

TRABAJOS ORIGINALES

Presentado: 25/09/2019
Aceptado: 09/02/2020
Publicado online: 25/05/2020
Editor:

Autores

Florencia Andrea Trama*^{1,2}
florenciatrama@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4444-4688>

Stefany Arely Salcedo Gustavson³
stefanyalsalcedog@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0651-4320>

Laetitia Demarcy⁴
laetitia.demarcy@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7461-1774>

Lorena Erbure Cardozo²
lorena.erbure@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3545-9500>

Bryan Alberto Jara Palomino⁵
jarapalominobryan@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7804-4845>

Felipa Elvira Muñoz Ccuro⁶
f_munoz@uap.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-9572-1641>

Josué Renato Rios Alvarado⁷
renato.rios@drisperu.org
<https://orcid.org/0000-0001-6230-6353>

Federico L.S. Rizo Patrón Viale²
frizopatron@centroneotropicalperu.org
<https://orcid.org/0000-0002-2261-1078>

Correspondencia

*Corresponding author

1 Universidad San Ignacio de Loyola. Grupo de Investigación en Entomología y Medio Ambiente. Avenida La Fontana 550, La Molina, Lima, 15024. Perú.

2 Centro Neotropical de Entrenamiento en Humedales-Perú. Carretera San Alberto S/N, km 5.5 Oxapampa. Perú.

3 Instituto del bien Común. Jr. Mayta Cápac N° 1329 - Jesús María, Lima 11. Perú.

4 UFR Sciences et techniques. University of Bourgogne Franche-Comté. 16, route de Gray. 25030 Besançon cedex - France.

5 Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. Prolongación Arenales 437, San Isidro. 15073. Lima. Perú.

6 Universidad Alas Peruanas. VRIIE. Av. Santa Cruz 1550. Miraflores. Lima. Perú.

7 Desarrollo Rural Sustentable. Av. Petit Thouars 1775 ofi 704. Lince. Lima. Perú.

Citación

Trama FA, Salcedo Gustavson SA, Demarcy L, Erbure Cardozo L, Jara Palomino BA, Muñoz Ccuro FE, Rios Alvarado JR, Rizo Patrón Viale FLS. 2020. Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú. *Revista peruana de biología* 27(2): 149- 168 (Mayo 2020). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16730>

Journal home page: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/index>

Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú

Habitat quality indexes y macroinvertebrates in seven Basins of the Yanachaga Chemillén National Park and its Buffer Zone: conservation and management of the riparian forest in Peru

Resumen

Se presenta la caracterización del ambiente acuático, el ecosistema ribereño y las comunidades de macroinvertebrados en siete cuencas del flanco oeste del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCh). Se aplicó el protocolo CERA que incluye el Índice Biótico Andino (IBA), el Índice de Hábitat Fluvial (IHF), el Índice de quebrada Andina (Qbr-And) y la combinación de los tres índices para determinar el Índice de Estado Ecológico de Ríos Andinos (ECOSTRIAND) en cada punto de muestreo. Asimismo, se estimaron los índices FBI y BMWP-Col para comparar la calidad de agua. Los muestreos se realizaron en las siete cuencas, entre los 1800 y los 2500 m de altitud, en la parte alta dentro del PNYCh, y en las cuencas media y baja, ambas en la zona de amortiguamiento del PNYCh. En las cuencas evaluadas se colectaron 179 taxa, 66 familias y 14 órdenes. Dentro del PNYCh los valores de IHF y Qbr-And fueron óptimos y en general fueron disminuyendo en calidad al alejarse del PNYCh. El IBA fue muy bueno en todas las cuencas y en todos los puntos de muestreo. Sin embargo, al combinar los 3 índices se observó una disminución del estado ecológico (ECOSTRIAND) de Muy bueno a Bueno y Regular. Los resultados finales muestran que el índice de estado ecológico disminuye al alejarse del PNYCh y esto coincide con un mayor disturbio de los bosques ribereños. Por último, se discute la protección legal de este tipo de ecosistemas ribereños en varios países de América y específicamente en Perú.

Abstract

We present the characterization of the aquatic environment, riparian ecosystem and macroinvertebrate communities in 7 basins of the west slope of the Yanachaga Chemillén National Park (PNYCh). The CERA protocol, including the Andean Biotic Index (ABI), the Fluvial Habitat Index (IHF), the Andean Creek Index (Qbr-And) were estimated and the combination of these 3 indexes allowed to calculate the Ecological Status Index of Andean Rivers (ECOSTRIAND) at each sampling point. Additionally the FBI and BMWP-Col indexes were calculated. Sampling was carried out in the 7 basins, between 1800 and 2500 meters of altitude, including the upper basins inside the PNYCh, in the middle and lower basins, both in the buffer zone of the park. We found 179 taxa, 66 families and 14 orders in all basins evaluated. Within the PNYCh, the values of IHF and Qbr-And were optimal, but to go down basins, the indexes generally were decreasing in quality. The IBA was very good in all basins and all sampling points. However, when the 3 indexes were combining, the ECOSTRIAND index decreased, changed from very good to good and regular in some basins. The final results show that the ecological status index decreased as it moves away from PNYCh, this is associated with a greater riparian forests disturbance. Finally, we discussed the legal protection of this type of forest in several countries of America and specifically in Peru.

Palabras clave:

IBA; Qbr-And; IHF; ECOSTRIAND; macroinvertebrados; conservación; manejo de recursos hídricos; bosque ribereño; Ecosistema ribereño.

Keywords:

ABI; Qbr-And; IHF; ECOSTRIAND; macroinvertebrates; conservation; water resource management; riparian forest; Riparian Ecosystem.

Introducción

Las microcuencas del flanco oeste del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCh) cumplen un rol importante en el abastecimiento de agua para uso y consumo de las poblaciones circundantes de la provincia de Oxapampa, además de brindar muchos otros servicios ecosistémicos (INRENA 2005, 2008, MINAM 2012). Pese a su importancia, estas microcuencas están siendo afectadas por actividades antrópicas que estarían influyendo negativamente en la calidad principalmente por la ganadería extensiva, la extracción forestal y las malas prácticas agrícolas. En Oxapampa, entre los años 2014 a 2019 la cobertura vegetal del distrito de Oxapampa se ha reducido de 64 a 55% debido al aumento de la urbanización y al aumento de las zonas agrícolas de 22.6 a casi 32% en los mismos años (Echevarría & Roman 2019). En el año 2018, el Instituto del Bien Común (IBC) realizó un análisis de uso del suelo por medio de imágenes satelitales y comprobación en campo en varias cuencas de Oxapampa con importancia hídrica. Este análisis determinó que fuera del PNYCh, y en la cuenca San Alberto, el cambio de uso del suelo del bosque a otro tipo de uso (pastos, purma, agricultura o plantación forestal) fue de más de 50% (Perret 2018, Perret et al. 2017). Se conoce que los bosques de protección de cabeceras de cuenca y de laderas y riberas suelen ser muy importantes para controlar a erosión y sedimentación, filtrar y mejorar la calidad del agua y regular la productividad del agua y recarga de acuíferos (Llerena 2008). Sin embargo, en las zonas de interés hídrico (ZIH) analizadas por el IBC, la cobertura de bosque nativo ha sido modificada para otros usos (Perret 2018). Específicamente, la cobertura natural de bosques nativos de la ZIH La Colina ha sido modificada en un 10.15% principalmente en la cuenca baja, en la zona Dos de mayo el bosque se ha modificado en un 36%, principalmente en la zona media y baja. Por otro lado, el bosque en la zona El polvorín ha sido modificado en un 48% principalmente en la zona media y baja, y en la zona San Alberto en un 27,5% para otros usos. Por estas amenazas, es necesario conocer el estado de calidad de estas microcuencas y sus interacciones (Roldan 2016).

El estado ecológico de los ríos es un concepto que implica el estado de su salud y de su funcionamiento como sistema, y para determinarlo debe realizarse tanto la evaluación de la ribera del río y del ambiente acuático (Roldán 2003). Por otro lado, de acuerdo a Acosta et al. (2009), el estado ecológico de un río incluye un diagnóstico del bosque ribereño, áreas adyacentes, el canal y el lecho del río y los peces, macroinvertebrados, algas o bacterias que los habitan, consistiendo finalmente en una medida de la calidad de las aguas. En el 2008, el F.E.M. (grupo de investigación *Freshwater Ecology and Management* de la Universidad de Barcelona), desarrolló una metodología de muestreo y determinación del estado ecológico de los ríos alto andinos aplicados en Ecuador y Perú, denominado protocolo de evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (C.E.R.A) (Acosta et al. 2009). Este protocolo C.E.R.A proporciona herramientas sencillas de evaluación del ambiente acuático y la vegetación que lo rodea, incluyendo el índice de calidad de

hábitat fluvial (I.H.F) (Pardo et al. 2002), el índice del estado de la vegetación de ribera (QBR-And, modificado a partir del índice QBR) (Munné et al. 2003) y el índice biótico andino de macroinvertebrados IBA. Luego estos 3 índices se combinan para estimar el índice ECOSTRIAND y establecer el estado ecológico de los ríos andinos (Acosta et al. 2009).

Las evaluaciones biológicas de la calidad de aguas complementan las medidas fisicoquímicas, que por sí solas no proveen adecuada información de los efectos de perturbación sobre los organismos vivos (Metcalf 1989). Una comunidad acuática en un sitio puntual es un indicador de las condiciones que allí están dominando (Bonada et al. 2006). En la Unión Económica Europea los estudios con macroinvertebrados son exigidos por la legislación para evaluar la calidad del agua (DOCE 2000, Prat et al. 2009). En Costa Rica también la legislación incluye la evaluación de bentos y específicamente de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua y establece que el índice a utilizar debe ser el BMWP-CR adaptado para el país (MINAE-S 2007).

En Oxapampa, en la microcuenca San Alberto, cuyas nacientes se originan en el PNYCh se han empleado macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos para determinar la calidad de agua (Salcedo & Trama 2014, Salcedo et al. 2013, Waggoner 2006), pero es necesario ampliar los estudios a otras cuencas y recopilar información que represente a la zona y al ecosistema, y así destinar esfuerzos hacia su manejo adecuado. El objetivo del estudio fue caracterizar el hábitat acuático, la vegetación ribereña y las comunidades de macroinvertebrados acuáticos para determinar cuáles de estas taxa pueden ser considerados como bioindicadores de la calidad de agua en la zona. Asimismo, la aplicación del protocolo CERA (incluyendo los índices IHF, Qbr-And, IBA y ECOSTRIAND) en siete cuencas de ecosistemas de selva alta del PNYCh y su zona de amortiguamiento. Los resultados de este estudio permiten establecer una línea base que puede ser utilizada para comparar entre las cuencas y en el tiempo para monitorear los cambios de hábitat, cobertura vegetal y su impacto en las comunidades acuáticas.

Material y métodos

Área de Estudio.- El Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCh) es un Área Natural Protegida creada el 29 de Agosto de 1986 mediante el Decreto Supremo N° 068-86-AG, en la provincia de Oxapampa, departamento de Pasco distribuido en los distritos de Oxapampa, Huancabamba, Pozuzo, Villa Rica y Palcazú (INRENA 2005). Se extiende sobre la cordillera Yanachaga en la vertiente oriental de los Andes, con una superficie 122000.0 ha y una gradiente altitudinal que va desde los 370 hasta los 3800 m, donde se conservan muestras representativas de ecosistemas de selva baja, selva alta y pajonal o puna húmeda (SERNANP 2015). El paisaje dominante son las montañas cubiertas por bosques surcadas por profundos cañones. En general, su relieve es muy accidentado, predominando las laderas rocosas cubiertas por bosques con pronunciadas pendientes que puede observarse, tan-

to al este como al oeste del río Palcazú (MINAM 2012).

El estudio se realizó en siete microcuencas: Llamaquizú, San Luis, Navarra, Quillazú, San Daniel, Yanachaga y San Alberto, ubicadas en el flanco oeste del PNYCh y formadas por bosques húmedos – montano bajo tropical y los bosques muy húmedos – Montano bajo tropical, en los distritos de Oxapampa y Huancabamba. Se determinaron tres áreas de muestreo para cada microcuenca, una en la zona alta (dentro el PNYCh), otra en la zona media y la última en la zona baja. La zona media y la zona baja en la zona de amortiguamiento del área protegida (Fig. 1). Los puntos de muestreo fueron georeferenciados y se realizó un mapa para cada microcuenca por medio del programa Arc Gis 10.2. (Tabla 1).

Muestreo.- La recolección de datos se llevó a cabo durante los meses de mayo a agosto de 2013 en la microcuenca San Alberto y de Junio a Septiembre de 2015 en las microcuencas Quillazú, San Luis, Yanachaga, Navarra, San Daniel y Llamaquizú. Se definieron 3 zonas de muestreo (Zona alta, media y baja) con las condiciones necesarias para los fines del estudio por cada microcuenca (Tabla 1).

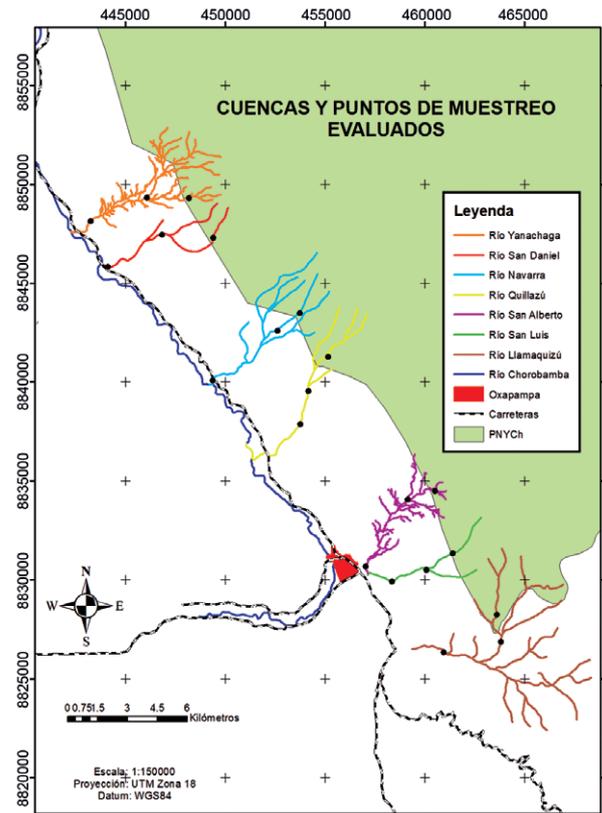


Figura 1. Puntos de muestreo (círculos negros) en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento. Se muestran las cuencas evaluadas.

Tabla 1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en las cuencas evaluadas. PNYCh: Parque Nacional Yanachaga Chemillén; ZA PNYCh: Zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yanachaga Chemillén.

Cuenca	Punto de muestreo	Coordenadas UTM	Altitud (m)
Llamaquizú	Zona Alta (PNYCh)	18L 463605 8828246	2329
	Zona Media (ZA PNYCh)	18L 463809 8826881	2089
	Zona Baja (ZA PNYCh)	18L 460944 8826344	1955
Yanachaga	Zona Alta (PNYCh)	18L 448185 8849325	2315
	Zona Media (ZA PNYCh)	18L 440658 8849335	2033
	Zona Baja (ZA PNYCh)	18L 443236 8848133	1804
San Daniel	Zona Alta (PNYCh)	18L 449312 8847132	2343
	Zona Media (ZA PNYCh)	18L 446819 8847464	1991
	Zona Baja (ZA PNYCh)	18L 445016 8845951	1810
San Luis	Zona Alta (PNYCh)	18L 461399 8831340	2316
	Zona Media (ZA PNYCh)	18L 460074 8830522	2155
	Zona Baja (ZA PNYCh)	18L 458358 8829915	1922
Navarra	Zona Alta (PNYCh)	18L 453720 8843499	2279
	Zona Media (ZA PNYCh)	18L 452615 8842602	2063
	Zona Baja (ZA PNYCh)	18L 449504 8840163	1807
Quillazú	Zona Alta (PNYCh)	18L 455152 8841278	2247
	Zona Media (ZA PNYCh)	18L 454183 8839579	2026
	Zona Baja (ZA PNYCh)	18L 453769 8838028	1962
San Alberto	Zona Alta (PNYCh)	18L 460052 8835391	2401
	Zona Media (ZA PNYCh)	18L 458064 8832829	2035
	Zona Baja (ZA PNYCh)	18L 457509 8831291	1890

En todas las zonas se midieron factores fisicoquímicos, se determinó la calidad del hábitat fluvial, la vegetación de ribera y la comunidad de macroinvertebrados como se detalla a continuación:

Factores Físicoquímicos.- En cada punto de muestreo se tomaron los datos fisicoquímicos por triplicado. Se midieron datos de Temperatura (°C), pH, conductividad eléctrica (μS), salinidad (ppt) y oxígeno disuelto (mg/L) por medio de un equipo multiparamétrico marca YSI 85, la turbidez utilizando un disco Secchi y la profundidad con una regla de metal.

Índice de Hábitat Fluvial (IHF) [Pardo et al. 2002].- El índice evalúa las condiciones y características físicas de cada sitio incluyendo la presencia y frecuencia de rápidos y pozas con sedimentos, la composición del sustrato, la velocidad y profundidad del lecho acuático, el porcentaje de sombra en el cauce, elementos de heterogeneidad y la cobertura de la vegetación acuática y establece puntajes para las opciones presentes en cada sitio. De esta forma, pretende valorar la capacidad del hábitat físico para albergar una fauna determinada. De acuerdo a los autores, valores del IHF inferiores a 40 indican serias limitaciones de calidad de hábitat para el desarrollo de una comunidad bentónica diversa, siendo el óptimo superior a 75.

Índice de Calidad de Vegetación de Ribera Andina (Qbr-And) [Munné et al. 1998].- Se obtiene de la evaluación de la vegetación de ribera en cada zona de muestreo, mediante la observación de 25 m lineales por ser un río pequeño. Contiene cuatro categorías que recogen distintos componentes y atributos de las riberas: cubierta vegetal, estructura de la vegetación, naturalidad y complejidad del bosque ribereño y grado de alteración del canal fluvial; estableciendo una calidad buena y en estado natural con un valor de mayor a 95; de 90 – 75 una calidad buena de bosque con ligeras perturbaciones; de 70 – 55 con una calidad aceptable pero con inicio de una alteración importante; con valores de 30 – 50 con una mala calidad y con alteración fuerte; y < 25 con una calidad pésima y degradación extrema. Cada categoría puede sumar un máximo de 25, mientras que 100 sería el valor total del QBR-And para un ecosistema ribereño perfectamente conservado como se describe en la Tabla 2 (Acosta et al. 2009).

Muestreo de macroinvertebrados.- Se tomaron 3 muestras de macroinvertebrados por cada tipo de sustrato (arena, hojarasca, o piedras) presente en cada zona/cuenca evaluada, obteniendo un total 189 muestras. Los métodos utilizados fueron de acuerdo al tipo de sustrato encontrado:

1. *Sustrato Piedra:* Se midió 1 m² en cada sitio para muestrear el lecho del río, las piedras y cantos rodados se colocaron en un balde con agua para ser lavados, posteriormente el contenido es tamizado (500 μ) y almacenado (Salcedo & Trama 2014, Salcedo & Cosme 2013).
2. *Sustrato arena:* se usó una red Surber de 30x30 cm (Metcalf 1989). Consistió en colocar la red

Surber sobre la arena contraria a la dirección de agua del río para luego mover el sustrato con la mano con el objeto de que la corriente arrastre a los macroinvertebrados dentro de la red, para posteriormente ser almacenados.

3. *Sustrato Hojarasca:* consiste en retirar y limpiar montículos de hojarasca atrapados en el lecho del río (superficies de 1m²) en un balde lleno de agua, para luego ser tamizadas y almacenadas (Salcedo & Trama 2014).

Todas Las muestras colectadas se almacenaron en frascos de plásticos, rotulados, fijados en alcohol al 70% y llevados al laboratorio para su posterior identificación. Si bien los muestreos de San Alberto fueron realizados en un período anterior al resto de las cuencas, se utilizaron los mismos métodos de muestreo y fueron realizados por los mismos investigadores.

En el laboratorio, las muestras colectadas fueron limpiadas con el fin de eliminar partículas no deseadas, luego, con el apoyo de una lupa binocular estereoscópica 3X (ARCANO), los macroinvertebrados fueron separados en base a su parecido morfológico (morfo especies), y finalmente con ayuda de un estereoscopio XTL-500 de 10 – 40X (Olympus), se realizó la identificación de los individuos con el uso de claves taxonómicas y libros de especialistas de América (Domínguez & Fernández 2009, Pennak 1978, Pennak 1989, Roldán 1988, Roldán 2003, Merritt & Cummins 1996). Se define taxa como el número total de organismos identificados del nivel taxonómico más fino para una muestra dada (el nivel de familia o género no se cuenta si se ha identificado hasta el nivel de especie) (Trama 2014). A partir de los resultados de identificación taxonómica se estimaron los siguientes índices de calidad en base a los macroinvertebrados presentes:

Índice de calidad IBA (Ríos et al. 2014) (Tabla 2).- Este índice considera la tolerancia o sensibilidad de las familias que incluye y al final de la identificación de las mismas el valor de cada familia se suma dando un total que debe ubicarse en una de las categorías de calidad: > 74 indica calidad muy buena, entre 45 – 75 calidad buena, entre 27 – 44 calidad moderada, entre 11 – 26 calidad mala y <11 calidad pésima.

Índice de calidad BMWP-Col (Roldán 2003) (Tabla 2).- Al igual que el índice IBA, el BMWP-Col fue adaptado desde el BMWP (Armitage 1983), el cual combina el número de familias tolerantes/sensibles con valores del 0 al 10 y la suma da el valor de calidad que se ubica en una de las categorías definidas para el índice: > 150 indica calidad buena a muy buena, entre 61 – 100 calidad aceptable, entre 36 – 60 calidad dudosa, entre 16 – 35 calidad crítica y <15 calidad muy crítica.

Índice de Calidad FBI (Hilsenhoff 1988) (Tabla 2).- Se basa en la estimación de un promedio ponderado del valor de tolerancia de la abundancia de los diferentes taxa a nivel de familia. El valor del índice va de 0 a 10 siendo 10 el hábitat más contaminado.

Combinando los índices estimados de IHF, Qbr-And y el IBA se estimó el índice ECOSTRIAND como producto final del protocolo C.E.R.A como se detalla a continuación:

Índice del Estado Ecológico Andino (ECOSTRIAND)

(Acosta et al. 2009) (Tabla 2).- Es un índice que pretende valorar de forma global la calidad del ecosistema fluvial, incluyendo la ribera además de la calidad de las aguas y de la comunidad de macroinvertebrados. Incluye la estimación del índice IHF, ABI y Qbr-And y su combinación de acuerdo los valores de los tres índices involucrados, como se detalla en la Tabla 2.

Análisis de datos.- Los índices de calidad IHF y Qbr-And se compararon de forma cualitativa entre cuencas y zonas de muestreo (alta, media y baja). Los factores físico-químicos se promediaron y organizaron en una tabla por punto de muestreo y cuenca para ver las variaciones de forma cualitativa. Luego de la fase de identificación los individuos, taxa, familias y órdenes fueron contabilizados y organizados para cada muestra/punto de muestreo/cuenca y se estimaron las siguientes:

zados y organizados para cada muestra/punto de muestreo/cuenca y se estimaron las siguientes:

- Riqueza total de familias (familias para todo el estudio sin repetir) por zona/cuenca
- Riqueza total de taxa (Taxa para todo el estudio sin repetir) por zona/cuenca
- Abundancia total para todo el estudio por zona/cuenca
- Riqueza media de familias por punto de muestreo/cuenca
- Riqueza media de taxa por punto de muestreo/cuenca
- Abundancia media de macroinvertebrados (número de macroinvertebrados) por muestreo/cuenca

Se determinó la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados para cada orden/punto de muestreo. Se estimaron los índices IHF, Qbr-And y ECOSTRIAND (Tabla 2). Se estimó el IBA (Tabla 2), el BMWP-Col y el FBI el en cada zona de muestreo/cuenca (Fernández 2002, Mafla 2005, Roldán 2003) (Tabla 3).

Tabla 2. Valores de referencia y representación colorimétrica para los índices de calidad utilizados. Índice de Hábitat Fluvial (IHF), Índice Biótico Andino (IBA), Índice de quebrada andino ribereño (Qbr-And) e Índice del Estado Ecológico Andino (ECOSTRIAND) resultado de una combinación de IBA y Qbr-And.

IHF *		Qbr-And**			IBA**			ECOSTRIAND**		
Nivel de calidad	Rango	Nivel de calidad	Rango	Color	Nivel de calidad	Rango	Color	QBR-And >75	QBR-And 45 – 75	QBR-And <45
Valores Óptimos de calidad	> 75	Vegetación de ribera sin alteraciones. Calidad muy buena. Estado natural	> 96		Muy Bueno	≥ 74		Muy bueno	Bueno	Regular
Valores intermedios de calidad	45 – 75	Vegetación ligeramente perturbada. Calidad buena	76 – 95		Bueno	45 – 74		Bueno	Regular	Malo
		Inicio de alteración importante. Calidad intermedia	51 – 75		Moderado	27 – 44		Regular	Malo	Pésimo
Valores bajos de calidad	< 45	Alteración fuerte. Mala Calidad	26 – 50		Malo	11 – 26		Malo	Pésimo	Pésimo
		Degradación extrema. Calidad pésima	< 25		Pésimo	<11		Pésimo	Pésimo	Pésimo

* Elaborado con datos de Pardo et al, 2002.

** Tomado de Acosta et al, 2009.

Tabla 3. Valores de referencia para los índices de calidad de agua BMWP-Col y FBI.

BMWP-Col			FBI		
Calidad de agua	Significado	Valores del índice	Calidad de agua	Contaminación Orgánica	Valores del índice
Buena a muy buena	Aguas limpias a muy limpias	101 – 120 y =>150	0 – 3.75	Excelente	Contaminación poco probable
Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	61 – 100	3.76 – 4.25	Muy buena	Contaminación ligeramente posible
Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	36 – 60	4.26 – 5.00	Buena	Contaminación probable
Crítica	Aguas muy contaminadas	16 – 35	5.01 – 5.75	Moderada	Contaminación moderadamente probable
Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas	<=15	5.76 – 6.50	Moderadamente pobre	Contaminación sustancialmente probable
			6.51 – 7.25	Pobre	Contaminación muy sustancialmente probable
			7.26 – 10.00	Muy pobre	Contaminación orgánica severa

Los datos tomados en la cuenca de San Alberto corresponden a un período de muestreo anterior, por lo que los mismos se mantuvieron separados del total y solo se sumaron cualitativamente para efecto de la evaluación completa de todas las cuencas.

Resultados y discusión

IHF y Qbr-And.- Los valores del índice Qbr-And para las siete cuencas evaluadas y en cada punto de muestreo se detallan en la Tabla 4. Dentro del PNYCh (Zona alta de la microcuenca), los valores del índice de hábitat fluvial como el de vegetación de quebrada andina fueron los más altos en comparación con la cuenca media y baja. En general, al descender por las cuencas, la calidad y cantidad de tipos de sustrato y espacios para hábitat, así como la calidad del bosque de la ribera disminuyen. El valor óptimo del índice IHF es de 75, por lo que solo los puntos de muestreo dentro del PNYCh, además de Quillazú (zona baja), Navarra, Yanachaga y San Luis (zona media), presentaron una “buena calidad”, mientras que los otros puntos mostraron menos elementos de heterogeneidad, obteniendo puntuaciones inferiores, siendo solo la zona baja de San Alberto considerada de mala calidad (valor IHF 32).

Tabla 4. Índices de calidad del ecosistema fluvial (IHF) y de Quebrada Andina (Qbr-And) para cada cuenca y zona evaluada. ZA: zona alta; ZM: zona media; ZB: zona baja.

	Índice de Hábitat Fluvial			Índice de Quebrada Andina		
	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB
San Daniel	88	71	64	100	65	60
Quillazú	93	71	86	100	60	65
Navarra	91	89	45	100	70	35
Yanachaga	86	89	67	100	100	60
San Luis	93	90	58	100	100	50
Llamaquizú	88	68	56	100	75	50
San Alberto	75	52	32	100	85	30

Se puede observar que dentro del PNYCh los valores del índice de vegetación de quebrada andina fueron máximos con valores de 100, y que al descender por la cuenca la calidad del bosque ribereño disminuye. Los valores más bajos se muestran en la zona baja de las cuencas Navarra y San Alberto (35 y 30 respectivamente) lo que indica que en estas cuencas hay un ecosistema ribereño de mala calidad.

Las cuencas Yanachaga y San Luis son las más conservadas en la parte de la cuenca media, debido a que el valor del índice se mantiene en el valor máximo. Sin embargo, las otras cuencas en la zona media ya presentan un inicio de alteración ligeramente perturbada y con una alteración importante en cuanto a la calidad de vegetación. La disminución de la calidad de hábitat de ribera coincide con diferentes estudios en las cuales las cuencas bajas o cuencas con degradación de la vegetación ribereña han tenido una menor cobertura vegetal nativa producto de actividades humanas o se ha modificado el bosque ribereño en términos de estructura y conectividad (Carrasco et al. 2014, Ordóñez 2011). Asimismo, va-

rios estudios en bosques ribereños a distintas altitudes muestran el mismo tipo de perturbación ya sea fuera de zonas de protección o de referencia, alejados de la cuenca alta donde se encuentra la vegetación nativa considerada en estado natural o en zonas inaccesibles o difíciles de modificar por las personas debido a las altas pendientes (Palma et al. 2009, Galeano-Rendón et al. 2017, Gamarra et al. 2017, Kutschker et al. 2009). La presencia de bosque genera una mayor heterogeneidad de hábitats en los ríos debido al aporte de hojas y material vegetal que cae en los cursos de agua, por lo que la presencia o no del mismo condiciona aspectos físicos que influyen en los patrones de biodiversidad acuática (Teresa & Casatti 2010, Kutschker et al. 2009)

Voelz y McArthur (2000) mencionan que la heterogeneidad del hábitat fluvial es uno de los principales factores de influencia de la riqueza de especies de invertebrados acuáticos. Un IHF alto para la cuenca alta indica que el hábitat fluvial alberga una comunidad de macroinvertebrados diversa. Esto se debe a que existe alimento y espacio físico suficiente para este grupo de organismos. Por otro lado, se sabe que las riberas constituyen uno de los aspectos más importantes en términos de calidad ecológica del ecosistema acuático (Suárez et al. 2002). Uno de los aspectos fundamentales es la capacidad de incidir sobre el control de la temperatura del agua por medio de la cobertura del dosel (Beschta et al. 1987). Esto se puede observar en los resultados de aumento de temperatura al bajar en todas las cuencas evaluadas en las cuales además la cobertura del dosel ha disminuido. Asimismo, la cobertura del dosel condiciona la función de filtración de materiales orgánicos externos y nutrientes (Fisher & Likens 1973, Schade et al. 2002, Suárez et al. 2002). En nuestro trabajo, el aumento de conductividad eléctrica en las cuencas bajas y medias con respecto a las cuencas altas evaluadas (dentro del PNYCh con dosel completo) podría ser causado por una disminución del dosel como se ha estimado mediante el índice Qbr-And en las zonas fuera del área protegida. Los ecosistemas ribereños están dentro de los ecosistemas más amenazados a nivel global debido a la degradación o pérdida de la cobertura vegetal (Carrasco et al. 2014).

En este trabajo, se evidencia que un mayor valor de los índices de IHF y QBR-And de las cuencas evaluadas, se debe principalmente a la presencia del bosque existente dentro del PNYCh en la parte alta, en la cual tanto los ecosistemas boscosos y los recursos acuáticos están protegidos y preservados por las normas del Estado. Al bajar por las cuencas, se ha observado una disminución del índice Qbr-And que corresponde a una disminución de la cobertura del dosel nativo y degradación debido a introducción de exóticas excepto en la cuenca baja de Quillazú. Asimismo, el índice IHF que establece el hábitat fluvial dentro del curso de agua disminuyó en todas las cuencas excepto en la cuenca baja de Quillazú al igual que para el caso del Qbr-And. Esto coincide con los diseñadores de los índices, que afirman que ambos índices están estrechamente relacionados y mientras más altos o bajos son los valores QBR-And, más altos o bajos también resultarán los del IHF (Acosta et al. 2009).

La disminución de ambos índices de calidad de hábitat ribereño y acuático observado al aplicar el protocolo CERA en casi todas las cuencas coincide con el cambio de uso del suelo y la deforestación para monocultivos de especies exóticas principalmente (Perret et al. 2017), la presencia de residuos sólidos y desagües provenientes de chancherías, entre otras observaciones durante este estudio en la zona. Asimismo, la degradación suele ser más intensa en las partes bajas de los ríos, que en las cabeceras donde en muchos casos los bosques ribereños están bien estructurados (Palma et al. 2009, Suárez 2002, Teresa & Casatti 2010). Para el presente estudio, los valores de IHF y QBR-And más bajos se encuentran en las zonas medias y bajas de las cuencas, donde existen altos índices de deforestación y cambio de uso de suelos para la agricultura, ganadería y actividades forestales, además de otras actividades antrópicas como el arrojado de residuos sólidos y vertimientos no autorizados ni controlados.

En Oxapampa, del 2014 al 2019 la superficie de zonas agrícolas aumentó 22.6% a casi 32% (Echevarría & Roman 2019). Según MPO (2010) el 9.35% de la provincia de Oxapampa está destinada para uso agropecuario, el 37.39% para uso forestal y el 53.26% para protección. Sin embargo, los usos agropecuarios, agricultura y ganadería, son las actividades más importantes de la provincia, lo que propicia a un uso inadecuado de los suelos debido a que son utilizadas áreas forestales o de protección para estos fines (MPO 2010). La cuenca San Alberto (1726.63 hectáreas) es parte de una cuenca mayor llamada Chorobamba de unas 6795500 hectáreas (Perret et al. 2017). De acuerdo a un informe de usos y cobertura de la tierra realizada por el IBC (Instituto del bien

común) la cuenca San Alberto tiene un 72% de bosque nativo, 17% de zonas de pastizales, 2% de purma, 7% de agricultura y 2 % de plantaciones forestales. Sin embargo, dentro del PNYCh casi el 100% del área corresponde a bosque conservado y fuera del área protegida más de un 50% de este ecosistema se ha transformado en otros usos del suelo por actividades humanas (Perret 2018).

Muchos autores coinciden en que la degradación suele ser más intensa en las partes bajas de los ríos que en las cabeceras donde en muchos casos los bosques ribereños están bien estructurados (Suárez et al. 2002, Galeano-Rendón et al. 2017). La degradación de los bosques ribereños ya sea por la instalación de plantaciones forestales de especies exóticas, caminos, cultivos y tierras para ganado, contribuye a erosionar las riveras de los ríos y el área. En varios países se ha utilizado el QBR o el Qbr-And para evaluar las zonas ribereñas y las actividades de conservación o restauración de las zonas para recuperar el ecosistema degradado (Arcos et al. 2005, Carrasco et al. 2014, García & Jiménez 2003, Munné et al. 2003, Posada & Arroyave 2015, Suárez et al. 2002).

Factores fisicoquímicos.- En la Tabla 5 se muestran los valores medios de los parámetros fisicoquímicos tomados para cada punto de muestreo y cuenca. Se puede observar que la temperatura, la conductividad eléctrica y la salinidad (en tres de las cuencas) aumentan al descender desde el PNYCh hasta la zona media y luego a la zona baja en la zona de amortiguamiento, mientras que el Oxígeno disuelto en general disminuye y el pH, y profundidad se mantienen variables. En ninguno de los puntos de muestreo se observó turbidez en el agua.

Tabla 5. Valores medios de los parámetros fisicoquímicos tomados para cada punto de muestreo. PNYCH: Parque Nacional Yanachaga Chemillén; ZA PNYCH: Zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yanachaga Chemillén

Cuenca	Punto de muestreo	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS)	Salinidad (ppt)	pH	Turbidez (NTU)	Profundidad (cm)
Chacos (Llamaquizú)	Zona Alta (PNYCH)	13.3	8.59	39.0	0	6.3	0	20.7
	Zona media (ZA PNYCH)	15.3	8.36	69.2	0	6.2	0	20.3
	Zona baja (ZA PNYCH)	17.7	7.89	135.9	0.1	6.0	0	24.3
Yanachaga	Zona Alta (PNYCH)	13.5	8.51	14.9	0	5.5	0	23.7
	Zona media (ZA PNYCH)	13.6	9.05	52.1	0	6.0	0	37.7
	Zona baja (ZA PNYCH)	15.8	8.47	96.2	0.1	6.2	0	22.3
San Daniel	Zona Alta (PNYCH)	13.8	7.26	36.5	0	6.0	0	14.0
	Zona media (ZA PNYCH)	15.6	7.75	28.6	0	6.5	0	66.0
	Zona baja (ZA PNYCH)	16.8	7.41	87.3	0.1	6.5	0	33.0
San Luis	Zona Alta (PNYCH)	13.1	7.27	65.1	0	6.0	0	22.3
	Zona media (ZA PNYCH)	14.7	7.65	61.8	0	6.5	0	21.7
	Zona baja (ZA PNYCH)	17	7.29	80.2	0	6.5	0	33.3
Navarra	Zona Alta (PNYCH)	12.9	8.46	7.2	0	5.7	0	16.0
	Zona media (ZA PNYCH)	14.4	7.91	8.5	0	6.0	0	23.7
	Zona baja (ZA PNYCH)	17.2	7.68	69.6	0	5.7	0	44.7
Quillazú	Zona Alta (PNYCH)	13.2	8.70	31.2	0	6.5	0	24.7
	Zona media (ZA PNYCH)	15.2	7.43	40.5	0	6.5	0	27.7
	Zona baja (ZA PNYCH)	16.3	7.20	54.2	0	6.0	0	33.0
San Alberto	Zona Alta (PNYCH)	12.5	8.72	48.5	0	7.4	0	42.0
	Zona media (ZA PNYCH)	16.0	8.70	42.5	0	7.1	0	38.0
	Zona baja (ZA PNYCH)	16.5	9.31	55.0	0.1	7.2	0	28.5

Macroinvertebrados.- Se identificaron y contabilizaron 179 taxa pertenecientes a 66 familias y 14 órdenes de macroinvertebrados durante toda la evaluación (Apéndice 1). En general la riqueza de familias y géneros variaron entre las tres zonas en cada muestra y entre cuencas, en algunos casos aumentando y en otros disminuyendo al descender en las cuencas (Apéndice 1). En las cuencas Llamaquizú, San Luis y San Alberto el número de taxa y familias disminuyó desde la cuenca alta, a la media y a la baja lo cual coincide con una disminución de los índices Qbr-And e IHF. Mientras que en las cuencas San Daniel, Navarra, Quillazú y Yanachaga el número de taxa y familias aumentó en la zona media o en la zona baja. En el caso de estas últimas cuencas la respuesta de los macroinvertebrados no responde directamente a la modificación del cambio en el hábitat fluvial y de hábitat ribereño.

Riqueza.- Los órdenes con mayor diversidad en términos de riqueza de macroinvertebrados para todas las zonas y cuencas evaluadas se detallan en la Tabla 6. En todas las zonas altas de todas las cuencas el orden más diverso en términos de riqueza de taxa fue Trichoptera (27.1 – 34.4%), luego Ephemeroptera (19.4 – 28.1%) en Llamaquizú y Navarra respectivamente y Diptera (21.3 – 37.3%) para San Daniel, San Luis, Quillazú, Yanachaga y San Alberto. En la mayoría de las zonas medias evaluadas el porcentaje de riqueza de macroinvertebrados de Ephemeroptera disminuyó excepto en San Daniel. Algo similar ocurrió con Trichoptera que disminuyó en casi todas las zonas medias excepto para Navarra y San Alberto. En las zonas bajas, el orden más diverso para las cuencas San Luis, Quillazú y Yanachaga fue Diptera (25.5-30.8%). Para la cuenca Llamaquizú fue Ephemeroptera (26.1%), mientras que Trichoptera para las cuencas Navarra y San Alberto (24.0 – 34.5%). En San Daniel, el porcentaje de riqueza más importante fue igual para Trichoptera y Diptera (23.1%).

Este cambio en la riqueza de la comunidad, especialmente de Trichoptera y Ephemeroptera a Diptera, en algunas cuencas desde la zona alta a la media y la baja, coincide con una disminución de las familias sensibles a la contaminación y un aumento de algunas tolerantes a la misma (ver Tabla 6).

Abundancia.- En la mayoría de las zonas altas evaluadas el porcentaje de abundancia de macroinvertebrados del orden Trichoptera fue el más alto (35.9 – 62.4%) excepto para las cuencas Yanachaga (Diptera 36.2%) y San Luis (Ephemeroptera 38.1%) (Tabla 7). En las zonas medias, el porcentaje de Trichoptera disminuyó en las cuencas Llamaquizú, San Daniel, Quillazú, Navarra y San Alberto pero aumentó en las otras cuencas. En Navarra y San Alberto, el orden Ephemeroptera fue el más alto (40.2 – 54.0%) y en Yanachaga fue Diptera. De manera general, el porcentaje del orden Diptera fue mayor en la zona media que en las otras zonas. El orden más abundante en las zonas bajas fue Ephemeroptera (29.6 – 56.7%) excepto en la cuenca Llamaquizú y en San Luis (Trichoptera).

Al contrario de lo esperado, pareciera que las condiciones de aumento de temperatura y conductividad en las partes bajas de las cuencas, probablemente condi-

cionados por una disminución en la cobertura vegetal y el aumento de algunas condiciones fisicoquímicas habrían favorecido a algunas familias y taxa que fueron más abundantes (Tabla 7).

Calidad de agua.- De acuerdo a la evaluación realizada en cada cuenca y zona, se presentan los índices de calidad de agua IBA, el BMWP-Col y FBI (Tabla 8).

El IBA mostró que todos los puntos evaluados presentaron un nivel de calidad de agua “Muy bueno” de acuerdo la presencia de las familias identificadas como sensibles para este índice. En algunos casos, los valores de IBA fueron mayores al descender por la cuenca, lo cual coincide con un aumento de la cantidad de familias de macroinvertebrados y una disminución de familias en general, coincide con una disminución de los valores de IBA para cada cuenca. Por otro lado, el BMWP-Col mostró que la mayoría de las zonas evaluadas presentaron una calidad de agua desde “Muy limpia” a “Limpia”, no detectándose una calidad más baja para ningún sitio. Por último, el FBI mostró que para la mayoría de sitios evaluados la calidad fue de “Excelente a Bueno” y solo en la parte media y baja de la cuenca San Alberto la calidad bajó a “Moderado”.

Waggoner (2006), realizó un estudio algunas de estas cuencas y utilizó el índice FBI para evaluar la calidad del agua, mostrando una relación del 21 al 57% con respecto a la conservación del bosque de las cuencas, bosque ribereño y el hábitat de los arroyos. Al respecto, debemos destacar que el índice FBI fue desarrollado para los Estados Unidos y no distingue entre cambios de especies dentro de las familias consideradas en otras regiones del mundo. Esto fue señalado por Rizo Patrón (2003), quien observó en zonas de arrozales contaminadas con plaguicidas y nutrientes, algunas especies de Trichoptera y Ephemeroptera (*Neotrichia* sp. y *Caenis* sp.) que suelen ser sensibles a la contaminación. En cambio, el IBA fue desarrollado para la zona Andina de Ecuador y Perú, por lo cual las familias consideradas incluyen especies de la región (Acosta et al, 2009). Mientras que, el índice BMWP-Col fue adaptado para Colombia (Roldan 2003), por lo cual considera especies dentro de las familias que pueden ser compartidas con Perú.

En el presente trabajo, se han encontrado un total de 66 familias, variando entre un mínimo de 31 y un máximo de 41 en un solo muestreo en las diferentes cuencas, en comparación con las 8 a 31 familias en cada muestreo, colectadas en todo el estudio de Waggoner (2006). Comparando ambos estudios consideramos que nuestros índices han sido más altos y la calidad del agua según el IBA y el BMWP-Col en casi todos los puntos ha sido “Muy buena” y “Muy limpia” debido a la mayor presencia de familias en los puntos de muestreo. Incluso el FBI que no considera a todas las familias encontradas en el presente estudio ha mostrado calidad “Excelente” a “Buena”, y solo en dos casos calidad “Moderada”.

Tabla 6. Riqueza de macroinvertebrados en % para cada orden colectado en cada zona de cada cuenca. ZA: zona alta; ZM: zona media; ZB: zona baja.

Clase/ Orden	Llamaquizú			San Daniel			San Luis			Navarra			Quillazú			Yanachaga			San Alberto		
	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB
Hemiptera			2.2	4.3	3.7	3.8		3.6	1.9		2.4	2.0		2.9	2.1		2.3	2.0		3.6	
Lepidoptera	5.6	5.4	6.5				1.7	5.4	1.9		2.4	6.0		1.4					3.0	1.8	
Ephemeroptera	19.4	14.3	26.1	12.8	18.5	19.2	18.6	10.9	15.4	28.1	11.9	16.0	12.0	10.0	12.8	17.5	10.5	20.9	10.1	7.8	10.9
Odonata				2.1						3.1	2.0		1.4	2.1	2.5						
Coleoptera	19.4	25.0	10.9	14.9	18.5	19.2	11.9	29.1	19.2	18.7	11.9	20.0	24.1	20.0	23.4	17.5	31.6	23.3	17.2	18.2	10.9
Plecoptera	2.8	1.8	2.2	2.1	3.7	3.8	1.7	1.8	1.9	3.1	2.0		1.7	1.4	2.1	2.5	2.6	2.3	1.0	1.3	1.8
Megaloptera		1.8		2.1	3.7	3.8	1.7	1.8	1.9					1.4	2.1		2.3		1.3	1.8	
Trichoptera	33.3	28.6	23.9	34.0	22.2	23.1	27.1	25.4	26.9	34.4	40.5	24.0	31.0	20.0	23.4	27.5	18.4	23.3	32.3	33.8	34.5
Diptera	16.7	21.3	23.9	21.3	25.9	23.1	37.3	14.5	30.8	12.5	26.2	22.0	29.3	28.6	25.5	27.5	34.2	25.6	30.3	27.3	23.6
Collembola	2.8			2.1										1.4					2.0	1.3	
Acari/Acarina			2.2	2.1				3.6			2.0		1.7	4.3	4.3		2.6		1.0	6.5	9.1
Amphipoda		1.79	2.17	2.13							2.38	2.00		1.43		2.50				1.30	
Isopoda																				1.30	
Turbellaria				3.70	3.85			3.64			2.38	2.00		1.43	2.13	2.50					

Tabla 7. Abundancia de macroinvertebrados en % para cada orden colectado en cada zona de cada cuenca. ZA: zona alta; ZM: zona media; ZB: zona baja.

Orden	Llamaquizú			San Daniel			San Luis			Navarra			Quillazú			Yanachaga			San Alberto		
	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB
Hemiptera			0.2	1.0	0.7	0.3		0.2	0.5		0.7	0.1		0.6	0.9		0.3	0.1		0.03	
Lepidoptera	1.7	0.7	2.4				0.1	0.1	0.1		0.4	1.2		0.2					0.04	0.02	
Ephemeroptera	10.2	30.0	30.8	15.0	41.3	52.8	38.1	10.9	30.0	39.7	40.2	55.8	21.2	23.5	44.1	32.5	31.9	29.6	28.5	54.0	56.7
Odonata				0.3						0.1	0.3		0.1	0.2	1.2				0.03	0.02	
Coleoptera	10.0	7.2	0.6	3.1	3.2	4.6	4.2	17.6	3.3	4.5	9.3	5.0	19.7	13.3	12.5	4.6	8.3	8.7	3.3	0.4	0.3
Plecoptera	2.9	2.8	1.8	1.6	0.2	6.03	6.4	3.4	1.9	1.1		0.1	2.4	1.8	0.7	1.7	4.8	17.4	1.1	0.1	0.1
Megaloptera		0.4		0.3	0.9	0.4	0.1	0.1	0.4					0.5	0.5		0.3		0.04	0.03	
Trichoptera	62.4	36.3	48.8	44.6	45.9	27.3	34.3	56.2	54.3	51.4	13.2	22.1	35.9	33.0	23.2	23.2	25.1	26.1	49.8	4.7	5.5
Diptera	12.6	22.6	14.9	33.1	6.7	8.2	16.8	10.2	9.4	3.2	35.9	14.6	20.6	24.7	17.1	36.2	29.7	17.4	17.1	40.6	36.8
Collembola	0.2			0.3										0.1					0.04	0.01	
Acari/acarina			0.1	0.3				0.2			0.1		0.2	0.5	0.7		0.3		0.01	0.1	0.6
Amphipoda		0.06	0.03	0.5							0.2	0.4		0.5		0.3				0.02	
Turbellaria				0.9	0.4			0.2			0.2	0.3		1.1	0.2	0.3					

Tabla 8. Valores de los índices IBA, BMWP-Col y FBI para cada cuenca y zona evaluada y los colores de referencia cuando corresponde. ZA: zona alta; ZM: zona media; ZB: zona baja.

	Llamaquizú			San Daniel			San Luis			Navarra			Quillazú			Yanachaga			San Alberto		
	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB
IBA	101	97	118	114	96	111	117	126	117	86	98	117	116	145	111	122	99	150	153	123	102
BMWP-Col	154	159	156	192	129	142	174	192	184	130	150	169	149	189	148	163	140	155	243	177	149
FBI	3.75	3.8	3.9	4.31	3.7	3.1	3.36	3.3	3.3	3.36	5	4.1	4.17	4.6	4.1	4.93	4.5	3.54	4.37	5.3	5.32

Combinando los resultados del IBA con el Qbr-And se puede obtener el índice de Estado Ecológico Andino (ECOSTRIAND) según se detalla (Tabla 2). Para el caso de las cuencas evaluadas y sus zonas e muestreo, los resultados del índice ECOSTRIAND se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Índices ECOSTRIAND para cada cuenca y zona evaluada. ZA: zona alta; ZM: zona media; ZB: zona baja.

Cuenca/Zona	ZA	ZM	ZB
San Daniel	Muy bueno	Bueno	Bueno
Quillazú	Muy bueno	Bueno	Bueno
Navarra	Muy bueno	Bueno	Regular
Yanachaga	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
San Luis	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
Llamaquizú	Muy bueno	Bueno	Bueno
San Alberto	Muy bueno	Muy bueno	Regular

La disminución de los índice IHF y Qbr-And en la calidad del estado del ecosistema, de “Muy bueno” a “Bueno” o “Regular” en casi todas las cuencas, coincide con lo encontrado en diferentes trabajos en los cuales una disminución de la cobertura nativa en las márgenes implica que la calidad del agua disminuye en términos de materiales y químicos que llegan al agua, degradación de cauces, contaminación por heces de animales domésticos y aumento de la escorrentía hacia el cuerpo de agua colindante a la zona degradada (Acosta et al. 2009, Basílico et al. 2016, Etchebarne 2010, Fernández et al. 2009, Meza et al. 2016, Prat et al. 2009, Suárez et al. 2002). La información obtenida por estos índices es de gran importancia y deberían ser considerados en la elaboración de las reglamentaciones para la protección del bosque ribereño.

Es importante mencionar que a pesar que el índice biótico andino fue muy bueno para todas las cuencas y en todos los puntos, es evidente que la calidad del hábitat acuático y ribereño se ha modificado a “Bueno” fuera del PNYCh en algunas cuencas medias y a “Regular” en dos cuencas en la parte baja. Es posible que esta modificación del ambiente acuático y vegetación circundante no haya sido suficiente como para afectar a la comunidad de macroinvertebrados como un todo de forma evidente en la época evaluada. De acuerdo a Roldan (2003 y 2016), las fluctuaciones de contaminación en algunos sitios pueden no ser lo suficientemente fuertes o persistentes como para provocar un cambio significativo en la estructura y composición de la comunidad. Sin embargo, si estas condiciones persisten en el tiempo esto se puede traducir en un cambio de la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados en el futuro.

La estimación del índice ECOSTRIAND, el producto final del protocolo C.E.R.A, indica que la calidad ecológica de cada sitio de muestro varió de acuerdo a la zona de muestreo. Todos los puntos dentro del PNYCh

y la cuenca media de Yanachaga, San Luis y San Alberto presentaron los valores más altos indicando un estado “muy bueno” del ecosistema. Mientras que el mismo índice mostró que el ecosistema tiene un estado bueno, excepto para la cuenca baja de Navarra y San Alberto, en el cual el estado ha sido regular. Es importante mencionar que el índice muestra la calidad del hábitat ribereño, acuático y la condición de las comunidades de macroinvertebrados en el momento de la evaluación. El aspecto integral del índice permite que sea utilizado para un sistema de monitoreo de todas estas condiciones a lo largo del tiempo y en diferentes cuencas. Asimismo, permitiría establecer áreas prioritarias para la reforestación o restauración cuando aplique, determinando aquellas zonas críticas en las que el ecosistema boscoso nativo se haya eliminado casi o totalmente de la zona ribereña. El presente trabajo permite establecer que todos los sitios dentro del PNYCh pueden ser considerados como sitios de referencia, los cuales presentan un nivel de interferencia mínima y que en este caso pueden ser utilizados para medir el grado de disturbios en comparación con los otros puntos de muestreo y determinar acciones de protección e identificar sitios para realizar actividades de restauración.

Por otro lado, algunas de las condiciones fisicoquímicas también han variado al bajar por las cuencas evaluadas. La conductividad ha aumentado en casi todas las cuencas al salir del PNYCh, probablemente por un aumento en la afluencia de nutrientes o sedimentos lavados por las lluvias desde los cultivos. Plamondon et al. (1991), encontraron en tres microcuencas dentro de la cuenca San Alberto, un aumento en la concentración de sólidos disueltos significativamente mayor en los sitios adyacentes a terrenos con pasturas y zonas mixtas (pastos, bosque y cultivos) que en los sitios con bosque solamente. Por otro lado, la temperatura puede variar por la diferencia de altura, sin embargo la deforestación ribereña abre claros en el bosque y una mayor cantidad de radiación solar llega a los arroyos, produciendo un aumento de la temperatura. Este aumento de la temperatura puede afectar además a la concentración de oxígeno disuelto en agua, generando una menor capacidad de almacenar este gas (Roldán 2003). Esto coincide con lo encontrado por Plamondon et al. (1991), en donde las temperaturas en los arroyos colindantes con zonas con pastos y zonas mixtas, fueron mayores que en las zonas cubiertas completamente por el dosel del bosque nativo. Por otro lado, Lindell et al. (2010) encontraron en otras cuencas de la región amazónica una alta correlación entre la cobertura de bosque y la concentración de potasio y otros aniones y cationes en los arroyos cercanos debido a la deforestación y quema de madera.

Identificación de bioindicadores.- De acuerdo a los grupos encontrados y a los valores del IBA se ha generado una lista de familias de macroinvertebrados indicadores de la calidad del agua para las cuencas evaluadas (Tabla 10).

Tabla 10. Lista de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua identificados para las siete cuencas evaluadas y su valor de IBA de acuerdo a su tolerancia a la contaminación.

Familia	valor IBA
Leptophlebiidae	
Perlidae	
Helicopsychidae	
Anomalopsychidae	
Calamoceratidae	IBA 10
Odontoceridae	
Athericidae	
Blephariceridae	
Oligoneuriidae	
Gomphidae	
Leptoceridae	
Polycentropodidae	IBA 8
Hydrobiosidae	
Philopotamidae	
Xiphocentronidae	
Leptohyphidae	IBA 7
Glossosomatidae	
Hyalellidae	
Hydroptilidae	IBA 6
Libellulidae	

Protección del bosque ribereño y legislación en el Perú

Los beneficios de los bosques ribereños son diversos incluyendo el frenado o atenuación de los desbordes del río, estabilización de laderas, amplitud de la franja marginal para protección y frenado de sedimentos gracias a las raíces entre otras. (Blanco 2017, Hamilton et al. 2009, Gergel et al. 2002).

Sin embargo, en el Perú actualmente no existe una protección legal explícita para los bosques ribereños y por ende no se encuentra una regulación específica. A nivel del marco legal forestal, Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Ley N.º 27308), vigente hasta el 2011, hacía referencia a los bosques ribereños como parte de los bosques en tierras de protección, al señalar que estos son: "Superficies que por sus características bióticas y abióticas sirven fundamentalmente para preservar los suelos, mantener el equilibrio hídrico, conservar y proteger los bosques ribereños orientados al manejo de cuencas para proteger la diversidad biológica y la conservación del ambiente". Dentro de estas áreas se promueven los usos indirectos como: "el ecoturismo, la recuperación de la flora y fauna silvestre en vías de extinción y el aprovechamiento de productos no maderables."

Sin embargo, en la vigente Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Ley N.º 29763), cuando se refiere a los bosques en tierras de protección, pudiendo ser ahora entendido como bosques protectores, no se hace referencia a los bosques ribereños específicamente, pero sí menciona lo siguiente:

Los bosques protectores se establecen sobre bosques de categoría III en zonas de producción permanente

o bosques residuales o permanentes en zonas de tratamiento especial, para la conservación de cuencas y fuentes de agua, suelos y hábitats críticos, en los que se permite actividades productivas forestales y de fauna silvestre que no conlleven la pérdida de las funciones de protección.

Es decir, que para su establecimiento, el Estado realiza la evaluación del impacto ambiental y la consulta a la población que se pueda afectar con dicho establecimiento. Procede del Estado, el otorgamiento de concesiones de conservación, de ecoturismo, de aprovechamiento de productos forestales diferentes a la madera, y de manejo de fauna silvestre, así como la extracción para consumo local o de subsistencia.

Aún así, aunque no se refiera expresamente a "bosques ribereños", sí podemos identificar cierto nivel de protección que puede estar asociado a ellos. Tal es así que, el artículo 38º de la ley vigente establece que:

cuando se disponga el uso de tierras de capacidad de uso mayor para cultivo en limpio o cultivos permanentes con cobertura forestal actual... en cada predio o unidad productiva se reserva un mínimo del treinta por ciento de la masa boscosa existente en tierras de aptitud agrícola, además de la obligación de mantener la 'vegetación ribereña o de protección'.

De manera similar, el Reglamento para la Gestión Forestal (DS N.º 018-2015-MINAGRI), cuando regula la autorización de cambio de uso actual en tierras de dominio público y en predios privados (artículos 122 y 124), al establecer que se deberá mantener obligatoriamente la vegetación ribereña o de protección.

En el marco legal sobre recursos hídricos, Ley de Recursos Hídricos (Ley N.º 29338) concibe a la vegetación ribereña como un bien natural asociada al agua, sin mayor profundización al respecto. En tanto que en su Reglamento (DS N.º 001-2010-AG) se refiere a la vegetación ribereña como una defensa viva, esto es: "la vegetación natural que se desarrolla en las riberas y márgenes de los álveos, así como la sembrada por el hombre para procurar su estabilización".

Como se podría observar, a nivel del régimen legal de recursos hídricos no existiría una protección específica para los bosques ribereños/vegetación ribereña, mientras que a nivel del régimen forestal sí. Sin embargo, de una interpretación sistemática de ambos marcos legales, sí podríamos encontrar cierto grado de protección referida a los bosques ribereños/vegetación ribereña más allá de la establecida en los artículos 122 y 124 del Reglamento para la Gestión Forestal. Y esto debido a que dichos artículos, para la autorización del cambio de uso, su evaluación considera como uno de los criterios la protección de fajas marginales de los ríos que contienen vegetación ribereña o de protección, es decir, las fajas marginales pueden contener a la vegetación ribereña.

Pudiendo llegar a estar comprendidos dentro de las fajas marginales, y siendo estas de dominio público hidráulico conforme a lo establecido en el artículo 113

del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, gozan de protección legal al encontrarse prohibidas el uso de las fajas marginales para fines de asentamiento humano, agrícola u otra actividad que las afecte.

Aunado a ello, el Art. 118 menciona que: “la Autoridad Administrativa del Agua, en coordinación con el Ministerio de Agricultura, gobiernos regionales, gobiernos locales y organizaciones de usuarios de agua promueven el desarrollo de programas y proyectos de forestación en las fajas marginales para su protección de la acción erosiva de las aguas”.

A nivel latinoamericano, por ejemplo, Chile es uno de los países que ha contemplado dentro de su régimen legal la protección de las zonas ribereñas desde el año 1931 con el Decreto N° 4.363, el cual establecía diversos supuestos en donde se prohibía la tala de bosques cerca de zonas ribereñas (Gayoso & Gayoso 2003) o el Decreto N° 82 de 2011, sobre el Reglamento de suelos, aguas y humedales de la Ley N° 20.283, el cual define zonas de protección y actividades que prohíben la eliminación o menoscabo de la vegetación asociada a cauces y cuerpos de agua (Romero et al. 2014). Sin embargo, el mismo autor comenta que “La legislación en Chile identifica zonas ribereñas asociadas con la función de protección, pero tiene debilidades en cuanto a la ausencia del concepto de “restauración” (Romero et al. 2014, p: 10).

Por otro lado, en Costa Rica, en el artículo 33 de la Ley Forestal (Ley 7575), se han establecido diversas áreas de protección, siendo las de interés para el presente trabajo las referidas a las áreas que bordeen nacientes permanentes, las que se encuentren en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, aquellas ubicadas en las riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos o embalses artificiales construidos por el Estado y sus instituciones, cada una dentro de un ancho mínimo.

En Colombia, de acuerdo con el decreto 1449 de 1977, son consideradas: “áreas forestales protectoras los 100 m alrededor de los nacimientos de fuentes de agua y una franja de al menos 30 m a partir de la cota máxima de inundación de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua”. Mientras que de acuerdo al con el artículo 204 del Decreto 2811 de 1974, del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente: “deben ser conservadas permanentemente con bosques naturales o plantados para la protección de los recursos naturales renovables” (Posada & Arroyave 2015).

Gayoso y Gayoso (2003), realizaron una revisión de los anchos mínimos de seis países diferentes y algunos de sus estados, en las cuales se mencionan anchos mínimos de acuerdo al tipo de río, tipo de cauce, orden del río, tipo de uso, (doméstico o cría de peces), pendiente, zona de reserva y tipo de ecosistema. En algunos casos, se limita todo tipo de intervención o alteración, mientras que la otra permite intervenciones selectivas aunque se restringe el tránsito de equipos, construcción de caminos y alteración del suelo. Todas las zonas de protección

consideran al menos 10 a 15 m de ancho mínimo dependiendo del tipo de uso, tipo de curso de agua, orden del río, la pendiente de la zona ribereña y el ancho del cauce del río. Estas normas no solo afectan al sector forestal sino que aplica para el sector agrícola y de desarrollo urbano.

De lo anteriormente mencionado, podemos identificar que en nuestro régimen legal nacional, no ha habido una profundización sobre las acciones concretas en lo referente a los bosques o vegetación ribereña, más allá de la prohibición de actividades o de la obligación de conservar o mantenerla. Así por ejemplo, no se ha determinado cuál es el ancho mínimo de protección, o si esto variaría dependiendo del contexto geográfico o zona de protección del área (como las áreas naturales protegidas, áreas de conservación regional o áreas de conservación privada o predios privados). Es por ello que resulta necesario que desarrollen mayores estudios a nivel técnico, los cuales servirán para sustentar posteriormente las dimensiones de protección legal que tendrán estos ecosistemas.

Sin embargo, es preciso indicar que se podría encontrar un interesante avance en el Perú en cuanto al desarrollo de proyectos de infraestructura verde o también conocidos como infraestructura natural, lo cual puede entenderse como aquella red de espacios naturales que conservan los valores y funciones de los ecosistemas, proveyendo servicios ecosistémicos (Ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático), aunque bajo el enfoque de riesgos de desastres, conforme a lo establecido en los Lineamientos para la incorporación de criterios sobre infraestructura natural y gestión del riesgo, dentro del contexto de cambio climático y en el marco de la reconstrucción con cambios, aprobados por DS N° 017-2018-MINAM. Si bien, el desarrollo de aquel tipo de infraestructura natural no se limitaría exclusivamente a las zonas ribereñas, sí puede resultar de interés su aplicación, toda vez que dentro de las medidas que pueden contribuir a la sostenibilidad de las intervenciones que se lleguen a realizar por parte del Estado, se encuentran la reforestación con especies nativas y revegetación con especies nativas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, es evidente que luego de salir del área protegida la calidad del ecosistema ribereño y el hábitat acuático en todas las cuencas evaluadas sufrieron cambios producto de disturbios antrópicos. Las consecuencias de estos cambios deberían estar contempladas en la legislación actual, para lograr una reducción real en la tasa de cambio del uso del suelo de las cuencas de interés hídrico. De esta forma, es necesario que se evalúe la reformulación de la regulación actual incidiendo específicamente en la protección de los bosques ribereños y el establecimiento de un ancho mínimo dependiendo del ancho del río, como en otros países que si consideran estos aspectos. Además, se sugiere tener en cuenta el tipo de uso del suelo, pendiente del terreno, tipo de curso de agua y temporalidad y el ancho del río. El establecimiento de un ancho mínimo permitirá establecer zonas de

protección y zonas de reforestación/restauración de los ecosistemas ribereños, como una herramienta concreta de manejo de las zonas ribereñas y a asimismo la protección de la calidad del agua de los recursos acuáticos asociados en el Perú.

Literatura citada

- Acosta R, Ríos B, Rieradevall M, et al. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (C.E.R.A) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica* 28 (1): 35-64. <https://doi.org/10.23818/limn.28.04>
- Arcos I, Jiménez F, Harvey C, et al. 2005. Efecto del ancho del bosque ribereño en la calidad del agua en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras. *Recursos Naturales y Ambiente* 48: 29-34. <http://hdl.handle.net/11554/6122>
- Armitage PD, Moss D, Wright JF, et al. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water research*, 17(3), 333-347. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(83\)90188-4](https://doi.org/10.1016/0043-1354(83)90188-4)
- Basílico GOL, De Cabo, et al. 2016. Adaptación de índices de calidad de agua y de riberas para la evaluación ambiental en dos arroyos de la llanura pampeana. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie* 17(2): 119-134.
- Beschta RL, Bilby RE, et al. 1987. Stream temperature and aquatic habitat: fisheries and forestry interactions. *Streamside Management: Forestry and Fishery Interactions*. Salo E.O.T.W. Cundy, Institute of Forest Resources, University of Washington 191-232.
- Blanco JA. 2017. Bosques, suelo y agua: explorando sus interacciones. *Revista Ecosistemas* 26(2): 1-9. <http://dx.doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-2.01>
- Bonada N, Prat, N, et al. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annual Review of Entomology*, 51(1), 495-523. <http://dx.doi:10.1146/annurev.ento.51.110104.151124>
- Carrasco S, Huienstein E, et al. 2014. Evaluación de la calidad de vegetación ribereña en dos cuencas costeras del sur de Chile mediante la aplicación del índice QBR, como base para su planificación y gestión territorial. *Gayana Botánica*. 71(1): 1-9. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432014000100002>
- Cummins KW, Merritt RW. 1996. Ecology and distribution of aquatic insects. An introduction to the aquatic insects of North America. Merritt R.W.K.W. Cummins. Dubuque, Iowa, USA, Kendall/Hunt Publishing Company: 74-86.
- D.O.C.E. 2000. Water Framework Directive. 2000/60/EC. OJL 327/1 Diciembre 22, 2000.
- Domínguez E, Fernandez H. 2009. Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos: Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán.
- DS N° 018-2015-MINAGRI. 2015. Aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal. 30 de septiembre de 2015. El Peruano, Normas Legales: 562528-562571
- DS N° 017-2018-MINAM. 2018. Aprueban los Lineamientos para la incorporación de criterios sobre infraestructura natural y gestión del riesgo en un contexto de cambio climático, en el marco de la reconstrucción con cambios. 30 de diciembre de 2018, El Peruano, Normas Legales, págs: 14-15
- Echevarria MO, Roman MA. 2019. Evaluación multitemporal del cambio de uso y cobertura de suelo con imágenes geoespaciales en el distrito de Oxapampa, Perú 2014-2019. Tesis para optar por el grado de Bachiller en Ing. Ambiental. Facultad de ingeniería y arquitectura. Universidad Peruana Unión.
- Etchebarne V. 2010. Calidad de agua y de la zona ribereña en sistemas lóticos de regiones ganaderas extensivas y lecheras de la cuenca del Río Santa Lucía., Universidad de la República. Tesis de grado para Licenciado en Ciencias Biológicas, Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/1622>
- Fernández L. 2002. Uso de insectos acuáticos como bioindicadores de la calidad de agua de ríos utilizados por beneficios de café en la provincia de Alajuela, Costa Rica. Tesis, Licenciatura. Escuela de Biología. Universidad de Costa Rica. Licenciatura, 69pp.
- Fernández L, Rau J, et al. 2009. Calidad de la vegetación ribereña del río Maullín (41 28'S; 72 59'O) utilizando el índice QBR. *Gayana. Botánica* 66(2): 269-278. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432009000200011>
- Fisher SG, Likens GE. 1973. Energy flow in Bear Brook, New Hampshire: an integrative approach to stream ecosystem metabolism. *Ecological Monographs* 43: 421-439. <http://dx.doi.org/10.2307/1942301>
- Galeano-Rendón E, Monsalve-Cortes LM, Mancera-Rodríguez N J. 2017. Evaluación de la calidad ecológica de quebradas Andinas en la cuenca del Río Magdalena, Colombia. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 413-424. <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.398>
- Gamarra Y, Restrepo R, Cerón-Vivas A, et al. 2018. Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá), Colombia. *Biota Colombiana*, 18(2), 11-29. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/34228>
- García LA, Jiménez F. 2003. Efectos del bosque ribereño y de las actividades antrópicas en las características físico-químicas y en poblaciones de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del río Tascalapa, Honduras. *Recursos Naturales y Ambiente* 48: 35-46. <https://hdl.handle.net/11554/6130>
- Gayoso J, Gayoso S. 2003. Diseño de zonas ribereñas. Requerimiento de un ancho mínimo. Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile. https://www.uach.cl/externos/epicforce/pdf/guias%20y%20manuales/guias_proforma/DISENO_DE_ZONAS_RIBERENAS.pdf
- Gergel SE, Turner MG, Miller JR, et al. 2002. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. *Aquatic sciences*, 64(2): 118-128. <https://doi.org/10.1007/s00027-002-8060-2>
- Hamilton LS, Dudley N C, et al. 2009. Los bosques y el agua, FAO. 155.
- Hilsenhoff WL. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7(1): 65-68. <https://doi.org/10.2307/1467832>
- INRENA. 2005. Plan maestro 2005-2009. Parque Nacional Yanachaga Chemillén. IANP. Lima, INRENA: 225.
- INRENA. 2008. Plan de uso público de Parque Nacional Yanachaga-Chemillén. IANP. Lima : 188.

- Kutschker A, Brand C, et al. 2009. Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología Austral* 19(1): 19-34. http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/333/136
- Lindell L, Åström M, Öberg T. 2010. Land-use change versus natural controls on stream water chemistry in the Subandean Amazon, Peru. *Applied Geochemistry*, 25(3), 485-495. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2009.12.013>
- Llerena PCA, Espezuía RMHA, Bermúdez LML. 2008. Plantaciones forestales, agua y gestión de cuencas. *Debate agrario*, 42, 79-110.
- Ley N° 7575. 1996. Ley Forestal. La Gaceta N°72, Alcance N°21, Costa Rica, 16 de abril de 1996. págs 1-8
- Ley N° 27308. 2000. Ley forestal y de fauna silvestre. El Peruano N° 7328, 16 de julio de 2000, págs. 190283-190289.
- Ley N° 29338. 2009. Ley de Recursos Hídricos. El Peruano, Normas Legales, 31 de marzo 2009, págs 393473-393486.
- Ley N° 29763. 2011. Ley Forestal y de Fauna Silvestre. El Peruano, Normas Legales, 22 de julio de 2011, págs 446980-447004.
- Ley N° 30754. Marco sobre Cambio Climático. BEI Peruano, Normas Legales, 18 de abril de 2018, págs 3-9
- Mafla MH. 2005. Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca - Costa Rica. Macroinvertebrados (BMWP - CR -Biological Monitoring Working Party) y Hábitat (SVAP -Stream Visual Assessment Protocol). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.
- Merritt RW, Cummins KW. 1996. Trophic relations of macroinvertebrates. *Methods in stream ecology*. Hauer F.R.G.A. Lamberti. San Diego, USA, Academic Press, Inc.: 453-474.
- Metcalf JL. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. *Environmental Pollution* 60(1-2): 101-139. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(89\)90223-6](https://doi.org/10.1016/0269-7491(89)90223-6)
- Meza JRY, Lopez RS, Chuquizuta LA. 2016. Evaluación de la calidad ecológica del agua en las microcuencas de Chinata y Gocta, cuenca media del río Utcubamba, región Amazonas. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*. 1(1):14-28. <https://doi.org/10.25127/indes.201301.002>
- MINAE-S (Ministerio de Ambiente y Energía). 2007. Decreto N° 33903. Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de aguas superficiales. San José, Costa Rica: La Gaceta 178pp.
- MINAM (Ministerio de Ambiente). 2012. Inventario y evaluación del patrimonio natural en los ecosistemas de selva alta. Parque Nacional Yanachaga Chemillén. SER-NANP. Lima, MINAM: 140pp.
- Munné A, Prat N, Solà C, et al. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 13(2):147-163. <https://doi.org/10.1002/aqc.529>
- MPO (Municipalidad Provincial de Oxapampa). (2010). Plan de Desarrollo Concertado de la Provincia de Oxapampa 2009-2021. 288pp. https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/12163/PLAN_12163_Plan%20Desarrollo%20Concertado%20de%20la%20Provincia%20de%20Oxapampa%20-Parte%201_2013.pdf
- Ordóñez Arízaga MV. 2011. Influencia del uso del suelo y la cobertura vegetal natural en la integridad ecológica de los ríos altoandinos al noreste del Ecuador. Tesis de Licenciatura. Quito: USFQ.
- Palma A, Figueroa R, Ruiz VH. 2009. Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *Gayana (Concepción)*. 73(1):57-63. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382009000100009>
- Pardo I, Alvarez M, Casas J, et al. 2002. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica* 21(2): 115-134. <http://www.limnetica.net/documentos/limnetica/limnetica-21-2-p-115.pdf>
- Pennak RW. 1978. Fresh water invertebrates of the United States. Wiley-Interscience, New York. 803pp.
- Pennak RW. 1989. Freshwater invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca. John Wiley and Sons, Inc, New York, USA. 628pp.
- Perret C, Salcedo-Gustavson S, La Torre-Trinidad L, et al. 2017. Monitoreo en las Zonas de Interés Hídrico de la cuenca del río Chorobamba 2015-2017. Instituto del Bien Común (IBC), Oxapampa. Oxapampa, Perú. 31pp.
- Perret C. 2018. Usos y cobertura de la tierra en las Zonas de Interés Hídrico de la cuenca del río Chorobamba. Instituto del Bien Común (IBC), Oxapampa. Oxapampa, Perú. 10pp.
- Plamondon A, Ruiz RA, Morales CF, et al. 1991. Influence of protection forest on soil and water conservation (Oxapampa, Peru). *Forest Ecology and Management*, 38(3-4), 227-238. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(91\)90144-k](https://doi.org/10.1016/0378-1127(91)90144-k)
- Posada PMI, Arroyave MMdP. 2015. Análisis de la calidad del retiro ribereño el diseño de estrategias de restauración ecológica en el río La miel, Caldas, Colombia. *Revista EIA* 12(23):117-128. <http://dx.doi.org/10.14508/reia.2015.12.23.117-128>
- Prat N, Ríos B, Acosta R, et al. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. In: Domínguez E, Fernández HR (Eds). *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos*. Publicaciones Especiales. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán. Argentina
- Ríos-Touma B, Acosta R, Prat N. 2014. The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista Biología Tropical* 62(2):249-273. <https://doi.org/10.15517/RBT.V62I0.15791>
- Rizo-Patrón F, 2003. Estudio de los arrozales del Proyecto Tamarindo: agroquímicos y macroinvertebrados bentónicos en relación al Parque Nacional Palo Verde, Guanacaste, Costa Rica. Tesis de maestría (Magister Scientiae), Universidad Nacional, Heredia. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=oet.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=026429>
- Rizo-Patrón VF, Kumar A, McCoy Colton MB, et al. 2013. Macroinvertebrate communities as bioindicators of water quality in conventional and organic irrigated rice fields in Guanacaste, Costa Rica. *Ecological Indicators*. 29:68-78. <https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2012.12.013>
- Roldán GP. 1988. Guía Para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia (Colciencias. Universidad de Antioquia ed.): Fondo FEN Colombia. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

- Roldán GP. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 170pp.
- Roldán GP. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista Académica Colombiana Ciencias Exactas Físicas y Naturales*. 40(155): 254-274. DOI: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Romero FI, Cozano MA, et al. 2014. Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque (Valdivia)* 35(1): 3-12. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002014000100001>
- Salcedo SAG, Trama FA. 2014. Manual de identificación de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca San Alberto, provincia de Oxapampa, Perú, Chanchamayo, Perú. 116pp.
- Salcedo SAG, Cosme LA, et al. 2013. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad* 3(2). DOI: <http://dx.doi.org/10.18259/acs.2013016>
- Schade JD, Martí E, et al. 2002. Sources of nitrogen to the riparian zone of a desert stream: Implications for riparian vegetation and nitrogen retention. *Ecosystems* 5: 68-79. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0056-6>
- SERNANP. 2015. Plan Maestro 2015 - 2019. Parque Nacional Yanachaga Chemillén. SERNANP. Lima, SERNANP: 76.
- Suárez ML, Vidal-Abarca MR, Sánchez-Montoya MM, et al. 2002. Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. *Limnetica* 21(3-4):135-148. <http://hdl.handle.net/2445/32867>
- Teresa F, Casatti L. 2010. Importância da vegetação ripária em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. *Journal of Aquatic Sciences*. 5(3):444-453.
- Trama FA. 2014. Efecto de plaguicidas sobre macroinvertebrados bentónicos y calidad del agua, en cultivos de arroz del Bajo Piura. Tesis para optar por el grado de Dr. en Recursos Hídricos. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2085>
- Voelz N, McArthur J. 2000. An exploration of factors influencing lotic insect species richness. *Biodiversity and Conservation* 9: 1543-1570. <https://doi.org/10.1023/A:1008984802844>
- Waggoner L, 2006. Land Use Controls on Water Quality and Aquatic Ecosystems in the Andean Amazon, Peru. Master Science thesis, Florida Internat. Univ, Miami.

Agradecimientos / Acknowledgments:

A DRIS y al SERNANP por permitir la realización de la investigación al interior del Parque Nacional Yanachaga Chemillén por medio del Contrato de Administración existente en ese momento. A Marina Orruela Monteoliva, Montgomery Patrick Jefferson, Jenny Breen, Lauren Heys, Andy Martin y Nicola Yorke, por colaborar con el proceso de toma de muestras en algunos muestreos y separación inicial de macroinvertebrados en laboratorio.

Conflicto de intereses / Competing interests:

Los autores no incurrir en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

FAT: participó en la toma de datos en el campo, análisis de datos, interpretación de resultados y escritura del manuscrito; SASG: participó en la toma de datos en el campo, análisis de datos y escritura del manuscrito; LD: participó en el análisis de datos, elaboración de tablas y escritura del manuscrito; LEC: participó en el elaboración de tablas, análisis de datos y escritura del manuscrito; BAJP: participó en la escritura del manuscrito, FEMC: participó en la escritura del manuscrito, JRRA: participó en la gestión del proceso de toma de datos en campo y en la escritura del manuscrito y FLSRPV: participó en la toma de datos en el campo, análisis de datos, elaboración del mapa y escritura del manuscrito.

Fuentes de financiamiento / Funding:

DRIS por el financiamiento para la evaluación (Contrato de administración R.D Nº 013-2010-SERNANP-DGANP).

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

Los autores declaran no haber incurrido en aspectos antiéticos.

DRIS por medio del contrato de administración (Contrato de administración R.D Nº 013-2010-SERNANP-DGANP) otorgó el permiso para acceder a las distintas cuencas del parque nacional y fuera en las áreas de amortiguamiento los muestreos fueron realizados en los cursos de agua y en las carreteras aledañas. La misma organización coordinó la logística y movilidad a cada sitio de muestreo.

Apéndice 1. Presencia y abundancia de taxones de macroinvertebrados en cada zona de cada cuenca. ZA: zona alta; ZM: zona media; ZB: zona baja.

Cuenca Taxa/Zona	Llamaquizu			San Daniel			San Luis			Navarra			Quillazu			Yanachaga			San Alberto			IBA
	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	
CLASE INSECTA																						
ORDEN HEMIPTERA																						
Naucoridae				X	X	X	X	X		X	X			X							5	
<i>Limnocois</i> sp.				1	3	1	2	6		4	1			4								
Macroveliidae																			X		X	
<i>Chepuvelia</i> sp.																			1		1	
Hydrometridae																					X	
<i>Veliometra</i> sp.																					1	
Veliidae				X	X		X												X		5	
<i>Rhagovelia</i> sp.				3	3		1												3			
Mesoveliidae													X				X					
<i>Mesovelia</i> sp.																			1			
<i>Mesoveloidea</i> sp.													1									
<i>Mesovelia</i> sp.2													4									
ORDEN LEPIDOPTERA																						
Pyrilidae	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X					X		4	
<i>Petrophila</i> sp.	4	4	13				1	7	1	2	1	2							1			
<i>Parapoynx</i> sp.		5	4					1				3							1			
<i>Parargyractis</i> sp.	3	2	17					4				5										
Noctuidae																				X		
<i>Bellura</i> sp.																				1		
Tortricidae																					X	
<i>Archips</i> sp.																					1	
ORDEN EPHEMEROPTERA																						
Leptohyphidae	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	7	
<i>Leptohyphes</i> sp.	3	4	15	3		4	9	40	11	3		15	25	4	2	3	5	7	47	10	16	
<i>Haplohyphes</i> sp.	3	4	9				7							1					1		86	
<i>Tricorythodes</i> sp. 1				16						4		2							2			
<i>Tricorythodes</i> sp. 2				40						2												
<i>Vacupernius</i> sp.				31													1					
Baetidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4	
<i>Baetodes</i> sp.	21	39	263	21	69	48	91	18	242	108	198	272	158	49	156	43	96	53	1514	9117	3595	
<i>Mayobaetis</i> sp.	3		4	28	1	5	3	14	2	1	3	87	6			23	21	1	21			
<i>Moribaetis</i> sp.				3	69		11		5													
<i>Zelus</i> sp.							2					1							135	35	10	
<i>Nanomis</i> sp.	1	155	13			11	16	21		46	1	14	8			3		9	45	5	1	
<i>Andesiops</i> sp.	3	36	2	1	6		123	29	4	16	13	6	3	27	17	13		1	27	52	17	
<i>Guajirolos</i> sp.		74	6				8		20	23		2		99	15	16		7				
Leptophlebiidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	
<i>Thraulodes</i> sp.	9	170	29		33	81	185	15	61	55	2	27	3	7	4	11	4	13	66	4	4	
<i>Atopophlebia</i> sp.				1																		
No identificado sp.		X	X				X		X				X	X				X				
		8	5				7		61				3	2				5				
Oligoneuriidae																				X	10	
<i>Lachlania</i> sp.																				3		
ORDEN ODONATA																						
Megapodagrionidae															X							
<i>Megapodagrion</i> sp.															1							
Libellulidae											X		X								6	
<i>Macrothemis</i> sp.											2		1									
Gomphidae				X											X			X		X	8	
sp.1				1											4			2				
sp. 2																				1		
Aeshnidae										X											6	
<i>Aeshna</i> sp.										1												
ORDEN COLEOPTERA																						
Elmidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	5	
<i>Macrelmis</i> sp.	5	49	2				8	115	5				1	8				5	8			
<i>Heterelmis</i> sp.	5	9	1	2	4		29	18	14	2	2	1	28	21	17	2	4	11	30	23	4	

(Continúa...)

Cuenca Taxa/Zona	Llamaquizu			San Daniel			San Luis			Navarra			Quillazu			Yanachaga			San Alberto			IBA
	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	
<i>Austrolimnius</i> sp.		2			3	1	1	2	3	7		1	19	1		3	9	4	25	6		
<i>Onychelmis</i> sp.					1					2		4	34	3	59	29		5	3	11		
<i>Neoelmis</i> sp.		2					4	1					10		1	1		3	1			
<i>Hexacylloepus</i> sp.	2	4		1			8	2	1				17	5	1	2	1		19	3	1	
<i>Microcyllloepus</i> sp.	2	13			1		8	1					5	5								
<i>Cylloepus</i> sp.					1				1				3	2	2			1		1		
<i>Phanocerus</i> sp.		3	3				2	3				6	1		10		1		11	3	5	
<i>Pharceonus</i> sp.								3							1			1				
<i>Phanoceroides</i> sp. 1				2	2		4	1		1	18	2	4	14	1				1		2	
<i>Phanoceroides</i> sp. 2																			2	1	4	
<i>Luchoelmis</i> sp.								1														
<i>Pseudodisersus</i> sp.		1						2								1	1	1	3			
<i>Xenelmis</i> sp.				1	3						4		1	2			1					
<i>Stenelmis</i> sp.																			6	1		
<i>Ancyronyx</i> sp.						2																
<i>Disersus</i> sp.	6	21						6											10	3		
Psephenidae	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X	X		X	X		X	X	5	
<i>Pheneps</i> sp.	19	9		2	8	4	45	7	6			14	9		1	5		70	3			
Scirtidae		X		X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	5	
<i>Elodes</i> sp.													1						1			
<i>Scirtes</i> sp.		1		3			2			9	10	1	25	12	2	6	1	3	28	10		
Ptilodactylidae								X				X	X	X		X	X	X	X	X	5	
<i>Tetraglossa</i> sp.							1			3		5	4	2		2	1	6	6			
<i>Anchytarsus</i> sp.																			1			
Dryopidae	X	X			X			X			X			X		X					5	
<i>Dryops</i> sp.	2	1				1		3			1			3		1						
Cneoglossidae				X	X																	
sp.				1	1																	
Hydrophilidae	X	X	X			X		X	X			X		X	X			X	X		3	
<i>Helochaers</i> sp.		1	1				2	1			2		4				1					
<i>Phaenonotum</i> sp.	1	2				1					1			1				3				
Hydraenidae												X				X					5	
<i>Parhydraenida</i> sp.												1				2						
ORDEN PLECOPTERA																						
Perlidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
<i>Anacroneuria</i> sp.	12	46	25	6	1	17	77	43	22	7		1	23	14	3	6	19	54	74	22	3	
ORDEN MEGALOPTERA																						
Corydalidae		X		X	X	X	X	X	X				X	X			X		X	X		
<i>Corydalis</i> sp.		6		1	4	1	1	1	5				4	2			1		7	2		
ORDEN TRICHOPTERA																						
Hydroptilidae	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	6
<i>Neotrichia</i> sp.																1			11			
<i>Ceratotrichia</i> sp.																				2		
<i>Anchitrichia</i> sp.																				2		
<i>Metrichia</i> sp. 1							12	13	1		1		1	6	2							
<i>Metrichia</i> sp. 2								8														
<i>Hydroptila</i> sp. 1				2																		
<i>Hydroptila</i> sp. 2		5																				
<i>Ochrotrichia</i> sp.	1			3			2	1		1	2	32	10	10				19	30	10		
<i>Alisotrichia</i> sp. 1							1							1				2	35	2		
<i>Alisotrichia</i> sp. 2																			25	19		
<i>Alisotrichia</i> sp. 3																					3	
<i>Leucotrichia</i> sp.								1														
<i>Dibusa</i> sp.										1	3		1	1					2			
Leptoceridae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	8
<i>Grumichella</i> sp. 1	1	42	2	1			1			85	3		4	6				154	1	2		
<i>Grumichella</i> sp. 2										2			4	1				327	1			
<i>Nectopsyche</i> sp.							3	1			3		3	3				2				
<i>Brachycetodes</i> sp.				1	1						1	2	4	3				24	7			
<i>Triplectides</i> sp.	2		2			2				1	1	1	1		2			2				

(Continúa...)

Cuenca Taxa/Zona	Llamaquizu			San Daniel			San Luis			Navarra			Quillazu			Yanachaga			San Alberto			IBA
	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	
<i>Atanatolica</i> sp.		3		1	79		1	2				2	125	102	4	7	78	22	1610	6		
<i>Oecetis</i> sp.					1						1		1						1			
Hydropsychidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	5
<i>Smicridea</i> sp.1	84	30	156	32	1		113	82	36	4	9	62	29	7	12	19	8	25	13		3	
<i>Smicridea</i> sp. 2	1	2					2	2	1				8			1	4	422	40	84		
<i>Smicridea</i> sp. 3																		105	4	5		
<i>Leptonema</i> sp. 1		2	5	1	4	1			6				1	5				4		6	9	
<i>Leptonema</i> sp. 2																			2	9	6	
<i>Leptonema</i> sp. 3																			1	1		
Glossosomatidae		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	7
<i>Mortoniella</i> sp.		186	11	28	4		43	26	32	2	21	33	5	10	3	1	4	2	88	576	196	
<i>Culoptila</i> sp. 1					3				1										18	5	3	
<i>Culoptila</i> sp. 2																			17			
Anomalopsychidae																X		X	X		10	
<i>Contulma</i> sp.																2		7	3			
Calamoceratidae	X		X	X		X	X	X	X		X	X	X	X		X		X	X	X	10	
<i>Phylloicus</i> sp.	7		1	8		4	9	68	1		2	7	13	10		3		5	37	4		
Helicopsychidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	10
<i>Helicopsyche</i> sp.	34	23	288	37	91	60	122	218	525	8	7	41	31	40	45		3	4	78	16	1	
Philopotamidae	X	X					X	X	X										X		X	8
<i>Chimarra</i> sp.	2	2					5	1	3										52		2	
Ecnomidae											X						X					
<i>Austrotinodes</i> sp.											1						1					
Odontoceridae	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X				X			X	X	10	
<i>Marilia</i> sp.	4	4	1	1	1		23	108		23	3	4				2			4	2		
<i>Anastomoneura</i> sp.																			11			
Polycentropodidae	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X		X		X		X	X	X	X	8
<i>Polycentropus</i> sp.	2	33		26	8	9	3	1	1		4	8		8		5		3	1	2	1	
<i>Certonina</i> sp.																				4		
Xiphocentronidae		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X				X	X	X	8
<i>Xiphocentron</i> sp.		71	202	1	5		42	4	4	3	2		49	22					2	14	3	
Sericostomatidae	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
<i>Grumicha</i> sp.	120	1	1	7			42	138		204	7	4	76	1	1	30	4		198	2	2	
Hydrobiosidae	X	X	X	X	X		X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	8
<i>Atopsyche</i> sp.	4	22	17	18	3		27	2	4	2			11	2	1	8	2	5	42	34	3	
ORDEN DIPTERA																						
Blephariceridae			X			X			X				X	X	X			X	X	X	10	
<i>Limonicola</i> sp. 1			3			3			22				18	8	5			2	9	1		
<i>Limonicola</i> sp. 2			1						8					1						1		
<i>Paltostoma</i> sp. 1									4				1	4	2					6		
<i>Paltostoma</i> sp. 2									1													
<i>Paltostoma</i> sp. 3									1													
Ceratopogonidae	X		X		X	X					X		X		X	X	X	X	X	X	4	
<i>Alluaudomyia</i> sp.	1		3		1		3					2		3		10	5	1	14			
<i>Atrichopogon</i> sp. 1	1													2		1			6			
<i>Atrichopogon</i> sp. 2																1	3		4			
<i>Atrichopogon</i> sp. 3																			3		1	
<i>Atrichopogon</i> sp. 4																			2			
<i>Forcipomyia</i> sp.																			1			
Chironomidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	2
Podonominae																						
<i>Podonomus</i> sp.							1						2						63	34	19	
<i>Podonomopsis</i> sp.																			5	1		
Tanypodinae																						
sp.1		3	1	5	1		2						1	1		12	1	3	17	2	2	
sp.2							3							1					210	227	107	
sp.3				1													2		15	64	38	
Chironominae																						
sp. 1				2		3	3	45		2		2	25		10		1					
sp. 2	3	42	41				5		3	16	24	3	88	5								

(Continúa...)

Cuenca Taxa/Zona	Llamaquizu			San Daniel			San Luis			Navarra			Quillazu			Yanachaga			San Alberto			IBA
	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	
sp. 3	17	48		8	2		47	42	2	11	77	31	15	5	8	52	6	1				
sp. 4		5	4				2					4		10		1						
<i>Rheotanytarsus</i> sp.																			53	106	20	
Orthoclaadiinae																						
sp.1		75	123		1		12	19	20		45	23	76	8	7	6	14	1				
sp.2							2		1		3	8	1	1	1							
sp.3		27	3				4			1				3								
sp.4		3	12				5		11				3				18					
sp.5		16					7			5			2	4								
sp.6		37																				
<i>Cricotopus</i> sp.																			319	4753	2061	
Simuliidae	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	5
<i>Simulium</i> sp.	29		17	92	22	9	21	13	6	4	32	17	69	17	13	18	71	41	289	1552	89	
Empididae							X	X			X	X		X		X	X	X	X	X	X	4
<i>Chelifera</i> sp.							4	1			6	1		1		12	11	1	14	35	7	
<i>Neoplasta</i> sp.							1												1	21	1	
Psychodidae				X	X	X	X		X		X		X		X		X		X	X	X	3
<i>Maruina</i> sp. 1				1	1	1	1		4						1		14		69	102	13	
<i>Maruina</i> sp. 2				1					7							2						
<i>Maruina</i> sp. 3									3													
<i>Pericoma</i> sp.											1											
<i>Clognia</i> sp.				1									1									
<i>Psychoda</i> sp.																				3		
<i>Telmatoscopus</i> sp.																				2	1	
Dixidae				X			X									X		X	X	X		4
<i>Dixella</i> sp.				12			3									1		7	1			
Tipulidae	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	5
<i>Limonia</i> sp.	2	9	1	3			12	1	2				4			1		1	1	15	2	
<i>Tipulidae</i> sp. 1						1							1									
<i>Tipula</i> sp.							1				1		1			2		1	9	1		
<i>Molophilus</i> sp.					1									1					4	1		
<i>Hexatoma</i> sp.		102				6	61	6	13		1	3	1	7	13			1	2	1		
<i>Pseudolimnophila</i> sp.																			3			
<i>Megistocera</i> sp.																			38	1		
Stratiomyidae																			X			4
sp.																			1			
Muscidae							X													X		2
<i>Limnophora</i> sp.							1													1		
Athericidae		X						X			X	X	X	X	X		X					10
<i>Atherix</i> sp.		1						1			11	1	1	7	1		1					
Phoridae																				X		
<i>Megaselia</i> sp.															1							
Ephidridae																				X		2
sp.																				1		
Thaumaleidae																				X		
sp.																				1		
CLASE COLLEMBOLA																						
ORDEN COLLEMBOLA	X			X									X						X	X		
sp.1	1			1																		
sp.2													1									
sp.3																						
Entomobryidae																				X		
sp.1																				1		
sp.2																				2		
Hypogastrudidae																					X	
sp.1																					1	
CLASE ARACHNIDA																						
ORDEN TROMBIDIFORME																						
Torrenticolidae			X				X						X	X	X							4
<i>Torrenticola</i> sp.			2				1						2	1	2							

(Continúa...)

Cuenca Taxa/Zona	Llamaquizu			San Daniel			San Luis			Navarra			Quillazu			Yanachaga			San Alberto			IBA
	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	
<i>Neoterrenticola</i> sp.													1									
Hygrobatidae											X		X			X						4
<i>Atractidella</i> sp.																1						
<i>Hygrobatella</i> sp.											1		2									
Hydraphantidae															X							4
<i>Neocalonyx</i> sp.															1							
Rhynchohydracarinae				X																		4
<i>Clathrosperchon</i> sp.				1																		
Limnocharidae								X														4
<i>Rhyncholimnochaes</i> sp.								1														
Acaridae																						
sp.1																			1	1	5	
sp.2																				4	2	
sp.3																				1		
sp.4																					2	
sp.5																					16	
sp.6																				7	12	
sp.7																					1	
CLASE MALACOSTRACA																						
ORDEN AMPHIPODA																						
Hyalellidae		X	X	X							X	X		X		X				X		6
<i>Hyallega</i> sp.		1	4	2							1	3		4		1				3		
ORDEN ISOPODA																						
sp.1																					2	
CLASE TURBELLARIA																						
ORDEN TRICLADIDA																						
Planariidae				X	X		X			X	X		X	X	X							5
<i>Dugesia</i> sp.				4	1		2			1	2		9	1	1							

Cuenca Taxa/Zona	Llamaquizu			San Daniel			San Luis			Navarra			Quillazu			Yanachaga			San Alberto			IBA	
	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB		
Total taxa zona	36	56	46	47	34	26	59	54	52	32	42	50	58	70	47	40	38	43	99	77	55		
Total taxa cuenca	72			65			90			68			95			67			123				
Total taxa estudio											134												
Total evaluación											179												
Total familias zona	23	28	24	30	21	22	29	32	28	19	26	31	22	35	31	25	24	25	38	29	26		
Total familias cuenca	33			35			41			31			42			36			41				
Total familias estudio											60												
Total familias evaluación											66												