación al índice de diversidad, con 16.29 y 17.63 especies efectivas (Tabla 1). Estas diferencias probablemente ocurren debido a que las estaciones con mayor índice de diversidad se encuentran ubicados en la parte baja del río Curaray, pertenecientes a ríos de aguas mixtas que son transportadoras de nutrientes, por lo cual son importantes para el sistema amazónico y el río Napo, el cual presenta aguas blancas, ricas en nutrientes (Maco, 2006).

Las especies de algas con mayor representatividad fueron *Rhipidodendron huxleyi* (Chrysophyta), *Oscillatoria tenuis* (Cyanophyta), *Eunotia formica*, *Pinnularia sp.*, *Suirella linearis* y *Hyalotheca dissiliensis* (Bacillariophytas) con presencia en las siete estaciones de muestreo durante los dos períodos hidrológicos evaluados (Tablas 2, 3 y 4). La presencia de las Chrysophytes se relaciona con las aguas pobres en nutrientes,

en tanto que las Cyanophyta son capaces de fijar nitrógeno libre que se encuentra en forma de gas, especialmente cuando los nutrientes son bajos (Paerl, 1988; Reynolds, 1997; Peña y Pinilla, 2002). En vacante, los valores alcanzados son más bajos que en el periodo de creciente en la mayoría de las estaciones, observándose que al igual que en la creciente, las estaciones de Nuevo Defensor y Shapajal fueron las que presentaron los mayores valores en cuanto al número de especies efectivas (23.17 y 22.78 respectivamente). Los menores valores fueron presentados por Flor de coco y Urbina (12.22 y 14.36 especies efectivas respectivamente).

▼ TABLA 1. Índices de diversidad de fitoplancton por estación de muestreo durante el periodo de creciente y vacante de los años 2012, 2013 y 2014 en los ríos Curaray, Arabela y Napo.

Estaciones	Creciente			Vacante		
	D	H	E.E	D	H	E.E
Yanayacu (A1)	0.07	0.86	17.63	0.09	0.87	17.88
Flor de coco (A2)	0.06	0.92	20.51	0.14	0.83	12.22
Arica (C1)	0.06	0.91	22.9	0.05	0.97	21.5
Urbina(C2)	0.08	0.91	16.29	0.07	0.96	14.36
Shapajal (C3)	0.04	0.91	30.02	0.06	0.89	22.78
Nuevo Defensor (N1)	0.04	0.93	24.2	0.05	0.91	23.17
Boca Curaray (N2)	0.03	0.9	22.9	0.07	0.96	15.58

D= Dominancia, H=Homogeneidad, E.E= Especies efectivas

▼ TABLA 2. Composición taxonómica, riqueza y abundancia del fitoplancton del río Curaray, colectado durante el periodo de aguas altas y bajas de los años 2012, 2013 y 2014.

División	Familia	Especie	N° de individuos/l								
			Colectas periodo de creciente				Colectas periodo de vacante				
			1ra	3ra	5ta	TOTAL	%	2da	4ta	6ta	
Bacillariophyta	Bacillariaceae	<i>Hantzschia amphioxus</i>						4		4	2.78
	Biddulphiaceae	<i>Isthmia nervosa</i>							1	1	0.69
		<i>Trigonium arcticum</i>		1	1	0.55		4		4	2.78
	Coscinodiscaceae	<i>Aulacoseira</i> sp.							1	1	0.69
	Cosconodiscaceae	<i>Cyclotella distinguenda</i>		3	3	1.64					
	Eunotiaceae	<i>Actinella punctata</i>	2			2	1.09				
		<i>Eunotia arcus</i>		1		1	0.55				
		<i>Eunotia convexa</i>	1			1	0.55				
		<i>Eunotia diodon</i>						2		2	1.39
		<i>Eunotia faba</i>						1		1	0.69
		<i>Eunotia formica</i>	1			1	0.55	1		1	0.69
		<i>Eunotia maior</i>	1			1	0.55		1	1	0.69
		<i>Eunotia monodon</i>						2		2	1.39
		<i>Eunotia robusta</i>	7			7	3.83				
		<i>Eunotia veneris</i>	1			1	0.55				
	Fragilariaceae	<i>Ceratoneis arcus</i>	1			1	0.55				
		<i>Diatoma</i> sp.	5	1		6	3.28				
		<i>Meriodon circulare</i>	1			1	0.55				
		<i>Staurosira construens</i>							1	1	0.69
		<i>Synedra goulardii</i>	2			2	1.09				
		<i>Synedra tabulata</i>	1			1	0.55				
		<i>Synedra ulna</i>			1	1	0.55				
	Naviculaceae	<i>Frustulia rhombooides</i>		1	1	0.55					
		<i>Navicula cryptocephala</i>	1			1	0.55				
		<i>Navicula exigua</i>							3	3	2.08
		<i>Navicula graciloides</i>							2	2	1.39
		<i>Navicula pupula</i>		3	3	1.64			1	1	0.69
		<i>Navicula</i> sp.	1	5	6	3.28		1	1	2	1.39
		<i>Navicula tripunctata</i>	2	3		5	2.73		3	3	2.08
		<i>Navicula viridula</i>							1	1	0.69
		<i>Neidium iridis</i>		1		1	0.55				
		<i>Pinnularia nobilis</i>	4	1	5	5	2.73			3	3
		<i>Pinnularia</i> sp.	8	1	1	10	5.46	1	1	1	3
		<i>Surirella linearis</i>	1	2	1	4	2.19	3	1	1	5
		<i>Surirella ovalis</i>	3			3	1.64	1		1	0.69

División	Familia	Especie	Nº de individuos/l									
			Colectas periodo de creciente				Colectas periodo de vacante					
			1ra	3ra	5ta	TOTAL	%	2da	4ta	6ta	TOTAL	%
		<i>Surirella ovata</i>				0	0.00			1	1	0.69
		<i>Surirella robusta</i>		6		6	3.28					
Chlorophyta	Botryococcaceae	<i>Botryococcus braunii</i>						1		1	1	0.69
	Cocomyxaceae	<i>Elakothrix lacustris</i>						3		3	3	2.08
	Desmidiaceae	<i>Actinastrum sp.</i>	1			1	0.55					
		<i>Hyalotheca dissiliensis</i>	12	1		13	7.10					
		<i>Pediastrum duplex</i>		2		2	1.09					
		<i>Pleurotaenium sp.</i>	1			1	0.55					
		<i>Triploceras gracilis</i>		1		1	0.55					
	Dictyphaeriaceae	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>		1		1	0.55	1		1	1	0.69
	Dictyosphaeridae	<i>Golenkinia radiosa</i>						3		3	3	2.08
	Mesotaeniaceae	<i>Gonatozygon aculeatum</i>	1			1	0.55					
Ricciales		<i>Gonatozygon kinahani</i>		1		1	0.55	1		1	1	0.69
		<i>Spirogyra sp.</i>						1		1	1	0.69
		<i>Spirotaenia condensata</i>		3		3	1.64	4		7	7	4.86
		<i>Spirotaenia sp.</i>						1		1	1	0.69
	Microsporaceae	<i>Microspora sp.</i>						1		1	1	0.69
	Oocystaceae	<i>Gonatozygon kinahani</i>						1		1	1	0.69
		<i>Kirchneriella lunatus</i>						1		1	1	0.69
		<i>Oedogonium sp.</i>	1		1	1	0.55					
		<i>Pachycladella minor</i>		1		1	0.55					
		<i>Tetraedron regulare</i>		1		1	0.55					
Volvocales		<i>Tetraedron trigonum</i>						3		3	3	2.08
		<i>Treubaria sp.</i>	1		1	2	1.09					
	Palmellaceae	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>		2		2	1.09					
	Scenedesmaceae	<i>Closterium acicularis</i>	1			1	0.55					
		<i>Closterium lunula</i>		2		2	1.09					
		<i>Closterium malmei</i>						2		2	2	
		<i>Hyalotheca dissiliensis</i>		1		1	0.55			14	14	
		<i>Sc.producto capitatus</i>						1		1	1	
		<i>Scenedesmus acuminatus</i>	2			2	1.09					
		<i>Scenedesmus ecornis</i>	2			2	1.09					
Volvocales		<i>Scenedesmus quadricauda</i>	8			8	4.37					
	Volvocaceae	<i>Eudorina elegans</i>	1	1		2	1.09			1	1	0.69
		<i>Pandorina morum</i>	1			1	0.55	2			2	1.39
		<i>Platidorina caudata</i>	1			1	0.55					
	Zygemataceae	<i>Spirogyra sp.</i>	1	2	2	5	2.73					
Chrysophyta	Chrysophyceae	<i>Chrysococcus sp.</i>						1		1	1	0.69
	Derepoxidaceae	<i>Rhipidodendron huxleyi</i>	11	6	1	18	9.84	4		3	11	7.64

División	Familia	Especie	Nº de individuos/l									
			Colectas periodo de creciente				Colectas periodo de vacante					
			1ra	3ra	5ta	TOTAL	%	2da	4ta	6ta	TOTAL	%
	Mallomonadaceae	<i>Mallomonas</i> sp.			1	1	0.55					
	Naegeliellaceae	<i>Naegeliella</i> sp.	1			1	0.55					
Cyanophyta	Cyanophyceae	<i>Gloeothece</i> sp.			1	1	0.55					
	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i> sp.						4		4	2.78	
		<i>Oscillatoria tenuis</i>	1		4	5	2.73		6	6	4.17	
		<i>Oscillatoria terebriformis</i>	1			1	0.55					
		<i>Spirulina</i> sp.	2		1	3	1.64		3	2	5	3.47
Dinophyta	Dinococcaceae	<i>Cystodinium</i> sp.						1		1	0.69	
		<i>Hypnodinium sp.haericum</i>	1			1	0.55		9		9	6.25
	Peridianaceae	<i>Peridiniopsis</i> sp.						1		1	0.69	
		<i>Protoperidinium</i> sp.	3			3	1.64		2		2	1.39
Euglenophyta	Euglenaceae	<i>Euglena acus</i>						1		1	0.69	
		<i>Euglena</i> sp.	1			1	0.55					
		<i>Phacus orbicularis</i>	3	1		4	2.19	1		1	0.69	
		<i>Phacus</i> sp.						1		1	0.69	
		<i>Strombomonas fluviatilis</i>	1	1		2	1.09					
		<i>Strombomonas verrucosa</i>						1		1	0.69	
		<i>Trachelomonas armata</i>	2			2	1.09	1		1	0.69	
		<i>Trachelomonas bacillifera</i>	1			1	0.55					
		<i>Trachelomonas hispida</i>						1		1	0.69	
		<i>Trachelomonas volvocina</i>	1	3	1	5	2.73		3	1	4	2.78
Xanthophyta	Trentepohliaceae	<i>Phycopeltis</i> sp.							1		1	0.69
	Trypanochloridaceae	<i>Trypanochloris clausiliae</i>			3	3	1.64					
ABUNDANCIA			93	41	49	183	100	29	53	62	144	100
RIQUEZA			37	20	30	67		17	24	26	57	

Leyenda de fechas de colectas: 1ra (abril a mayo del 2012), 2da (octubre 2012), 3ra (junio 2013), 4ta (enero 2014), 5ta (mayo 2014), 6ta (noviembre 2014)

▼ TABLA 3. Composición taxonómica, riqueza y abundancia del fitoplancton del río Arabela, colectado durante el periodo de aguas altas y bajas de los años 2012, 2013 y 2014.

División	Familia	Especie	Nº de individuos/l									
			Colectas periodo de creciente				Colectas periodo de vacante					
			1ra	3ra	5ta	Total	%	2da	4ta	6ta	Total	%
Cyanophyta	Cyanophyceae	<i>Oscillatoria</i> sp.						1			1	1.02
		<i>Oscillatoria tenuis</i>	6	6	12	9.38			3	3	3	3.06
		<i>Oscillatoria terebriformis</i>	1			1	0.78					
Euglenophyta	Euglenaceae	<i>Planktothrix planctónica</i>							1	1	1	1.02
		<i>Spirulina</i> sp.		1	1	0.78			2	2	2	2.04
		<i>Phacus orbicularis</i>	3		3	2.34						
Bacillariophyta	Fragilariaeae	<i>Phacus</i> sp.						1		1	1	1.02
		<i>Strombomonas fluviatilis</i>		2	2	1.56		1			1	1.02
		<i>Trachelomonas armata</i>	1	3	1	5	3.91	2			2	2.04
	Naviculaceae	<i>Trachelomonas bacillifera</i>		1		1	0.78					
		<i>Trachelomonas crebea</i>			1	1	0.78					
		<i>Trachelomonas intermedia</i>	1	1		2	1.56					
Chlorophyta	Surirellaceae	<i>Trachelomonas volvocina</i>	1	2		3	2.34			1	1	1.02
		<i>Asterionella</i> sp.						1		1	1	1.02
		<i>Meriodon circulare</i>	1		1	2	1.56	1		1	1	1.02
	Eunotiaceae	<i>Synedra goulardii</i>		1		1	0.78					
		<i>Navicula cryptocephala</i>		1	2	3	2.34	2		1	3	3.06
		<i>Navicula exigua</i>							1	1	1	1.02
Ciliophora	Biddulphiaceae	<i>Navicula graciloides</i>							1	1	1	1.02
		<i>Navicula</i> sp.	1	1		2	1.56					
		<i>Navicula tripunctata</i>			2	2	1.56		1	1	1	1.02
	Ciliophora	<i>Pinnularia</i> sp.	2		9	11	8.59					
		<i>Pinnularia undulata</i>						1			1	1.02
		<i>Pinnularia viridis</i>						4			4	4.08
Ciliophora	Surirellaceae	<i>Surirella linearis</i>	9	1		10	7.81			2	2	2.04
		<i>Eunotia convexa</i>	6			6	4.69	6			6	6.12
		<i>Eunotia diodon</i>	5			5	3.91	2			2	2.04
	Ciliophora	<i>Eunotia formica</i>	11			11	8.59					
		<i>Eunotia maior</i>						1		1	2	2.04
		<i>Eunotia monodon</i>	1		1	0.78						
Ciliophora	Biddulphiaceae	<i>Eunotia robusta</i>						3			3	3.06
		<i>Eunotia</i> sp.	6			6	4.69	2			2	2.04
		<i>Biddulphia</i> sp.							1		1	1.02
	Ciliophora	<i>Cerataulus turgidus</i>		1	1	0.78		1		1	1	1.02
		<i>Trigonium arcticum</i>						1		1	1	1.02
		<i>Cosconodiscaceae</i>	<i>Cyclotella distinguenda</i>		1	1	0.78					
Ciliophora	Volvocaceae	<i>Eudorina elegans</i>						1			1	1.02
		<i>Korschikoviella</i> sp.		1	1	0.78			3	3	3	3.06
	Ciliophora	<i>Elakothrix lacustrix</i>	2			2	1.56					
		<i>Scenedesmaceae</i>	<i>Actinastrum hantzschii</i>		2	2	1.56					
		<i>Closterium acicularris</i>						1		1	1	1.02

División	Familia	Especie	Nº de individuos/l									
			Colectas periodo de creciente			Colectas periodo de vacante						
			1ra	3ra	5ta	Total	%	2da	4ta	6ta	Total	%
		<i>Cladophora lunula</i>	2	1		3	2.34	4			4	4.08
		<i>Hyalotheca dissiliensis</i>							1		1	1.02
		<i>Scenedesmus quadricauda</i>						1	1		2	2.04
	Desmidiaceae	<i>Cosmarium sp.</i>						2			2	2.04
		<i>Hyalotheca dissiliensis</i>	1			1	0.78					
	Oocystaceae	<i>Poliedropsis sp.</i>						1			1	1.02
		<i>Quadrigula closteroides</i>							1		1	1.02
		<i>Tetraedron trigonum</i>	1			1	0.78					
		<i>Treubaria sp.</i>		1		1	0.78					
	Mesotaeniaceae	<i>Gonatozygon aculeatum</i>						1			1	1.02
		<i>Gonatozygon kinahani</i>							1		1	1.02
	Zygnemataceae	<i>Mougeotia sp.</i>							1		1	1.02
		<i>Spirogyra sp.</i>	1	1		2	1.56					
	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium sp.</i>	1			1	0.78					
	Characiaceae	<i>Shroederia sp.</i>							1		1	1.02
Chrysophyta	Derepoxidaceae	<i>Rhipidodendron huxleyi</i>	11	6		17	13.28		5	24	29	29.59
	Chrysocapsaceae	<i>Chrysopora fenestrata</i>						1			1	1.02
	Synuraceae	<i>Synura sp.inosa</i>						1			1	1.02
	Mallomonadaceae	<i>Mallomonas sp.</i>							1		1	1.02
Xanthophyta	Centritractaceae	<i>Polyedriella sp.</i>	1			1	0.78					
Dinophyta	Peridianaceae	<i>Protoperidinium sp.</i>		1		1	0.78					
	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum sp.</i>			1		0.78					
	Dinococcaceae	<i>Hypnodinium sp.haericum</i>			1		0.78		1		1	1.02
ABUNDANCIA			67	27	34	128	100	36	17	45	98	100
RIQUEZA			17	17	17	38		18	13	16	43	

Leyenda de fechas de colectas: 1ra (abril a mayo del 2012), 2da (octubre 2012), 3ra (junio 2013), 4ta (enero 2014), 5ta (mayo 2014), 6ta (noviembre 2014)

▼ TABLA 4. Composición taxonómica, riqueza y abundancia del fitoplancton del río Napo, colectado durante el periodo de aguas altas y bajas de los años 2012, 2013 y 2014.

División	Familia	Especie	Nº de individuos/l									
			Colectas periodo de creciente				Colectas periodo de vacante					
			1ra	3ra	5ta	Total	%	2da	4ta	6ta	Total	%
Bacillariophyta	Achnanthaceae	<i>Achnantes lancealata</i>	1		1	0.88						
	Bacillariaceae	<i>Ceratoneis arcus</i>			1	1	0.88					
		<i>Denticula tenuis</i>			2	2	1.75					
		<i>Nitzschia linearis</i>			1	1	0.88				1	1.11
	Biddulphiaceae	<i>Trigonium arcticum</i>	1		1	0.88						
	Coretronaceae	<i>Corethron sp.</i>						1		1	1.11	
	Coscinodiscaceae	<i>Aulacoseira sp.</i>							1	1	1.11	
	Cymbellaceae	<i>Amphora ovalis</i>	1			1	0.88					
	Eunotiaceae	<i>Eunotia arcus</i>			1	1	0.88					
		<i>Eunotia convexa</i>	2			2	1.75					
		<i>Eunotia diodon</i>	2	1	1	4	3.51					
		<i>Eunotia faba</i>			1	1	0.88					
		<i>Eunotia formica</i>	5	2		7	6.14	1		1	1.11	
		<i>Eunotia maior</i>		2	1	3	2.63	1		1	1.11	
		<i>Eunotia monodon</i>			1	1	0.88					
		<i>Eunotia praerupta</i>						2		2	2.22	
		<i>Eunotia tautoniensis</i>			1	1	0.88					
	Fragilariaceae	<i>Ceratoneis arcus</i>	7			7	6.14	2		2	2.22	
		<i>Diatoma sp.</i>	1			1	0.88					
		<i>Meriodon circulare</i>	3			3	2.63					
		<i>Synedra goulardii</i>	5			5	4.39	2		2	2.22	
		<i>Synedra tabulata</i>	3			3	2.63					
		<i>Synedra ulna</i>							1	1	1.11	
	Gomphonemaceae	<i>Gomphonema augur</i>	1			1	0.88					
	Naviculaceae	<i>Brachysira serians</i>						2		2	2.22	
		<i>Frustulia rhombooides</i>			2	2	1.75					
		<i>Gyrosigma sp.</i>	3			3	2.63					
		<i>Navicula cryptocephala</i>	1			1	0.88					
		<i>Navicula exigua</i>							1	1	1.11	
		<i>Navicula sp.</i>						1		1	1.11	
		<i>Navicula tripunctata</i>		1		1	0.88					
		<i>Navicula viridula</i>							1	1	1.11	
		<i>Pinnularia nobilis</i>	1	2	2	5	4.39	2		2	4	4.44
		<i>Pinnularia sp.</i>			4	4	3.51					
		<i>Pinnularia undulata</i>						1		1	1.11	
	Surirellaceae	<i>Surirella elegans</i>							1	1	1.11	
		<i>Surirella linearis</i>	1	3		4	3.51	2	1	3	3.33	
		<i>Surirella ovalis</i>	1			1	0.88					
Chlorophyta	Coelastraceae	<i>Coelastrum sp.</i>	1			1	0.88					
	Desmidiaceae	<i>Desmidium sp.</i>			1	1	0.88		5		5	5.56

División	Familia	Especie	Nº de individuos/l									
			Colectas periodo de creciente				Colectas periodo de vacante					
			1ra	3ra	5ta	Total	%	2da	4ta	6ta	Total	%
		<i>Pediastrum duplex</i>								4	4	4.44
		<i>Pleurotaenium sp.</i>	1			1	0.88					
	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i>	1			1	0.88		1		1	1.11
	Mesotaeniaceae	<i>Gonatozygon kinahani</i>	3	3	1	7	6.14					
		<i>Spirotaenia condensata</i>							2		2	2.22
	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium sp.</i>		2		2	1.75					
	Oocystaceae	<i>Gonatozygon kinahani</i>							1		1	1.11
		<i>Kirchneriella lunatus</i>						1			1	1.11
		<i>Selenastrum lunatus</i>							1		1	1.11
		<i>Tetraedron victoriae</i>			1	1	0.88		1		1	1.11
	Scenedesmaceae	<i>Actinastrum sp.</i>							1		1	1.11
		<i>Closterium aciculare</i>	1			1	0.88					
		<i>Closterium moniliferum</i>						1			1	1.11
		<i>Hyalotheca dissiliensis</i>			2	2	1.75			4	4	4.44
		<i>Hyalotheca indica</i>							2		2	2.22
		<i>Scenedesmus acutus</i>						1			1	1.11
		<i>Scenedesmus ecornis</i>						1			1	1.11
		<i>Scenedesmus quadricauda</i>	1	1	2	1.75		3	2	1	6	6.67
	Volvocaceae	<i>Eudorina elegans</i>	2	2		4	3.51	1	4	1	6	6.67
		<i>Platidorina caudata</i>	1			1	0.88					
	Zygnemataceae	<i>Spirogyra sp.</i>	1			1	0.88		1		1	1.11
		<i>Golenkinia radios</i>			1	1	0.88					
Chrysophyta	Derepoxidaceae	<i>Rhipidodendron huxleyi</i>	2	1	1	4	3.51	1		2	3	3.33
	Prymnesiaceae	<i>Chrysochromulina sp.</i>								1	1	1.11
Cyanophyta	Cyanophyceae	<i>Microcystis aeruginosa</i>		1		1	0.88					
		<i>Spirulina sp.</i>			2	2	1.75		1		1	1.11
	Microchaetaceae	<i>Petalonema alatum</i>							1		1	1.11
	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria tenuis</i>	4			4	3.51			7	7	7.78
		<i>Spirulina sp.</i>	2			2	1.75			6	6	6.67
Dinophyta	Peridianaceae	<i>Protoperidinium sp.</i>		1	1	2	1.75					
	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum micans</i>						1			1	1.11
Euglenophyta	Euglenaceae	<i>Euglena sp.</i>	1			1	0.88					
		<i>Phacus orbicularis</i>		1		1	0.88					
		<i>Trachelomonas armata</i>	1			1	0.88					
		<i>Trachelomonas intermedia</i>	1			1	0.88					
		<i>Trachelomonas verrucosa</i>							1		1	1.11
		<i>Trachelomonas volvocina</i>	1			1	0.88					
Xanthophyta	Trentepohliaceae	<i>Phycopeltis sp.</i>								1	1	1.11
	Tribonemaceae	<i>Bumilleria sicula</i>							3		3	3.33
ABUNDANCIA			59	32	23	114	100	23	28	39	90	100
RIQUEZA			29	20	18	53		16	16	19	44	

Leyenda de fechas de colectas: 1ra (abril a mayo del 2012), 2da (octubre 2012), 3ra (junio 2013), 4ta (enero 2014), 5ta (mayo 2014), 6ta (noviembre 2014)



▲ Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Arica (Curaray), obtenidos.



ZOOPLANCTON

La comunidad zooplanctónica encontrada en el área de estudio está conformada por 31 especies comprendidas en 23 géneros, 13 familias y 3 filos (Amoebozoa, Rotifera y Arthropoda) (Tablas 5, 6, 7 y 8). Durante la época de creciente se reportaron los más altos valores de riqueza y abundancia para los tres ríos evaluados (Figura 7).

El río Curaray registró los mayores valores de riqueza y abundancia tanto en creciente (28 y 80 especies respectivamente) como en vaciante (17 y 68 individuos respectivamente). Por su parte, el río Napo reportó los menores valores (Figura 7). Estos resultados pueden estar influenciados por las variaciones de los factores ambientales (físicoquímicas, régimen climático y el pulso de inundación) que actúan simultáneamente en la naturaleza, alterando la composición y abundancia zooplanctónica (Dos Santos, 2014).

Durante los tres años de muestreo, la mayor riqueza se reportó en 2013, donde el río Curaray alcanzó altos valores en riqueza, y 2014, cuando logró su mayor abundancia, seguido del río Arabela y luego el río Napo (Figura 8). La riqueza y abundancia de zooplancton no siguieron el mismo patrón durante el

periodo de estudio en los tres ríos analizados, a excepción del río Napo que presentó un aumento en el número de especies e individuos tanto en creciente como en vaciante. En tanto que los ríos Curaray y Arabela presentaron patrones diferentes entre ambos períodos (Figura 8).

Estos resultados pueden estar relacionados con la extensión y la estabilidad de la cuenca del río Napo, que es mucho mayor que la de los otros dos ríos analizados. Debido a su menor tamaño, el Curaray y Arabela presentan ambientes más inestables, que dependiendo de los cambios en los parámetros ambientales pueden o no permitir el desarrollo del zooplancton. Este se encuentra compuesto por microorganismos con altas tasas de crecimiento, un rasgo que permite responder rápidamente a ambientes cambiantes que depende de la cantidad de alimento disponible y de su calidad. (Conde-Porcuna *et al.*, 2004).

En cuanto a las estaciones de muestreo, las que presentaron mayor cantidad de microorganismos zooplanctónicos fueron la estación de Yanayacu (A1), con un total de 4,800 individuos.L⁻¹, seguido por el Shapajal (C3) con 6,000 individuos.L⁻¹ y Flor de coco (A2) con 3,900 individuos.L⁻¹. Por el contrario, las

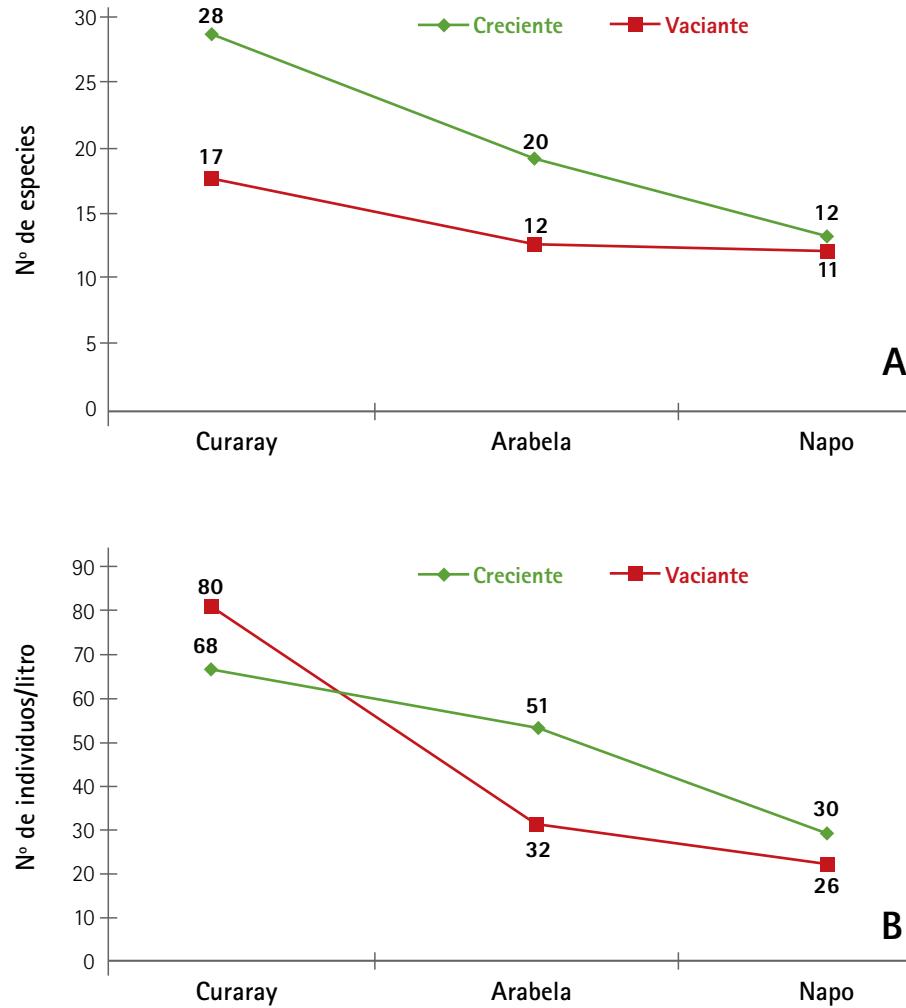


FIGURA 7. Riqueza (A) y Abundancia (B) de organismos zooplanctónicos registrados durante la creciente y vacante de los ríos Curaray, Arabela y Napo entre los años 2012-2014.

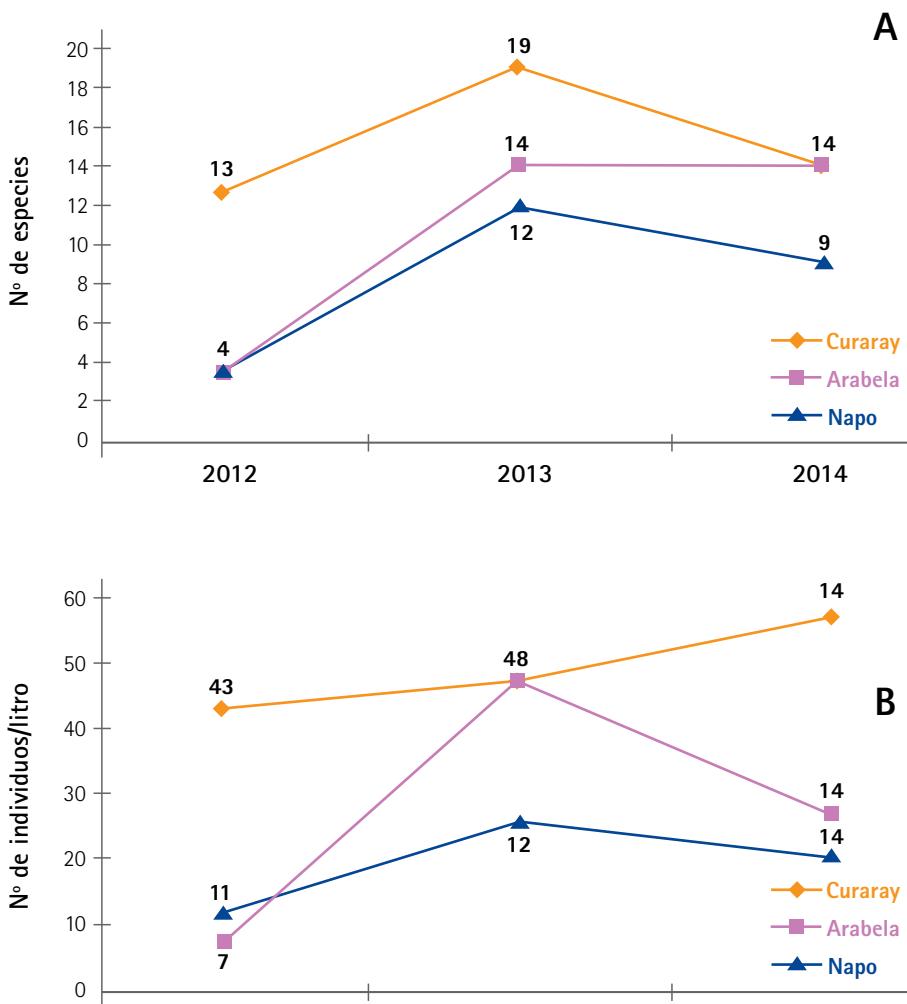
que presentaron menor cantidad de microorganismos fue la estación Boca Curaray (N2) con 2,700 individuos. L^{-1} (Figura 9).

La comunidad zooplanctónica durante el tiempo de muestreo estuvo conformada por 4 filos (Amoebozoa, Rotifera, Arthropoda y Gastrotricha), de los cuales Amoebozoa registra la mayor abundancia en los tres ríos evaluados, con un total 15,500 individuos/ l^{-1} (54%). Estos microorganismos posiblemente son el grupo taxonómico que convive relacionado al sustrato en la materia orgánica. Además, la mayor concentración de recursos alimentarios diversos (perifiton, fitoplancton, bacterias, hongos, detritos orgánicos) permite el aumento en densidad de organismos que utilizan estos recursos como alimento y como refugio contra los predadores (Dabés y Velho, 2001). El segundo grupo representativo fueron los Rotíferos con 11,400 individuos/ l^{-1} (40%), seguido de Arthropoda con 1,700/ l^{-1} individuos (6%) (Figura 10).

Las especies de microorganismos zooplanctónicos más representativos fueron *Arcella vulgaris* y *Euglypha* sp.

(Amoebozoa), con presencia en las 7 estaciones de muestreo durante los dos períodos hidrológicos evaluados. Le sigue *Notholca striata* y *Brachionus mirus* (Rotifera) presentes en 6 y 5 estaciones de muestreo respectivamente (Tablas 5, 6 y 7). *Arcella vulgaris* fue la más representativa a consecuencia de la alternancia de períodos de creciente y vacante, que favorece al aporte de materia orgánica y detritiva al agua a partir de la vegetación en descomposición, lo cual va acompañado de poblaciones bacterianas, lo que favorecería el desarrollo de especies de protozoarios y rotíferos (Armengol-Díaz *et al.*, 2002). El género *Arcella* posee unas vacuolas que permiten su mantenimiento en la columna de agua (Velho *et al.*, 1999), de allí su presencia poblacional en estos sistemas estudiados.

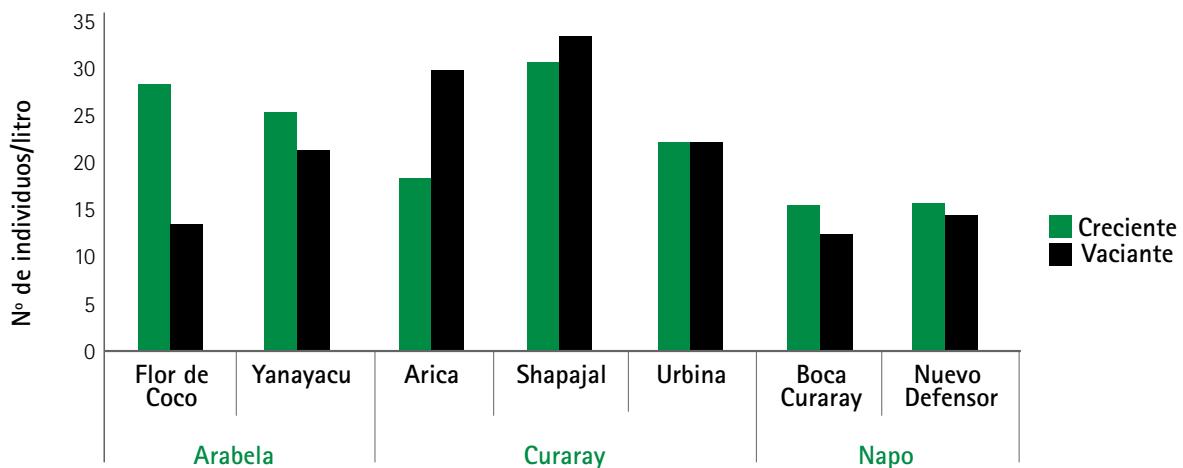
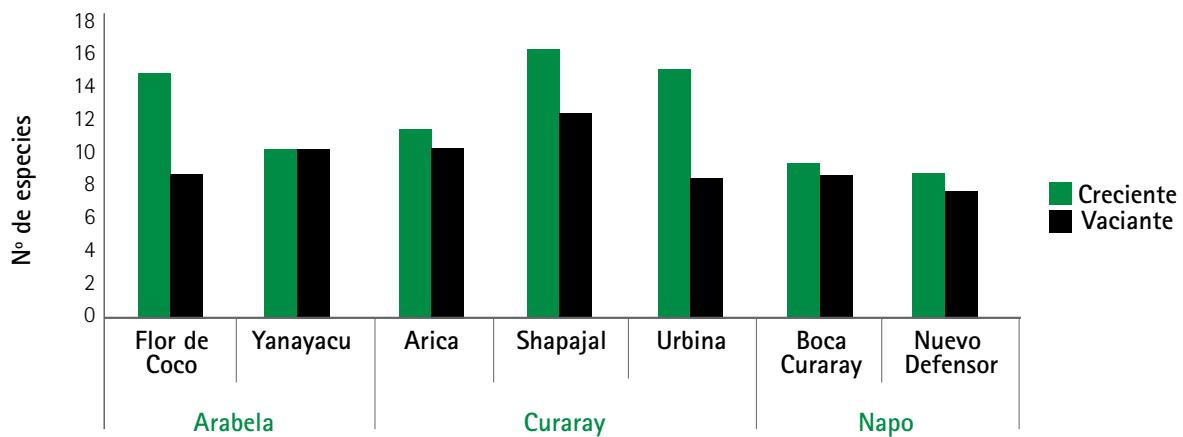
Durante los períodos de creciente, las estaciones Shapajal y Urbina presentaron altos índices de diversidad (13.7-13.5 especies efectivas, respectivamente); sin embargo, estas estaciones de colecta mostraron un bajo índice de dominancia y una alta homogeneidad, por consiguiente las especies



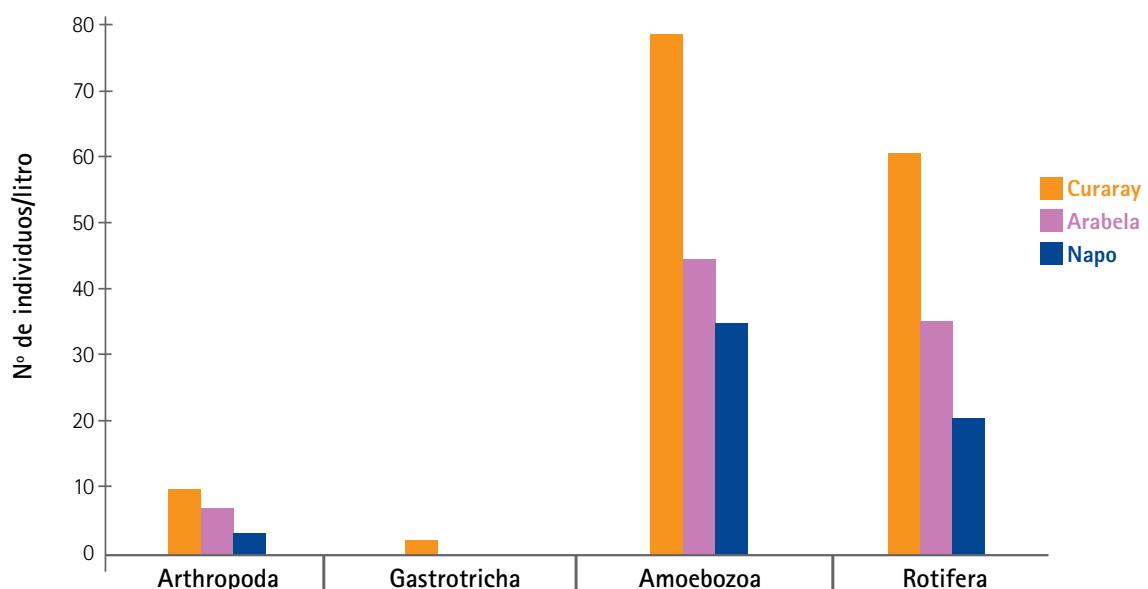
► FIGURA 8. Riqueza (A) y Abundancia (B) de organismos zooplanctónicos registrados durante los años 2012, 2013 y 2014 en los ríos Curaray, Arabela y Napo.

están mejor distribuidas en estas estaciones de muestreo. Posiblemente el Curaray es favorecido porque a lo largo de su cuenca hidrográfica existen la mayor variedad de tributarios que aportan diversidad de hábitat y recursos alimentarios, así como materia orgánica dispersa de origen alóctono y autóctono, que favorece al desarrollo de organismos zooplanctónicos (Guimarães, 2008). Por el contrario, las estaciones Nuevo Defensor y Boca del Curaray presentaron los valores más bajos en relación al índice de diversidad con 6.92 y 7.58 unidades de especies efectivas (Tabla 5).

En vacante, los valores de diversidad son relativamente bajos. Entre ellos tenemos a Shapajal y Arica, con 10.8-8.04 unidades de especies efectivas respectivamente; mientras que los menores valores presentaron Urbina, Nuevo defensor y Flor de coco con 6.31, 6.49 y 6.43 unidades de especies efectivas respectivamente (Tabla 5).



▲ FIGURA 9. Riqueza (A) y Abundancia (B) de organismos zooplanctónicos en las estaciones de muestreo de los ríos Curaray, Arabela y Napo en el periodo de creciente y vacante de los años 2012–2014.



▲ FIGURA 10. Abundancia total de organismos zooplanctónicos bentónicos por grupo taxonómico (Filó).

▼ TABLA 5. Índices de diversidad de zooplancton por estación de muestreo durante el periodo de creciente y vaciante de los años 2012, 2013 y 2014.

Estaciones	Creciente			Vaciante		
	D	H	E.E	D	H	E.E
Yanayacu (A1)	0.14	0.91	8.2	0.34	0.69	4.57
Flor de coco (A2)	0.08	0.95	12.6	0.21	0.84	6.43
Arica (C1)	0.11	0.95	9.9	0.13	0.94	8.04
Urbina (C2)	0.08	0.96	13.5	0.19	0.88	6.31
Shapajal (C3)	0.08	0.94	13.7	0.1	0.95	10.8
Nuevo Defensor (N1)	0.16	0.93	6.92	0.16	0.96	6.49
Boca Curaray (N2)	0.15	0.92	7.58	0.15	0.95	7.23

D= Dominancia, H=Homogeneidad, E.E= Especies efectivas

▼ TABLA 6. Composición taxonómica, riqueza y abundancia del zooplancton en el río Curaray, colectado durante el periodo de creciente y vacante de los años 2012, 2013 y 2014.

Filó	Clase	Familia	Especie	Individuos/l											
				Colectas en periodo de creciente				Colectas en periodo de vacante							
				1ra	3ra	5ta	Total	%	2da	4ta	6ta	Total	%		
Arthropoda	Branchiopoda	Moinidae	<i>Bosminopsis</i> sp.			1	1	1.47			1	1	1.25		
			<i>Moina micrura</i>			4	4	5.88							
			<i>Nauplio</i>			2	2	2.94			1	1	1.25		
Gastrotricha		Chaetonotidae	<i>Chaetonotus</i> sp.	1			1	1.47							
Amoebozoa	Tubulinea	Arcellidae	<i>Arcella dentata</i>			1	1	1.47			1	1	1.25		
			<i>Arcella megastoma</i>		6		6	8.82			2	2	2.5		
			<i>Arcella vulgaris</i>		8	8	11.76		19	4	6	29	36.25		
Rotifera	Monogononta	Difflugiidae	<i>Difflugia acuminata</i>	2		2	2.94								
			<i>Difflugia rubencens</i>	1		1	1.47								
		Euglyphidae	<i>Difflugia</i> sp.	1		1	1.47								
			<i>Quadrulella</i> sp.	1		1	1.47								
		Hyalodiscidae	<i>Centropyxis arcelloides</i>	1	1	2	2.94			2	2	2.5			
			<i>Centropyxis ecornis</i>	1		1	1.47			6	6	7.5			
		Asplanchnidae	<i>Euglypha ciliata</i>	1		1	1.47	3			3	3.75			
			<i>Euglypha</i> sp.					1	3	3	7	8.75			
ABUNDANCIA	RIQUEZA	Brachionidae	<i>Wailesella</i> sp.	1		1	1.47		3		3	3.75			
			<i>Asplanchna</i> sp.	1		1	1.47								
		Notommatidae	<i>Brachionus calyciflorus</i>		1	1	1.47	1	3	2	6	7.5			
			<i>Brachionus mirus</i>	2	1	1	4	5.88	4	2	3	9	11.25		
		Synchaetidae	<i>Lecane ploenencis</i>	2		2	2.94	2			2	2.5			
			<i>Lecane</i> sp.	1	2		3	4.41	1		1	1.25			
		Testudinella	<i>Monostyla</i> sp.	2		2	2.94	1			1	1.25			
			<i>Mytilina</i> sp.	1		1	1.47								
		Trichocercidae	<i>Notholca striata</i>	1	1	1	3	4.41	2	2	4	5			
			<i>Pleurotrocha</i> sp.	2		2	2.94								
		Trichocercidae	<i>Proales</i> sp.	4		4	5.88								
			<i>Polyarthra trigla</i>	3	2	5	7.35								
		Trichocercidae	<i>Filinia longiseta</i>		6	6	8.82								
			<i>Trichocerca similis</i>	1		1	1.47	2			2	2.5			
ABUNDANCIA				9	31	28	68	100	34	17	29	80	100		
RIQUEZA				8	16	11	28		9	6	11	17			

Leyenda de fechas de colectas: 1ra (abril a mayo del 2012), 2da (octubre 2012), 3ra (junio 2013), 4ta (enero 2014), 5ta (mayo 2014), 6ta (noviembre 2014).

▼ TABLA 7. Composición taxonómica, riqueza y abundancia del zooplancton
en el río Arabela, colectado durante el periodo de creciente y vacante de los años 2012, 2013 y 2014.

Filó	Clase	Familia	Especie	Individuos/l									
				Colectas en periodo creciente				Colectas en periodo de vacante					
				1ra	3ra	5ta	Total	%	2da	4ta	6ta	Total	%
Arthropoda	Insecta	Chironomidae	<i>Chironomus</i> sp.	1		4	4	8.00					
	Branchiopoda	Moinidae	<i>Moina micrura</i>			1	1	2.00					
Amoebozoa	Tubulinea	Arcellidae	<i>Arcella dentata</i>			2	2	4.00					
			<i>Arcella megastoma</i>	2	1	3	6.00		2		2	6.25	
			<i>Arcella vulgaris</i>	3	2	5	10.00		9	1	10	31.25	
		Diffugiidae	<i>Diffugia</i> sp.		1		1	2.00					
		Euglyphidae	<i>Centropyxis arcelloides</i>			1	1	2.00	1	1	2	6.25	
			<i>Centropyxis ecornis</i>			1	1	2.00		2	2	6.25	
			<i>Euglypha</i> sp.	7			7	14.00	2	1	3	9.38	
		Hyalodiscidae	<i>Wailesella</i> sp.						4		4	12.50	
Rotifera	Monogononta	Brachionidae	<i>Brachionus calyciflorus</i>	2	1	3	6.00						
			<i>Brachionus mirus</i>	3	1	1	5	10.00	1		1	3.13	
			<i>Lecane ploenencis</i>		2		2	4.00					
			<i>Lecane</i> sp.		1		1	2.00	2		2	6.25	
			<i>Manfredium</i> sp.			1	1	2.00				0.00	
			<i>Monostyla</i> sp.	2			2	4.00	1		1	3.13	
			<i>Mytilina</i> sp.	1			1	2.00					
			<i>Notholca striata</i>							3	3	9.38	
		Notommatidae	<i>Pleurotrocha</i> sp.		1		1	2.00	1		1	3.13	
			<i>Proales</i> sp.		3		3	6.00	1		1	3.13	
		Synchaetidae	<i>Polyarthra trigla</i>		1	2	3	6.00					
		Testudinella	<i>Filinia longiseta</i>			3	3	6.00					
ABUNDANCIA				7	24	20	51	100	0	24	8	32	100
RIQUEZA				4	11	12	20		0	10	5	12	

Leyenda de fechas de colectas: 1ra (abril a mayo del 2012), 2da (octubre 2012), 3ra (junio 2013), 4ta (enero 2014), 5ta (mayo 2014), 6ta (noviembre 2014)



▼ TABLA 8. Composición taxonómica, riqueza y abundancia del zooplancton en el río Napo,
colectado durante el periodo de aguas altas y bajas de los años 2012, 2013 y 2014.

Filó	Clase	Familia	Especie	Individuos/l										
				Colectas en periodo de creciente				Colectas en periodo de vacante						
				1ra	3ra	5ta	Total	%	2da	4ta	6ta	Total	%	
Arthropoda	Branchiopoda	Moinidae	<i>Moina micrura</i>			1	1	3.33						
			<i>Nauplios</i>			1	1	3.33						
Amoebozoa	Tubulinea	Arcellidae	<i>Arcella dentata</i>									3	3	
			<i>Arcella megastoma</i>		3		3	10.00					11.54	
			<i>Arcella vulgaris</i>	2		5	7	23.33	2	2		4	15.38	
		Diffugtiidae	<i>Diffuglia acuminata</i>		3		3	10.00						
			<i>Diffuglia sp.</i>								1	1	3.85	
		Euglyphidae	<i>Centropyxis arcelloides</i>							1	1	2	7.69	
			<i>Centropyxis ecornis</i>	1			1	3.33		1	2	3	11.54	
			<i>Euglypha ciliata</i>						1			1	3.85	
			<i>Euglypha sp.</i>	2			2	6.67		1	1	2	7.69	
		Hyalodiscidae	<i>Wailesella sp.</i>							2		2	7.69	
Rotifera	Monogononta	Brachionidae	<i>Brachionus calyciflorus</i>						1			1	3.85	
			<i>Lecane ploenencis</i>	4			4	13.33					0.00	
			<i>Monostyla sp.</i>	1			1	3.33	1			1	3.85	
		Notommatidae	<i>Notholca striata</i>	3		2	5	16.67	1	2	3	6	23.08	
			<i>Proales sp.</i>		1		1	3.33						
		Testudinella	<i>Filinia longiseta</i>				1	3.33						
ABUNDANCIA				6	14	10	30	100	5	11	10	26	100	
RIQUEZA				3	6	5	12		4	8	5	11		

Leyenda de fechas de colectas: 1ra (abril a mayo del 2012), 2da (octubre 2012), 3ra (junio 2013), 4ta (enero 2014), 5ta (mayo 2014), 6ta (noviembre 2014)



▲ Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Arica (Curaray), obtenidos.



MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

Fueron reportados un total de 43 especies y 347 individuos de macroinvertebrados bentónicos, de los cuales 28 especies y 160 individuos se reportaron para el río Arabela; 23 especies y 144 individuos para el Curaray; y 12 especies con 43 individuos para el río Napo. El Arabela registró la mayor riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos en el periodo de creciente, mientras que en vaciante fue el Curaray. Por el contrario, el Napo reportó los valores más bajos de riqueza y abundancia (Figura 11).

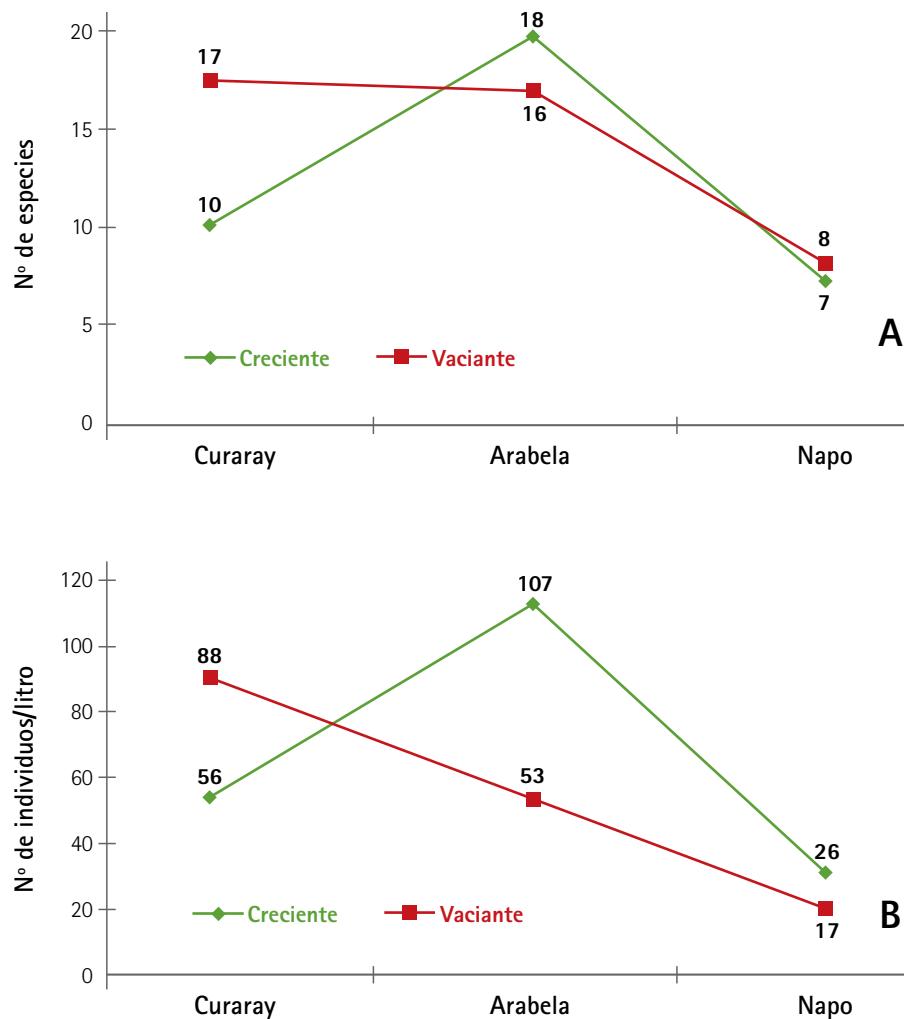
Comparando los tres años de colecta, los ríos Arabela (21 especies, 100 ind.) y Curaray (15 especies, 112 ind.) registran la mayor riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos durante el año 2012; mientras que en los años 2013 y 2014 se reportan los más bajos valores. Por otro lado, la riqueza y abundancia en el río Napo fue baja y se mantuvo con valores constantes durante los tres años de colecta (Figura 12).

Para todas las estaciones de muestreo evaluadas, el periodo de vaciante registra la mayor riqueza de macroinvertebrados bentónicos.

Con respecto a la abundancia, las estaciones de Yanayacu (99 individuos) y Boca del Curaray (16 individuos) reportan los mayores y menores valores respectivamente (Figura 13).

Las comunidad de macroinvertebrados bentónicos ejerce un papel de gran importancia en la descomposición de la materia orgánica, ciclo de nutrientes, aireación del sedimento y flujo de energía en los ecosistemas acuáticos (Reice y Wohlenberg, 1993). Estos organismos son considerados excelentes bioindicadores de la calidad de agua, debido a que son capaces de integrar los cambios que ha sufrido un ecosistema a lo largo de la vida del organismo (Roldán, 1999; Baptista, 2001).

Muchos representantes de estos grupos de invertebrados pueden distribuirse en distintos niveles de condiciones ambientales, así como ser muy susceptibles a la contaminación, motivo por lo que son recomendados en el establecimiento de sistemas de vigilancia y control de los ecosistemas hídricos (Royer *et al.*, 2001; Metzeling *et al.*, 2003; Iannaccone *et al.*, 2003). Dentro de los grupos más representativos se encuentran las planarias,



▲ FIGURA 11. Riqueza (A) y Abundancia (B) de macroinvertebrados bentónicos registrados durante los períodos de creciente y vacante de los ríos Curaray, Arabela y Napo en los años de 2012, 2013 y 2014.

nematodos, anélidos (sanguíjuelas y oligoquetos), moluscos y artrópodos (crustáceos e insectos).

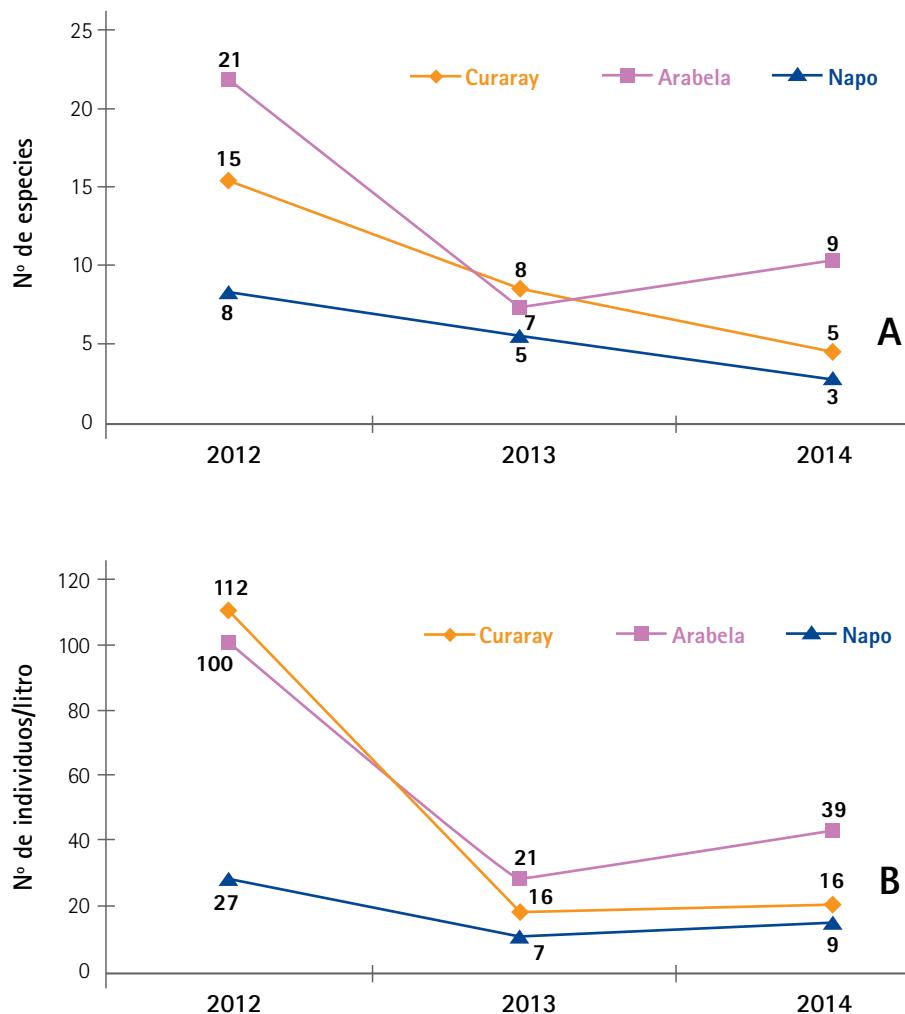
Los macroinvertebrados reportados en el presente estudio se encuentran distribuidos en cuatro filos: Arthropoda, Annelida, Nematoda y Mollusca. Todos los filos fueron reportados en Arabela, mientras que en el Curaray y Napo solo se reportó a los filos Arthropoda y Annelida. Los Arthropoda (291 individuos), representados por la clase Insecta, fueron los más abundantes en las tres cuencas evaluadas (Figura 14, Tablas 10, 11 y 12).

En el río Arabela fueron identificados un total de 28 especies (18 en creciente y 16 en vacante) de macroinvertebrados bentónicos, distribuidos en 18 familias, 11 órdenes, 4 clases y 4 filos (Tabla 10). Durante el periodo de creciente, la especie más abundante

fue *Ablasbesmya* sp., con 43 individuos (46.01%), mientras que en vacante fueron *Chironomus* sp. (16 individuos, 27.12%) y *Limnodrilus* sp. (12 individuos, 20.34%).

Con respecto al río Curaray se reportaron 23 especies, distribuidas en 17 familias, 9 órdenes, 3 clases y 2 filos (Tabla 11). Las especies *Ablasbesmya* sp. y *Chironomus* sp. fueron las más abundantes, tanto para el periodo de creciente –con 13 individuos (23.21%) y 16 individuos (28.57%) respectivamente–, como el de vacante –con 22 individuos (25%) y 26 individuos (29.55%) respectivamente–.

En el río Napo se reportó una riqueza de 12 especies, distribuidas en 8 familias, 6 órdenes, 2 clases y 2 filos (Tabla 12). Las especies *Culicoides* sp. (6 individuos, 23.08%), *Ablasbesmya* sp. y *Chironomus* (7 individuos, 26.92% cada una) fueron las especies más abundante

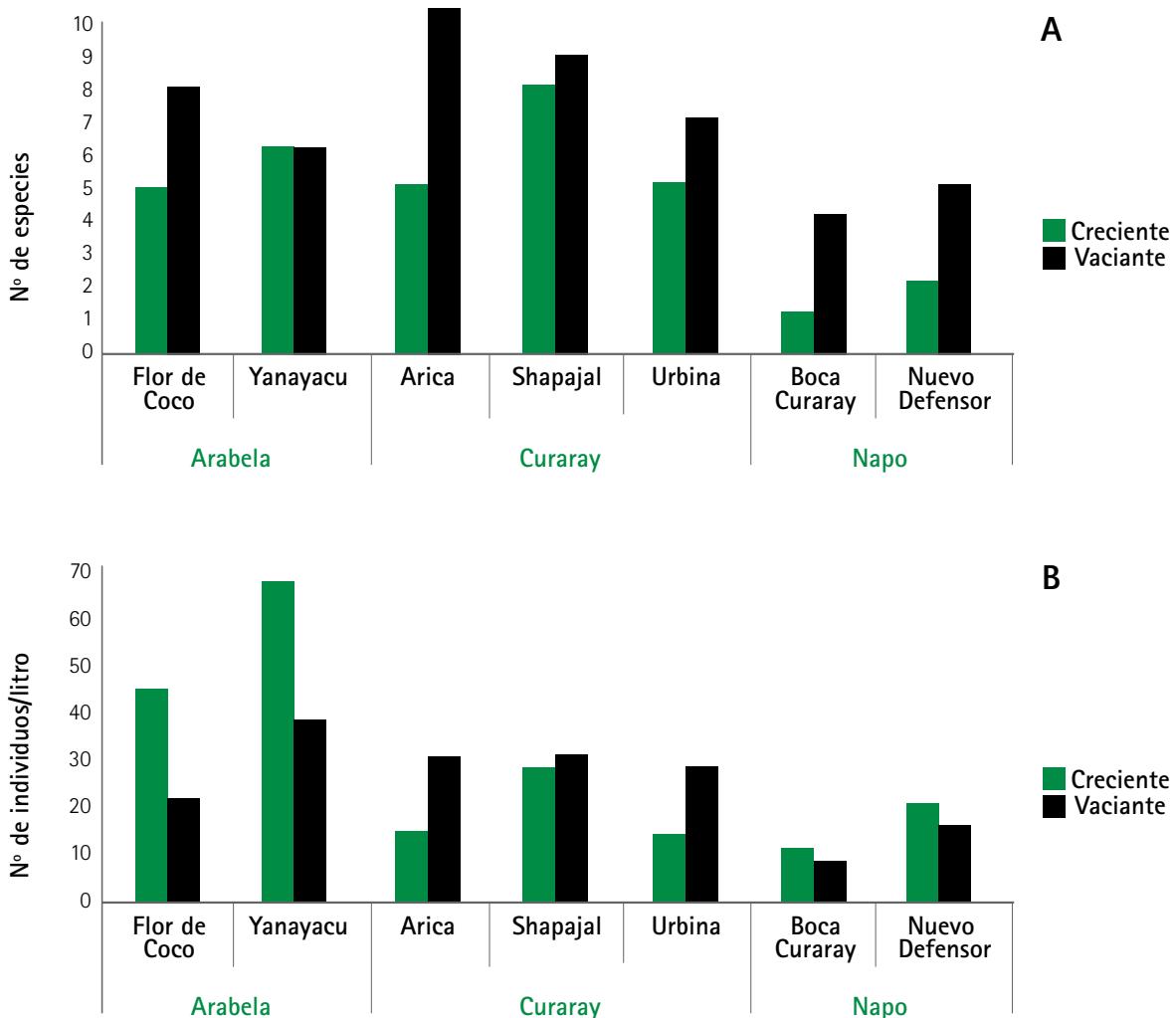


▲ FIGURA 12. Riqueza (A) y Abundancia (B) de macroinvertebrados bentónicos registrados durante los años 2012, 2013 y 2014 en los ríos Curaray, Arabela y Napo.

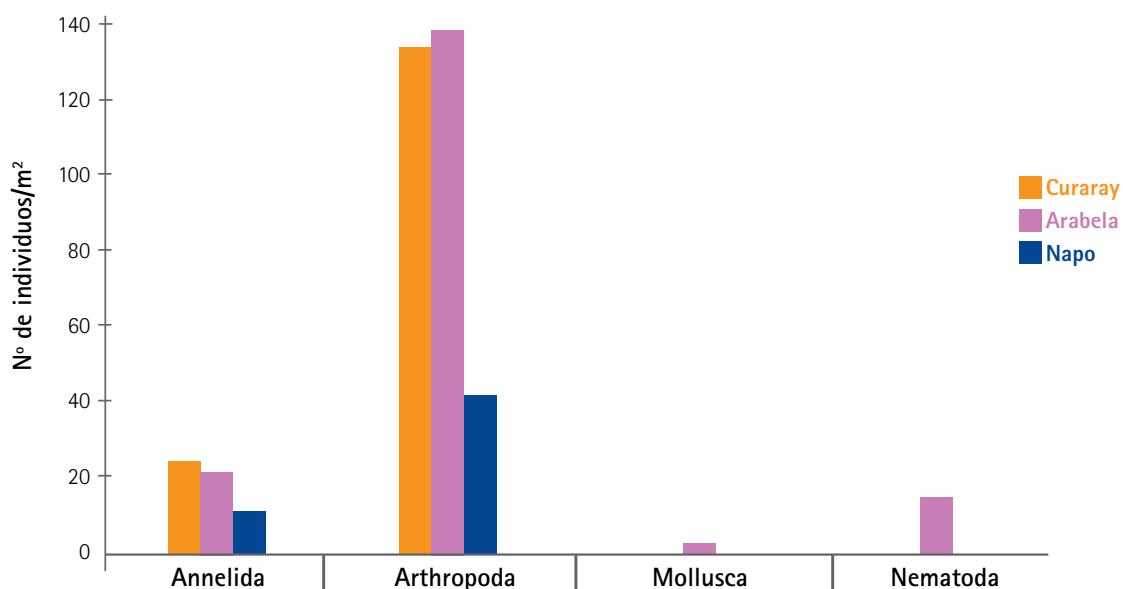
durante el periodo de creciente, mientras que *Eclipidrilus* sp. (7 individuos, 41.18%) lo fue en el periodo de vaciante.

Las especies *Ablesbesmya* sp. y *Chironomus* sp. (Diptera: Chironomidae); *Culicoides* sp. (Diptera: Ceratopogonidae), *Eclipidrilus* sp. (Annelida: Lumbriculidae) y *Limnodrilus* sp. (Annelida: Tubificidae), reportadas como abundantes en las tres cuencas evaluadas, son considerados taxones tolerantes y capaces de habitar en lugares con elevadas concentraciones de detritus orgánico (que forma parte de su dieta) y con bajos niveles de concentración de oxígeno (Roldán, 1999).

Las estaciones de Yanayacu, Arica y Shapajal presentaron una alta diversidad (especies efectivas) y homogeneidad de comunidades de macroinvertebrados bentónicos tanto en la época de creciente como de vaciante. Por el contrario presentaron bajos índices de dominancia (Tabla 9).



▲ FIGURA 13. Riqueza (A) y Abundancia (B) de macroinvertebrados bentónicos registrados en las estaciones de muestreo de los ríos Arabela, Curaray y Napo en el periodo de creciente y vaciante de los años 2012, 2013 y 2014.



▲ FIGURA 14. Abundancia total de macroinvertebrados bentónicos por grupo taxonómico (Filo).

▼ TABLA 9. Índices de diversidad de macroinvertebrados bentónicos por estación de muestreo durante el periodo de creciente y vacante de los años 2012, 2013 y 2014.

Estaciones	Creciente			Vaciante		
	D	H	E.E	D	H	E.E
Yanayacu (A1)	0.21	0.79	6.2	0.12	0.91	9.7
Flor de Coco (A2)	0.32	0.82	3.77	0.29	0.79	5.14
Arica (C1)	0.22	0.82	5.5	0.19	0.85	7.04
Urbina (C2)	0.41	0.73	3.22	0.3	0.78	4.56
Shapajal (C3)	0.23	0.82	5.55	0.18	0.86	6.61
Nuevo Defensor (N1)	0.4	0.69	3.82	0.45	0.75	2.81
Boca Curaray (N2)	0.52	0.68	2.56	0.28	0.79	3.78

D= Dominancia, H=Homogeneidad, E.E= Especies efectivas

▼ TABLA 10. Composición taxonómica, riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos del río Arabela colectados durante el período de creciente y vacante de los años 2012, 2013 y 2014.

FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	Nº de individuos/m ²									
					Colectas en periodo de creciente				Colectas en periodo de vacante					
					1ra	3ra	5ta	TOTAL	%	2da	4ta	6ta	TOTAL	%
Arthropoda	Insecta	Blattodea	Blatellidae	Indeterminado	1			1	1.07					
			Coleoptera	Dytiscidae	<i>Rhantus</i> sp.					3			3	5.08
		Diptera	Elmidae	<i>Stenelmis</i> sp.						2			2	3.39
				Ceratopogonidae	<i>Culicoides</i> sp.	9	2	9	11.77	2			2	3.39
					<i>Palpomyia</i> sp.		2	2	2.14		1		1	1.69
					<i>Tanypus</i> sp.					3			3	5.08
			Chironomidae	<i>Ablasbesmya</i> sp.	43			43	46.01	2			2	3.39
				<i>Chironomus</i> sp.	3			3	3.21	16			16	27.12
				<i>Cricotopus</i> sp.		2	2	2.14						
				<i>Pentaneura</i> sp.		8	8	8.56						
				<i>Polypedilum</i> sp.		10	10	10.7						
		Ephemeroptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.		2		2	2.14					
			Leptophlebiidae	<i>Traulodes</i> sp.	1			1	1.07					
		Heteroptera	Polymitarcyidae	<i>Campsurus</i> sp.	1			1	1.07					
				<i>Notonectidae</i>	<i>Buenoa</i> sp.					1			1	1.69
			Veliidae	<i>Rhagobelus</i> sp.						1			1	1.69
				<i>Stridulivelia</i> sp.						2			2	3.39
				<i>Phogomphus</i> sp.						1			1	1.69
		Odonata	Libellulidae	<i>Phyllogomphoides</i> sp.	7			7	7.49	1			1	1.69
				<i>Dytemis</i> sp.	3			3	3.21					
		Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	1			1	1.07					
Annelida	Clitellata	Haplotauxida	Enchytraeidae	<i>Enchytraeus</i> sp.						1	1		2	3.39
			Tubificidae	<i>Limnodrilus</i> sp.						5	5	2	12	20.34
		Lumbricida	Lumbriculida	<i>Audrilus</i> sp.		6	6	6.42					3	3.08
			Lumbriculidae	<i>Eclipidrilus</i> sp.										
Nematoda	Adenophorea	Dorylaimida	Tylencholaimellidae	<i>Aulolaimoides</i> sp.		5	5	5.35		7			7	11.86
Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Pisidiidae	<i>Euperas</i> sp.		1	1	1.07						
ABUNDANCIA					69	4	34	107	100	37	17	5	59	100
RIQUEZA					9	2	7	18		12	5	2	17	

Leyenda de fechas de colectas: 1ra (abril a mayo del 2012), 2da (octubre 2012), 3ra (junio 2013), 4ta (enero 2014), 5ta (mayo 2014), 6ta (noviembre 2014)

▼ TABLA 11. Composición taxonómica, riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos del río Curaray colectados durante el período de creciente y vacante de los años 2012, 2013 y 2014.

FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	N° de Individuos/m ²									
					Colectas en período de creciente				Colectas en período de vacante					
					1ra	3ra	5ta	TOTAL	%	2da	4ta	6ta	TOTAL	%
Arthropoda	Arachnida	Araneae	Agelenidae	<i>Agelenopsis</i> sp.				1				1	1.14	
			Pholcidae	<i>Phoelus</i> sp.				1				1	1.14	
	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	<i>Culicoides</i> sp.				8				8	9.09	
				<i>Palpomyia</i> sp.				2				2	2.27	
			Chironomidae	<i>Ablasbesmya</i> sp.	13		13	23.21	22			22	25.00	
				<i>Chironomus</i> sp.	16		16	28.57	26			26	29.55	
				<i>Polypedilum</i> sp.					1			1	1.14	
				<i>Pentaneura</i> sp.		2	2	3.57						
		Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.				4				4	4.55	
			Ceaenidae	<i>Caenissa</i> sp.				2				2	2.27	
			Leptophlebidae	<i>Traulodes</i> sp.				3				3	3.41	
		Heteroptera	Gerridae	<i>Limnogonus</i> sp.				6				6	6.82	
				<i>Trepobates</i> sp.				1				1	1.14	
			Veliidae	<i>Rhagobelia</i> sp.				3				3	3.41	
		Odonata	Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i> sp.				2				2	2.27	
		Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	4		4	7.14						
			Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp.		2		2	3.57		2		2.27	
		Coleoptera	Dytiscidae	<i>Rhantus</i> sp.	3		3	5.36						
			Elmidae	<i>Heterelmis</i> sp.		1	1	1.79						
Annelida	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Limnodrilus</i> sp.	4		4	7.14		1	2	3	3.41	
			Naididae	<i>Nais</i> sp.		9	9	16.07						
				<i>Stephensiniana</i> sp.		2	2	3.57						
		Lumbriculida	Lumbreculidae	<i>Eclipidrilus</i> sp.						1		1	1.14	
ABUNDANCIA					33	9	14	56	100	79	7	2	88	100
RIQUEZA					3	3	4	10		12	5	1	17	

Leyenda de fechas de colectas: 1ra (abril a mayo del 2012), 2da (octubre 2012), 3ra (junio 2013), 4ta (enero 2014), 5ta (mayo 2014), 6ta (noviembre 2014).

▼ TABLA 12. Composición taxonómica, riqueza y abundancia de macroinvertebrados bentónicos del río Napo colectados durante el período de creciente y vaciante de los años 2012, 2013 y 2014.

FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESpECIE	Nº de individuos/m ²									
					Colectas en periodo de creciente				Colectas en periodo de vaciante					
					1ra	3ra	5ta	TOTAL	%	2da	4ta	6ta	TOTAL	%
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	<i>Rhantus</i> sp.						2			2	11.76
		Diptera	Ceratopogonidae	<i>Culicoides</i> sp.	6			6	23.08	2			2	11.76
			Chironomidae	<i>Ablasbesmya</i> sp.	7			7	26.92					
				<i>Chironomus</i> sp.	7			7	26.92	1			1	5.88
				<i>Polypedilum</i> sp.		2	2	7.69		1			1	5.88
				<i>Tanytarsus</i> sp.							1	1	1	5.88
		Odonata	Gomphidae	<i>Agriogomphus</i> sp.	1			1	3.85					
		Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Hexagenia</i> sp.		2		2	7.69					
			Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp.	1		1	3.85					
			Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp.						2		2		11.76
Annelida	Clitellata	Lumbricullida	Lumbreculidae	<i>Eclipidrilus</i> sp.						1	6	7		41.18
ABUNDANCIA					22	2	2	26	100	5	5	7	17	100
RIQUEZA					5	1	1	7		3	4	2	8	

Leyenda de fechas de colectas: 1ra (abril a mayo del 2012), 2da (octubre 2012), 3ra (junio 2013), 4ta (enero 2014), 5ta (mayo 2014), 6ta (noviembre 2014)



▲ Concentración de aluminio (mg/L) en muestras de aguas de la estación de muestreo Arica (Curaray), obtenidos.



2.4. CONCLUSIONES

Las cuencas de los ríos Curaray, Arabela y Napo albergan una gran diversidad de organismos planctónicos (fitoplancton y zooplancton) y bentónicos cuya composición, riqueza y abundancia está supeditada a los períodos hidrológicos (creciente y vaciante). En época de creciente se reportan los más altos valores de riqueza y abundancia para los dos grupos de organismos evaluados. Considerando que los cuerpos de agua dulce son ecosistemas muy sensibles y amenazados, los resultados sobre la composición, riqueza y abundancia de las comunidades planctónicas y bentónicas obtenidos en el presente estudio son de gran importancia debido a la escasez de datos biológicos en las cuencas evaluadas. Estas informaciones servirán de base para establecer estrategias de conservación y gestión de los recursos hidrobiológicos, así como para desarrollar un plan de manejo y de control de calidad de agua.

2.5. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aceto, C.; Zuñiga, R. 1998. *Introducción a las algas*. Perú. Editorial Escuela Nueva S. A. Lima. 383pp.
- Aguayo, R.J.; Muñoz, M.J. 2001. Detección de cianobacterias y sus toxinas. *Revista de Toxicología*, 18: 65- 71.
- Aldave, A.1989. *Algas*. Editorial Libertad. Trujillo. 269pp.
- Allan, D. 1995. *Stream Ecology, structure and function of running waters*, Chapman and Hall, 2-6 Boundary Row, London. 388pp.
- Alonso, A; Camargo, J.A. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 14: 87-99.
- Armengol-Díaz, X; Rodrigo, M. A; Oltro, R. 2002. Caracterización del zooplancton de la zona sur del parque natural del Honda (Alicantae). *Ecología*, 16:243-257.
- Arocena, R.; Conde, D. 1999. *Métodos en ecología de aguas continentales*. Instituto de Biología. Sección Limnología. Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Montevideo. 233pp.
- Bartran, J.; Ballance, R. 1996. *Water quality monitoring. Guide to the design and implementation of freshwater quality studies*. PNUMA/OMS. 383pp.
- Bicudo, C.; Bicudo, T. 1969. *Algas de aguas continentais brasileiras*. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do ensino de ciências. São Paulo. 277pp.
- Bourrely, P. 1968. *Les Algues Deau Douce Tomo II les Algues jaunes et brunes Chrysophycees, Pheophycees, xanthophycees et Diatomees*. Editions N. Boubee y Cie. Paris. 438pp.
- Bourrely, P. 1970. *Les Algues Deau Douce Tomo III les Algues bleues et rouges les Eugleniens, Peridiniens et Cryptomonadines*. Editions N. Boubee y Cie. Paris. 450pp.
- Bourrely, P. 1972. *Les Algues Deau Douce Tomo I les Algues vertes*. Editions N. Boubee y Cie. Paris. 470pp.
- Conde -Porcuna, J. M.; Ramos - Rodriguez, E.; Morales - Baquero, R. 2004. El zooplancton como integrante de la estructura trófica de ecosistemas líticos. *Ecosistemas*, 13 (2): 23-29.
- Dabés, M.B.GS.; Velho, L.F.M. 2001. Assemblage of testate amoebae (Protozoa, Rhizopoda) associated to aquatic macrophytes stands in a marginal lake of the Sao Francisco river flood plain, Brasil. *Acta Scientiarum*, 23 (2): 299-304.
- Dos Santos,M.R.; Felix, N.N.; Da Silva, L.C. 2014. Comparação e Biomassa da comunidade zooplântronica no canal Cunha Bacia do Rio Madeira. Amazonía. *X Forum ambiental da Alta Paulista* 10(3): 188-201.
- Edmondson,T. 1959. *Fresh-water Biology*. Second Edition. New York. London.John Wiley y Sons, INC.New York.London. Sydney.1248pp.
- Eddy, S.; Hodson, C.1961. *Taxonomic keys*. Third edition. Burgess Publishing Company Minnesota.162pp.
- Esteves, F. 2011. *Fundamentos De Limnología-3^a* Ed. Editora Interciênciacia. Rio de Janeiro. 1635pp.
- Gamboa, M.; Reyes, R.; Arrivillaga, J. 2008. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48: 109-120.
- Guimarães, A.S. 2008. *Assembléias de rotíferos e amebas testáceas da regiao litoranea do lago Dom Helvécio, Minas Gerais*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais,111pp.
- González, A.1988. *El plancton de las aguas continentales*. OEA. Venezuela.130pp.
- Grosspietsch, W.J. 1999. Estudio preliminar del zooplancton peruano. *Biota*, 99: 67- 81.
- Iannacone, J.; Alvariño, L. 2000. Chironomus calligraphus Goeldi y Moina macrocopa (Sars) como herramienta ecotoxicológica para la evaluación del lindano y clorpirifos. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción*, 71: 33-39.
- Iannacone, J.; Alvariño, L.; Moreno, R.; Reyes, M.;Chauca, J. 2000. Culícidos (Diptera) del río Chillón y sectores adyacentes de la Provincia Constitucional del Callao, Perú, durante el Niño 1997-1998. *Acta Entomológica Chilena*, 24: 51-60.
- Iannacone. J., Mansilla J.; Ventura J. 2003. Macroinvertebrados en las lagunas de Puerto Viejo. Lima. *Ecología Aplicada*, 2: 116-124.
- Leslie, H.A.; Pavluk, T.; De Vaate, A.B.; Kraak, M.H. 1999. Triad assessment of the impact of chromium contamination on benthic macroinvertebrates in the Chusovaya river (Urals. Russia). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 37: 182-189.
- Mc Cafferty, P.1983. *Aquatic Entomology*Jones and Bartlett Publishers, INC. Boston. 448pp.

- Merrit, R. W.; Cummins, K. W. 2008. *An Introduction to the aquatic insects of North America*. Fourth edition. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa. 1158pp.
- Metzeling, I.; Chessman, B.; Hard-Wick, R.; Wong. V. 2003. Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates: the role of experience, and comparison with quantitative methods. *Hydrobiologia*, 510:39-52.
- Ortega, H.; Chocano, L.; Palma, C.; Samanez, I. 2010. Biota acuática en la Amazonía Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco-Ucayali). *Revista Peruana de biología*, 17(1): 029- 035.
- Pael, H. 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (Cyanobacteria). En: Sandgren CD (ed), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*, Cambridge University Press, Cambridge, 261-315.
- Paredes, C.; Iannacone, J.; Alvariño, L. 2005. Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac, Lima-Callao, Perú. *Revista Colombiana de Entomología*, 31: 219-225.
- Pedrozo, C.; Rocha, O. 2005. Zooplankton and water quality of lakes of the Northern coast of Rio Grande do Sul State, Brazil. *Acta Limnologica Brasileira*, 17: 445-464.
- Pennak, W. 1978. *Fresh-water Invertebrates*. Second. Edition. Boulder, Colorado. 803pp.
- Peña, V.; Pinilla, G. 2002. Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utria, Pacífico Colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 37 (1): 67-81.
- Quiroz, C.H.; Solís, Mora, Z. M.L.; Molina, A.I.; García, R.J. 2004. Variación de los organismos fitoplanctónicos y la calidad del agua en el lago de Chapala Jalisco México. *Acta Universitaria*, 14 (1) 1-25.
- Reice, S. R.; Wohlenberg, M. 1993. Monitoring freshwater benthic macroinvertebrates and benthic processes: measures for assessment of ecosystem health, p. 287-305. In: Rosenberg, D. M. y Resh, V. H. (eds) *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman y Hall, London, 305pp.
- Reynolds, C. S. 1997. Vegetation processes in the pelagic: model for ecosystem theory. Ecology Institute, Germany. 371pp.
- Roldán Pérez, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad de agua. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23(88): 375-387.
- Round, F.E.; Crawford, R.M.; Mann, D.G. 1993. *The diatoms.Biology y Morfología of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 747pp.
- Royer, T. V.; Robinson, C. T.; Minshall, G. W. 2001. Development of macroinvertebrate-based index for bio assessment of Idaho Rivers. *Environ. Manag.* 27: 627-636.
- Salazar, N.C.; Iannacone, J.O.; Alvariño, L.F.; Orozco, R.M.; Miranda, R.P. 2001. Estructura macrozoobentónica de fondo blando en la bahía de Ilo, Moquegua, Perú. *Wiñay Yachay*, 5:1-9.
- Suthers, I.M.; Rissik, D. 2009. *Plankton A guide to their ecology and monitoring for water quality*. CSIRO Publishing. Collingwood VIC. 256pp.
- Uherkovich, G. 1976. Algen aus den flussen Rio Negro und Rio Tapajos. *Amazoniana*, 5:465-515.
- Uherkovich,G.; Raí,H. 1979. Algen aus dem Rio Negro und seinen Nebenflüssen. *Amazoniana*, 6(4): 611- 638.
- Velho, L.F.M.,Lansac-Toha,F.A.; Bini, L. M. 1999. Spatial and temporal variation in densities of testate amoebae inthe plankton of the upper Parána river floodplain. *Hydrobiologia*, 411:103- 113.
- Vuorio, K.; Lepistö, L; Holopainen, A.L. 2007. Intercalibrations of freshwater phytoplankton analyses. *Boreal Environment Research*, 12: 561-569.
- Wetzel,R., 2001, *Limnology*, Saunders.Pennsylvanis.1006pp.
- Yucra, H. 2005. Uso de diatomeas como bioindicadores de calidad de agua. *The Biologist*, 3: 5.
- Yucra, H.; Tapia, P.M. 2008. El uso de microalgas como bioindicadoras de polución orgánica en Brisas de Oquendo, Callao, Perú. *The Biologist*, 6: 41-47.

ANEXOS

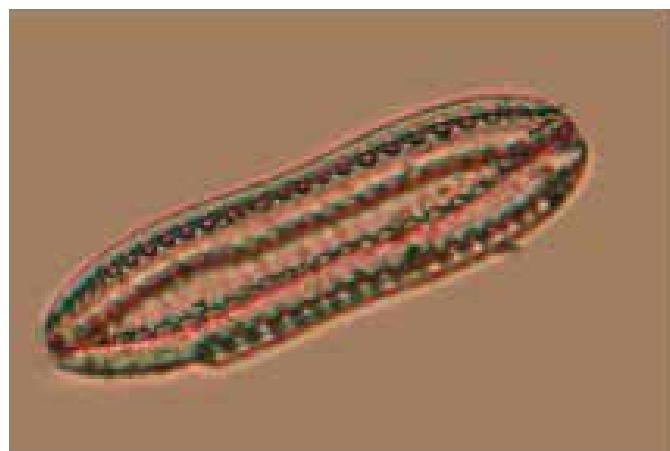
Fitoplancton



▲ *Rhipidodendron huxleyi*.



▲ *Oscillatoria sp*



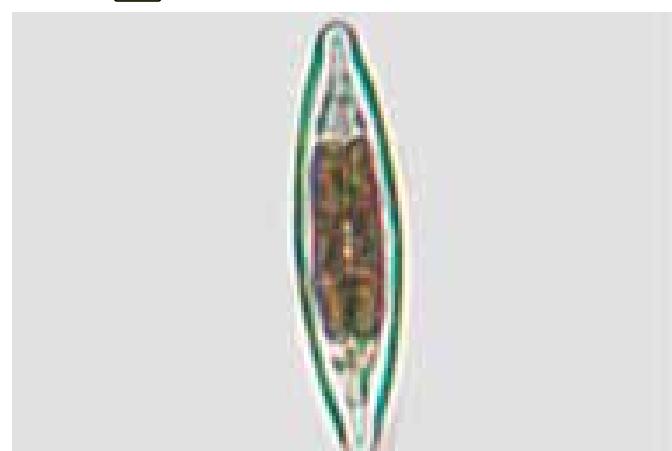
▲ *Surirella linearis*.



▲ *Eunotia sp*



▲ *Closterium moniliferum*.



▲ *Navicula sp*



Zooplankton



▲ *Arcella vulgaris.*



▲ *Euglypha sp*



▲ *Notholca striata.*



▲ *Brachionus sp*



▲ *Centropyxces sp*



▲ *Brachionus gessneri.*

MACROINVERTEBRADOS (bentos)



▲ *Ablasbesmya sp*



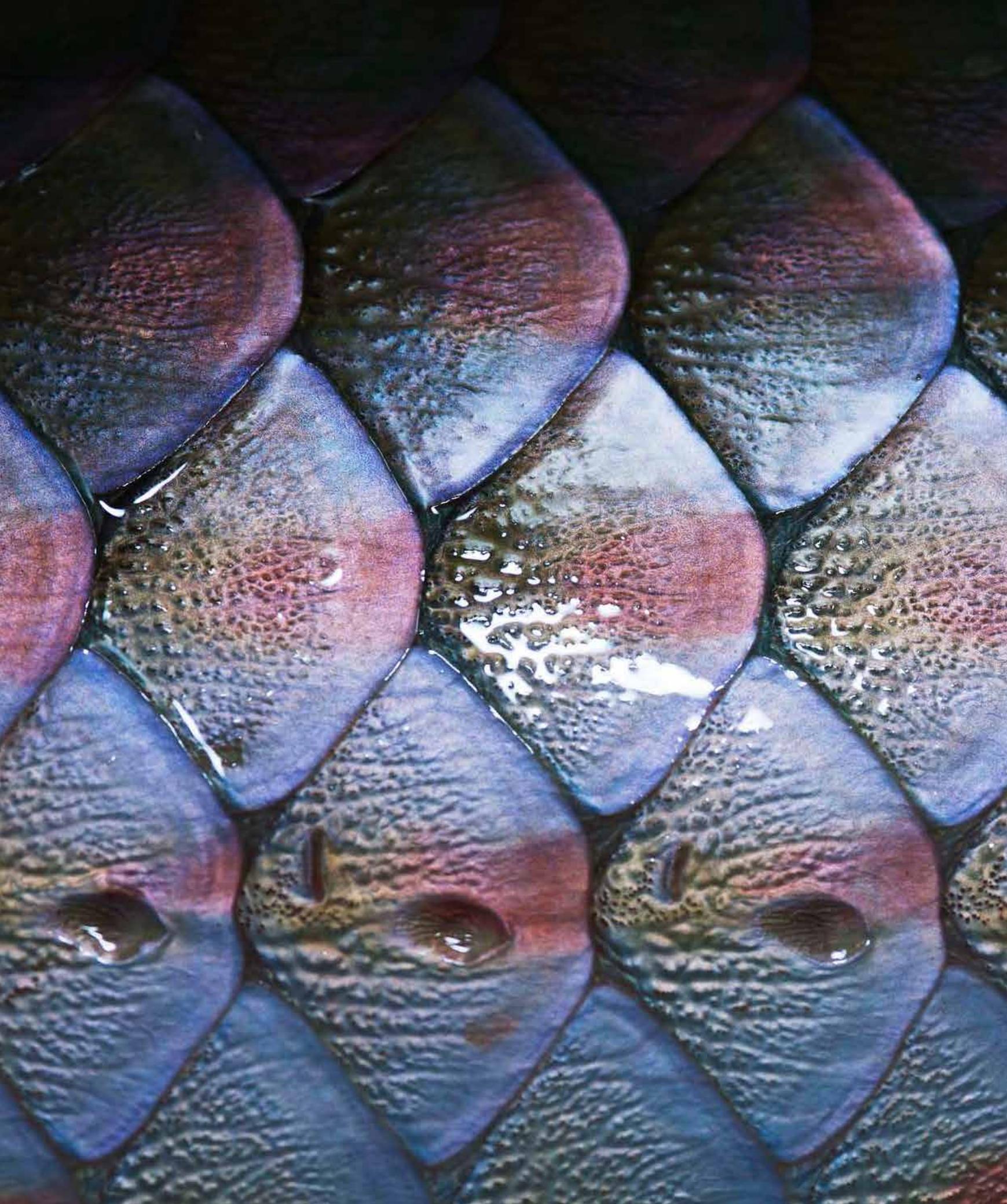
▲ *Chironomus sp*



▲ *Eclipidrilus sp*



▲ *Limnodrilus sp*



DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE ICTIOPLANCTON EN LOS RÍOS CURARAY, ARABELA Y NAPO

Carmen GARCÍA-DÁVILA, Diana CASTRO-RUIZ, Werner CHOTA-MACUYAMA,
Rosa ISMIÑO ORBE, Homero SÁNCHEZ RIVEIRO, Fabrice DUPONCHELLE,
Carlos ANGULO CHÁVEZ, Jhon ALVARADO REÁTEGUI, Christian NOLORBE PAYAHUA,
Hugo PANDURO GARCÍA, Jean François RENNO

5.1. INTRODUCCIÓN

La región amazónica comprende cerca de un tercio de toda América del Sur ($6'112,000 \text{ km}^2$). Alberga las mayores cuencas hidrográficas del mundo, y posee la mayor diversidad de especies de peces de agua dulce (Barthem y Goulding, 1997; Reis *et al.*, 2004; Barthem y Goulding, 2007). La Amazonía peruana es parte de este gran complejo, ocupando dos tercios ($747\,282 \text{ km}^2$) de la superficie del Perú. Actualmente, estos ecosistemas están sujetos no solo a los efectos del cambio climático global (cambios en los períodos de precipitación, de temperatura y régimen hidrológico), sino también a los efectos derivados de las actividades sociales y económicas del hombre. Estos alteran no solo la composición química de las aguas, sino también el volumen de las mismas y por ende influencian la diversidad y abundancia de las especies que en ellas habitan (Barthem y Goulding, 1997; Galvis *et al.*, 2006; García-Vásquez *et al.*, 2009; Ortega *et al.*, 2010; Mojica *et al.*, 2012).

El monitoreo de las condiciones físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas, así como de la diversidad y abundancia de sus organismos, permite conocer las tendencias de estos ecosistemas a través del tiempo. Estas informaciones constituyen una herramienta importante para establecer la línea base para futuros planes de contingencia en estas cuencas hidrográficas (Kurt *et al.*, 2001; Habit *et al.*, 2003).

El conocimiento de las áreas y la dinámica de reproducción de los peces es una herramienta muy importante para la formulación de políticas de protección y manejo efectivas para la bioconservación de este recurso. La principal limitante para realizar el monitoreo reproductivo de poblaciones naturales de peces, es la gran semejanza morfológica que presentan las larvas de algunos grupos de peces, como por ejemplo los bagres, que dificulta distinguirlos a nivel de género y especie (García-Dávila *et al.*, 2009, 2014). La identificación de las larvas está basada en el análisis de caracteres morfológicos como el conteo de miómeros o somitos, patrones de pigmentación, así como caracteres morfométricos, como longitud total, longitud estándar, diámetro del ojo, etc. (Araujo-Lima y Donald, 1988; Nakatani *et al.*, 2001; Leite *et al.*, 2006, 2007).

En los últimos años, el uso de secuencias de DNA (Barcode) viene siendo fuertemente empleado en la identificación molecular de especies de peces, sus subproductos (filete fresco, seco-salado, fresco-saldado, etc.) e inclusive sus larvas (Aquino *et al.*, 2011; Hubert *et al.*, 2008, 2010; Steiker *et al.*, 2009; García-Dávila

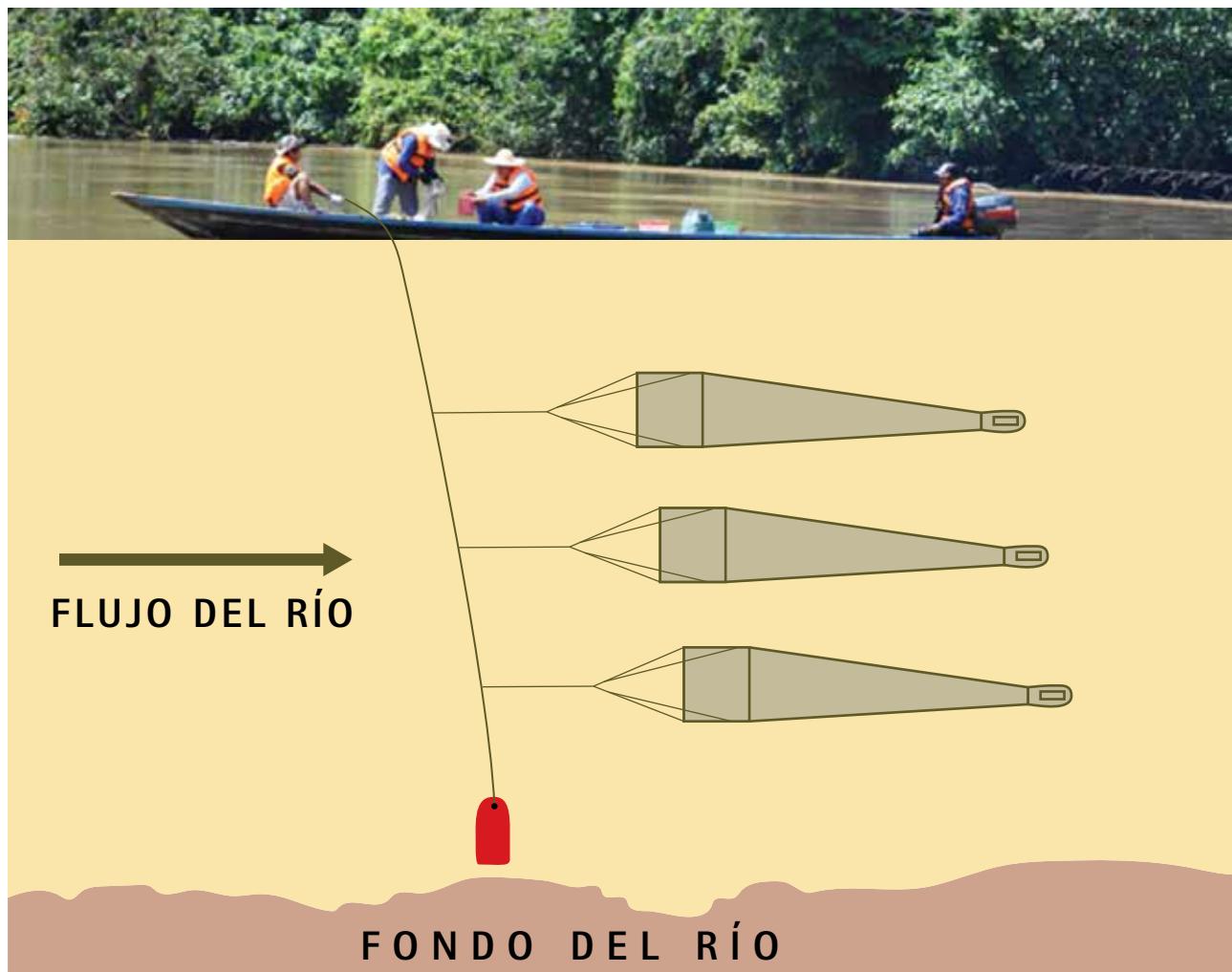
et al., 2009, 2014; Ardura *et al.*, 2010; Asgharian *et al.*, 2011; Pappalardo *et al.*, 2015; Matarese *et al.*, 2011; Wong *et al.*, 2011; Zhang y Hanner, 2011). Esto ha permitido establecer con mayor precisión la diversidad, periodicidad y abundancia de larvas de las diferentes especies de peces en los principales sistemas fluviales, entre otros aspectos ecológicos. Esto, debido a que a través del uso de secuencias del gen Citocromo oxidasa sub unidad I (COI) como región estándar para el DNA Barcoding, se puede obtener información de la identidad específica de estos seres vivos en forma rápida, precisa y automatizada (Hebert *et al.*, 2004 a,b; Hubert *et al.*, 2008; Aquilino *et al.*, 2011; Lakra *et al.*, 2011).

El objetivo del presente estudio fue utilizar el secuenciamiento nucleotídico del gen citocromo oxidasa sub unidad I (COI) como herramienta para identificar molecularmente las larvas de peces colectados en siete localidades de los ríos Arabela, Curaray y Napo.

5.2. MATERIALES Y MÉTODOS

COLECTA DE LARVAS

La estrategia de colecta fue adaptada a partir de la metodología planteada en los estudios realizados por Leite, 2007 y García-Dávila *et al.*, 2009. La determinación de la altura de muestreo fue realizada teniendo en cuenta la profundidad del cauce principal del río y teniendo en consideración que la última de las tres redes debería estar a por lo menos tres metros del lecho del río. Las larvas fueron capturadas con redes cónicas para ictiopláncton tipo Tucker Trawl, con una longitud de 2 metros y una superficie de ingreso (boca) de 0.25 m^2 (0.45×0.55) y 0.5 cm de malla, con un frasco colector de un litro de capacidad en su extremo distal. Se utilizó un bote de madera de 7 m de largo y 2 m de ancho. Las redes fueron fijadas en un cabo en cuyo extremo estaba asegurado a un ancla de 20 kg. Se realizaron cinco lances, de 15 minutos cada uno, por estación de colecta. Las redes sumergidas por espacio de 15 minutos viajaban a contracorriente con ayuda de un motor fuera de borda de 15 HP (Figura 1). Las larvas fueron preservadas por estación de colecta en tubos de 50 ml contenido alcohol al 96% hasta su análisis en el laboratorio.



▲ Figura 1. Esquema mostrando la colecta de larvas de peces mediante redes móviles a contra corriente en el cauce central del río.

ANÁLISIS DE LABORATORIO

La extracción de ADN fue realizada mediante el método CTAB (Doyle y Doyle, 1987) a partir de tejido muscular de los adultos y del total de la larva, a las que se les extrajeron los intestinos para evitar DNA exógeno (restos de fito o zooplancton del alimento). El gen citocromo oxidasa sub unidad I (COI, 576 pb) fue amplificado utilizando los primers FishF1 5'-TCA ACC AAC CAC AAA GAC ATT GGC AC-3' y FishR1 5'-TAG ACT TCT GGG TGG CCA AAG AAT CA-3' (Hubert *et al.*, 2008). La amplificación vía PCR fue realizada en un volumen final de 15 μ l contenido 6.78 μ l de agua ultra pura, 3 μ l de 5x PCR tampón, 0.9 μ l de MgCl₂ (25 mM), 0.6 μ l de cada primer (10 uM), 1.5 μ l del mix de dNTP (2 mM), 0.12 μ l (5U/ μ l) de Taq ADN polimerasa (Promega), y 1.5 μ l (100 ng/ μ l) de ADN molde.

Las condiciones de PCR consistieron en una denaturación inicial a 94 °C durante 2 min, 35 ciclos (denaturación a 94 °C durante 1 min., hibridización a 54 °C durante 1 min., y elongación a 72 °C durante 1 min), seguidos de una extensión final a 72 °C durante 5 minutos. Las reacciones de secuenciamiento fueron realizadas en ambas direcciones Forward y Reverse) usando los primers de

amplificación vía PCR, y las secuencias fueron leídas sobre un analizador genético 3130XL de Applied Biosystems.

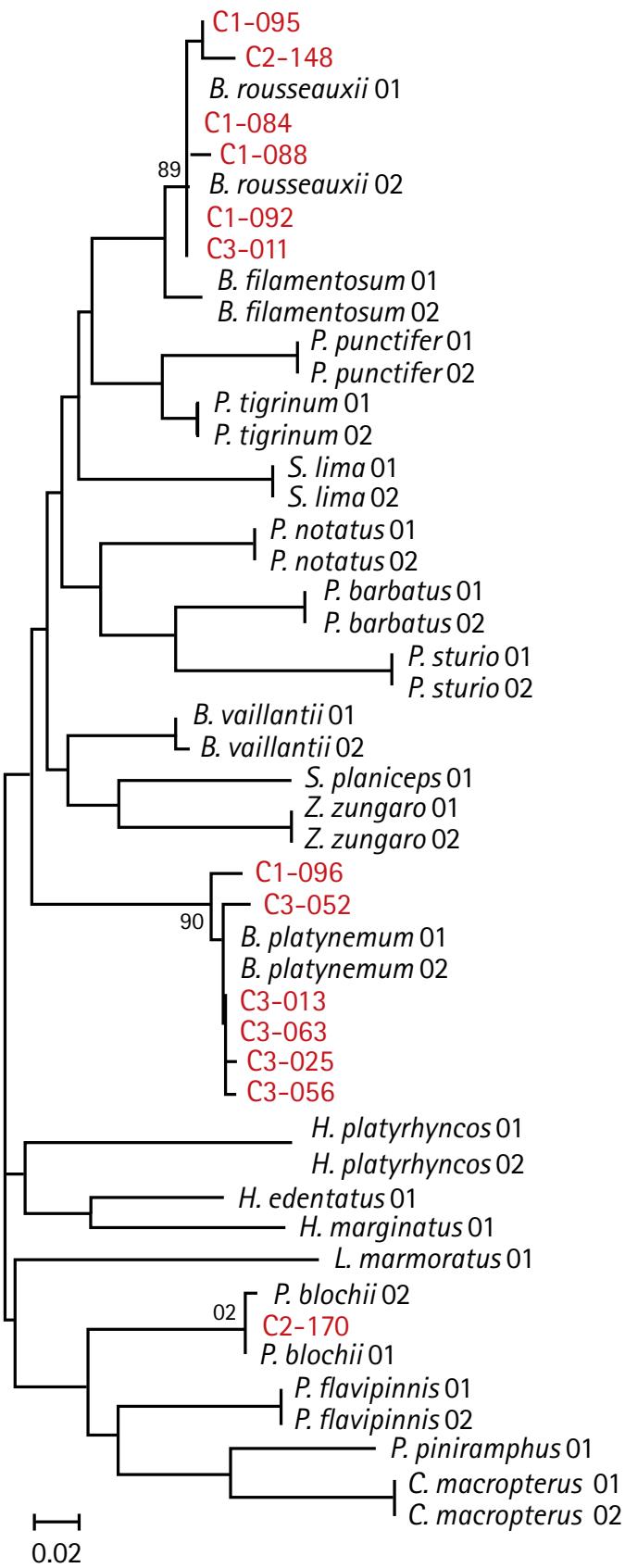
Para cada larva fue editada una secuencia consenso (unión de secuencias Forward y Reverse). Las secuencias editadas de las larvas, así como de 180 secuencias de peces adultos (perfectamente identificados a nivel morfológico) fueron alineadas en una matriz de alineamiento múltiple (Figura 2) con ayuda del programa ClustalW (Thompson *et al.*, 1994) que está dentro del software BioEdit v.7.0.9 (Hall, 1999). Para la determinación de la identidad de las larvas fue estimado primero el modelo de evolución molecular en base a la matriz de secuencias con ayuda del software R (Paradis *et al.*, 2004).

La identidad molecular de las larvas fue determinada a través de la relación de la secuencia de la larva con las secuencias de los bagres adultos en un árbol filogenético (Figura 3), El árbol fue construido bajo el método de vecino próximo (Neighbor-Joining-NJ), con el modelo de evolución Kimura 2 parámetros, con ayuda del software MEGA 4.0 (Tamura *et al.*, 2007).



▲ FIGURA 2. Matriz de alineamiento múltiple contenido las secuencias de las larvas analizadas y las secuencias de 180 adultos perfectamente identificados a nivel morfológico.





▲ FIGURA 3. Árbol consenso de Neighbor-Joining (NJ), mostrando la entidad específica de las larvas con relación a los especímenes adultos. Los códigos de las larvas están escritos en rojo.

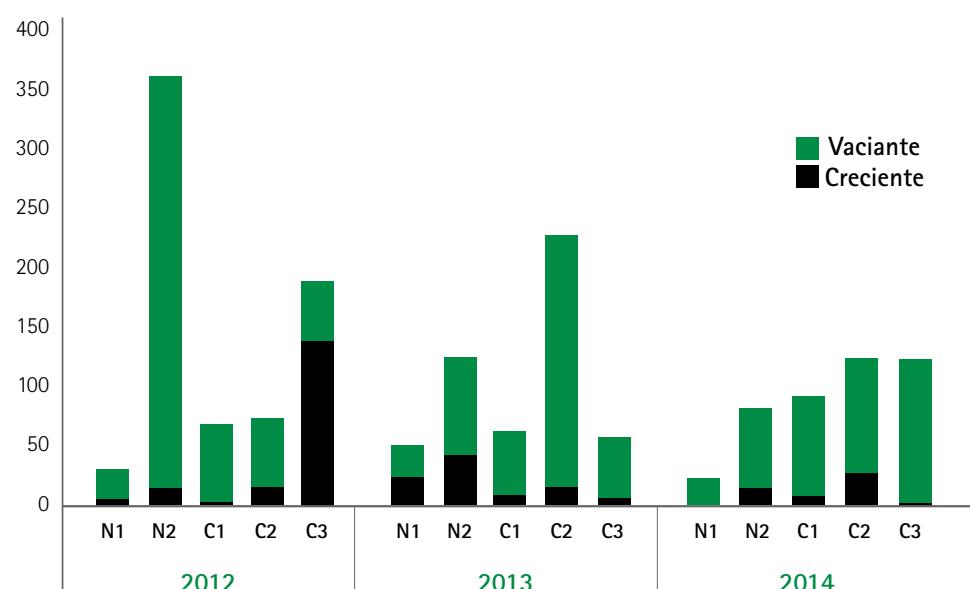


5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PRESENCIA Y ABUNDANCIA DE ICTIOPLANCTON EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Solo dos de las tres cuencas hidrológicas evaluadas presentaron ictioplancton en sus comunidades planctónicas. No se registró la presencia de ictioplancton en la cuenca del río Arabela en ninguno de los tres años de estudio (Tabla 1). En las dos cuencas restantes fueron capturados un total de 1,510 larvas, de las cuales 887 fueron capturadas en la cuenca del río Curaray, y 623 en la del río Napo. El análisis global del número de larvas capturadas en vacante y creciente en el área de estudio durante los tres años, muestra que en el periodo de vacante se registraron las mayores concentraciones de ictioplancton en estas cuencas (1,205 larvas colectadas en los tres años). En contraste, en los periodos de creciente solo fueron capturadas 302 larvas durante los tres años de estudio (Tabla 1). El máximo número de larvas por periodo hidrológico por año fue registrado durante el periodo de vacante del año 2012 (524 larvas), en tanto que el menor número fue registrado en el periodo de creciente del 2014 (46 larvas).

Si comparamos el número de larvas entre las estaciones de colecta, la estación con mayor número de larvas colectadas en los tres años de estudio fue Boca de Curaray (538 especímenes), en tanto que la estación con menor número de larvas fue Nuevo Defensor, con 85 larvas (Tabla 1). La estación de Boca del Curaray también presento el máximo número de larvas por periodo de colectas (340 especímenes, igual al 63.20% en la vacante de 2012). Todas las estaciones de colecta presentaron mayor número de larvas en el periodo de vacante, que en el periodo de creciente de los años evaluados, a excepción de la estación del Shapajal que presentó el máximo número de larvas por colecta (137 especímenes = 83% de la colecta total) en la creciente de 2012 (Figura 4).



▲ FIGURA 4. Número de larvas capturadas por estación de colecta en los ríos Curaray y Napo en los tres años de estudio.

Leyenda: Río Napo: N1 = Estación Nuevo Defensor, N2 = Estación Boca del Curaray; Río Curaray: C1 = Estación Arica, C2 = Estación Urbina, C3 = Estación Shapajal



▼ TABLA 1. Número de larvas de peces capturados en cada estación de colecta en los ríos Napo, Curaray y Arabela (región Loreto, Amazonía Peruana).

Cuenca	Estaciones	2012		2013		2014		Total
		1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	
Arabela	Yanayacu (A1)	0	0	0	0	0	0	0
	Flor de coco (A2)	0	0	0	0	0	0	0
Napo	N. Defensor (N1)	2	22	27	19	0	15	85
	Boca Curaray (N2)	12	340	42	75	12	57	538
Curaray	Arica (C1)	1	61	8	50	4	81	205
	Urbina (C2)	13	51	14	202	27	88	395
	Shapajal (C3)	137	50	3	50	3	44	287
Total		165	524	94	396	46	285	1510

Leyenda: A1 = Estación Yanayacu (río Arabela), A2 = Estación Flor de Coco (río Arabela), N1 = Estación Nuevo Defensor (río Napo), N2 = Estación Boca del Curaray (río Napo), C1 = Estación Arica (río Curaray), C2 = Estación Urbina (río Curaray), C3 = Estación Shapajal (río Curaray).

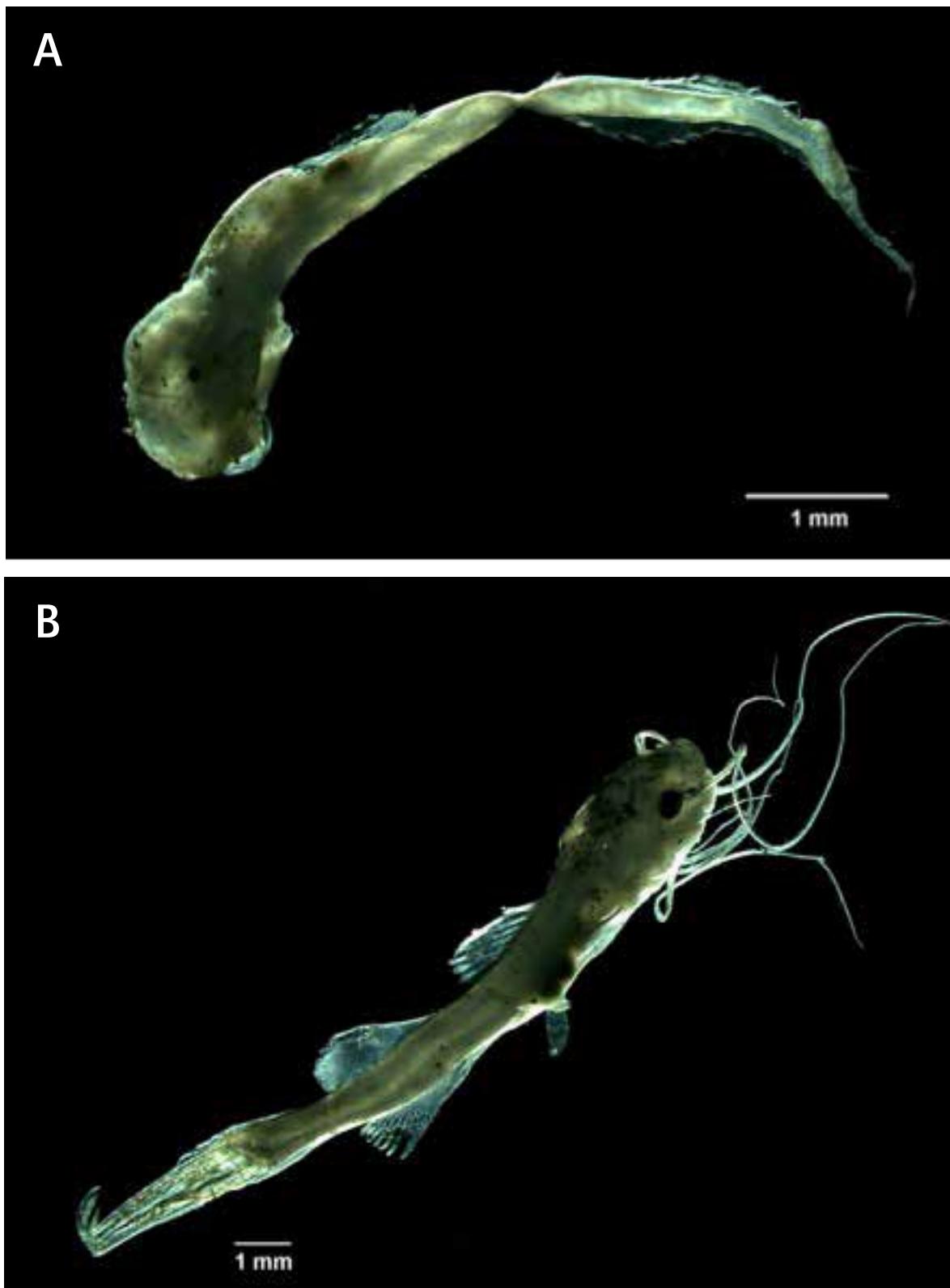
COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA ESPECÍFICA DE LAS LARVAS DE PECES COLECTADAS

La identificación taxonómica a nivel específico de las 1,510 larvas de peces mediante la comparación de las secuencias nucleotídicas del gen COI de las larvas con un banco de secuencias de peces adulto (Barcode), mostraron que en el área de estudio fueron capturadas un mayor número las larvas de siluriformes que de caraciformes. Las 848 larvas de siluriformes identificadas pertenecían a 20 diferentes especies de bagres (Tabla 2), en tanto que las larvas de caraciformes fueron menos diversas, estando agrupadas en solo a las especies *Rhaphiodon vulpinus* y *Brycon hilarii*.

En cuanto a la diversidad específica de larvas por periodo hidrológico, los resultados muestran una diversidad específica ligeramente mayor en los periodos de vacante que en los periodos de creciente (17 y 14 especies respectivamente) durante los tres años evaluados. En el periodo de aguas altas se encontraron larvas de 13 especies de bagres y una especie de caraciforme (Tabla 2), siendo que el mayor volumen de larvas pertenecía a la especie *Pimelodus blochii* (Figura 6) comúnmente conocido como cunchi (155 = 50.82% de la colecta), seguida de *Brachyplatystoma rousseauxii* dorado (Figuras 5A y 5B), con 108 larvas (35.52% de la colecta en este periodo).

En los periodos de aguas bajas (Tabla 2) fueron determinados 15 especies de siluriformes (peces de cuero o bagres) y dos especies de caraciformes (peces con escamas) entre las 17 especies de larvas de peces identificados. La especie que presentó el mayor número de larvas fue un Characiforme de mediano porte comúnmente conocido como huapeta (*Rhaphiodon vulpinus*) (Figura 7), con 593 ejemplares capturados, que representaron el 49.21% de la captura total en el periodo de vacante. En tanto que las larvas del sábalo (*Brycon hilarii*) que fue la segunda especie de caraciforme registrado en la vacante de estos ríos, solo representaron el 5.48% de la colecta en este periodo hidrológico (8A).

En este periodo, las larvas de siluriformes representaron el 45.31% de la colecta, siendo que el mayor porcentaje de ellas pertenecían a la especie de bagre de mediano porte conocido como tabla barba (*Brachyplatystoma platynemum*) (Figura 8B), seguido por la mota (*Calophysus macropterus*) (Figura 9A), cuchi (*P. Blochii*) (Figura 6), y maparate (*Hypophthalmus marginatus*) (Figura 9B) con 13.86%, 8.46%, 7.88% y 4.15%, de la colecta respectivamente.



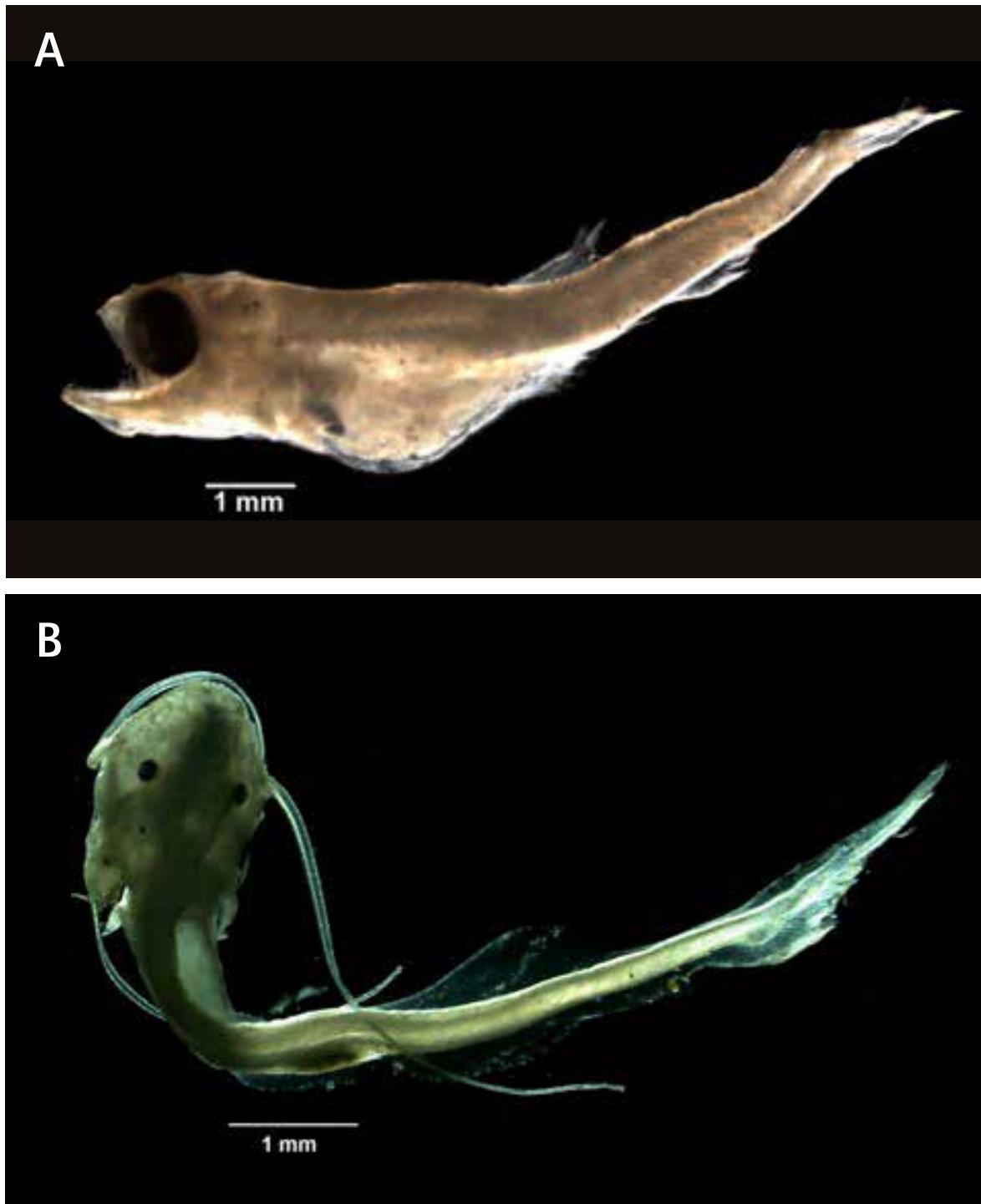
▲ FIGURA 5. Larvas (A) y juvenil (B) de *Brachyplatystoma rousseauxii* (Siluriforme, Pimelodidae) identificadas mediante barcoding.



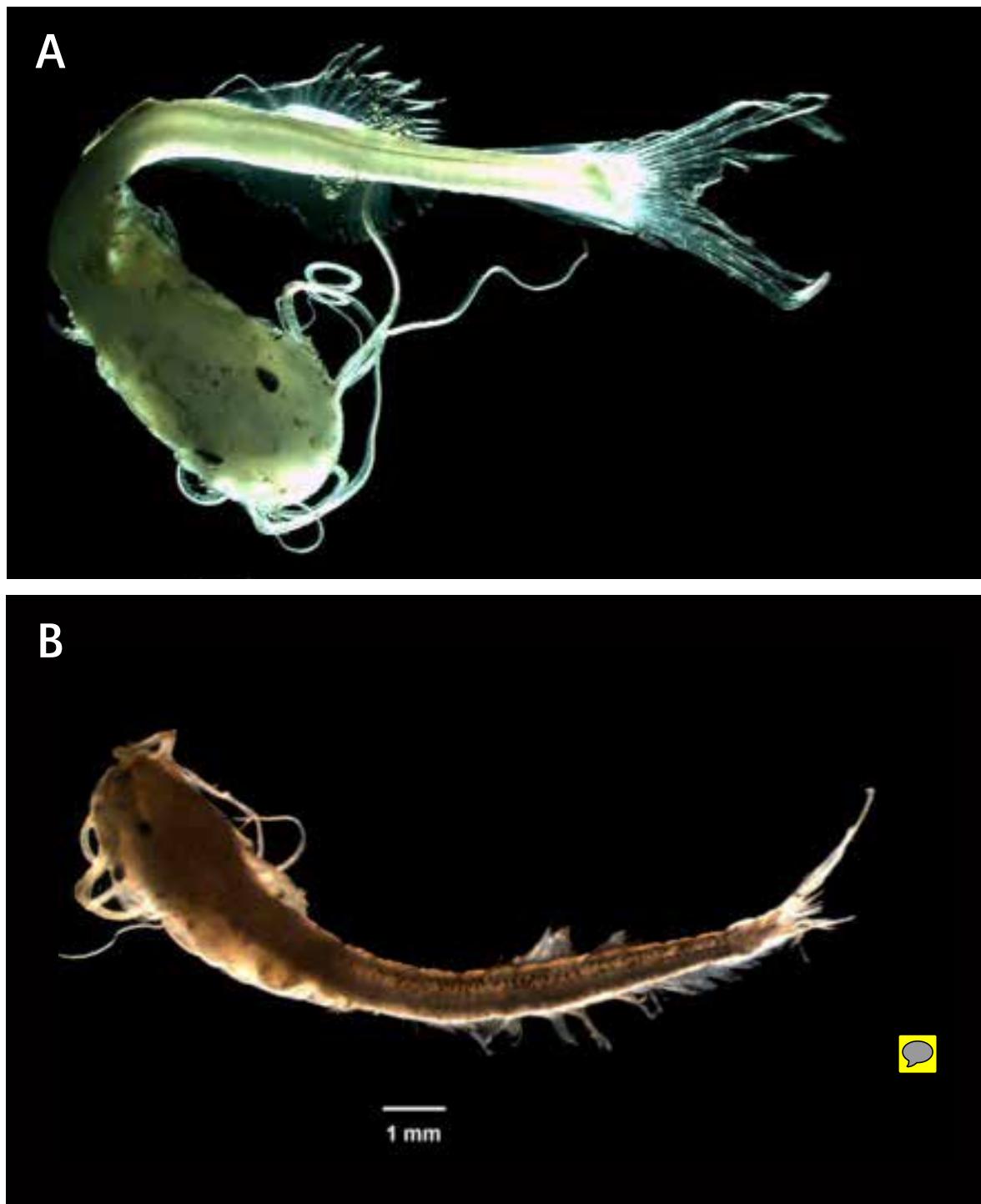
▲ FIGURA 6. Vista lateral de larva de *Pimelodus blochii* (Siluriforme, Pimelodidae), identificada mediante barcoding.



▲ FIGURA 7. Vista lateral de una larva de huapeta (*Rhaphiodon vulpinus*) (Characiforme, Cynodontidae), identificada mediante barcoding.



▲ FIGURA 8. A: larva de *Brycon hilarii* (Characiforme, Characidae); B: larva de *Brachyplatystoma platynemum* (Siluriforme, Pimelodidae) identificadas mediante barcoding.



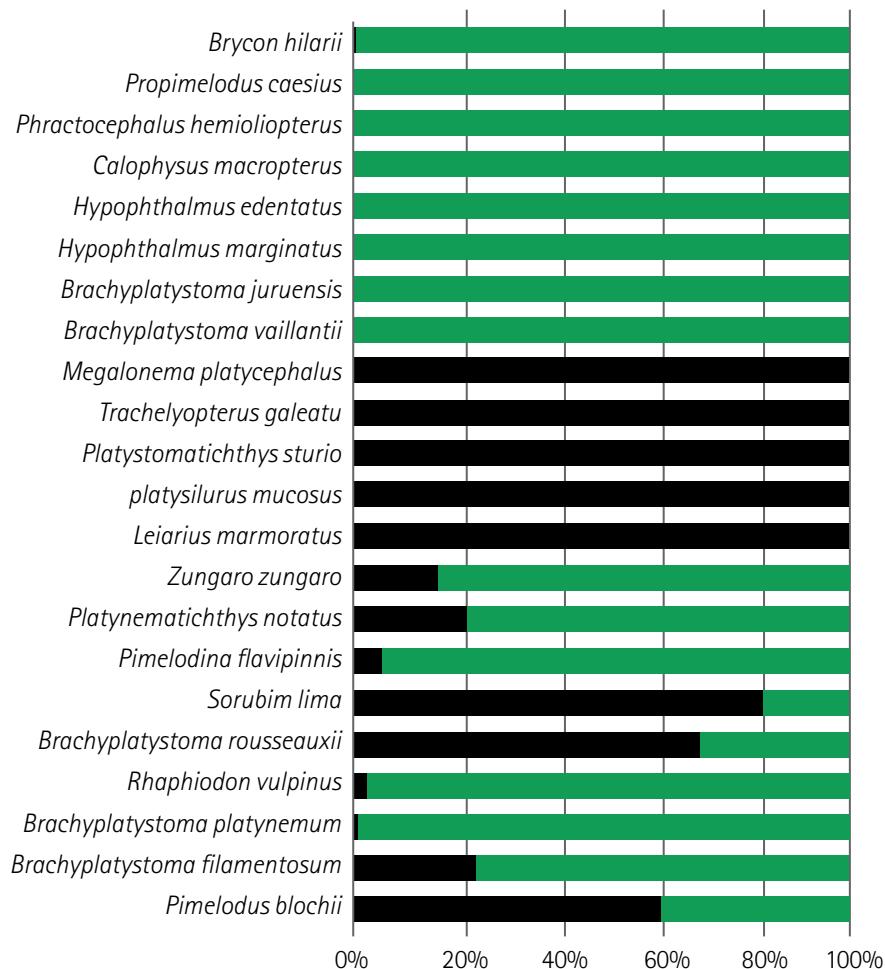
▲ FIGURA 9. A: larva de *Calophysus macropterus* (Siluriforme, Pimelodidae); B: larva de *Hypophthalmus marginatus* (Siluriforme, Pimelodidae) identificadas mediante barcoding.

▼ TABLA 2. Número y porcentaje de larvas por especie identificadas en el periodo de creciente y vacante de 2012 en las cuencas de los ríos Curaray y Napo.



Especie	2012				2013				2014				Total
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
<i>Pimelodus blochii</i>	142	86.06	4	0.76	2	2.13	55	13.88	11	23.91	36	12.63	248
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	5	3.03	20	3.82	3	3.19	2	0.51			2	0.70	32
<i>Brachyplatystoma platynemum</i>	2	1.20	54	10.3			55	13.88			58	20.35	169
<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	6	3.64	21	4	74	78.72			28	60.86	24	8.42	153
<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>							1	0.25					1
<i>Brachyplatystoma juruensis</i>							1	0.25					1
<i>Leiarius marmoratus</i>	6	3.64			6	6.38							12
<i>Platysilurus mucosus</i>	1	0.62											1
<i>Platystomatichthys sturio</i>					2	2.13							2
<i>Sorubim lima</i>	2	1.2			2	2.13	1	0.25	1	2.18			6
<i>Pimelodina flavipinnis</i>	1	0.61					12	3.03			4	1.40	17
<i>Hypophthalmus marginatus</i>			11	2.1			3	0.76			36	12.63	49
<i>Platynematichthys notatus</i>			10	1.9	3	3.19			1	2.18	4	1.40	18
<i>Zungaro zungaro</i>					2	2.13					10	3.51	12
<i>Hypophthalmus edentatus</i>							15	3.79					15
<i>Calophysus macropterus</i>							68	17.17			34	11.93	105
<i>Phractocephalus hemioliopterus</i>							2	0.51					2
<i>Propimelodus caesius</i>							3	0.76					3
<i>Trachelyopterus galeatus</i>									1	2.18			1
<i>Megalonema platycephalum</i>									1	2.18			1
<i>Loricidae</i>									1	2.18			1
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>			404	77.1			178	44.96	2	4.35	11	3.86	595
<i>Brycon hilarii</i>											66	23.16	66
Total	165	100%	524	100%	94	100%	396	100%	46	100%	285	100%	1510

Solo nueve de las 22 especies identificadas entre las larvas analizadas estuvieron presentes en ambos períodos hidrológicos: tabla barba (*B. platynemum*), dorado (*B. rousseauxii*), saltón (*B. filamentosum*) (11A), Z. zungaro (11B), *P. notatus* (12A), *P. flavipinnis* (12B), *S. lima* (13), *R. vulpinus* y cunchi *P. blochii*. En tanto que las especies restantes estuvieron presentes únicamente en uno de los dos períodos hidrológicos evaluados (Tabla 2, Figura 10).



▲ FIGURA 10. Porcentaje de larvas por especie colectadas en los períodos hidrológicos de creciente y vaciante en los ríos Curaray y Napo entre los años 2012-2014.

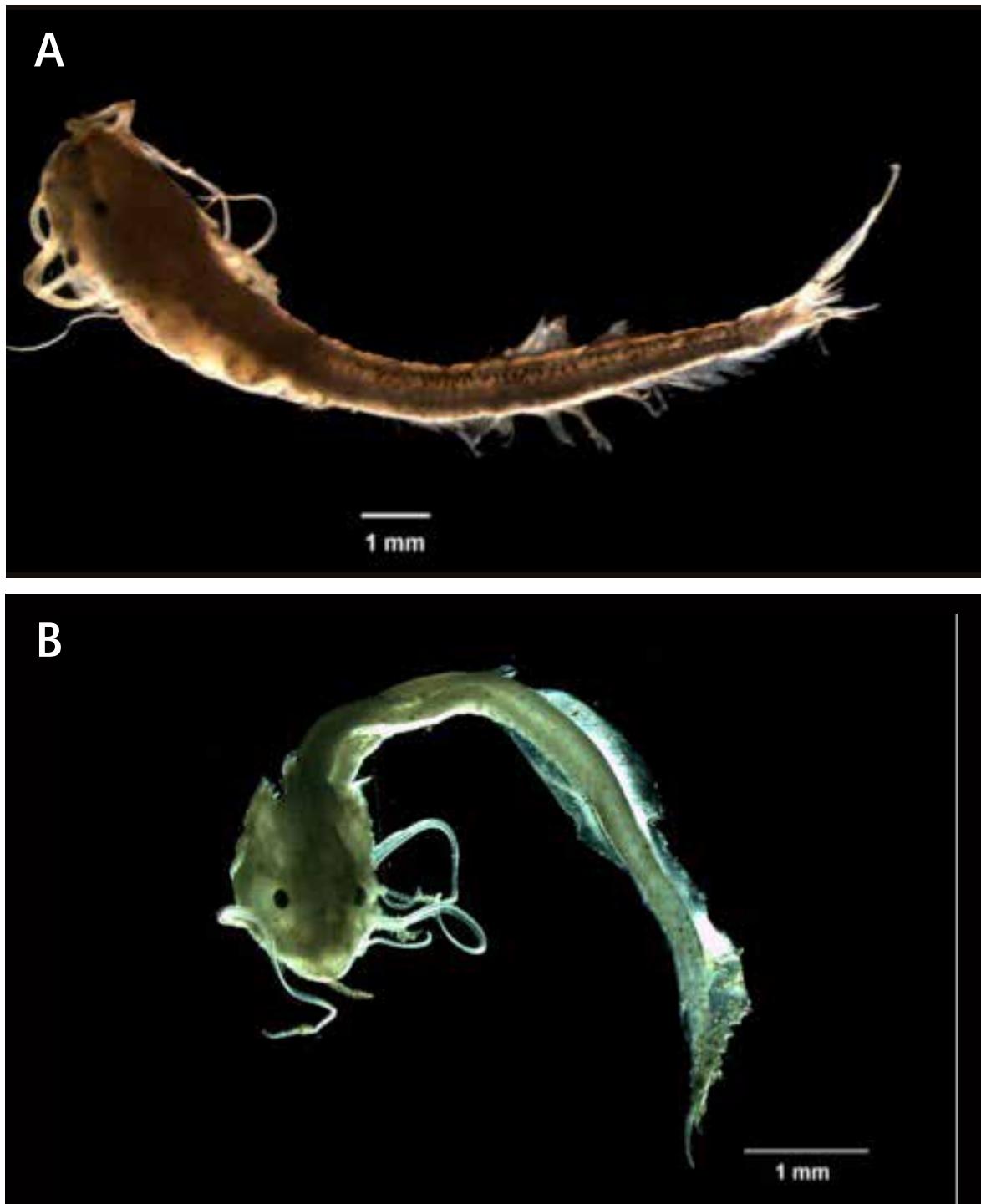
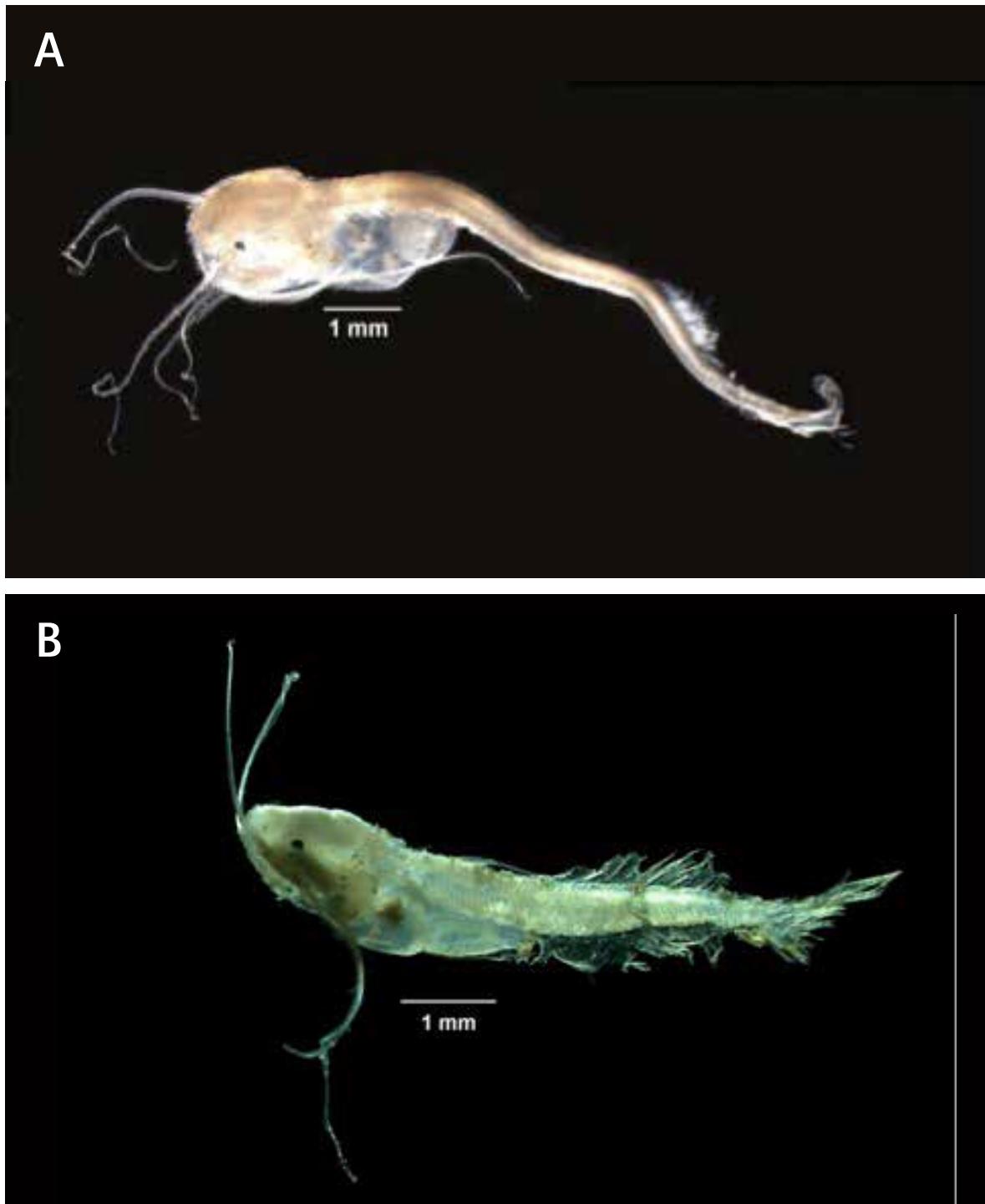
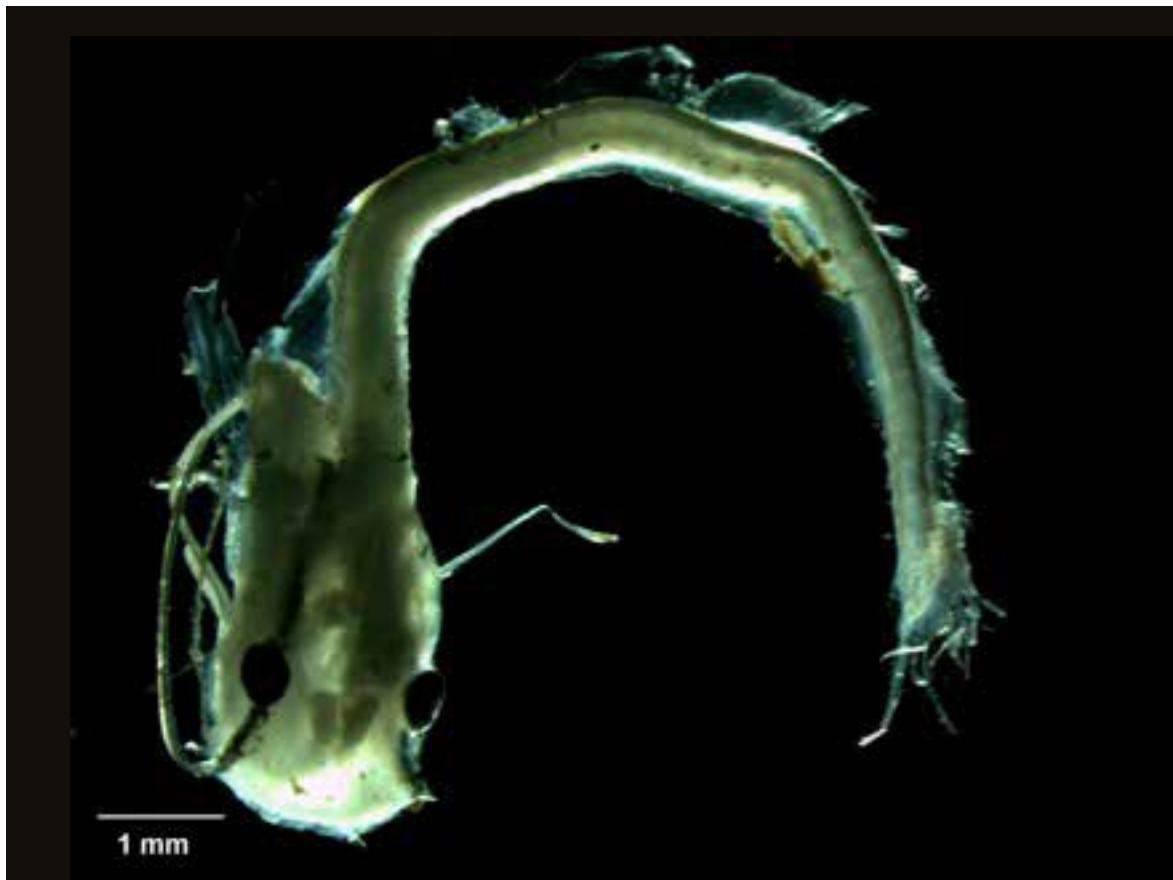


FIGURA 11. A: larva de *Bachyplatystoma filamentosum* (Siluriforme, Pimelodidae); B: larva de *Zungaro zungaro* (Siluriforme, Pimelodidae) identificadas mediante Barcoding.



▲ FIGURA 12. A: larva de *Platynemichthys notatus* (Siluriforme, Pimelodidae); B: larva de *Pimelodina flavipinnis* (Siluriforme, Pimelodidae) identificadas mediante Barcoding.



▲ FIGURA 13. Larva de *Sorubim lima* (Siluriforme, Pimelodidae) identificada mediante barcoding.

En cuanto a la abundancia de larvas por estaciones de muestreo (Tabla 3 y 4), observamos que las estaciones de Boca del Curaray N2 (cuenca del río Napo) y Urbina C2 (Cuenca del río Curaray) fueron las que presentaron mayor número de larvas (546 y 394, respectivamente). De las 22 especies de peces identificados en las 1,510 larvas analizadas, en los períodos de vacante *Rhaphiodon vulpinus* y *B. platinemum* fueron las especies que estuvieron presente en las cinco estaciones que presentaron larvas de peces (Tabla 4). En tanto que los períodos de creciente fue el dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) la especie presente en todas las estaciones de colecta (Tabla 3). En cuanto a composición de larvas, las estaciones de Urbina y Nuevo Defensor fueron las que presentaron el mayor número de especies (10 y 8 especies respectivamente).

Las diferencias encontradas en la abundancia de larvas entre las estaciones de muestreo en las cuencas de los ríos Arabela, Curaray y Napo (Tabla 1), pueden ser explicadas por las diferentes épocas de reproducción entre especies analizadas y el tamaño y estabilidad de los cuerpos de agua de las cuencas

evaluadas. Las especies de peces identificadas entre las larvas analizadas en el presente estudio, están conformadas por medianos y grandes migradores, observándose una ausencia de especies sedentarias o no migratorias. Las migraciones son desplazamientos temporales y espaciales de toda o parte de la población de una especie entre dos sitios geográficos distintos, desplazamientos que son realizados para el mantenimiento de su ciclo de vida (Carolsfeld *et al.*, 2003). Los peces se desplazan por tres causas principales: para reproducirse (desovar), para alimentarse o para buscar refugio. Peces como el dorado (*B. Rousseauxii*), el saltón (*B. Filamentosum*) y la tabla barba (*B. Platymenum*), cuyas larvas fueron identificados en este estudio, realizan migraciones reproductivas, desplazándose grandes distancias para desovar (Barthem y Goulding, 1997). En este caso, el tamaño y la estabilidad de las cuencas es un factor importante para el éxito reproductivo de estas especies.

En ese sentido, los ríos Curaray y Napo, que se originan en los Andes, ofrecen mejores condiciones que el Arabela, un río pequeño de primer orden que no recorre grandes extensiones

geográficas. Por lo general, las especies migratorias se reproducen al pie de monte de los grandes ríos que transportan elevados volúmenes de agua y por ende, son más estables. Esto asegura –en el caso de algunas especies como el dorado (*B. Rousseauxii*) y la tabla barba (*B. Platynemum*)– que las larvas puedan ser arrastradas aguas abajo, hasta su destino final en la desembocadura del Amazonas, en el Atlántico (Barthem y Goulding, 1997, 2007; Van Damme et al., 2011). Además, de esta forma evitan que sean desviados hacia zonas de inundación o várzeas, donde serían fácilmente depredados por otros peces (Araujo-Lima y Oliveira, 1998), pudiendo morir también por los bajos niveles de oxígeno disuelto durante el periodo de aguas bajas (Barthem y Goulding, 1997).

En cambio, los ríos pequeños como el Arabela, son cuerpos de agua que tienen periodos de creciente y vacante muy inestables, sujetos muchas veces a precipitaciones locales. Estos cuerpos de agua no solo transportan menores volúmenes de agua, sino también tienen un flujo reducido y niveles bajos de oxígeno, lo que podría causar mortandad en las larvas, principalmente en las de los bagres (Barthem y Goulding, 1997).

Otra característica no favorable para las especies que dependen de la deriva para distribuir los huevos y larvas, es que la posibilidad de llegar a un hábitat adecuado para el desarrollo juvenil, depende de factores medioambientales como el viento y la corriente, así como la relativa ubicación de los reproductores en relación con el movimiento de las masas de agua (Carvalho y Araujo-Lima, 2004). Si tenemos en cuenta además que las desembocaduras de los ríos de agua clara y ríos de agua negra son hábitats de flujo lento, donde el transporte pasivo de larvas se reduciría drásticamente, entonces la migración de adultos a ríos de agua blanca para desovar haría disminuir las pérdidas de embriones, debido al sedentarismo en hábitats de baja calidad, lo que resulta en un mayor éxito reproductivo (Carvalho y Araujo-Lima, 2004).

Finalmente la ocurrencia diferencial de larvas entre los periodos hidrológicos según las especies, sugiere diferentes épocas de reproducción. La mayor parte (>97%) de las larvas de *P. Blochii* se encontraron en la época de creciente, infiriéndose un periodo de reproducción limitado a este periodo hidrológico. La reproducción durante el periodo de creciente, con un pico reproductivo en marzo, ya fue reportada para esta especie en la cuenca del río Madera por Barthem et al. (2014). Al contrario, el 100% de las larvas de *Rhaphiodon vulpinus* fueron encontradas en la época de vacante, infiriéndose una reproducción exclusivamente para este época.

Otro patrón observado fue el presentado por las especies del género *Brachyplatystoma*, cuyas larvas fueron encontradas en ambos periodos hidrológicos, pero con mayor frecuencia



▲ Muestras de larvas colectadas en la cuenca del río Curaray.

durante la vacante, entre mayo y setiembre. Se confirma, por tanto, una época de reproducción preferencial para estas especies durante la época de vacante, pero con una actividad residual para casi todo el año, como ya fue reportado con el análisis de reproducción de adultos en el alto Amazonas (García-Vásquez et al., 2009; Agudelo et al., 2013). Sin embargo, estos resultados contrastan con los estudios de larvas de pimelodidos en el Madera (basado en análisis morfológicos), quienes observan abundancia de larvas principalmente durante la creciente (Cañas y Pine, 2010; Cañas y Waylen, 2011; Barthem et al., 2014).

▼ TABLA 3. Abundancia y composición de larvas por estaciones de muestreo en el periodo de creciente en los ríos Curaray y Napo entre los años 2012-2014.

Especie	1ra					3ra					5ta					Total
	C1	C2	C3	N1	N2	C1	C2	C3	N1	N2	C2	C3	N1	N2		
<i>Pimelodus blochii</i>	8	123		11					2	7			4		155	
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>		4		1					3						8	
<i>Brachyplatystoma platynemum</i>		2													2	
<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	3	2	1		7	12	3	24	28	19			8		107	
<i>Leiarius marmoratus</i>		5	1			2		2	2						12	
<i>Platysilurus mucosus</i>	1														1	
<i>Platystomatichthys sturio</i>									2						2	
<i>Sorubim lima</i>	2				2								1		5	
<i>Pimelodina flavipinnis</i>		1													1	
<i>Platynematicthys notatus</i>									3				1		4	
<i>Zungaro zungaro</i>									2						2	
<i>Trachelyopterus galeatus</i>													1		1	
<i>Megalonema platycephalum</i>													1		1	
Loricidae													1		1	
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>													3		3	
Total	1	13	137	2	12	9	14	3	26	42	26	0	0	20	305	

▼ TABLA 4. Abundancia y composición de larvas por estaciones de muestreo en el periodo de aguas bajas  en los ríos Curaray y Napo entre los años 2012–2014.

Especies	2da				4ta				6ta				Total			
	C1	C2	C3	N1	N2	C1	C2	C3	N1	N2	C1	C2	C3	N1	N2	
<i>Pimelodus blochii</i>		4				17	16	15		7	2	14		20		95
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>		6		14						2				2		24
<i>Brachyplatystoma platynemum</i>	23	8	23			8	30	1	14	2	16	36	6			167
<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	4	13	4							8	14			2		45
<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>									1							1
<i>Brachyplatystoma juruensis</i>								1								1
<i>Sorubim lima</i>									1							1
<i>Pimelodina flavipinnis</i>						2	7			3	2			2		16
<i>Hypophthalmus marginatus</i>	5	1	5				2		1		2		28	4	2	50
<i>Platynematicthys notatus</i>	2		5		3						2			2		14
<i>Zungaro zungaro</i>										10						10
<i>Hypophthalmus edentatus</i>						8	7									15
<i>Calophysus macropterus</i>						2	63	2	1			22	2	2	8	102
<i>Phractocephalus hemiolopterus</i>						2										2
<i>Propimelodus caesius</i>							2	1								3
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	27	19	13	8	337	19	72	24	2	61	4		3	1	3	593
<i>Brycon hilarii</i>										37		5	6	18		66
Total	61	51	50	22	340	50	202	50	19	75	81	88	44	15	57	1205



▲ Atardecer en la cuenca del río Napo.

5.4. CONCLUSIONES

La presencia de larvas de bagres de valor económico como el dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*), saltón (*B. Filamentosum*) y tabla barba (*B. Platynemum*) muestra la importancia de los ríos Cuararay y Napo en el mantenimiento del ciclo de vida de estos grandes bagres. En conclusión, la información generada puede servir de base para el establecimiento de estrategias para la conservación y gestión de estas especies en esta parte de la cuenca del Amazonas, zona en la que se han incrementado los impactos derivados de las actividades económicas y demográficas de la creciente ocupación de la Amazonía, como la sobre pesca, destrucción de hábitats y contaminación. Tiene que implementarse una serie de medidas de mitigación o prevención para salvaguardar estos recursos pesqueros en esta área de la Amazonía, más aún ahora que el gobierno está planificando la construcción de una represa hidroeléctrica en esta cuenca. Recomendamos que se considere la construcción de vías de translocación especiales para peces migratorios, que permitan el desplazamiento aguas arriba de estos grandes bagres. Estudios recientemente publicados muestran que en el río Madera, las vías de translocación de las hidroeléctricas el Jirau y Santo Antonio (recientemente construidas en la Amazonía brasileña),

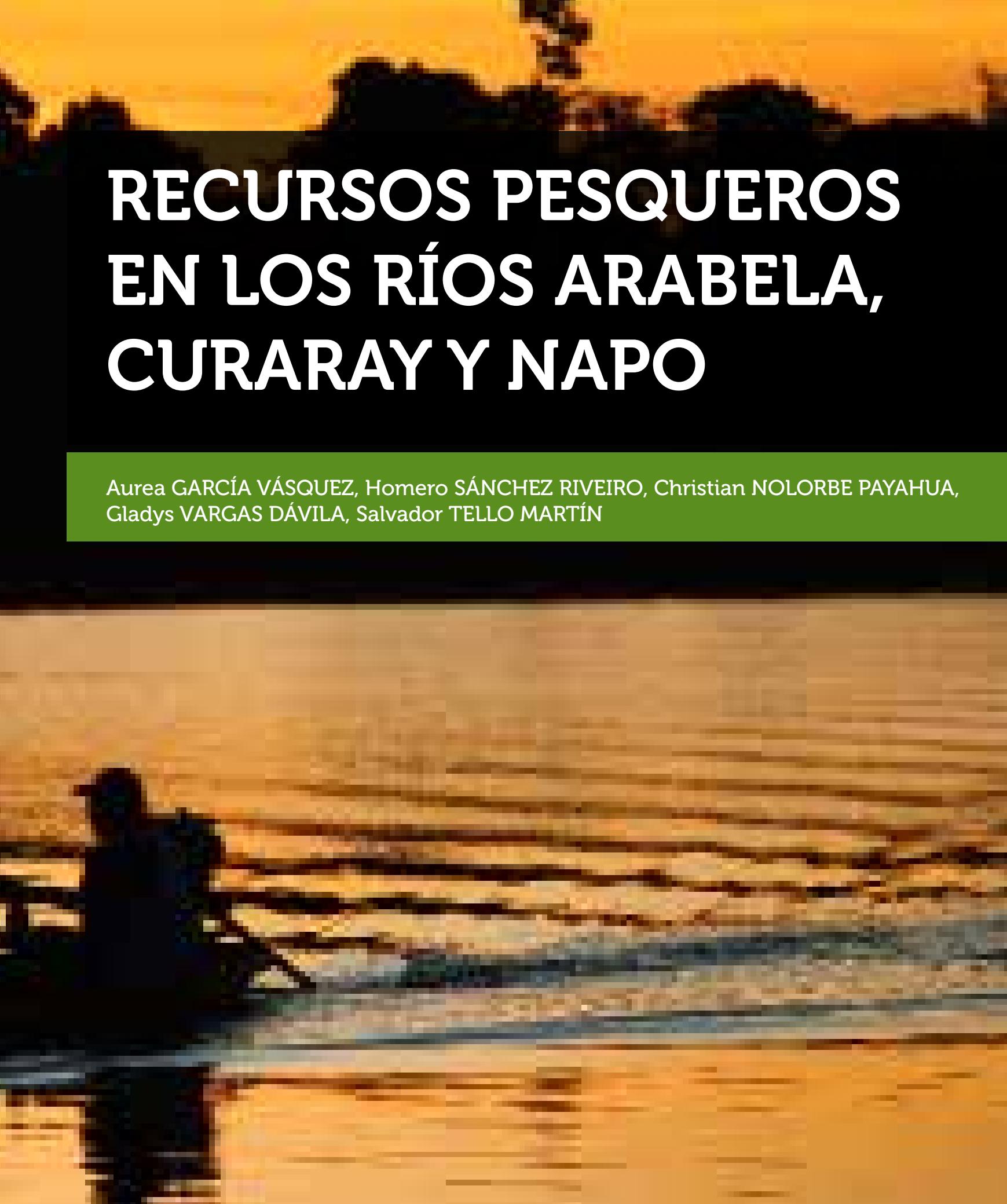
no son funcionales para los bagres como el dorado, causando una ruptura en los ciclos de migración de los grandes bagres en esta región (Carvajal-Vallejos et al., 2014). Por lo tanto, los megaproyectos tienen que considerar medidas efectivas para el mantenimiento del ciclo de vida de estos stocks pesqueros, lo que evitará que a la larga se produzcan no solo pérdidas económicas, sino también escasez de fuentes de proteína animal para los pobladores de esta región.

5.5. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Agudelo, E.; León, Á.V.J.; Bonilla-Castillo, A.; Petrere Jr, M.; Peláez, M.; Duponchelle, F. 2013. Breeding, growth and exploitation of *Brachyplatystoma rousseauxii* in the Caqueta River, Colombia. *Neotropical Ichthyology*, 11:637-647.
- Aquilino, S.; Tango, J.; Fontanilla, I.; Pagulayan, R.; Basiao, Z.; Ong, P.; Quilang, P. 2011. DNA barcoding of the ichthyofauna of Taal Lake, Philippines. *Molecular Ecology Resources*, 11: 612-619.
- Araújo-Lima, C.A.R.M. y Donald, E. 1988. Número de Vértebras de Characiformes do río Amazonas e seu uso na identificação da larvas do grupo. *Acta Amazonica*, 18(1-2): 351-358.
- Araujo-Lima, C. A. R. M.; Oliveira, E. C. 1998. Transport of larval fish in the Amazon. *Journal of Fish Biology*, 53:297-306.
- Ardura, A.; Pola, I. G; Giguino, I.; Gomes, V.; García-Vásquez, E.; 2010. Application of barcoding to Amazonian commercial fish labeling. *Food Research International*, 43: 1549-1552.
- Ardura, A.; Pola, I. G; Giguino, I.; Gomes, V.; García-Vásquez, E.; 2010. Application of barcoding to Amazonian commercial fish labeling. *Food Research International*, 43: 1549-1552.
- Asgharian, H.; sahafi, H. H.; Ardalan, A. A.; Shekarriz, S.; Elahi, E. 2011. Cytochrome c oxidase subunit I barcode data of fish of the Nayband National Park in the Persian Gulf and analysis using meta-data flag several cryptic species. *Molecular Ecology Resources*, 11: 461-472.
- Barthem, R. B.; Goulding, M. 1997. *The catfish connection. Biology and Resource Management in the Tropics Series*. Columbia University Press. New York. 145pp.
- Barthem, R. B.; Goulding, M. 2007. *Un ecosistema inesperado: A Amazonia revelada pela Pesca*. Grafica Biblos, Lima, 241pp.
- Barthem, R.; da Costa, M.C.; Cassemiro, F.; Leite, R.G.; Silva Jr. N. 2014. Diversity and Abundance of Fish Larvae Drifting in the Madeira River, Amazon Basin: Sampling Methods Comparison. En: Grillo, O (Ed.). *Biodiversity - The Dynamic Balance of the Planet InTech*. p. 137-158. ([http://www.intechopen.com/books/biodiversity-the-dynamic-balance-of-the-planet/diversityand-abundance-of-fish-larvae-drifting-in-themadeira-riveramazon-basin-samplingmethods-c](http://www.intechopen.com/books/biodiversity-the-dynamic-balance-of-the-planet/diversity-and-abundance-of-fish-larvae-drifting-in-themadeira-river-amazon-basin-sampling-methods-c)) Acceso: 20/05/2014.
- Cañas, C. M.; Pine, W.E. 2010. Documentation of the temporal and spatial patterns of pimelodidae catfish spawning and larvae dispersion in the Madre de Dios River (Peru): Insights for conservation in the Andean-Amazon headwaters. *River Research and Applications*, 27(5): 602-611. doi: 10.1002/rra.1377
- Cañas, C. M.; Waylen, P.R. 2011. Modelling production of migratory catfish larvae (Pimelodidae) on the basis of regional hydroclimatology features of the Madre de Dios Basin in southeastern Peru. *Hydrological Processes*, 26(7): 996-107. doi: 10.1002/hyp.8192
- Carolsfeld, J.; Harvey, B.; Ross, C.; Baer, A. editors. 2003. Migratory fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation status. IDRC, World Bank, Washington, USA. (http://books.google.com.pe/books?id=GCF3_kK6_8cCyprintsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_rycad=0#v=onepage&qyf=false) Acceso: 20/02/2013
- Carvalho de Lima, A.; Araujo-Lima, C.A.R.M. 2004. The distributions of larval and juvenile fishes in Amazonian rivers of different nutrient status. *Freshwater Biology* 49:787- 800.
- Carvajal-Vallejos, F.M.; Duponchelle, F.; Desmarais, E.; Cerqueira, F. Querouil, S.; Núñez, J.; García-Dávila, C.; Renno J.-F. 2014. Genetic structure in the Amazonian catfish *Brachyplatystoma rousseauxii*: influence of life history strategies. *Genetica*, 142(4): 323-36. doi: 10.1007/s10709-014-9777-2.
- Doyle, J. J.; Doyle J. L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem. Bull.*, 19:11-15.
- Galvis, G.; Mojica, J. I.; Duque, S.; Castellanos, C.; Sánchez, P.; Arce, M.; Gutiérrez, A.; Jiménez, L.; Santos M.; Vejarano, S.; Arbeláez, F.; Prieto, E.; Leiva, M. 2006. *Peces del medio Amazonas, Región de Leticia – Conservación Internacional*, Colombia. 546 pp
- García-Dávila, C.; Chota-Macuyama, W.; Castro-Ruiz, D.; Vasquez, G.; Corazón-Guivin, M.; García, J.; Carvajal-Vallejos, F.; Sánchez, H.; Duponchelle, F.; Núñez, J.; Chu-Koo, F.; Renno, J.-F. 2009. Avances del uso del "Barcode" en la identificación de larvas de bagres (Siluriformes) en la Amazonía peruana. In: J. Núñez, F. Chu-Koo, J. Porto, C. García-Dávila (Eds.), *Biología de las poblaciones de peces de la Amazonía y Piscicultura*. 59-69 p.
- García-Dávila, C.; Castro Ruiz, D.; Sánchez, H.; Ismiño R.; Rengifo, D.; García, A.; Tello, S.; Chota-Macuyama, W.; Duponchelli, F.; Renno, J.-F. 2014. Diversidad de ictioplancton en los ríos Curaray, Arabela y Napo (amazonía peruana). *Folia Amazonica*, 23 (1) 2014: 67 – 78.
- García Vásquez, A.; Alonso, J.-C.; Carvajal, F.; Moreau, J.; Nunez, J.; Renno, J.-F.; Tello, S.; Montreuil, V.; Duponchell, F. 2009. Life-history characteristics of the large Amazonian migratory catfish *Brachyplatystoma rousseauxii* in the Iquitos region, Peru. *Journal of Fish Biology*, 75: 2527-2551.

- Habit, E.; Victoriano, P.; Rodríguez-Ruiz, A. 2003. Variaciones espacio-temporales del ensamble de peces de un sistema fluvial de bajo orden del centro-sur de Chile. *Revista chilena de historia Natural*, 76:3-14.
- Hall, T. A. 1999. BIOEDIT a user – friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Departament of Microbiology North Carolina State University. *Nucl. Acids. Symp-Ser.* 41: 95 – 98.
- Hebert, P.D.N; Penton, E.H.; Burns, J.M.; Janzen, D.H.; Hallwachs, W. 2004a. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 101, 14812–14817.
- Hebert, P.D.N.; Stoeckle, M.Y.; Zemlak, T.S.; Francis, C.M. 2004b. Identification of birds through DNA barcodes. *Public Library of Science*, 2:1657–1663.
- Hubert,N.; Hanner, R.; Holm, E.; Mandrak, N.E.; Taylor, E.; Burridge, M.; Watkinson, D.; Dumont, P.; Curry, A.; Bentzen, P.; Zhang, J.; April, J.; Bernatchez, L. 2008. *Identifying Canadian Freshwater Fishes through DNA Barcodes* PLoS One 3: e2490.
- Hubert, N.; Delrieu-Trottin, E.; Irisson, J.-O.; Meyer, C.; Planes, S. 2010. *Identifying coral reef fish larvae through DNA barcoding: A test case with the families Acanthuridae and Holocentridae*.
- Kurtz, J.C.; Jackson, L.E.; Fisher, W.S. 2001. Strategies for evaluating indicators based on guidelines from the Environmental Protection Agency's Office of Research and Development. *Ecological Indicators*, 1:49-60.
- Lakra, W. S.; Verma, M. S.; Goswami, M.; Lal, K. K.; Mohindra, V.; Punia, P.; Gopalakrishnan, A.; Singh, K. V.; Ward, R. D. Hebert, P. 2011. DNA barcoding Indian marine fishes. *Molecular Ecology Resources*, 11: 60–71.
- Leite, R. G., Silva, J. V., Freitas, C. E. 2006. Abundância e distribuição das larvas de peixes no Lago Catalão e no encontro dos rios Solimões e Negro, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 36(4): 557 – 562.
- Leite, R. G., Cañas, C., Forsberg, B., Barthem, R., Goulding, M. 2007. *Larvas dos Grandes Bagres Migradores*. Instituto Nacional da Pesquisas da Amazônia (INPA)/Asociación para la Conservación de la cuenca Amazónica (ACCA). Primera Edición. Manaus – Brasil. 127pp.
- Matarese, A. C.; Spies, I. B.; Busby, M. S.; Orr, J. W. 2011. Early larvae of *Zesticelus profundorum* (family Cottidae) identified using DNA barcoding. *Ichthyol Res*, 58:170–174.
- Mojica, J.I.; Usma, J.; Álvarez, R.; Lasso, C. 2012. *Libro Rojo de peces dulceacuícolas de Colombia*. Instituto de Investigaciones de recursos Hidrobiológicos Alexander von Humboldt. Colombia, 319pp.
- Nakatani, E., A. Agostinho, G. Baumgartner, A. Bialetzki; P. Van-derlei, M. Cavicchioli, C. Simone. 2001. *Ovos e larvas de peixes de água doce, desenvolvimento e manual de identificação*. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Brasil. 378pp.
- Ortega, H.; Chocano, L.; Palma, C.; Samanez, I. 2010. Biota acuática en la Amazonía peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales em el bajo Urubamba (Cuzco-Ucayali). *Revista Peruana de Biología*, 17(1):029-035.
- Pappalardo, A. M.; Cuttitta, A.; Sardella, A.; Musco, M.; Maggio, T.; Patti, B.; Mazzola, S.; Ferrito, V. 2015. DNA barcoding and COI sequence variation in Mediterranean lanternfishes larvae. *Hydrobiologia*, 749:155–167.
- Paradis, E.; Claude, J.; Strimmer, K. 2004. APE: Analyses of phylogenetics and evolution in R language. *Bioinformatics*, 20: 289–290.
- Reis, R. E., Kullander, S. O. y Ferraris, C. J. 2004. *Checklist of Freshwater Fishes of South and Central America*. Porto Alegre: Edipucrs.
- Steinke, D.; Zemlak, T. S.; Hebert, P.D.N. 2009. Barcoding Nemo: DNA-Based Identifications for the Ornamental Fish Trade. *PLoS One* 4: e6300.
- Tamura, K.; Dudley, J.; Nei, M.; Kumar, S. 2007. MEGA versión 4.0: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA). *Molecular Biology and Evolution* 24: 1596–599.
- Thompson, J.D.; Higgins, D.G.; Gibson, T.J. 1994 CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position- specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res.*, 22: 4673–4680.
- Van Damme, P.; Carvajal-Vallejos, F.; Molina-Carpio, J. (eds.) 2011. Los peces y delfines de la Amazonía boliviana: Habitats, potencialidades y Amenazas. Editorial INIA, Cochabamba, Bolivia, 490pp.
- Wong, LL; Peatman, E.; Lu, J.; Kucuktas, H.; He S.; Zhou, C.; Na-nakorn, U.; Lui, Z. 2011. DNA Barcoding of Catfish: Species Authentication and Phylogenetic Assessment. *PLoS One* 6(3): e17812.
- Zhang, J.B.; Hanner, R. 2011. DNA barcoding is a useful tool for the identification of marine fishes from Japan. *Biochemical Systematics and Ecology* 39: 31–42.





RECURSOS PESQUEROS EN LOS RÍOS ARABELA, CURARAY Y NAPO

Aurea GARCÍA VÁSQUEZ, Homero SÁNCHEZ RIVEIRO, Christian NOLORBE PAYAHUA,
Gladys VARGAS DÁVILA, Salvador TELLO MARTÍN

6.1. INTRODUCCIÓN

La cuenca amazónica es la más grande del mundo, abarca diversos países, entre ellos el Perú y comprende aproximadamente un tercio de toda América del Sur, con 6'112,000 km² (Barthem y Goulding, 1997; Crespo y Van Damme, 2011). La Amazonía peruana forma parte de esta gran cuenca, que se caracteriza por presentar una extensa red hídrica conformada por ríos, quebradas, caños y lagunas, influenciada por el régimen hidrológico de las aguas, que inundan cada año miles de hectáreas de terreno, y forman una gran variedad de hábitats y ecosistemas propicios para los peces (Barthem y Goulding, 2007). Actualmente estos ecosistemas albergan una diversidad, registrando 1,064 especies oriundas para la Amazonía peruana (Ortega *et al.*, 2012).

La composición y riqueza de peces de los ríos amazónicos es muy variable y está influenciada por factores como los hidrogeográficos, que actúan como barreras naturales que no permite la dispersión de las especies de un lugar a otro; geofísicos, que pueden determinar diferencias en las características químicas del habitat; además, el tipo de lecho, las pendientes y las elevaciones altitudinales donde se ubican cada río también influencian en la composición y diversidad de las poblaciones de peces (Van Damme, *et al.*, 2011; Ortega *et al.*, 2012).

Diversos estudios realizados en la Amazonía peruana, muestran diferencias en cuanto a número de especies, variando de un río a otro. Actualmente, el Yavarí es el río con mayor diversidad, con 360 especies registradas, mientras que en el sector colombo-peruano del río Putumayo se reportaron 249 especies; en el río Orosa (parte baja) 190; y en el bajo Tapiche, 123 (Hidalgo, 2004; Ortega *et al.*, 2006; Linares-Palomino, *et al.*, 2013; Nolorbe, 2013).

La gran diversidad de peces existente en estos ríos, podría verse afectada en el tiempo por diferentes actividades antrópicas, que generan grandes amenazas como la pérdida de áreas inundables y de bosques ribereños, provocadas por la contaminación o por la construcción de represas, actividades que pueden tener impactos a gran escala sobre los ecosistemas acuáticos amazónicos y por ende en los peces (Goulding, *et al.*, 2010; Bayley, 2013).

Ante este escenario, la finalidad del presente trabajo fue contribuir al conocimiento de la diversidad biológica de la cuenca del río Curaray, Arabela y Napo, a través de la evaluación biológica y pesquera, a fin de contar con una línea base sobre diversidad ictiológica en estas cuencas.



▲ Registro de datos morfológicos y morfométricos de los peces colectados.

6.2. MATERIAL Y MÉTODOS

MÉTODO DE COLECTA

Se programaron pescas experimentales utilizando para ello una batería de redes tipo trampa de 50 metros de largo, con diferentes aberturas de malla (2, 3 y 4 pulgadas). Las redes fueron colocadas por espacio de 18 horas con revisiones periódicas cada seis horas, en ambientes léticos como cochas, tahuampa y tipisca, para la captura de peces de mediano y mayor tamaño. Además, se utilizó una red de arrastre tipo alevinera de 10 metros de largo con 1 centímetro de abertura de malla, empleando cinco lances que fueron realizados en las orillas del cauce principal del río o las orillas contiguas de los ambientes léticos muy cerca a cada estación de muestreo.

En cada ejemplar capturado se determinó la especie, así como la longitud total (cm) con la ayuda de un ictiómetro graduado al milímetro y el peso total (g) utilizando una balanza digital de 1 gramo de sensibilidad. Los peces colectados se fijaron en formol al 10% por espacio de 48 horas, posteriormente fueron lavados y conservados en recipientes herméticos con una solución de etanol al 70% para su posterior análisis en laboratorio.

ANÁLISIS EN LABORATORIO

La separación, identificación, registro y depósito de las muestras de peces se llevó a cabo en el laboratorio de taxonomía de peces del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Para la identificación se usaron claves taxonómicas, descripciones originales, revisiones recientes y la colección de peces del IIAP como referencia. Para la clasificación taxonómica se adoptó lo establecido por Reis *et al.* (2003).

Los datos sobre la composición, riqueza y diversidad de peces se determinaron a través del análisis de la información que incluía

toda la variedad de especies de peces capturadas, tanto mayores como menores. Para estimar el número de especies efectivas, se utilizó el índice de Shannon modificado aplicando la siguiente fórmula: $ID = \exp(H')$ (Jost, 2006). Para el análisis del índice de abundancia se empleó únicamente los ejemplares capturados solo con redes tipo trampa. Se calculó utilizando el método de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), considerando kilogramo y número de peces como índice de captura y horas-red como esfuerzo.

6.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COMPOSICIÓN Y RIQUEZA DE ESPECIES

Durante el período de estudio la evaluación registró un total de 297 especies pertenecientes a 10 órdenes, 38 familias y 163 géneros (Tabla 1, Apéndice 1). Un número de 10,901 individuos fueron capturadas: 4,788 (44%) en el período de creciente y 6,113 (56%) en el período de vacante en los ríos Arabela, Curaray y Napo.

▼ TABLA 1. Composición taxonómica de los peces capturados en los ríos Arabela, Curaray y Napo, durante los años 2012–2014.

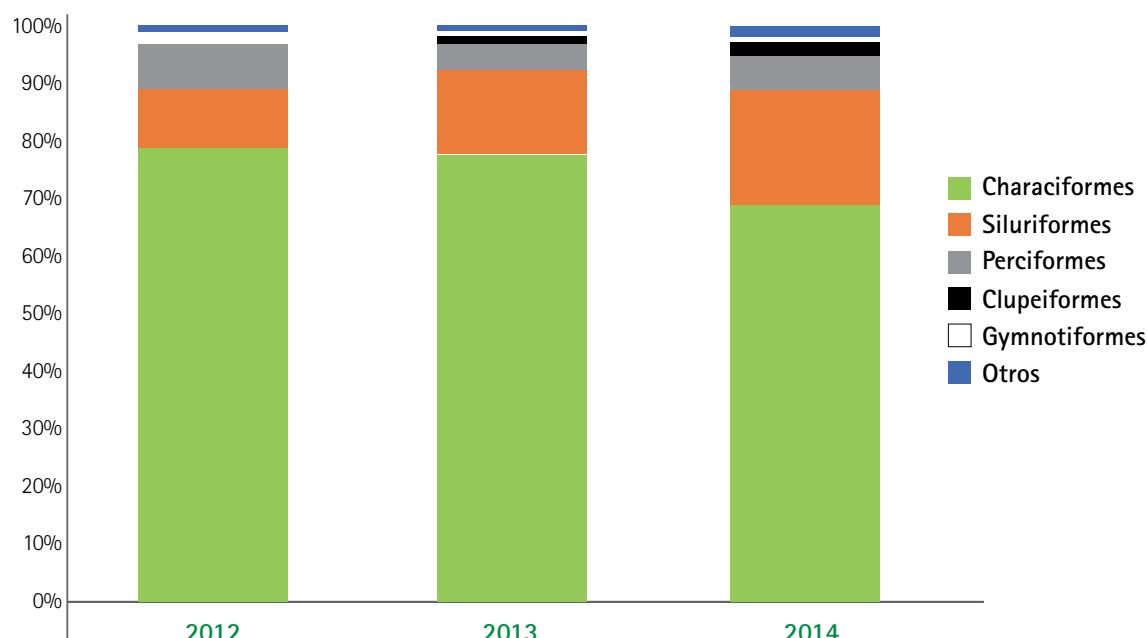
Orden	Familias	Géneros	Especies
Characiformes	14	69	155
Siluriformes	9	56	82
Gymnotiformes	5	8	16
Perciformes	2	18	29
Clupeiformes	2	5	6
Osteoglossiformes	2	2	2
Myliobatiformes	1	2	4
Beloniformes	1	1	1
Pleuronectiformes	1	1	1
Tetraodontiformes	1	1	1
Total	38	163	297

Especies pertenecientes al orden Characiformes dominaron las capturas durante los tres años de estudio, representando entre el 69-79% de las capturas anuales (Figura 1). Los Characiformes fueron más abundantes que otros órdenes, con un total de 155 especies. Los Siluriformes fueron el segundo orden más importante, ocurriendo entre 10-20%, con 82 especies capturadas en total. Este orden fue más abundante que los Perciformes, Clupeiformes y Gymnotiformes.

Los Perciformes, que comprenden principalmente especies de la familia Cichlidae (*Bujurquina peregrinabunda*, *Cichla monocularis*, *Crenicichla* sp) y una de Sciaenidae (*Plagioscion squamosissimus*), representaron el 5-8% de las capturas. Los Clupeiformes, que solo comprenden dos familias: Engraulidae y Pristigasteridae, representaron el 1-2% de las capturas anuales. Finalmente, los Gymnotiformes, que comprende especies de peces eléctricos, ocurrieron entre 0.9-1% de las capturas.

Las especies agrupadas como "otros" pertenecían a Pleuronectiformes, Tetraodontiformes, Osteoglossiformes, Myliobatiformes y Beloniformes, e integraron un número reducido, ≤ de 4 especies, y representaron 0.4-1.6% de las capturas totales.

La captura de peces en la cuenca en los ríos Arabela, Curaray y Napo muestra una clara dominancia de los Characiformes, que es uno de los grupos de peces más diversificados en la cuenca del Amazonas (Carvalho y Araujo-Lima, 2004; Barthem y Goulding, 2007), seguido de los Siluriformes pero en menor proporción. La alta proporción de estos grupos dominantes en las capturas es observada con frecuencia en diversos ambientes amazónicos estudiados (Lowe-McConnell, 1987; Tello y Bayley, 2001; Barthem y Fabre, 2003; Carvajal y Maldonado, 2005; García et al., 2009; Goulding et al., 2010; Cañas, 2013; Castro, 2013; Linares-Palomino, et al., 2013; Nolorbe, 2013).



▼ FIGURA 1. Importancia relativa de los principales grupos de peces capturados en los ríos Arabela, Curaray y Napo durante los años 2012-2014.





▲ Colecta de peces en la cuenca del río Napo.

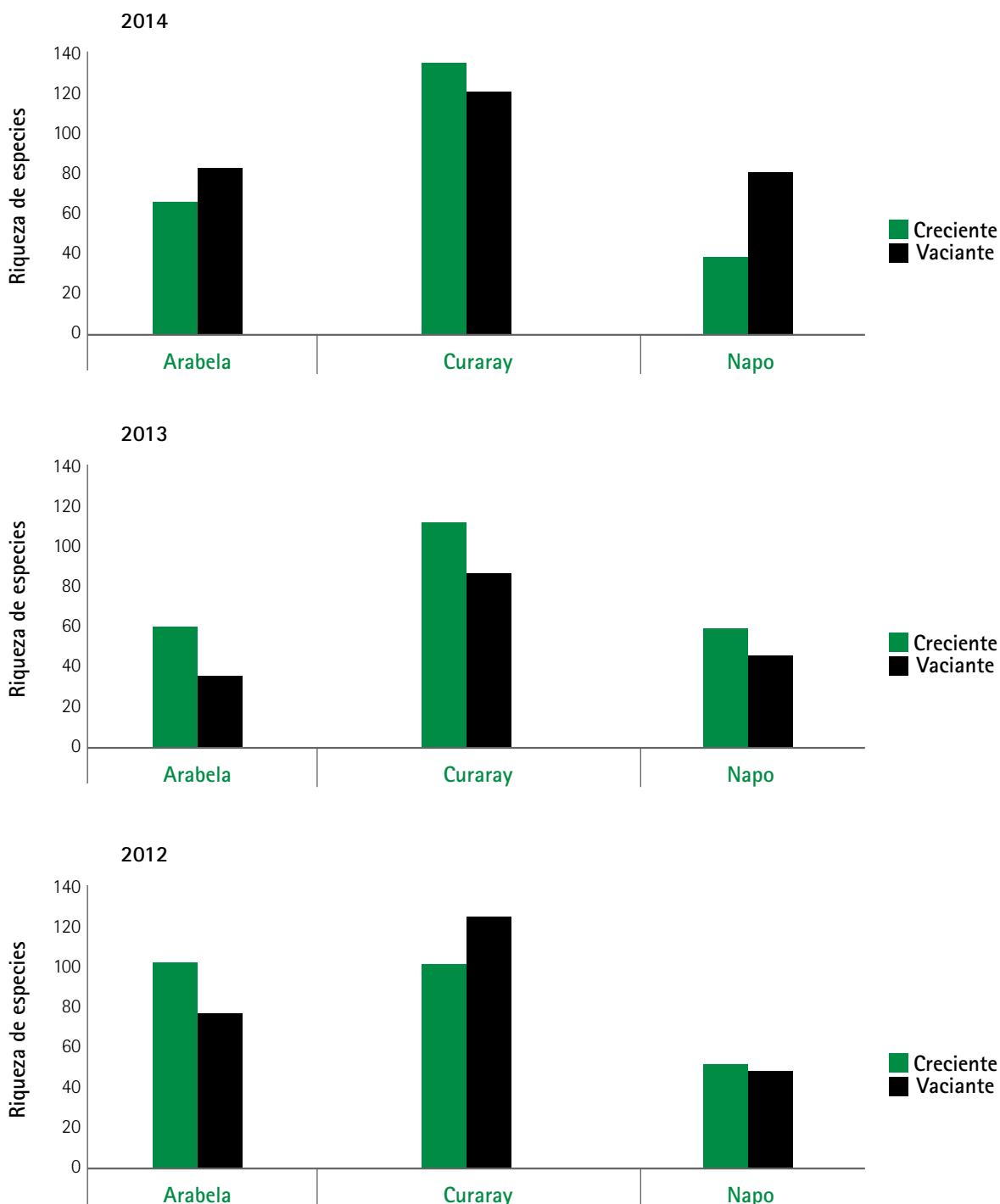
La importancia de los Characiformes es también observada en relación al número de especies por familia. Characidae y Curimatidae fueron los más diversos durante el período de estudio. Siendo los Characidae los más abundantes, con 84 especies, mientras que los Curimatidae alcanzaron 22 especies durante todo el período de estudio. Le siguen los Cichlidae, del orden perciformes, con 27 especies. Loricariidae y Pimelodidae, pertenecientes a los Siluriformes, fueron menos diversos que las anteriores. Ambas familias registraron un total de 39 especies.

Los Loricariidae registraron 21 especies, en tanto que los Pimelodidae 18 especies capturadas durante todo el período de estudio. Osteoglosidae, Arapaimidae, Belonidae, Pleuronectiformes y Tetradontiformes fueron las menos diversas, y están representadas por solo una especie cada uno. La abundancia de la familia Characidae se explica por ser esta la más diversa entre los peces neotropicales, encontrándose distribuida especialmente en el Amazonas, Orinoco y las cuencas del río de la Plata (Mirande, 2010).

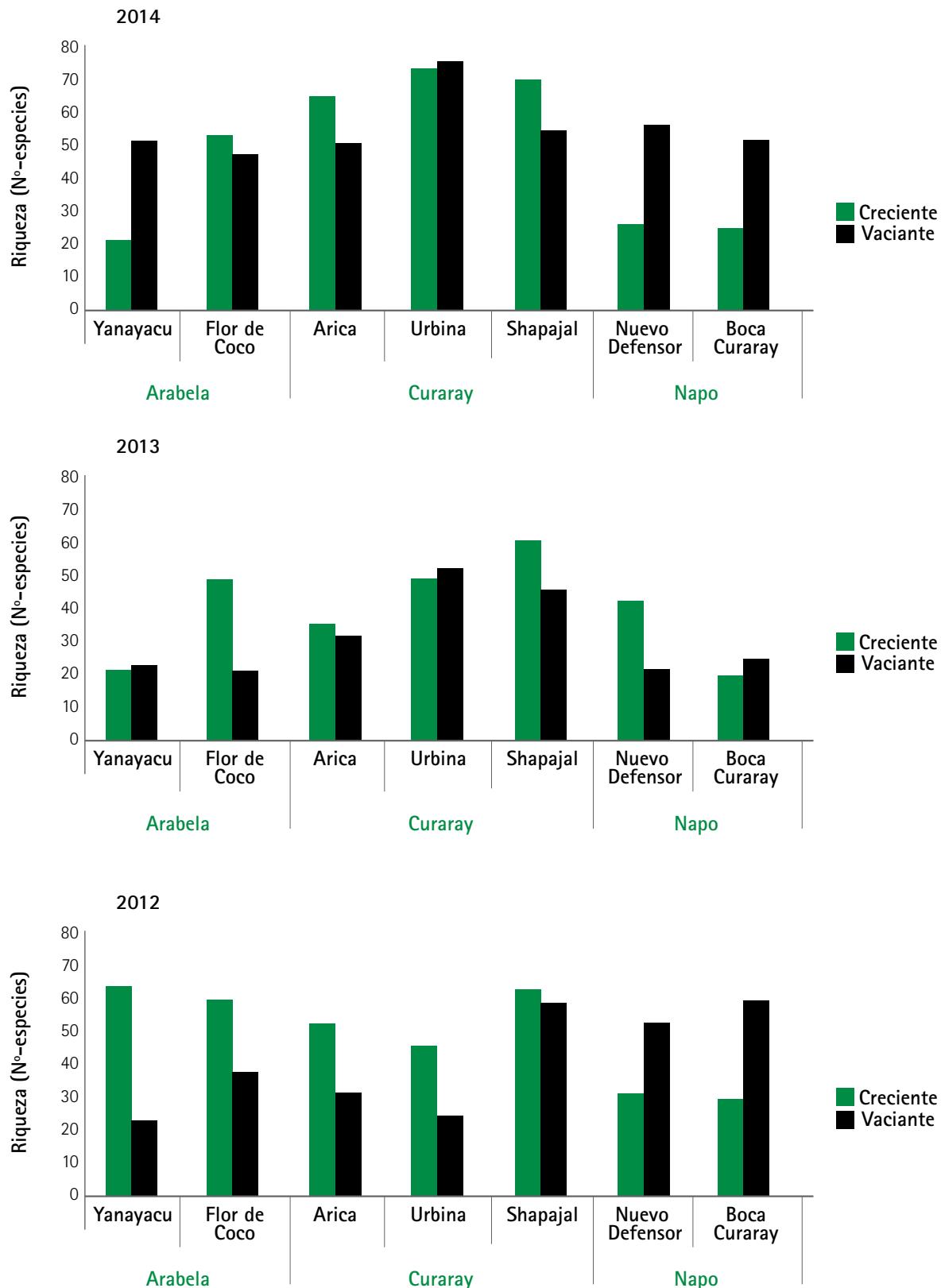
Los resultados muestran diferencias en la riqueza de especies entre los ríos estudiados y los períodos hidrológicos de creciente

y vacante. Indistintamente, en los diferentes ríos y años de estudio la mayor riqueza fue observada en creciente, excepto en el río Curaray de 2012, Arabela y Napo de 2014, donde la riqueza fue ligeramente superior en vacante (Figura 2). El río Curaray presentó la mayor riqueza, con un número mayor a 130 especies por año en ambos períodos hidrológicos. La máxima riqueza observada en este río fue de 116 y 125 especies en creciente y vacante de 2014. No obstante, el río Napo registró el menor número de especies en los tres años de estudio, siendo \geq a 75 (2012) y \leq a 97 (2014).

Considerando la riqueza por estaciones, en los tres años de estudio estas presentaron un número mayor de especies en el período de creciente, a diferencia de las estaciones de Nuevo Defensor, Santa Victoria en 2012 y 2014, y Yanayacu en 2014, en las cuales la riqueza fue mayor en el período de vacante. La estación con mayor número de especies registrada fue Sahapajal, con un total de 120 especies en 2012. En tanto que Santa Victoria fue la estación que reportó el menor número: 44 especies, en 2013.



▲ FIGURA 2. Riqueza de peces en el período de creciente y vaciante de los ríos Arabela, Curaray y Napo durante los años 2012-2014.



▲ FIGURA 3. Riqueza de peces por estación de muestreo en el período de creciente y vaciante de los ríos Arabela, Curaray y Napo durante los años 2012-2014.

DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE ESPECIES

En los tres años de estudio la diversidad de especies muestra diferentes patrones en cada uno de los ríos y períodos hidrológicos. Al igual que con la riqueza de especies, la mayor diversidad fue observada en el río Curaray, donde se encontró un número de 49 y 60 especies efectivas en creciente y vaciante de 2014, mayor a lo registrado en 2012 y 2013 respectivamente. En contraste el río Arabela registró la menor diversidad, con 21 especies en ambos períodos hidrológicos de 2013.

Para el total de años estudiados, el río Curaray registró la mayor diversidad, con 87 especies efectivas, a comparación con el Arabela y Napo con 66 y 50 especies efectivas. De acuerdo al número de especies efectivas encontradas en cada uno de los ríos estudiados, el Curaray presentó 1.32 veces más diversidad que el Arabela y 1.72 veces más diversidad que el Napo. Esto equivale a decir que el Arabela alberga el 76.10% de la diversidad de peces existente en el Curaray, en tanto, que el Napo solo alberga el 57.6% respectivamente.

Los más altos índices de diversidad por estación de muestreo fueron registrados en Urbina (46 especies efectivas) durante el período de vaciante de 2014, y en Arica (35 especies efectivas) en temporada de creciente de 2012. La menor diversidad en ambos períodos hidrológicos ocurrió en Yanayacu (8 y 10 especies efectivas en creciente y vaciante respectivamente) de 2013.

La abundancia de peces en los ríos estudiados varió de acuerdo a la estacionalidad. El río Curaray presentó la mayor abundancia de peces durante los años de estudio, siendo marcadamente mayor en la temporada de vaciante, con índices que oscilaron entre 3.70 kg/hora en 2013, a 5.77 kg/hora en 2012. Los ríos Arabela y Napo difieren en abundancia en relación al Curaray, y alcanzaron índices máximos en vaciante de solo 1.62 kg/horas y 1.16 kg/horas durante el 2012 respectivamente. En contraste con la temporada de creciente donde la abundancia de peces se redujo, alcanzando los índices más bajos el río Arabela y Napo con 0.83 kg/horas y 0.57 kg/horas en 2013 (Figura 6).

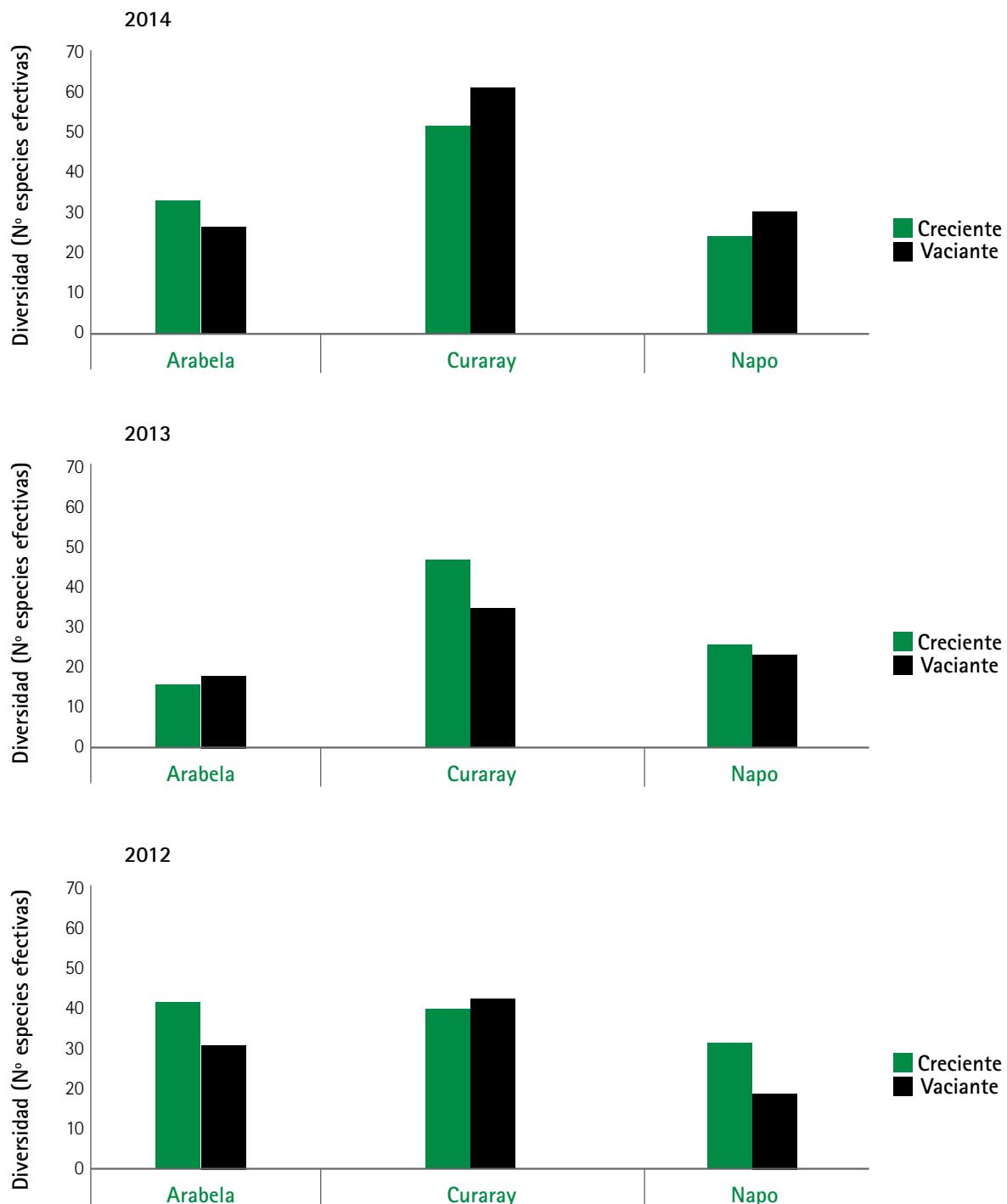
En los tres años de estudio la abundancia de peces por estación de muestreo fue mayor en el período de vaciante, a excepción de Nuevo Defensor en 2013 y Shapajal en 2014, donde fue ligeramente superior en creciente. Los más altos índices de abundancia fueron registrados en las estaciones ubicadas en el río Curaray, siendo mayor en Arica, con 2.75 y 2.60 kg/horas en vaciante de 2012 y 2014, y en Urbina, con 1.52 kg/horas en el período de creciente de 2014. Las estaciones ubicadas en los ríos Arabela y Napo son las que menor abundancia presentaron, siendo acentuadamente menor en Yanayacu con 0.16 kg/horas y Santa Victoria con 0.09 kg/horas en creciente del 2013 (Figura 7).



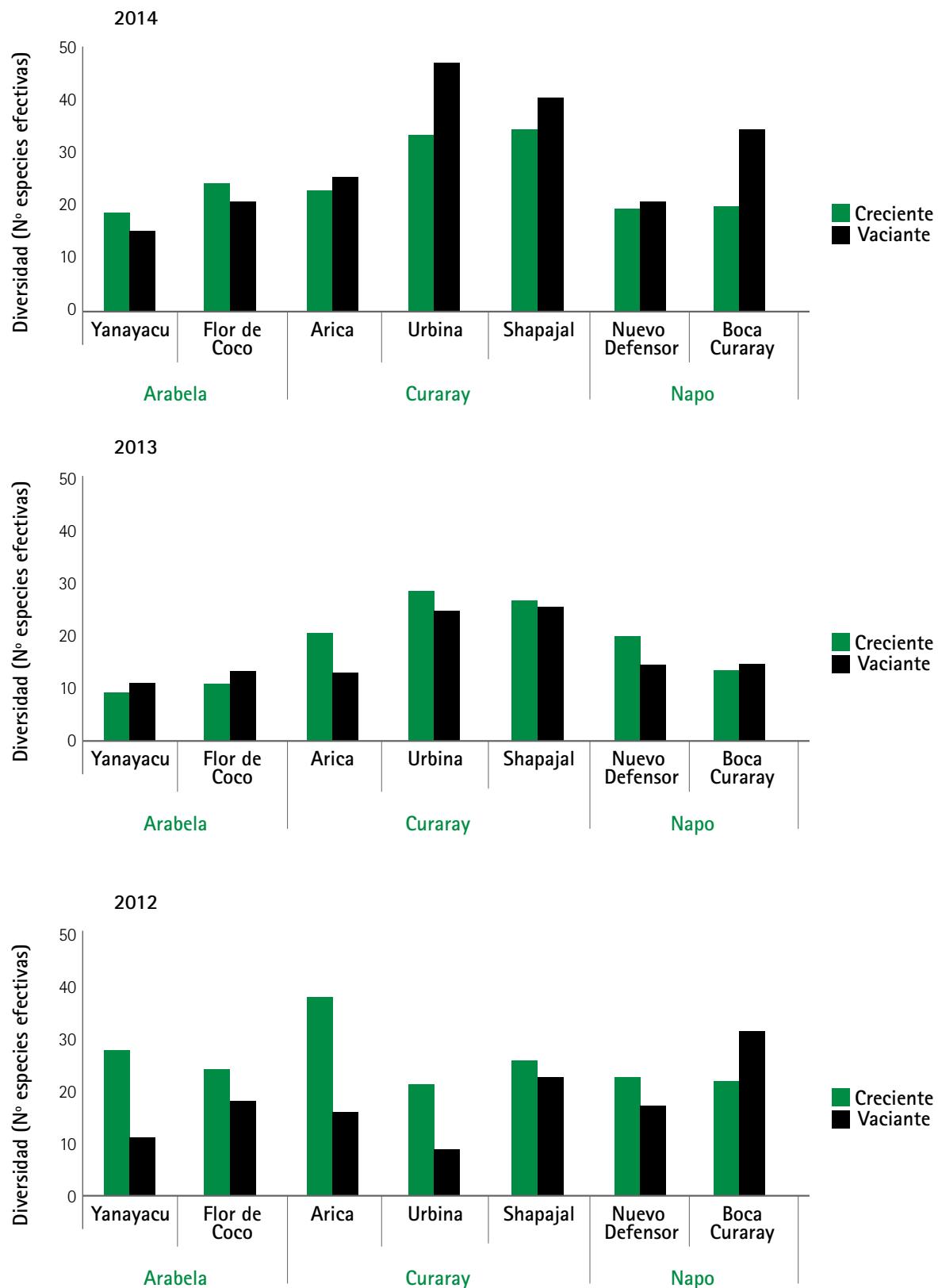
▲ Poblador amazónico en plena faena de pesca en el río Curaray.



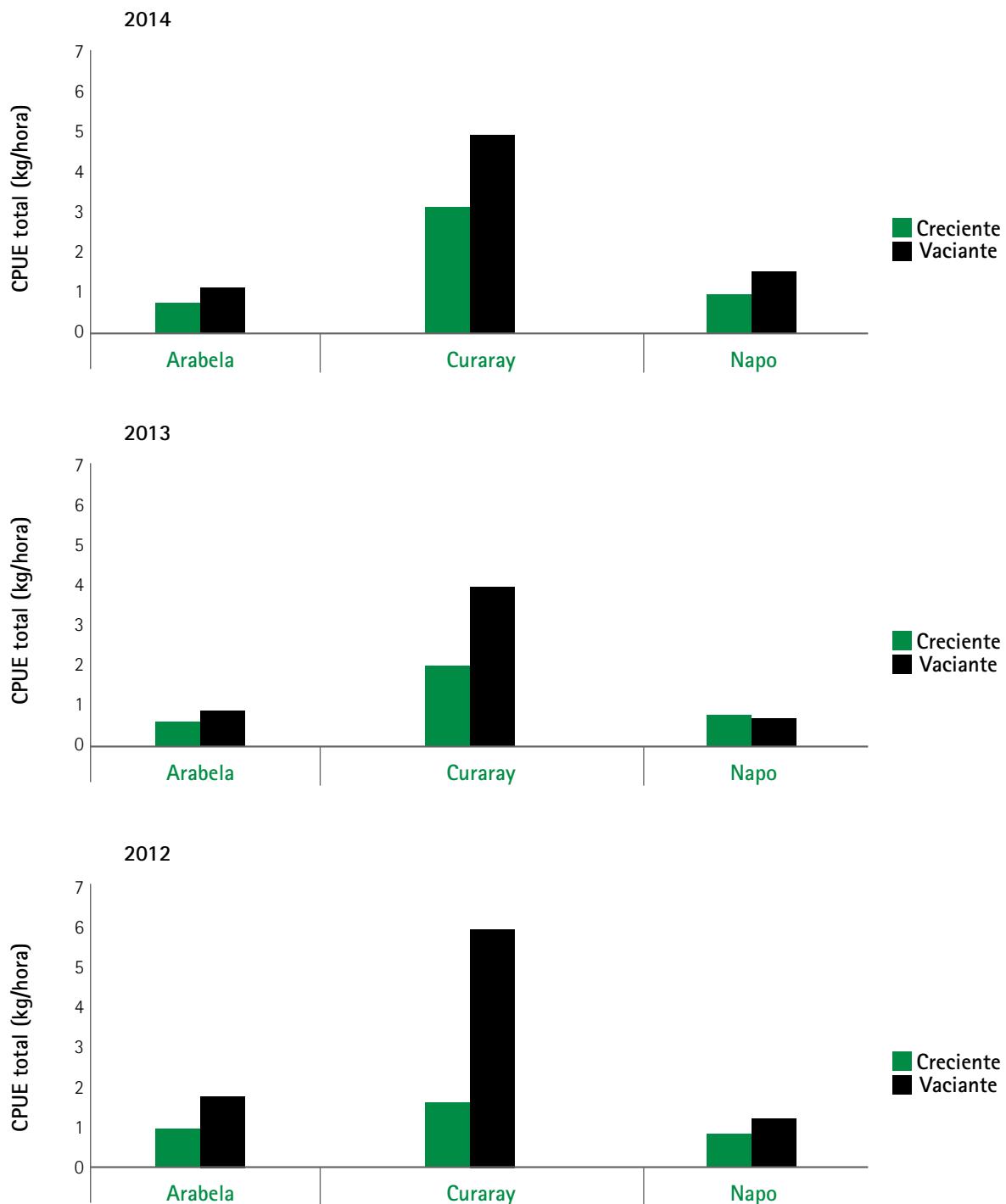
▲ La pesca en las comunidades ribereñas es realizada incluso por los integrantes más pequeños.



▲ FIGURA 4. Diversidad de peces en el período de creciente y vaciante de los ríos Arabela, Curaray y Napo durante los años 2012–2014.



▲ FIGURA 5. Diversidad de peces por estación de muestreo en el período de creciente y vaciante de los ríos Arabela, Curaray y Napo durante los años 2012-2014.



▲ FIGURA 6. Abundancia de peces en el período de creciente y vaciante de los ríos Arabela, Curaray y Napo durante los años 2012 al 2014.

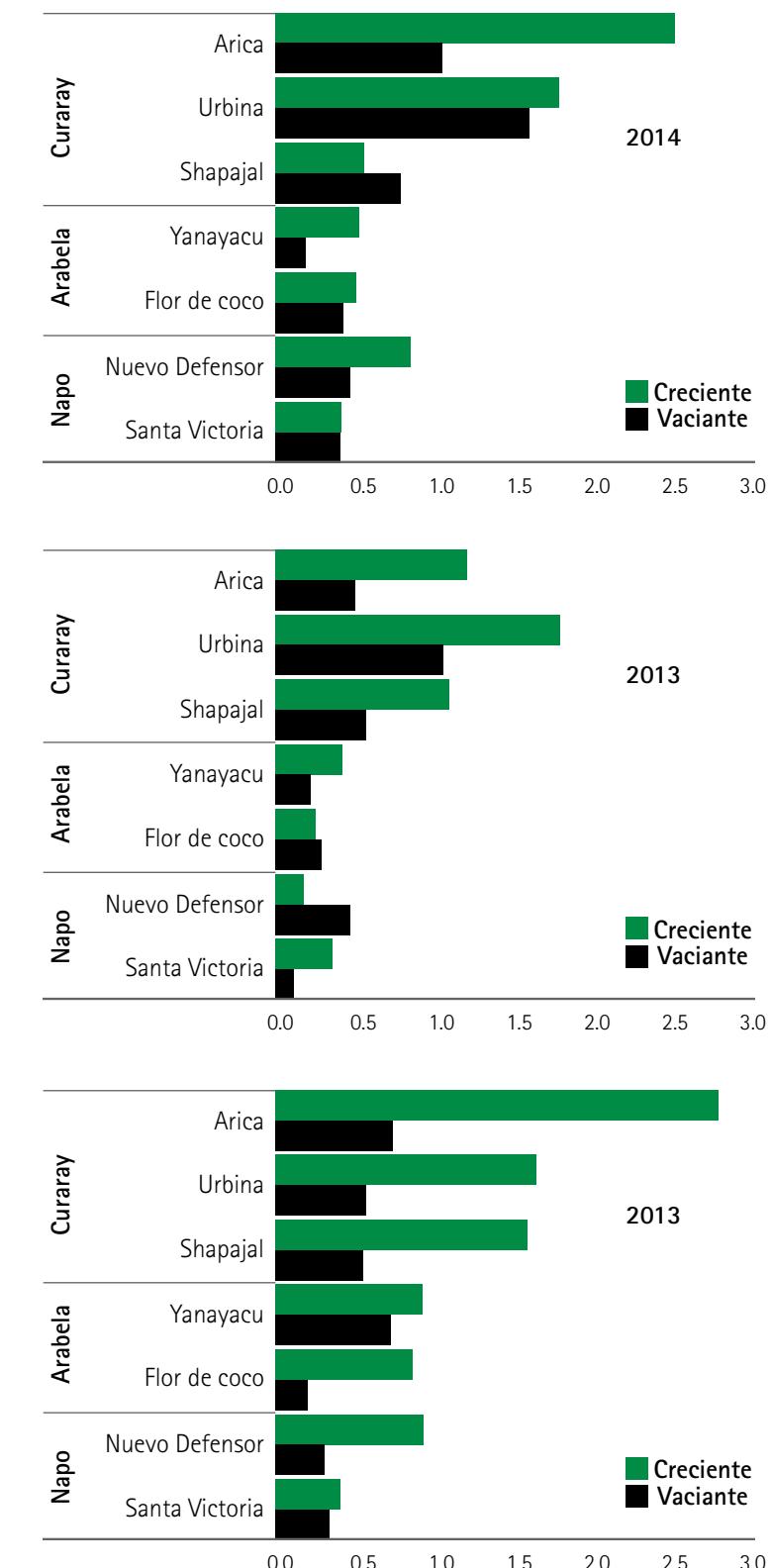


FIGURA 7. Abundancia de peces por estación de muestreo en el período de creciente y vaciante de los ríos Arabela, Curaray y Napo durante los años 2012-2014.

En los tres años de estudio se observaron diferencias de la abundancia en relación a la composición de peces entre los ciclos hidrológicos de vacante y creciente en los ríos evaluados.

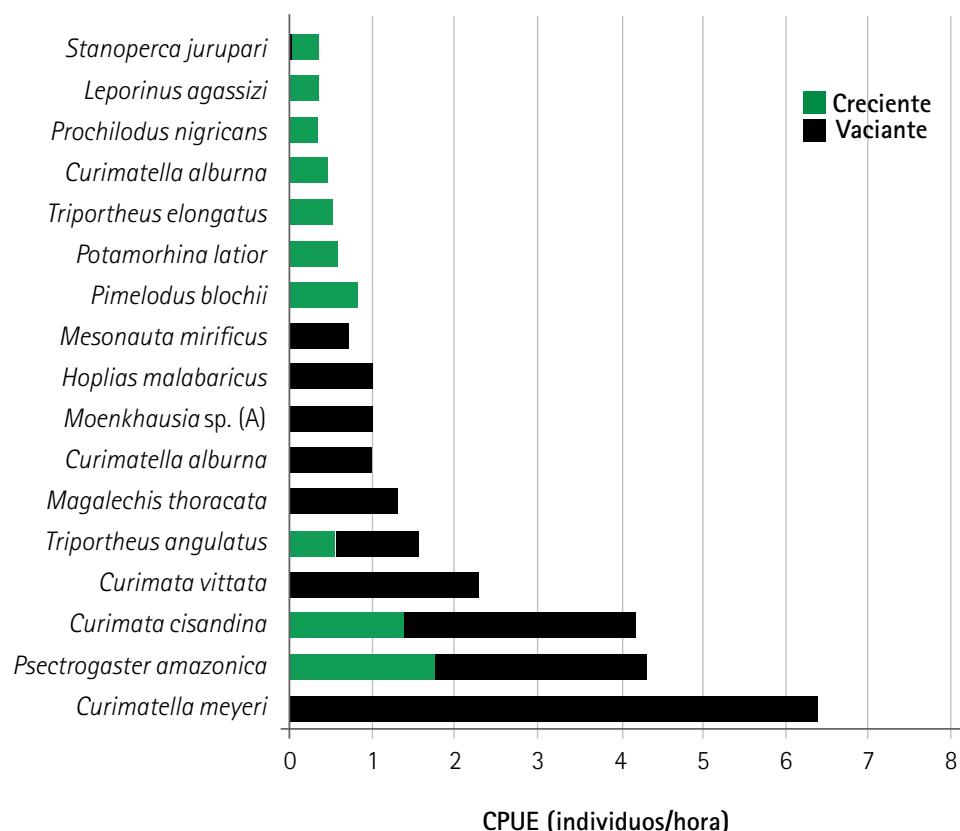
En el Arabela tres especies de curimata fueron las más representativas. *Curimatella meyeri* con 6.3 kg/horas, seguido de *Curimata vittata* en menor cantidad con 2.2 individuos/horas, fueron las especies más abundante solo en época de vacante, mientras *Curimata cisandina* con un total de 2.6 individuos/hora fue abundante en ambos períodos hidrológicos. *Psectrogaster amazonica* (2.4 individuos/hora) y *Triportheus elongatus* (0.7 individuos/hora) al igual que *Curimata cisandina*, estuvieron presentes tanto en creciente y vacante. *Pimelodus blochii* especie perteneciente a los siluriformes fue la más representativa con una baja abundancia de 0.9 individuos/hora solo en creciente (Figura 8).

En el Curaray *Hemiodus microlepis* (5.8 individuos/hora), *Triportheus angulatus* (5.3 individuos/hora), *Anodus elongatus* (5.0 individuos/hora), y *Curimata cisandina* (4.5 individuos/hora), fueron las especies más abundantes en época de vacante. A diferencia de *Pimelodus blochii* (2.9 individuos/hora) y *Triportheus angulatus* (2.5 individuos/hora) que solo estuvieron presente en creciente pero en menor proporción. *Potamorhina latior*, *Psectrogaster amazonica*, *Chalceus erythrurus* y *Triportheus*

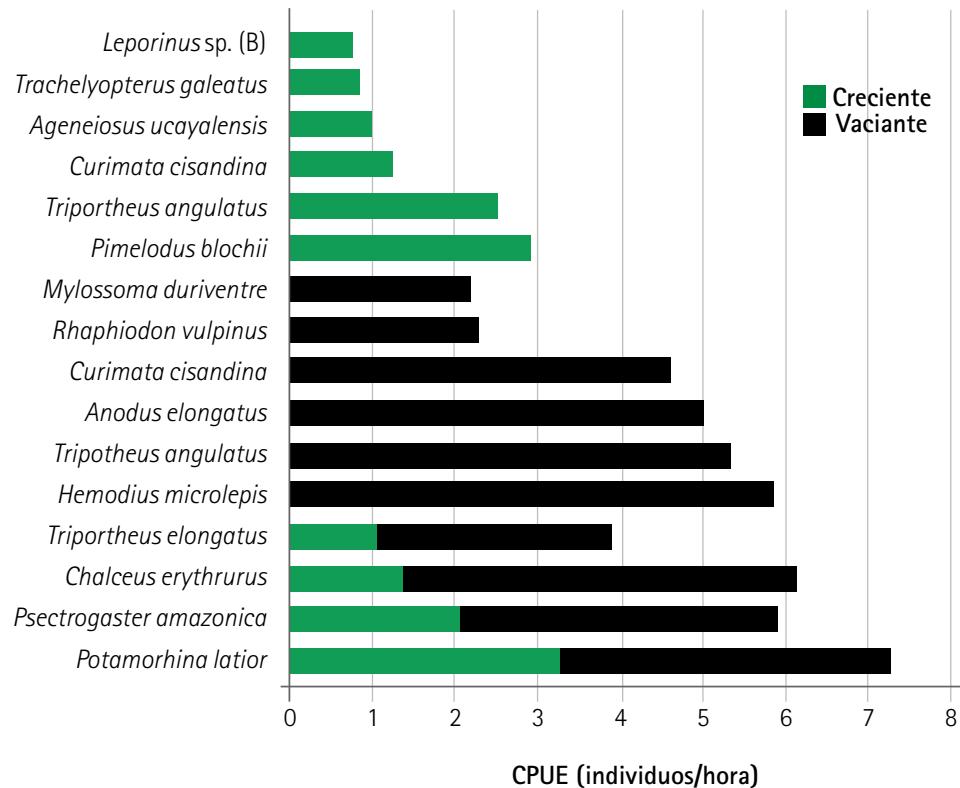
angulatus son las especies que estuvieron presente en ambos períodos hidrológicos, siendo más abundantes en vacante.

Las especies presentes durante el período de creciente y vacante en el río Napo fueron, *Potamorhina altamazonica*, *Prochilodus nigricans*, *Triportheus angulatus* y *Trachelyopterus galeatus*. *Potamorhina altamazonica* (5.3 individuos/hora) y *Prochilodus nigricans* (4.6 individuos/hora) fueron las más abundantes. La mayor abundancia encontrada solo en período de vacante corresponde a las especies de *Hoplias malabaricus* y *Hoplosternum littorale* con 3.6 y 2.4 individuos/hora. *Rhaphiodon vulpinus* con 0.7 kg/horas, *Pimelodus blochii* con 0.6 kg/horas solo fueron abundante en creciente pero en bajo porcentaje.

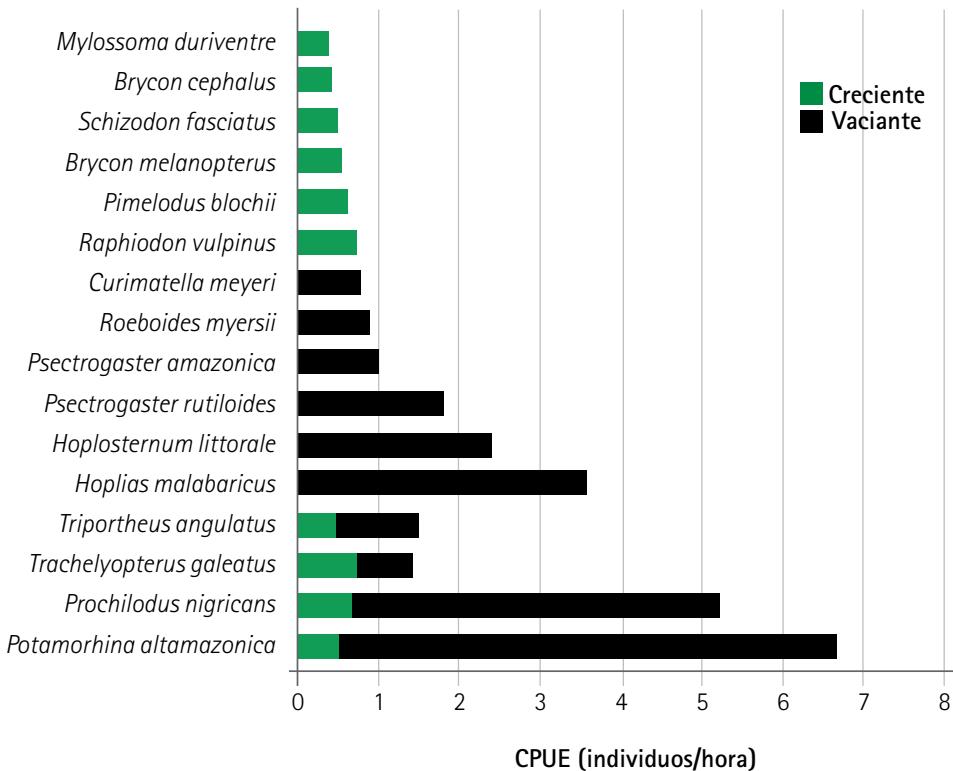
Para el total de años y en base a las especies más abundantes por cuenca, solo una *Triportheus angulatus* estuvo presente en los tres ríos estudiados, siendo más abundante en el Curaray en relación al Arabela y Napo. Las especies que estuvieron presente en dos de los tres ríos estudiados fueron, *Psectrogaster amazonica*, *Curimata cisandina*, *Potamorhina latior*, *Triportheus elongatus*, *Hoplias malabaricus*, *Curimatella albuna* y *Rhaphiodon vulpinus* todas ellas fueron más abundante en el Curaray que en el Arabela o Napo.



▲ FIGURA 8. Importancia relativa de las especies más representativas capturadas durante los períodos hidrológicos de creciente y vacante del río Arabela



▲ FIGURA 9. Importancia relativa de las especies más representativas capturadas durante los períodos hidrológicos de creciente y vacante del río Curaray.



▲ FIGURA 10. Importancia relativa de las especies más representativas capturadas durante los períodos hidrológicos de creciente y vacante del río Napo.



Las variaciones en el nivel de las aguas es el principal factor que determina los grupos de organismos acuáticos presentes en los ríos que presentan grandes áreas de inundación (Welcomme, 1985; Junk *et al.*, 1989), como es el caso de los ríos de la Amazonía peruana. Variaciones que son importantes para los peces, quienes sincronizan los eventos de su ciclo de vida como la reproducción, alimentación y crecimiento, aprovechando los beneficios o tolerando los cambios que se pueden dar en áreas recientemente inundadas (Cunico *et al.*, 2002; Barthem y Goulding, 2007; Bittencourt y Amadio, 2007). Nuestros resultados muestran que la riqueza, diversidad y abundancia de peces están influenciadas por los períodos hidrológicos de creciente y vaciante de los ríos estudiados.

La mayor riqueza de especies observada durante el período de creciente posiblemente se deba al aumento de lugares inundados, que se caracteriza por generar una gran variedad de hábitat que permite una mejor distribución de ellas (Cunico *et al.*, 2002). Sin embargo, la abundancia de peces en vaciante puede ser explicada por la reducción del espacio donde se encuentran y la vulnerabilidad a los diferentes materiales utilizados durante la pesca. Diversos estudios realizados en Amazonía reportan que las mayores capturas ocurren en el período de aguas bajas de los ríos (Tello, 1995; Barthem, 2003; García *et al.*, 2012).

La abundancia de peces en los ríos estudiados muestra al Curaray como la más importante, lo cual probablemente se deba a la cantidad de cochas que existe en este río, que generan áreas acuáticas más diversas. A diferencia del Napo, las cochas existentes en el sector correspondiente al estudio son muy escasas, lo que probablemente hace que la abundancia sea menor en este río.

La composición de peces de acuerdo a la abundancia registrada muestra que diferentes especies predominan en determinada época del año. Esta variación de las especies, tanto en creciente como en vaciante, indican la existencia de cambios en la composición de las poblaciones de peces de acuerdo al nivel del agua (Linares-Palomino *et al.*, 2013; Bodmer, *et al.*, 2014).

COMPOSICIÓN DE TAMAÑOS

El análisis de la distribución de tallas es considerado como una herramienta para estimar la vulnerabilidad y para evaluar la salud de las poblaciones de peces (Linton y Warner, 2003; Bodmer, *et al.*, 2014). En este estudio se hizo el análisis de las tallas de las especies más representativas:

► *Triportheus elongatus*

Durante el período de estudio, esta especie alcanzó tallas que oscilaron entre 16.5 a 30.5 centímetros, con promedio de 24 ± 2



▲ Colecta nocturna de peces en la localidad de Arica, cuenca del río Curaray.

cm de longitud. El 92% de los ejemplares capturados alcanzaron tamaños entre 21 y 27 cm, con mayores porcentajes los individuos con tallas de 23 a 25 cm respectivamente (Figura 11).

► *Rhaphiodon vulpinus*

Esta especie alcanzó una gran variedad de tamaños, entre 18 a 58 centímetros, con promedio de 38 ± 8 . Un número reducido de ejemplares de yulilla (20%) fueron capturados con tallas \leq a 30 centímetros. A diferencia del mayor porcentaje (80%) que albergó individuos grandes con longitudes $>$ a 34 centímetros (Figura 12).

► *Psectrogaster amazonica*

El tamaño de los individuos de ractacara fluctuó de 10 a 22 centímetros. Los ejemplares de menor y mayor tamaño, estuvieron representados en bajo porcentaje de solo 6%. En tanto, los que alcanzaron tallas entre 14 y 20 centímetros fueron



▲ Grupo de peces del orden Characiformes, colectados en el río Curaray.



los más frecuentes en las capturas con un elevado porcentaje del 94%. La talla promedio que alcanzo fue de 17 ± 2 cm de longitud (Figura 13).

► *Prochilodus nigricans*

La diversidad de tamaños que presentó boquichico fue muy variada. Osciló entre 13 y 33 centímetros, con talla promedio de 21 ± 5 cm. Se observó un gran porcentaje de individuos en casi todos los tamaños. El 47% de individuos presentaron tallas entre 15 y 19 centímetros. Ejemplares con tamaños mayores a 20 centímetros también estuvieron presentes en un 42 % (Figura 14).

► *Potamorhina latior*

Los individuos de yahuarachi generalmente presentaron tamaños grandes, llegando a alcanzar tallas de hasta 27 centímetros, con promedio de 24 ± 2 cm. Los ejemplares con tallas pequeñas de 15 a 17 centímetros fueron relativamente escasos. Ejemplares con longitudes entre 25 y 27 centímetros fueron más abundantes representando el 66% de las capturas (Figura 15).

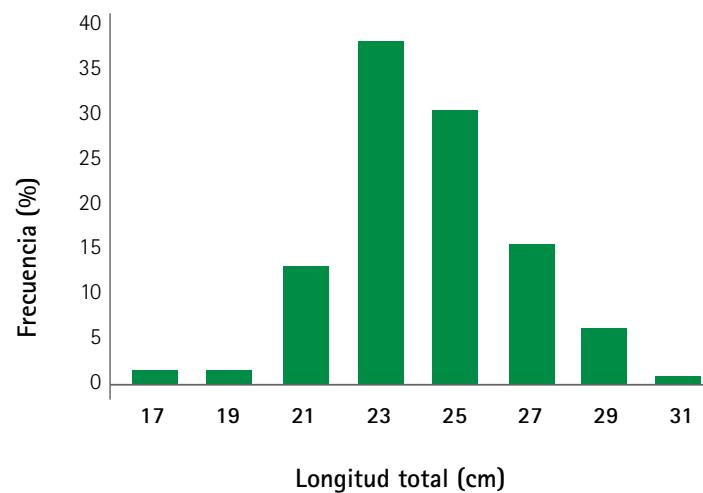
► *Hemiodus microlepis*

Esta especie reportó tallas entre 10 y 34 centímetros. Más del 70% de los ejemplares presentaron tamaños grandes entre 24 y 30 centímetros, el 14% eran individuos con tallas entre 32 y 34 centímetros. Con frecuencia de solo el 1% los peces alcanzaron tamaños de 10 a 18 centímetros. La talla promedio alcanzada por esta especie fue de 27 ± 4 cm de longitud (Figura 16).

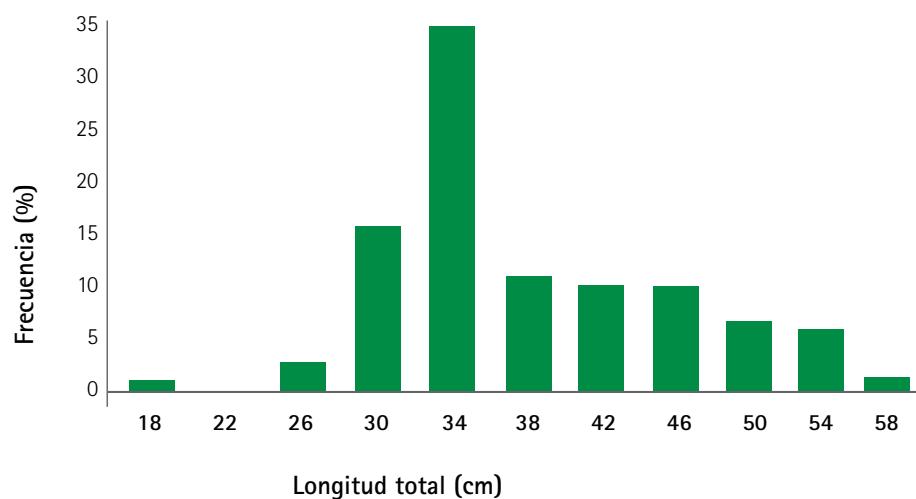
► *Curimata cisandina*

El mayor tamaño encontrado para esta especie fue de 27 centímetros, con talla promedio de 17 ± 2 cm. Los individuos con tallas entre 15 y 17 centímetros fueron los más abundantes con el 68% del total capturado, ejemplares con tamaños mayores fueron reportados pero en menor proporción (Figura 17).

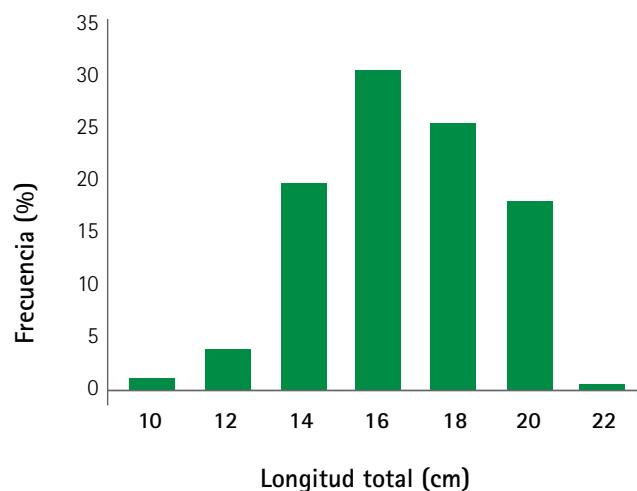
La información muestra que las poblaciones de peces que habitan en los ríos Arabela, Curaray y Napo aún se encuentran saludables, debido al tamaño que alcanzan las especies. Sin embargo, es importante mencionar que estas poblaciones podrían ser impactadas en el tiempo por actividades antrópicas que actualmente se vienen realizando en estos ríos, como la pesca, la deforestación y las actividades petroleras. Además, el movimiento de embarcaciones que actualmente existe en estos ríos también puede generar un impacto negativo indirecto. Por esta razón, es importante analizar el tamaño de los peces constantemente, debido a que la disminución de las tallas a través del tiempo puede ser utilizada como indicador del inicio de la sobreexplotación de las poblaciones naturales de peces (Linton y Warner, 2003).



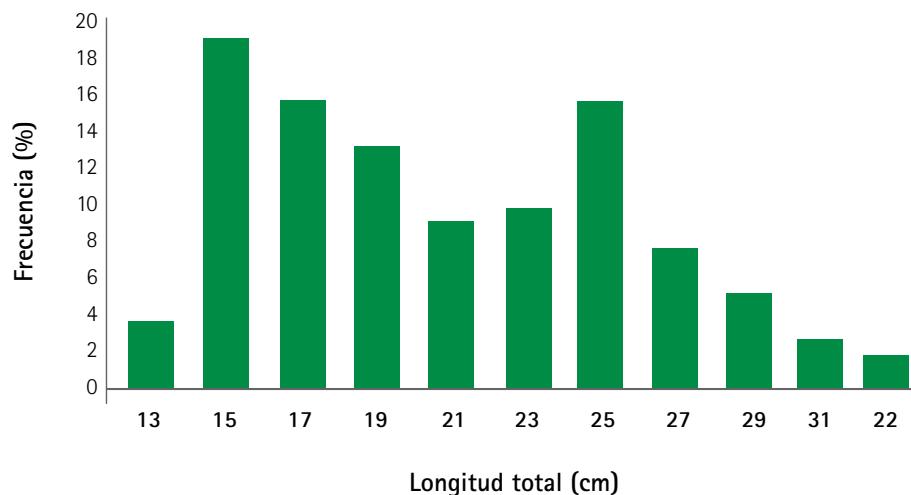
▲ FIGURA 11. Distribución de tallas de *Triportheus elongatus* capturados en los ríos Arabela, Curaray y Napo, en el período de 2012-2014.



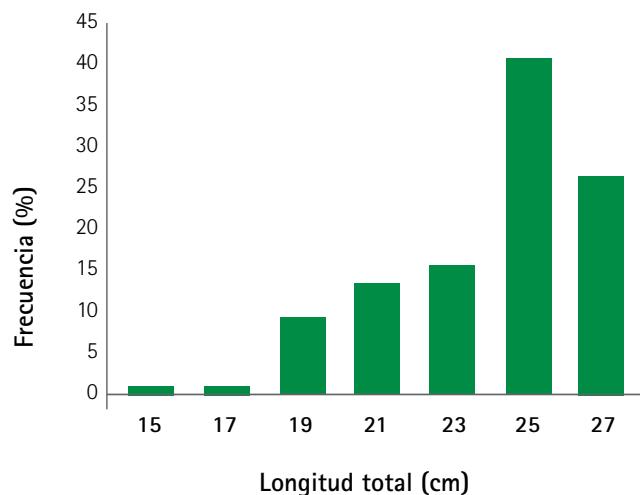
▲ FIGURA 12. Distribución de tallas de *Rhaphiodon vulpinus* capturados en los ríos Arabela, Curaray y Napo, en el período de 2012-2014.



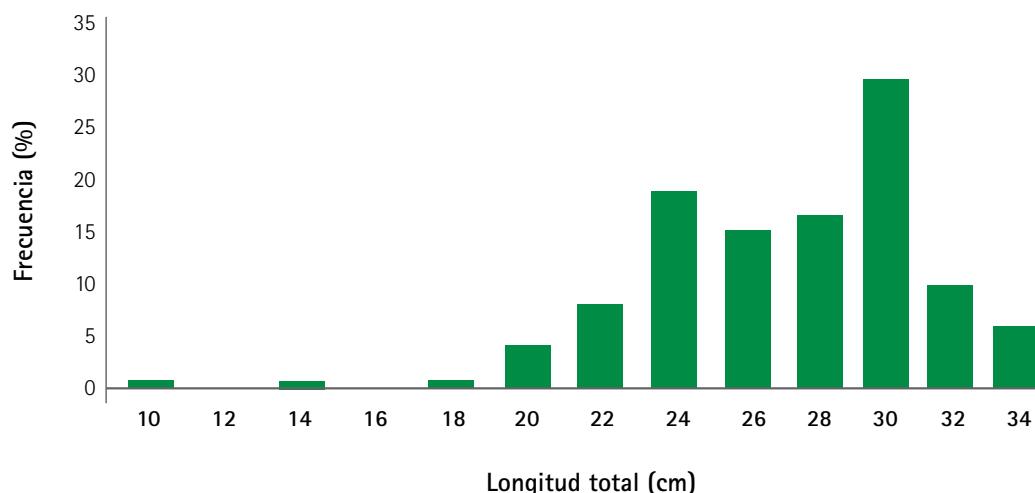
▲ FIGURA 13. Distribución de tallas de *Psectrogaster amazonica* capturados en los ríos Arabela, Curaray y Napo, en el período de 2012-2014.



▲ FIGURA 14. Distribución de tallas de *Prochilodus nigricans* capturados en los ríos Arabela, Curaray y Napo, en el período de 2012-2014.

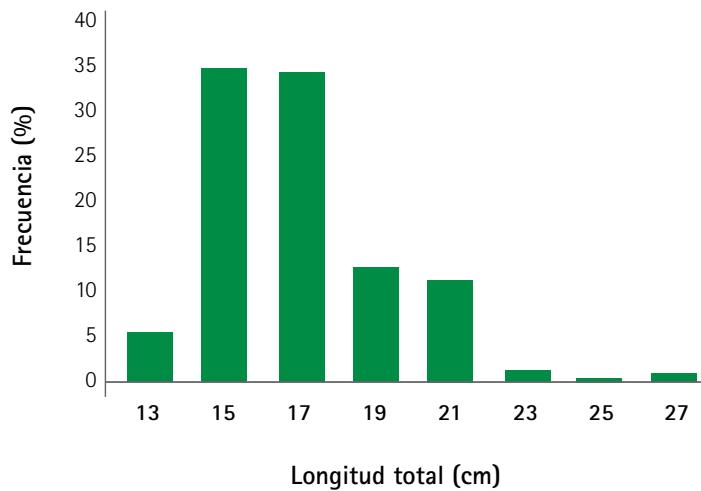


▲ FIGURA 15. Distribución de tallas de *Potamorhina latior* capturados en los ríos Arabela, Curaray y Napo, en el período de 2012-2014.



▲ FIGURA 16. Distribución de tallas de *Hemiodus microlepis* capturados en los ríos Arabela, Curaray y Napo, en el período de 2012-2014.





▲ FIGURA 17. Distribución de tallas de *Curimata cisandina* capturados en los ríos Arabela, Curaray y Napo, en el período de 2012-2014



▲ Embarcación de pesca artesanal en el río Curaray.



▲ Faena de pesca para autoconsumo en la cuenca del río Arabela.

6.4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los índices evaluados (riqueza, diversidad, abundancia y distribución de tamaños) en los ríos Arabela, Curaray y Napo, nuestros resultados muestran que las poblaciones de peces aún se encuentran en condiciones saludables. Presentan patrones normales en relación a las registradas para otras cuencas con alta diversidad de peces. Sin embargo, es importante mencionar que cualquier actividad antrópica puede generar cambios negativos sobre estos ambientes acuáticos, y por ende, afectar de forma directa la composición, estructura y distribución de las poblaciones de peces. El presente estudio pretende contribuir a la conservación de los peces debido a la importancia biológica y al uso como fuente de proteína animal para las comunidades asentadas en las riberas de los ríos estudiados.

6.5. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Barthem, R. 2003. O desembarque na regiao de Belém e a pesca na foz amazônica. Manaus. In: M. Ruffino (Ed.) *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Brasileira*. 137-167 p.
- Barthem, R.; Goulding, M. 1997. *The catfish connection. Biology and Resource Management in the Tropics Series*. Columbia University Press. New York. 145 p.
- Barthem, R.; Fabré, N. 2003. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazonia. In: M. Ruffino (Ed.) *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Brasileira*. 11-55 p.
- Barthem, R.; Goulding, M. 2007. *Un ecosistema inesperado: Amazônia revelada pela pesca*. Asociación para la conservación de la cuenca Amazónica (ACCA). 243 p.
- Bayley, P. 2013. Principales amenazas sobre los recursos pesqueros amazónicos y cómo enfrentar los peligros. In: L. Collado, E. Castro, M. Hidalgo (Eds). *Hacia el manejo de las pesquerías en la cuenca amazónica. Perspectivas transfronterizas*. 8-12 p.
- Bittencourt, M.; Amadio, S. 2007. Propuesta para identificación rápida de los períodos hidrológicos en áreas de varzea del río Solimoes-Amazonas en las proximidades de Manaus. *Acta Amazonica*, 37(2): 303-308 p.
- Bodmer, R.; Fang, T.; Puertas, P.; Antunez, M.; Chota, K.; Bodmer, W. 2014. *Cambio climático y fauna silvestre en la Amazonía peruana*. 254p.
- Cañas, C. 2013. Peces y pesquería en la cuenca Madre de Dios, Perú. In: L. Collado, E. Castro, M. Hidalgo (Eds). *Hacia el manejo de las pesquerías en la cuenca amazónica. Perspectivas transfronterizas*. 50-60 p.
- Castro, E. Situación de la pesca y los recursos pesqueros en la cuenca del río Pichis, Oxapampa, Perú. In: L. Collado, E. Castro, M. Hidalgo (Eds). *Hacia el manejo de las pesquerías en la cuenca amazónica. Perspectivas transfronterizas*. 39-49 p.
- Carvalho de Lima, A.; Araujo-Lima, C.A.R.M. 2004. The distributions of larval and juvenile fishes in Amazonian rivers of different nutrient status. *Freshwater Biology* 49:787-800.
- Carbajal, F.; Maldonado, M. 2005. Influencia de la conexión río-laguna sobre la ictiocenosis lacustre en la varzea del río Ichilo (Cochabamba-Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y conservación ambiental*. 17: 33-48 p.
- Crespo, A.; Van Damme, P. 2011. Patrones espaciales de inundación en la cuenca amazónica de Bolivia. En: P. Van Damme, F. Carbajal-Vallejos, J. Molina (Eds). *Los peces y delfines de la Amazonía Boliviana: Hábitats, potencialidades y amenazas*. 15-27 p.
- Cunico, A.; Graca, W.; Veríssimo, S.; Bini, L. 2002. Influencia do nível hidrológico sobre a assembléia de peixes em lagoa sazonalmente isolada da planicie de inundacao do alto rio Paraná. *Acta Scientiarum*, 24(2):383-389.
- García, A.; Tello, S.; Vargas, G.; Duponchelle, F. 2009. Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiology and Biochemistry* 35, 53-67.
- García, A.; Vargas, G.; Tello, S.; Duponchelle, F. 2012. Desembarque de pescado fresco en la ciudad de Iquitos, región Loreto-Amazonía peruana. *Folia Amazónica*. 21 (1-2): 45-52 p.
- Goulding, M.; Barthem, R.; Cañas, C., Hidalgo, M.; Ortega, H. 2010. *La Cuenca del río Inambari ambientes acuáticos, biodiversidad y represas*. Wildlife Conservation Society. 69 p.
- Hidalgo, M.; Olivera, R. 2004. Peces. In: N. Pitman, R. Smith, C. Vriesendorp, D. Moskovits, R. Plana, G. Knell, T. Watcher (Eds.). *Rapid Biological Inventories:12. Perú: Ampiyacu, Apayacu, Yaguas, Medio Putumayo*. 148-152 p.
- Jost, L. 2006. *Entropy and diversity*. *Oikos* 113: 363-375 p.
- Junk, W.; Bayley, P.; Sparks, R. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: D. P. Dodge (Ed). *Proceedings of the International large river Symposium*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 110-127 p.
- Linares-Palomino, R.; Cortijo-Villaverde, A.; Olivera, R.; Deichmann, J.; Alonso, A. 2013. Patrones de diversidad y composición durante la época de estiaje en comunidades de peces y su relación con la calidad de agua en la cuenca del río Tapiche, Loreto. In: R. Linares-Palomino; J. Deichmann; A. Alonso (Eds), *Biodiversidad y uso de recursos naturales en la cuenca baja del río Tapiche, Loreto, Perú*. 56-77pp.
- Linton, D.; Warner, G. 2003. Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management. *Ocean y Coastal Management*, 46: 261-276 p.
- Lowe-Mac Connell, R. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press. 382pp.
- Mirande, J. 2010. Phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes): from characters to taxonomy. *Neotropicalichthyology*, 8(3):385-568 p.
- Nolorbe, C. 2013. *Evaluación de la ictiofauna presente en la zona baja del río Orosa en época de vaciante*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Biológicas. 75 p.

Ortega, H.; Mojica, J.; Alonso, J.; Hidalgo, M. 2006. Listado de los peces de la cuenca del río Putumayo en su sector colombo-peruano. *Biota Colombiana* 7(1): 95-112 p.

Ortega, H.; Hidalgo, M.; Trevejo, G.; Correa, E.; Cortijo, A.; Meza, V.; Espino, J. 2012. Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú: Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Diversidad Biológica. 56 p.

Reis, R.; Kullander, S.; Ferraris C. 2003. *Checklist of the Freshwater Fishes of Central and South America*. EDIPUCRS. Porto Alegre, Brasil. 729 p.

Tello, S. 1995. Relevamiento de información sobre captura y esfuerzo pesquero condestino a ciudades. Documento Técnico N°12 IIAP – Iquitos, Perú. 61 p.

Tello, S. Bayley, P. 2001. La pesquería comercial de Loreto con énfasis en el análisis de la relación entre captura y esfuerzo pesquero de la flota comercial de Iquitos, cuenca del Amazonas (Perú). *Folia Amazónica*, 12(1-2): 123-139 p.

Van Damme, P.; Crespo, A.; Carvajal-Vallejos, F.; Maldonado, M. 2011. Factores de control y sistemas de clasificación de la comunidad de peces en la Amazonía Boliviana. In: P. Van Damme, F. Carvajal-Vallejos, J. Molina (Eds). *Los peces y delfines de la Amazonía Boliviana: Hábitats, potencialidades y amenazas*. 85-100 p.

Welcomme, R. 1985. River fisheries. *FAO Fish. Tech.Pap.* 262: 330.

Apéndice 1. Lista de especies registradas en los ríos Arabela, Curaray y Napo durante el 2012, 2013 y 2014



ORDEN/FAMILIA/ESPECIE	2012						2013						2014						Total	
	Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante				
	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N		
MYLIOBATIFORMES																				
Potamotrygonidae																				
<i>Paratrygon aiereba</i>		1			1														2	
<i>Potamotrygon motoro</i>						1						1					1		3	
<i>Potamotrygon</i> sp. (A)																	1		1	
<i>Potamotrygon</i> sp. (B)																1			1	
OSTEOGLOSSIFORMES																				
Osteoglossidae																				
<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	1				3				2			1			1		2		10	
Arapaimatidae																				
<i>Arapaima gigas</i>								2											2	
CLUPEIFORMES																				
Engraulidae																				
<i>Anchoviella</i> sp.	1			1	3				2	1							2		10	
<i>Lycengraulis batesii</i>	1					1		4				2				8			16	
Pristigasteridae																				
<i>Ilisha amazonica</i>					2			1									19		22	
<i>Pellona castelnaeana</i>					25			5			9					38			77	
<i>Pellona flavipinnis</i>				6	5			1			5					13			30	
<i>Pristigaster cayana</i>	1				3			2						1			3		10	
CHARACIFORMES																				
Acestrorhynchidae																				
<i>Acestrorhynchus abbreviatus</i>	2			1	6				5		1	1					1	8		25
<i>Acestrorhynchus falcatus</i>				2	1														3	
<i>Acestrorhynchus falcirostris</i>	1	1		5	37	1	1	12		3	9			10		13	12		105	
<i>Acestrorhynchus microlepis</i>				2	3			1					1			7	3		17	
<i>Acestrorhynchus lacustris</i>												2							2	
<i>Acestrorhynchus</i> sp. 1	2										1					1			4	
<i>Acestrorhynchus</i> sp. 2					4														4	
<i>Acestrorhynchus</i> sp. 3	1																		1	
Anostomidae																				
<i>Abramites hypselonotus</i>																2		2		
<i>Laemolyta proxima</i>					7			4			6			10		18	1		46	
<i>Laemolyta taeniata</i>	14			9				1	1	3	2				1		1	7	39	
<i>Laemolyta</i> sp. (A)								1											1	
<i>Laemolyta</i> sp. (B)															1				1	

ORDEN/FAMILIA/ESpECIE	2012												2013												Total	
	Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante										
	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N		
<i>Leporellus vittatus</i>		1	2																						1	4
<i>Leporinus agassizi</i>		18			3		2						2			10	14		1						50	
<i>Leporinus fasciatus</i>		1			3			1					2			4		1							12	
<i>Leporinus friderici</i>	27	34	2		13		2		1							1	21							39	140	
<i>Leporinus</i> sp. (A)	1				1			1					1			2									6	
<i>Leporinus</i> sp. (B)													4			28									32	
<i>Leporinus</i> sp. (C)																							1		1	
<i>Leporinus</i> sp. (D)								1										1							2	
<i>Leporinus trifasciatus</i>			1		1	2				1		1			6	6	6							1	25	
<i>Rhytiodus microlepis</i>		1	3		2	1	1	8	1			1			2	12									32	
<i>Schizodon fasciatus</i>		6	14		15	1		6	2			8			2	10	2		3	13					82	
Chilodontidae																										
<i>Caenotropus labyrinthicus</i>																	4								4	
<i>Chilodus punctatus</i>								1	2																3	
Characidae																										
<i>Aphyocharax alburnus</i>	1			3	15		4	6	13						1			4							47	
<i>Aphyocharax pusillus</i>	1		5																						6	
<i>Astyanax abramis</i>	3																								3	
<i>Astyanax bimaculatus</i>	29	4					6								2	1									42	
<i>Astyanax fasciatus</i>	47														7										54	
<i>Astyanax</i> sp. (A)	1	1	1		1				1						1	15									21	
<i>Astyanax</i> sp. (B)																1									1	
<i>Astyanax</i> sp. (C)																2									2	
<i>Brachychalcinus copei</i>	19				9									1											29	
<i>Brycon cephalus</i>			6						2						3	6	8								25	
<i>Brycon melanopterus</i>	2		1				1								1	17	20								42	
<i>Bryconops caudomaculatus</i>	1																								1	
<i>Bryconops</i> sp.					1																				1	
<i>Chalceus erythrurus</i>	1	7		1	33		39		110		1	18			20										230	
<i>Charax gibbosus</i>				18	2											4									24	
<i>Charax</i> sp.	2	2																					2		6	
<i>Charax tectifer</i>	41				2				5		1				10										59	
<i>Cheirodon</i> sp. 1					4																				4	
<i>Cheirodon</i> sp. 2		93																							93	
<i>Cheirodon</i> sp. (cola negra)							3	1	40																44	
<i>Clupeocharax anchovaeoides</i>													1												2	
<i>Creagrutus</i> sp.	11	8																								19
<i>Ctenobrycon hauxwellianus</i>	4	5		7	4	35	2		10	1			3	3									1	7	82	
<i>Cynopotamus amazonus</i>																2		19							21	
<i>Cynopotamus</i> sp.					4																				4	
<i>Galeocharax gulo</i>		8		6	1		1								2		1	3	1					23		

ORDEN/FAMILIA/ESPECIE	2012						2013						2014						Total	
	Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante				
	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N		
<i>Galeocharax</i> sp.		5	2																7	
<i>Hemibrycon</i> sp.									2										2	
<i>Hemigrammus</i> cf. <i>megaceps</i>	7												44	1				1	53	
<i>Hemigrammus ocellifer</i>				1				4						1					6	
<i>Hemigrammus pulcher</i>	3									25	3	22			10					3
<i>Hemigrammus</i> sp. (A)										25	3	22							60	
<i>Hemigrammus</i> sp. (B)									2										2	
<i>Hemigrammus</i> sp. (C)	29			12												2			43	
<i>Hemigrammus unilineatus</i>	2																		2	
<i>Hyphessobrycon copelandi</i>	50																		50	
<i>Hyphessobrycon</i> cf. <i>agulha</i>														1					1	
<i>Hyphessobrycon bentosi</i>														14					14	
<i>Hyphessobrycon</i> sp. (A)						1									1				2	
<i>Hyphessobrycon</i> sp. (B)	95																		95	
<i>Iguanodectes spilurus</i>	1																		1	
<i>Jupiaba zonata</i>														2					2	
<i>Jupiaba</i> sp.														3					3	
<i>Knodus megalops</i>														34					34	
<i>Knodus</i> sp.	35	97	1					200	80				2			1	2		418	
<i>Metynnis hypsauchen</i>	7	16		1															24	
<i>Metynnis maculatus</i>									1					5			2		8	
<i>Metynnis luna</i>				1				2	1		2			1		1	2		10	
<i>Moenkhausia dichroura</i>	12		3	9						2				10					36	
<i>Moenkhausia chrysargyrea</i>	2	2	1																5	
<i>Moenkhausia intermedia</i>								16						1					17	
<i>Moenkhausia lepidura</i>	35	5							1				4	2		8	1		56	
<i>Moenkhausia melogramma</i>						3													3	
<i>Moenkhausia oligolepis</i>	69	19	2					5					8	5		1	1		110	
<i>Moenkhausia</i> sp. (A)				34	1								2			1			38	
<i>Moenkhausia</i> sp. (B))															15				15	
<i>Moenkhausia</i> sp. (C)															1				1	
<i>Myleus rubripinnis</i>						5		1	1		1	3		2		1	2		16	
<i>Myleus</i> sp.		2																	2	
<i>Mylossoma aureum</i>				2	3	5	1	3	2	1	8	9	1	5	1	4	12		57	
<i>Mylossoma duriventre</i>	3	9	11	2	17	4	2	6	1		46		1	12	1	3	18	13	149	
<i>Paragoniates alburnus</i>	2			2			12	1											17	
<i>Phenacogaster pectinatus</i>	3	15		1															19	
<i>Phenacogaster</i> sp.	8	5		15			1	10					20			1			60	
<i>Piaractus brachypomus</i>						1													1	
<i>Prionobrama filigera</i>		8			2			10					29		2	12	2		65	
<i>Stichonodon insignis</i>								1		7					2				10	

ORDEN/FAMILIA/ESpECIE	2012												2013												Total		
	Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante					
	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N			
<i>Pygocentrus nattereri</i>		1			5	3		4			12	7		8					4	3		47					
<i>Roeboides myersii</i>		4	1		24		1	3		1	2	18		4					2	21		81					
<i>Roeboides affinis</i>																			1		3		4				
<i>Salminus affinis</i>			5						1									1	8					15			
<i>Serrapinus cf piaba</i>																		7	67	1				75			
<i>Serrasalmus elongatus</i>				2			1			1								1						5			
<i>Serrasalmus humeralis</i>		3																	1				1		5		
<i>Serrasalmus maculatus</i>		2																							2		
<i>Serrasalmus rhombeus</i>		6	1	3	20			4			5	7	3	5	4				13	16		87					
<i>Serrasalmus</i> sp. (A)	2	16		2	1			1			2		1	10					2			37					
<i>Serrasalmus spilopleura</i>	1	3		1	5		2	6			19	1		5					1	1		45					
<i>Stethaprion erythrops</i>	14	5						1																20			
<i>Tetragonopterus argenteus</i>	1	5		4	4	16		7	9									4		6	1	9		66			
<i>Triportheus albus</i>			1		1				14	3								1	1					21			
<i>Triportheus angulatus</i>	18	39	3	19	126	7	3	35	7	4	20	17	2	45	8	3	45	16	417								
<i>Triportheus elongatus</i>				4	29		18	16		14	40		2	24		1	31	1	180								
<i>Triportheus culter</i>	5	12															3	1			57		78				
Crenuchidae																											
<i>Characidium etheostoma</i>	1	1																	1					3			
Ctenoluciidae																											
<i>Boulengerella cuvieri</i>				5							1								3			10					
<i>Boulengerella maculata</i>										1	7						2		1	16		27					
Curimatidae																											
<i>Curimata aspera</i>				2													1					1	1	5			
<i>Curimata</i> sp.	8	22							1									1				15		47			
<i>Curimata cisandina</i>	34		8	95	129		48	8	1	5	16	1	23	50			4	18	1	441							
<i>Curimata vittata</i>	6			59	11		5			19			1	7		2	9			119							
<i>Curimatella albuna</i>	10			16	16	12	7	4		11	1		1				8	1	3		90						
<i>Curimatella meyeri</i>				116	25	20				58			1	16			57	12	12		317						
<i>Curimatella</i> sp.	3						5	1																9			
<i>Curimatopsis macrolepis</i>				1																				1			
<i>Cyphocharax pantostictos</i>	1									1														2			
<i>Cyphocharax</i> sp.				1	2			1	3	1							6			15		29					
<i>Cyphocharax spiluropolis</i>	12	1		19		71			1				3	2			1			37	147						
<i>Cyphocharax vexillapinnus</i>	13																								13		
<i>Potamorhina altamazonica</i>	7	2	7		16	42		4	7				12	1	19	4	2			137	260						
<i>Potamorhina latior</i>	13			4	74		3	24		18	19		4	103			40			302							
<i>Potamorhina pristigaster</i>	1	4															5							10			
<i>Psectrogaster amazonica</i>	35	1	2	79	118	12	25	22	3	3	9	5	3	52	9	5	10	18		411							
<i>Psectrogaster essequibensis</i>		1	4																						5		
<i>Psectrogaster rutiloides</i>			5		35								8		1					24	73						

ORDEN/FAMILIA/ESpECIE	2012												2013												2014												Total
	Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante									
	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N							
<i>Steindachnerina bimaculata</i>			2	3	1	3							10			2						15			8			44									
<i>Steindachnerina guentheri</i>	92	5		5	2		3	50					3			2	2				19	5				188											
<i>Steindachnerina hypostoma</i>			2																									2									
<i>Steindachnerina</i> sp.		1		4	4		3						2			1					1							16									
Cynodontidae																																					
<i>Cynodon gibbus</i>	2	3								1															1	7		14									
<i>Hydrolycus scomberoides</i>		3			6		1	3					1						3	3	1	16	1		38												
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>		14	6		22	1	1	6	14	7	7	2				3	5	1	51	2		142															
Erythrinidae																																					
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>			6	14		1	1		4								2	1	3							32											
<i>Hoplias malabaricus</i>	16	10	8	17	11	74		11	6	8	21	26	1	3			16	12	37		277																
Gasteropelecidae																																					
<i>Carnegiella strigata</i>	1																											1									
<i>Gasteropelecus sternicla</i>	6																		1	1								8									
<i>Thoracocharax stellatus</i>				1	16			31									9				6	23		86													
<i>Thoracocharax securis</i>		11																										11									
Hemiodontidae																																					
<i>Anodus elongatus</i>	2				54		3	13	1	1	89			1			36				200																
<i>Hemiodus microlepis</i>		3	1	2	174	4	5	7	3		4	1					38			242																	
<i>Hemiodus amazonum</i>			2		4			11					8			4			29																		
<i>Hemiodus</i> sp. (msll)																	1			1																	
<i>Hemiodus</i> sp. (mto)																	1			1																	
<i>Hemiodus unimaculatus</i>													1	2						3																	
Lebiasinidae																																					
<i>Nannostomus trifasciatus</i>													1								1																
<i>Pyrrhulina brevis</i>	2												5								1	8															
Parodontidae																												4									
<i>Parodon</i> sp.		4																																			
Prochilodontidae																																					
<i>Prochilodus nigricans</i>	7	8	16	1	1	114	2		19	2	13	18	4	2	23	1	1	41		273																	
<i>Semaprochilodus insignis</i>	1			5						7			1	2	15	1			32																		
GYMNOTIFORMES																																					
Apteronotidae																																					
<i>Apteronotus</i> sp. (A)		3							1		1										5																
<i>Apteronotus albifrons</i>		2																			2																
<i>Apteronotus bonapartii</i>			1		1			1												3																	
<i>Apteronotus</i> sp. (B)					1			4												5																	
<i>Sternarchorhamphus muelleri</i>						1			1												2																
Gymnotidae																																					
<i>Electrophorus electricus</i>			1	3		1												1		1	7																

ORDEN/FAMILIA/ESPECIE	2012												2013												Total	
	Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante										
	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N		
<i>Gymnnotus carapo</i>									1							1						1		3		
<i>Gymnotus curupira</i>																								1	1	
<i>Gymnotus</i> sp.																			1						1	
Hypopomidae																										
<i>Steatogenys elegans</i>	1																									1
Rhamphichthyidae																										
<i>Rhamphichthys marmoratus</i>																		1						1	2	
<i>Rhamphichthys rostratus</i>	5		2	12	2			2								1									24	
Sternopygidae																										
<i>Eigenmannia humboldtii</i>				2		2				1															5	
<i>Eigenmannia virescens</i>	2						4	1								8							1	1	17	
<i>Eigenmannia macrops</i>				2																		1	9	1	13	
<i>Sternopygus macrurus</i>	2		1	1		5				3							1	3							16	
SILURIFORMES																										
Aspredinidae																										
<i>Bunocephalus</i> sp	1	1	2				1									1	3								9	
Auchenipteridae																										
<i>Ageneiosus brevis</i>	3			1					1		2					1		3					3	1	12	
<i>Ageneiosus</i> sp. (A)								3								2		8					8		13	
<i>Ageneiosus</i> sp. (B)	4			5						4						1									14	
<i>Ageneiosus ucayalensis</i>	2			7			25	2		6			1	9				9							61	
<i>Ageneiosus vittatus</i>	2					1																			3	
<i>Auchenipterus nuchalis</i>			2	2		1												4	4						13	
<i>Auchenipterus</i> sp.																1									1	
<i>Auchenipterichthys thoracatus</i>						1																			1	
<i>Centromochlus heckelii</i>	2	1		1		1		1		3				2			1					1		12		
<i>Tatia</i> sp. (mancha blanca)										1															1	
<i>Tatia creutzbergi</i>								1																	1	
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	2	21	18		20	3	1	7	2	1	24	2	3	5	3		1	26							139	
Callichthyidae																										
<i>Brochis splendens</i>				1																					1	
<i>Callichthys callichthys</i>								2							7								1	10		
<i>Corydoras loretoensis</i>				1														172	5						178	
<i>Corydoras elegans</i>																		22							22	
<i>Corydoras</i> sp.																		4							4	
<i>Dianema longibarbis</i>																			1						1	1
<i>Hoplosternum littorale</i>					77													1		9					87	
<i>Megalechis thoracata</i>	1	2		17		7	1	3	2	9	2					2	6	14							66	
Doradidae																										
<i>Acanthodoras spinosissimus</i>	1									1															2	
<i>Amblydoras hancockii</i>				23		1				1						1			1						26	

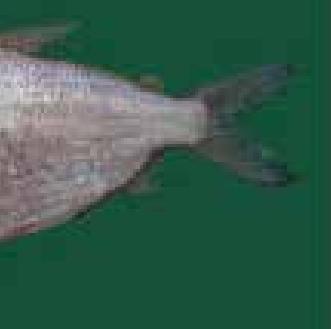
ORDEN/FAMILIA/ESPECIE	2012						2013						2014						Total	
	Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante				
	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N		
<i>Amblydoras</i> sp.																3			3	
<i>Doras punctatus</i>																	2		2	
<i>Doras</i> sp.							9			2	2	1				2	7		23	
<i>Hassar</i> sp.							1												1	
<i>Hemidoras</i> sp. (A)		1	1							1	1					3			7	
<i>Hemidoras</i> sp. (B)				13															13	
<i>Megalodoras uranoscopus</i>	1							1									1	3		
<i>Oxydoras niger</i>				4	7	1		5			6							12	35	
<i>Pterodoras granulosus</i>															1			1	2	
<i>Platydoras armatus</i>	1					2				2								14	19	
<i>Trachydoras</i> sp.							1										1		2	
Heptapteridae																				
<i>Goeldiella eques</i>										2									2	
<i>Pimelodella cristata</i>	12														5				17	
<i>Pimelodella gracilis</i>	1	3	1					4					1	10		4	3	2	29	
<i>Pimelodella</i> sp.	5	1		4	4			6	32		1		1		2	3			59	
<i>Rhamdia</i> sp.															1				1	
Loricariidae																				
<i>Ancistrus</i> sp. (A)	1						1	3		1			1	1		1			9	
<i>Ancistrus</i> sp. (B)													1						1	
<i>Farlowella</i> sp.		2																	2	
<i>Glyptoperichthys scrophus</i>	3	2		1	5			2			16		1	3		1	11		45	
<i>Glyptoperichthys</i> sp.																2			2	
<i>Hemiancistrus</i> sp.							1	2								2			5	
<i>Hypoptopoma</i> sp.		3														2	5		10	
<i>Hypostomus</i> sp. (A)	6	3		1	9					1			2	2		2	3	1	30	
<i>Hypostomus</i> sp. (B)		1								6	2		3			1		13		
<i>Liposarcus pardalis</i>					3					7					9	3		22		
<i>Loricaria simillima</i>					3														3	
<i>Loricaria</i> sp. (A)							1				6				1	1			9	
<i>Loricaria</i> sp. (B)							1												1	
<i>Loricariichthys maculatus</i>	1		1	26						2			3						33	
<i>Loricariichthys</i> sp.																3			3	
<i>Peckoltia</i> sp.							1	6		5		9	2			4			27	
<i>Pseudorinelepis genibarbis</i>		2						3						1					6	
<i>Rineloricaria</i> sp.	7	1		3			2	1					1		6	2			23	
<i>Squaliforma emarginata</i>		2			14			1			2	15		1		11			46	
<i>Sturisoma nigrirostrum</i>															2				2	
<i>Sturisoma</i> sp.												1							1	
<i>Pseudopimelodidae</i>															1					
<i>Microglanis zonatus</i>													1						1	

ORDEN/FAMILIA/ESPECIE	2012						2013						2014						Total	
	Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante				
	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N		
Pimelodidae																				
<i>Cheirocerus</i> sp.	12	10																1	23	
<i>Calophysus macropterus</i>	3			1			7	1		1			2		1				16	
<i>Hemisorubim platyrhynchos</i>	1			3								1		1	1		3	10		
<i>Hypophthalmus edentatus</i>	3	1		6	2		2	3		1	4		2	1			7	6	38	
<i>Hypophthalmus marginatus</i>	2						1	1		1	8	1			1	2			17	
<i>Hypophthalmus</i> sp.										1									1	
<i>Leiarius marmoratus</i>			1		1						1						1		4	
<i>Pimelodina flavipinnis</i>						4											1		5	
<i>Pimelodus blochii</i>	1	5		3	17		7	20	4	1	8	1	2	93	12	1	11		186	
<i>Pimelodus maculatus</i>															1				1	
<i>Pimelodus tetramerus</i>													21	5	6				32	
<i>Pimelodus pictus</i>								1									14		15	
<i>Pinirampus pirinampu</i>						2								1	1				4	
<i>Platynematichthys notatus</i>						5		1			3			1			4		14	
<i>Pseudoplatystoma punctifer</i>	3	1	2	7													1	1	15	
<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>						2		1	2								2		7	
<i>Sorubim lima</i>	1	1	1		2		1	1			1	1		3			3	1	16	
<i>Sorubimichthys planiceps</i>		1																	1	
Trichomycteridae																				
<i>Henonemus punctatus</i>	1	3						1								2			7	
<i>Ochmacanthus reinhardtii</i>				1															1	
<i>Pseudostegophilus nemurus</i>								1											1	
BELONIFORMES																				
Belonidae																				
<i>Potamorrhaphis guianensis</i>	1					1													2	
PERCIFORMES																				
Cichlidae																				
<i>Acaronia nassa</i>				4						3	3		1			7	2		20	
<i>Aequidens tetramerus</i>	2	1	16	2		14		1		2	1	3	3	1			23		69	
<i>Aistogramma</i> sp.	1																		1	
<i>Astronotus ocellatus</i>	1	3	4		2	4		4	2		8	13	2	1		3	4		51	
<i>Biotodoma cupido</i>				2	8					2						2		14		
<i>Bujurquina moriorum</i>	7	1																	8	
<i>Bujurquina peregrinabunda</i>	76	6				5													87	
<i>Bujurquina eurhinus</i>													5	6					11	
<i>Bujurquina</i> sp. (A)						14	1	6	1				3	4	5				34	
<i>Bujurquina</i> sp. (B)																	2	2		
<i>Bujurquina</i> sp. (C)																	2	2		
<i>Bujurquina syspilus</i>	1					6													7	
<i>Chaetobranchus flavescens</i>		1				6				4			1	1					13	

ORDEN/FAMILIA/ESpECIE	2012												2013												Total		
	Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante			Creciente			Vaciante											
	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N	A	C	N			
<i>Cichla monoculus</i>		1		2	3	2		2			8		1	5		2	5	5							36		
<i>Cichlasoma amazonarum</i>						8						1													9		
<i>Crenicara</i> sp.	1																									1	
<i>Crenicichla proteus</i>																								1	6	7	
<i>Crenicichla</i> sp. (A)	1	2	2		2	4							1			10									1	23	
<i>Crenicichla</i> sp. (B)	3						1	1								1										4	
<i>Crenicichla cincta</i>							1	1																		2	
<i>Crenicichla johanna</i>						1						1	1													3	
<i>Heros efasciatus</i>	1	15		1	8	1		1			1					8				3	3				42		
<i>Hypselecara temporalis</i>	1					2	1									2			1	1	11					19	
<i>Mesonauta mirificus</i>				19	4			4	5		5	4														41	
<i>Mesonauta festivus</i>																								15	20		35
<i>Pterophyllum scalare</i>					1															4						5	
<i>Satanoperca jurupari</i>	14			14	28	12		5			9	4		6		2	8	6								108	
Sciaenidae																											
<i>Pachyurus</i> sp.																								3		3	
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	3	7		5	16		2			5		1				2	5	1	3	4	6		2	15	2	58	
PLEURONECTIFORMES																											
Achiridae																											
<i>Achirus achirus</i>				1	5	7	2		3				2			5	1	3	4	6						39	
TETRAODONTIFORMES																											
Tetraodontidae																											
<i>Colomesus asellus</i>				1	11			1								1				33					47		



▲ *Prochilodus nigricans*, boquichico (Characiformes)



▲ *Psectrogaster amazonica*, ractacara (Characiformes)



▲ *Chalceus erythrurus*, san pedrito (Characiformes)



▲ *Acestorhynchus falcirostris*, pez zorro (Characiformes)



▲ *Triportheus angulatus*, sardina (Characiformes)





▲ *Potamorhina latior*, yahuarachi (Characiformes)



▲ *Hoplias malabaricus*, fasaco



▲ *Mylossoma duriventre*, palometa (Characiformes)



▲ *Leporinus agassizi*, lisa (Characiformes)



▲ *Glyptoperichthys scrophus*, lagarto carachama



▲ *Pseudoplatystoma punctifer*, doncella (Siluriformes)





▲ *Trachelyopterus galeatus*, novia (Siluriformes)



▲ *Heros efasciatus*, bujurqui hacha vieja (Perciformes)



▲ *Astronotus ocellatus*, acarahuazu



▲ *Cichla monoculus*, tucunaré (Perciformes)



▲ *Plagioscium squamosissimus*, corvina



▲ *Pellona castelneana*, pez chino (Clupeiformes)





CULTURA Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES EN LOS RÍOS ARABELA, CURARAY Y NAPO

Manuel MARTÍN BRAÑAS, Aurea GARCÍA VÁSQUEZ, Gladys VARGAS DÁVILA

HISTORIA

El río Napo nace en las faldas del volcán Cotopaxi, a unos 5,900 msnm, en territorio ecuatoriano, aproximadamente a unos 1,130 kilómetros de su desembocadura en las aguas del gran Amazonas. En su incansable descenso recorre 463 kilómetros por territorio ecuatoriano y 667 kilómetros por territorio peruano, haciéndose más sinuoso conforme se acerca a su desembocadura. La amplia lista de afluentes que lo alimentan está liderada por el río Curaray, que vierte sus aguas sobre el Napo, cerca al centro poblado de Santa Clotilde, capital de distrito, en el curso medio de su curso peruano.

Las primeras noticias que nos llegan del Napo provienen de los cronistas del siglo XVI, que relataron de manera prodigiosa los viajes realizados a través del mismo. Quizás, la crónica más conocida es la de Fray Gaspar de Carvajal, quien registró de manera privilegiada los avatares y sufrimientos de la expedición organizada por Gonzalo Pizarro en el año 1541 y que tuvo como resultado final el descubrimiento para occidente del río Amazonas. El minucioso y fantástico relato que realiza Carvajal sobre la travesía de Francisco de Orellana y de aquellos que lo acompañaron en su descenso por el río Napo, se convierte en el primer registro escrito existente sobre la diversidad biológica y cultural presente en la cuenca.

Muchas de las expediciones que descendieron el río Napo después de la hazaña de Orellana, fueron alimentadas por las historias y fábulas construidas a partir de los primeros relatos y crónicas sobre este territorio. La conquista y búsqueda de las míticas riquezas ocultas en las selvas vírgenes, movieron estas expediciones y en cierta medida forzaron el choque de dos mundos, instauraron la asimetría persistente hasta nuestros días y verticalizaron el diálogo en la Amazonía.

Según las crónicas de Carvajal y los trabajos de investigación realizados a partir de ellas (Medina, 1933; Gil, 1954; D'Ans, 1976; Mercier, 1985), el río Napo estaba poblado mayoritariamente por pueblos tupí-guaraní (omaguas, yurimaguas, cocamas, maynas, etc), siendo la intersección del río Curaray con el Napo, denominada en las crónicas de Carvajal como la región de Aparia, la zona de mayor concentración poblacional. No obstante, es muy probable que en los tramos iniciales del río Napo, sobre todo en su confluencia con el río Aguarico, también existieran comunidades de ascendencia tucano, que pusieron fuerte resistencia a su conquista y evangelización, migrando definitivamente a la cuenca del Putumayo debido a la presión armada y evangelizadora. Es muy probable también que estos pueblos, denominados por los primeros jesuitas que visitaron la



▲ La población ribereña construye sus viviendas a orillas de los ríos, que les permite el acceso directo a los peces.



zona como "encabellados", sean los antecesores de las poblaciones AidoPai que habitan en la frontera del Perú con Ecuador, en los territorios bañados por el río Putumayo (Casanova, 1999).

Sin duda alguna, el río Napo constituyó una ruta de expansión de grandes pueblos como los tupí, que debido a su gran número y experiencia en los ecosistemas acuáticos, habrían desplazado a los pequeños pueblos asentados en las orillas del Napo a las zonas interfluviales cercanas (D'Ans, 1976), expandiéndose a lo largo de la gran vía que este río representaba para ellos. Esto explicaría la presencia, hasta principios de siglo XX, de pueblos pequeños como los záparo, los semigayes, los oas, los gayes o los aushiris, que poblaron las regiones interfluviales del río Napo y que desaparecieron o migraron junto a otros pueblos durante la época del caucho, al ser esclavizados en las estaciones extractivas por los capataces caucheros.



▲ Familia de la comunidad de Arabela preparando masato.



El único ejemplo que tenemos para reforzar esta última afirmación es el pueblo indígena arabela, pueblo que toma su nombre del río en el que fueron contactados por primera vez y en cuyos territorios adyacentes habitan hoy en día. Los arabelas posiblemente sean descendientes directos de los pueblos záparos, oas o gayes que poblaron las zonas interfluviales de la cuenca del Napo y el Alto Curaray (Chirif y Mora, 1976). Su condición de pueblos asentados en terrenos, no ligados a un río como el Napo, les dotó de una cierta capacidad de movilidad lo que favoreció su supervivencia como pueblo y su resistencia a la quechuaización endémica de toda la cuenca del Napo. Hoy en día, no obstante, la población de las dos únicas comunidades arabela tituladas, además del castellano y el arabela, también hablan el quechua, debido a las relaciones cercanas con las comunidades asentadas en la cuenca del Napo.

La mayoría de integrantes de los pueblos asentados en los territorios bañados por el Napo asumieron la identificación grupal de kichwas

del Napo y adoptaron la lengua quechua, con algunas variantes, como lengua común de la zona. Posiblemente esta lengua ya era conocida por muchos de los pueblos asimilados, debido a las repetidas incursiones de misioneros y colonos en el pasado. Hay que recordar además, en relación a este tema, que los pueblos de las cabeceras del Napo, antes de la llegada de los españoles, ya habían establecido una cierta relación de intercambio con los pueblos de los Andes septentrionales. Este aspecto favoreció notablemente la comunicación entre culturas, pero facilitó también la labor evangelizadora de los primeros jesuitas y los subsiguientes procesos de aculturación en toda la cuenca.

La desaparición de las lenguas originarias no fue el único efecto de los procesos colonizadores y extractivos en la cuenca del Napo. Multitud de conocimientos tradicionales propios de cada uno de estos pueblos desaparecieron o se asimilaron en la nueva identidad kichwa, borrando la diversidad y complejidad



▲ Comunidad amazónica del río Napo asentada en terreno que es inundada en un determinado período del año.



de visiones particulares que existían antes de la llegada de los europeos a la zona y dibujando el escenario social y cultural que contemplamos hoy en día.

HORTICULTURA TRADICIONAL VERSUS AGRICULTURA INTENSIVA

Por lo general, la economía de los pueblos indígenas de Loreto y de la Amazonía, también de las comunidades kichwa y arabela de la cuenca del Napo, se basa en la agricultura de roza y quema, basada en parcelas, chacras o terrenos que, después de ser trabajadas durante dos o tres años, son dejadas en descanso durante largos períodos de tiempo. La técnica es apropiada, ya que la purma generada unos años después de la última cosecha, restablece los nutrientes al suelo y permite una regeneración progresiva del bosque circundante a la comunidad.

Algunos autores prefieren utilizar el término horticultura para referirse a este tipo de actividades culturales (Gasché y Vela, 2011),

debido sobre todo a que la producción en la chacra tradicional no está destinada a satisfacer los mercados locales, sino más bien a proporcionar el medio de vida para la unidad doméstica encargada de su cuidado y conservación. No obstante, con los cambios sociales y económicos acaecidos en toda la Amazonía, el modo de producción hortícola está cambiando en algunas comunidades a un modo de producción basado en la economía orientada al mercado. Este fenómeno es también evidente en las comunidades kichwa asentadas en las márgenes del río Napo, debido sobre todo a la conectividad fluvial con los grandes centros urbanos de la cuenca y la región y la disponibilidad de medios de transporte para acarrear la producción de manera mucho más rápida.

Por regla general, las comunidades de la cuenca del Napo practican el policultivo en sus chacras, consiguiendo de esta forma un uso más intenso y diversificado del suelo (Chirif, 2010). Está comprobado además, que este tipo de estrategia reduce

la incidencia de las plagas sobre los cultivos, al reproducir la diversidad existente en los bosques aledaños y mitigar la erosión que la lluvia produce sobre los suelos (Martín y García, 2010). El modo de producción hortícola, depende generalmente de la ubicación de la comunidad y del tipo de suelos. Por ejemplo, las comunidades ubicadas en el río Napo cuentan con una buena producción de plátano, que venden en Santa Clotilde o incluso transportan hasta Iquitos. Las comunidades ubicadas en el río Curaray y Arabela no cuentan con este producto en sus chacras, cultivando otros productos como la yuca, en sus diferentes variedades, la piña y algunos árboles frutales.

Las comunidades asentadas a lo largo del río Napo y en sus tributarios aprovechan también los barrales y restingas bajas, que son terrenos inundables colindantes con los ríos, donde las crecientes depositan anualmente grandes cantidades de materia orgánica que fertiliza los suelos. Los barrales son usados hoy en día principalmente para cultivos comerciales, como el arroz, producto estrella cultivado por la mayoría de comunidades del Napo, y el tipo de frijol localmente llamado chiclayo.

Durante la última década, el modelo de horticultura tradicional, así como el modelo agropecuario de baja intensidad, dirigido a los mercados locales, se visto amenazados por diferentes iniciativas, como la de la palma aceitera, que pretenden imponer un modelo de agricultura intensivo dirigido a la satisfacción de los mercados nacionales e internacionales. El modelo de agricultura intensivo, basado en la productividad y en el cultivo de miles de hectáreas que supuestamente favorecerán la rentabilidad, está ocasionando tanto la pérdida del equilibrio de los ecosistemas amazónicos, como el empobrecimiento cultural y social de numerosas comunidades que, cegadas por



▲ La pesca realizada por los pobladores de las comunidades ribereñas es una de las actividades que se realiza diariamente.

las promesas de la empresa privada, abandonan sus cultivos tradicionales y se convierten en asalariados que ya no gestionan su entorno, tornándose finalmente en testigos silenciosos del empobrecimiento de sus bosques.



LA CAZA

Para la mayoría de pueblos indígenas de la Amazonía, la unidad productiva más importante es la familia. Algunas sociedades indígenas de Loreto organizaban sus asentamientos y sistemas de distribución en torno a grandes familias que habitaban casas comunales de gran tamaño, conocidas regionalmente como "malocas". Este tipo de organización social, en torno a una unidad doméstica, es también común a los pueblos kichwa y arabela de la cuenca del Napo, pero se manifiesta hoy en día exclusivamente en las relaciones de reciprocidad que se establecen entre grupos afines, ya no tanto en el conjunto de familias estructuradas en torno a una infraestructura común. No hay duda de que el cambio de relaciones existentes en las comunidades ha generado, en cierta medida, una serie de nuevos comportamientos en las dinámicas de aprovechamiento desarrolladas tradicionalmente por estos pueblos.

Si bien, como hemos visto, cada unidad familiar solía tener su propia chacra, la preparación se realizaba, después de una serie de discursos que el dueño de la chacra dirigía a la madre naturaleza, a través de un trabajo asociado, que hoy día se conoce con el término quechua de "minga". La caza y la pesca, sin embargo, son actividades que se realizan, generalmente, de manera individual o en pequeños grupos (Chirif, 2010).



La alimentación de la población ribereña, está basada en proteína obtenida de los recursos naturales.



Los pueblos que habitan actualmente en la cuenca del Napo han sido tradicionalmente cazadores. Los kichwa, por ejemplo, utilizaban diferentes especies de plantas para "curar" a los



▲ La construcción de la canoa es un trabajo realizado por los pobladores ribereños y es hecha a partir del tronco de un árbol.



jóvenes que querían ser buenos cazadores. La utilización de esta diversidad de plantas y el derroche de sabiduría por parte de los curanderos o "shamanes", es indicativo suficiente para comprender la importancia que tenía la caza para estos pueblos.

La caza fue una actividad complementaria a la pesca y la horticultura en la chacra tradicional. Hoy en día se sigue practicando, pero debido a la presión ejercida sobre la fauna silvestre en la Amazonía y particularmente en toda la cuenca del Napo, cada vez se desarrolla con menor intensidad, debido a la escasez de animales y al empobrecimiento de los ecosistemas. Además del pescado, la caza se convierte en una fuente de proteína importante, siendo realizada en la época de creciente, periodo en el que el pescado escasea notablemente.



Un factor que incide actualmente y de manera directa sobre la caza en la cuenca del Napo, es la ocupación reciente de muchos

comuneros en las diferentes actividades extractivas que se desarrollan en la zona. La extracción de madera y la ocupación en las diversas empresas de servicios ligadas a la extracción de hidrocarburos, son factores que inciden en la caza tradicional, practicada cada vez con menor intensidad y con fines diferentes a la supervivencia.

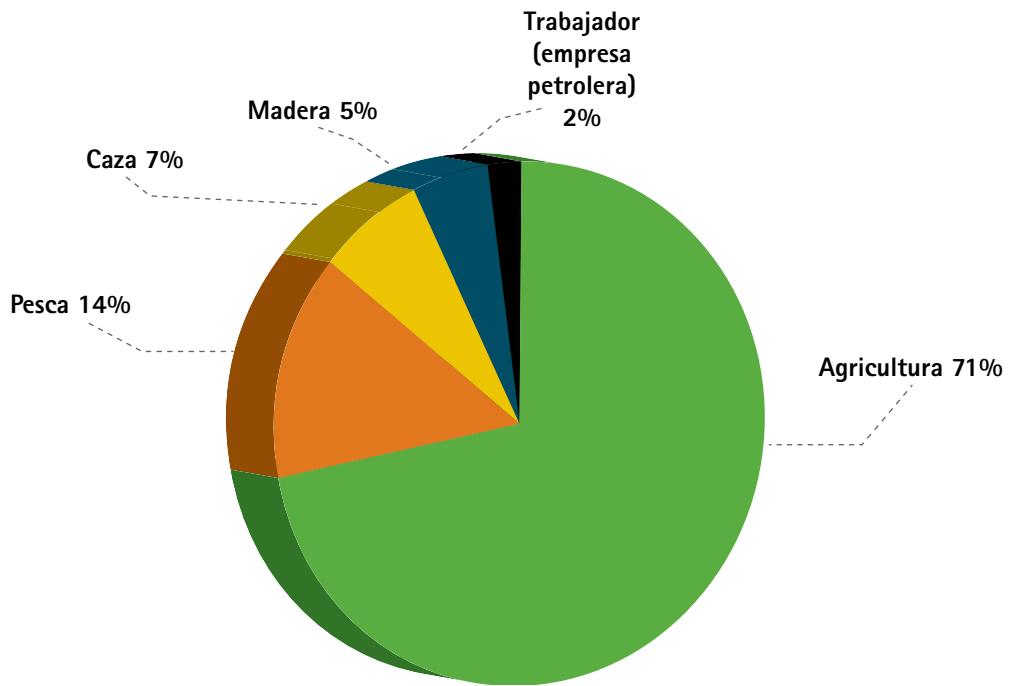


En el pasado, la caza se empezaba a practicar desde temprana edad, siguiendo el proceso de enseñanza tradicional indígena en el que los conocimientos se transmitían de padres a hijos. En cierta medida, la escuela occidental ha roto la estructura tradicional de aprendizaje en las comunidades indígenas y rurales. En la actualidad, son cada vez menos los jóvenes que acompañan a sus padres a la caza, favoreciendo la pérdida de los conocimientos tradicionales, al romperse el nexo esencial que los mantiene vivos, descontextualizando el papel de los jóvenes en la comunidad y el lugar protagónico que tienen en la transferencia de estos conocimientos.

En la cuenca del Napo siempre se han cazado especies como la sachavaca (*Tapirus terrestris*), la huangana (*Tayassu pecari*), el sajino (*Tayassu tajacu*), el venado (*Mazama americana*), el mono choro (*Lagothrix lagotricha*), el achuni (*Nasua nasua*) y la pucacunga (*Penelope jacquacu*) (Perez et al., 2012). Sin embargo, muchas de estas especies están sufriendo hoy en día una presión de caza elevada, debido a que muchos de los cazadores ya no se limitan a cazar los ejemplares necesarios para el consumo de la unidad doméstica, sino que también cazan para satisfacer los mercados locales y la demanda de carne de monte por parte de foráneos contratados por las empresas extractivas asentadas en la zona. Paradójicamente, aunque el número de cazadores ha disminuido debido a factores como los mencionados anteriormente, la presión sobre la caza de animales del monte ha aumentado debido a la demanda de los mercados locales y regionales.



La actividad de la caza no solo se limita a la aplicación de conocimientos tradicionales aprendidos sobre las especies más idóneas para el sustento de la unidad doméstica, sino que también conlleva otra serie de conocimientos sobre el bosque, que permiten al poblador indígena establecer una relación interdependiente con el mismo. La caza tradicional ha favorecido la adaptación de las comunidades a su entorno, su desaparición como actividad cultural solo acelerará los procesos de aculturación y desarraigamiento con el bosque circundante.



▲ FIGURA 1. Principales actividades realizadas por la población ribereña encuestada en los ríos Arabela, Curaray y Napo



LA PESCA

La pesca en las comunidades indígenas es una práctica ancestral, que constituye la principal fuente de alimento para la población rural asentada en su mayor parte en las riberas de los grandes ríos, lo que les permite el acceso directo a los peces (Bodmer *et al.*, 2014).

La actividad pesquera realizada por la población ribereña de los ríos Curaray, Arabela y Napo, de acuerdo a las encuestas ejecutadas en el presente trabajo, puede ser considerada como artesanal o de subsistencia y es la segunda actividad (14%) de importancia desarrollada en estos lugares después de la agricultura (71%) (Figura 1). Sin embargo, todas las personas entrevistadas realizan la pesca de subsistencia como una actividad adicional a la principal, lo que evidencia que esta actividad es fundamental para la población amazónica ribereña, que además sirve como complemento de la caza, la pequeña agricultura y otras actividades como el extrativismo (Ruffino *et al.*, 1999).

En las zonas de estudio, la pesca ha cambiado el rol de las personas involucradas en la actividad. En muchos casos, son las mujeres y los jóvenes los que lideran la actividad pesquera, debido a que los varones adultos son tomados como obreros de las empresas.

La menor intensidad de pesca se da en aquellas comunidades en donde el número de asalariados de las empresas petroleras es mayor. El desbalance entre las actividades tradicionales y aquellas que monetizan el trabajo es evidente. Al igual que ocurría con la caza, la pesca ya no tiene como fin último la seguridad alimenticia de la unidad doméstica, perdiéndose el sentido y significado de una actividad milenaria que no solo proporciona proteína de primera calidad, sino también refuerza los lazos entre el poblador amazónico y los ecosistemas fluviales que lo rodean.

Con frecuencia, el poblador amazónico hace uso de diversos ambientes acuáticos como cochas y quebradas para conseguir pescado, encontrándose estos lugares a cortas distancias de su comunidad. La población de los ríos Arabela y Curaray no es ajena a este comportamiento, ya que se desplaza con frecuencia a distancias que les toma entre 10 a 50 minutos de su comunidad para pescar, por lo que habitualmente utilizan canoas o botes de diversos tamaños impulsados a remo o a motor pequepeque. Las cochas más concurridas por los pobladores son: Maquisapa y Shansho en la comunidad de Flor de coco (ubicada en la cuenca del Arabela). En Shapajal (cuenca del Curaray) los lagos Lamistococha, Escuela y Pedrococha. La comunidad de Urbina (cuenca del Curaray) tiene dentro de su jurisdicción un sistema



de cochas interconectadas conocida como cocha Alemán. Entre las pequeñas cochas utilizadas para la pesca se puede mencionar a Yura, Yana, Arahuanillo, Centro Cocha, Pañacocha entre otros. No obstante, la comunidad de Nuevo Defensor (cuenca del Napo) presenta un número menor de ambientes acuáticos, siendo la cocha Comandante la que es utilizada en las faenas de pesca.

La cercanía de los lugares de pesca a las comunidades es aún evidente, distancia que probablemente está relacionada con la abundancia de peces que aun presentan estos lugares como consecuencia del limitado acceso de pescadores foráneos por estar relativamente lejos de las grandes ciudades. Sin embargo, es importante mencionar que en los últimos años, la flota pesquera comercial de Iquitos ha hecho de la cuenca del Curaray uno de sus lugares de pesca durante el período de vaciente, y representa un promedio de 3% (incluye el río Napo y Curaray) de los desembarques totales de la ciudad de Iquitos (García *et al.*, 2012).

En cuanto a los materiales de pesca, la red agallera o trampa y los anzuelos son los más utilizados por la población de los lugares estudiados. Las comunidades ubicadas en el río Curaray usan con mayor frecuencia redes trampa, mientras que la población asentada al margen del río Arabela prefiere los anzuelos y flechas. Los artes y aparejos de pesca empleados en la pesca en diferentes lugares de la Amazonía (Isaac *et al.*, 2000; Bonilla *et al.*, 2012; Cañas, 2013; Castro 2013) está relacionada con la abundancia del recurso, con el tipo de pesquería que se desarrolla, el ambiente acuático y con costumbres ancestrales de la población. De nuestro estudio podemos deducir que los pobladores de río Arabela prefieren los anzuelos y las flechas, debido a que la pesca es exclusivamente para el consumo familiar, en tanto que en el Curaray el frecuente uso de redes trampa (agallera) como una actividad comercial incipiente en cierta temporada del año, y realizada por pescadores inmigrantes.

La intensidad de la pesca es variable, 42% de la población encuestada de las cuencas del Arabela y Curaray realiza la pesca inter diaria. Sin embargo, los pobladores de la comunidad de Urbina río Curaray, intensifican el número de faenas durante el período de vaciente del río, pasando de una pesca de subsistencia a una pesca comercial, debido, a una mayor abundancia de peces en el área y a la mayor intervención comercial de los rematistas en la zona.

La pesca en el área de estudio se sustenta en las siguientes especies: boquichico (*Prochilodus nigricans*), ractacara (*Psectrogaster amazónica*), maparate (*Hypophthalmus edentatus*), corvina (*Plagioscion squamosissimus*), palometa

(*Mylossoma duriventris*), llambina (*Potamorhina altamazonica*), sardina (*Triportheus angulatus*), yahuarachi (*Potamorhina latior*), (*Hoploerythrinus unitaeniatus*), y lisa (*Schizodon fasciatus*), entre otras. En el caso del maparate es capturado principalmente por la población de Urbina con fines comerciales.

La pesca, al igual que otras actividades tradicionales, está sufriendo cambios acelerados, debido sobre todo, a que hoy en día la dinámica socioeconómica de las comunidades asentadas en la cuenca del Napo es diferente. La pérdida del conocimiento tradicional sobre las especies y el desuso de técnicas de pesca tradicionales para la zona, puede poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas acuáticos en la cuenca del Napo, por lo que es necesario replantear las estrategias y diseñar nuevos mecanismos que permitan recuperar estos conocimientos, integrarlos con nuevas innovaciones tecnológicas y promocionar una serie de actividades que se enriquezcan del bagaje y conocimiento que los pueblos del Napo tienen sobre sus ecosistemas acuáticos.



▲ Madre ribereña junto a su pequeño hijo, de una comunidad ubicada en la cuenca del Curaray.



7.2. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Bodmer, R.E.; Fang, T.G.; Puertas, P.; Antunez, M.; Chota, K.; Bodmer, W.E. 2014. *Cambio climático y fauna silvestre en la Amazonía peruana.* 254 p.
- Bonilla, C.A.; Agudelo, E.; Sánchez, C.L.; Gómez, G.A. 2012. Dinámica de la pesca comercial de consumo en el medio río Putumayo: Tres décadas de desembarques en puerto Leguízamo. *Revista Colombiana Amazónica* N° 5. 129-149 p.
- Cañas, C. 2013. Peces y pesquería en la cuenca Madre de Dios, Perú. En: Collado, L., Castro, E., Hidalgo, M. (Eds). *Hacia el manejo de las pesquerías en la cuenca amazónica-Perspectivas transfronterizas.* 50-60 p.
- Castro, E. 2013. Situación de la pesca y los recursos pesqueros en la cuenca del río Pichis, Oxapampa, Perú. In: Collado, L., Castro, E., Hidalgo, M. (Eds). *Hacia el manejo de las pesquerías en la cuenca amazónica – Perspectivas transfronterizas.* 39-49 p.
- Carvajal, G. 1952. *Relación del descubrimiento del famoso río grande que por el nombre del capitán que le descubrió se llamó el río de Orellana* (Introducción y notas de Medina y Zavala, J. T.). Secretaría General del Movimiento, Cáceres.
- Casanova, J. 1999. La misión jesuita entre los AidoPai (Secoya) del río Napo y del río Putumayo en los siglos XVI al XVIII, y su relación con los asentamientos indígenas. Quito. In: Negro, S.; M. Marzal, (Eds). *Un reino en la frontera: las misiones jesuitas en la América colonial.* ABYA YALA.p.139-147 p.
- Chirif, A.; Mora, C. 1976. *Atlas de comunidades nativas.* Sinamos. Lima. 248 p.
- Chirif, A. 2010. Pueblos indígenas amazónicos: el asombro de la sencillez. En: *Amazonía: guía ilustrada de flora y fauna.* AECID-MINAM. Iquitos. 475 p.
- Dan's, A. M. 1976. *Estudio de comunidades nativas.* ONU-INP. Iquitos.
- Gasché, J.; Vela, N. 2011. *Sociedad bosquesina: ensayo de antropología rural amazónica, acompañado de una crítica y propuesta alternativa de proyectos de desarrollo.* IIAP; CIES; CIAS. Iquitos. 2 vol. 619 p.
- García, A.; Vargas, G.; Tello, S.; Duponchelle, F. 2012. Desembarque de pescado fresco en la ciudad de Iquitos, región Loreto-Amazonía peruana. *Folia Amazónica* Vol. 21 N° 1-2: 45-52 p.
- Gil, L. 1954. *Descubrimiento del Marañón.* Escuela de Estudios Hispano Americanos. Sevilla. 389 p.
- Martín, M.; García, J.C. 2010. *Chacras amazónicas: guía para el manejo ecológico de cultivos, plagas y enfermedades.* AECID-MINAM. Iquitos. 152 p.
- Medina, E. 1933. *Monografía sobre el descubrimiento del río Amazonas (1540-1640), sus primeros navegantes y las tribus que habitaban en sus riveras y cercanías.* Bogotá. 146 p.
- Mercier, J.M. 1985. *Tradiciones lingüísticas del Alto Napo.* Amazonía Peruana, vol 6:12, 37-58 p.
- Pérez, P.; Ruck, L.; Riveros, M.; Rojas, G. Evaluación del conocimiento indígena kichwa como herramienta de monitoreo en la abundancia de animales de caza. En: *Folia Amazónica*, Vol 21, N°1-2, 115-127 p.
- Isacc, V.J.; Rufino, M.L.; Mello, P. 2000. *Considerações sobre o método de amostragem para a coleta de dados sobre captura e esforço pesqueiro no médio Amazonas.* Coleção Meio Ambiente. Série Estudos Pesca, 22:175-199 p.

Edición general

Walter H. Wust Ediciones SAC

Fotografías

IIAP

Fotografía complementaria

Walter H. Wust (pág. 2-3, 6-7, 8-9, 10-11, 36-37,
74-75, 98-99, 134-135)

Gabriel Herrera/Wust Ediciones (pág. 14-15, 30)

Diseño y diagramación

Gabriel Herrera

Asistencia de edición

Jorge Mendoza

© Walter H. Wust Ediciones SAC

Calle Alcalá 119, Of, 203, Miraflores

Lima, Perú

Primera edición

Octubre 2015

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del

Perú N° 2015-XXXXX

ISBN: XXX-XXX-XXX-XX-X

Prohibida la reproducción total o parcial de esta
publicación sin autorización expresa de los editores.

Todos los derechos reservados de acuerdo con el D. Leg.
822 (Ley sobre el Derecho de Autor).