

## Evaluación de la calidad ecológica del agua en la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca - Lindapa, Amazonas, Perú

### Evaluation of the ecological quality of water in the El Chido and Inter micro basin watershed Allpachaca - Lindapa, Amazonas, Peru

Oscar Andrés Gamarra Torres<sup>1\*</sup>, Jeimis Royler Yalta Meza<sup>2</sup>, Rolando Salas Lopez<sup>3</sup>, <sup>a</sup>Lleydy Alvarado Chuquizuta<sup>1</sup> y Segundo Manuel Oliva Cruz<sup>4</sup>

#### RESUMEN

Se realizó la valoración de la calidad ecológica del agua en la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca-Lindapa, mediante el establecimiento de 12 estaciones de muestreo en la microcuenca Chido, tres en la quebrada Allpachaca y dos en la quebrada Lindapa. Se emplearon índices biológicos tales como el Índice Biótico Andino (ABI) y el Índice Biological Monitoring Working Party modificado para Colombia (BMWP/Col), e índices de entorno como el Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y el Índice de Calidad de Bosque de Ribera Andino (QBR-And).

Los resultados de la evaluación determinaron que la calidad ecológica de la quebrada El Chido y la quebrada Allpachaca es buena, mientras que en la quebrada Lindapa disminuye a la categoría de regular. La calidad biológica determinó que las fuentes de agua en las tres quebradas son buenas o muy buenas, encontrándose en la microcuenca El Chido un total de 10 539 individuos representados en 45 familias y 10 órdenes, 969 individuos en la quebrada Allpachaca representados en 26 familias y 9 órdenes, y 851 individuos distribuidos en 25 familias y 7 órdenes en la quebrada Lindapa.

**Palabras clave:** Calidad de agua, macroinvertebrados, BMWP-Col, ABI, QBR-And

#### ABSTRACT

In the present study, the inventory of aquatic macroinvertebrates collected in the Utcubamba river basin (Amazonas region) is presented through two samplings carried out in the years 2014 and 2015. These samples corresponded to the semi-dry season, and the dry season, respectively. A total of 43 sampling points were established along the main channel and the most important tributaries from its beginning to its base level. There were 63 families distributed in seven classes and 20 orders, being the order Coleoptera the most diverse, with 12 different families identified, and the order Trichoptera the most abundant, with 51% of the total of individuals. Likewise, the Leptoceridae family was the most abundant with 44.1% of the total records. The two sampled seasons showed similar results in diversity and in abundance of macroinvertebrates, presenting the dry season values somewhat higher due to the absence of disturbing factors of climatic origin.

**Keywords:** Water quality, macroinvertebrates, BMWP-Col, ABI, QBR-And

<sup>1</sup>Biólogo. Investigador del INDES-CES, UNTRM.

<sup>2</sup>Ingeniero Agroindustrial. Investigador del INDES-CES. E-mail: ryalta@indes-ces.edu.pe

<sup>3</sup>Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, mención Conservación de Suelos y Aguas. Investigador del INDES-CES y Docente UNTRM. E-mail: rsalas@indes-ces.edu.pe

<sup>4</sup>Ingeniero Agrónomo. Investigador del INDES-CES. E-mail: soliva@indes-ces.edu.pe

<sup>a</sup>e-mail: lalvarado@indes-ces.edu.pe

\*Autor de correspondencia. E-mail: ogamarra@indes-ces.edu.pe

## I. INTRODUCCIÓN

El continente americano alberga un grupo de países variados que difieren en sus características geográficas, históricas, económicas, sociales y ecológicas que derivan en una estructura diferente de disponibilidad y manejo del recurso hídrico. En estos países los usos múltiples de este recurso en la agricultura, la industria o suministro municipal son complejos y demandan un manejo integrado del mismo. Considerando que las actividades humanas impactan cada día más los cuerpos superficiales y subterráneos de agua, y sumado a la elevada tasa de urbanización que agrava cada día más los problemas de disponibilidad del recurso por contaminación y agotamiento con severos efectos en la salud pública y de los ecosistemas, se genera como resultado un grave problema de seguridad para este continente. La red ambiental peruana afirma que en una situación hídrica favorable el 60% de la población rural no tiene acceso a agua potable y solo el 7% de toda la tierra productiva es regada (DESCO, 2009). Para el desarrollo adecuado de la población no solo es indispensable la cantidad de agua sino también la calidad, ya que la disponibilidad de esta influye sobre la salud, producción alimentaria o educación, entre otras (Giraldo, 2004).

La evaluación de la calidad del agua, a menudo es diagnosticada a través de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos (Roldán, 2003; Paredes *et al.*, 2005), que solamente proporcionan información puntual e indirecta; actualmente existen índices bióticos que al adaptarlos a diferentes regiones se convierten en herramientas efectivas para evaluar íntegramente la calidad ecológica de un río (Mafla, 2005). Se puede trabajar con macroinvertebrados acuáticos, con comunidades de algas fotosintéticas o con peces, entre otros, y todos tienen sus ventajas y desventajas, pudiendo usarse combinados o individualmente, según la disponibilidad de recursos humanos y operativos.

Prat *et al.*, (2012), desarrollaron la Metodología F.E.M., conjuntando una serie de protocolos e índices como el protocolo GUADALMED, el índice QBR o el índice IHF, para evaluar el estado ecológico de los ríos mediterráneos, resultando ser una herramienta muy útil para la valoración ecológica. En América del Sur, en los últimos años se están adaptando todos estos índices y protocolos para las diferentes regiones desarrollando en los últimos años una gran cantidad de investigaciones que engloban la calidad ecológica de cursos fluviales superficiales (Álvarez-Mieles *et al.*, 2013).

En el departamento de Amazonas de Perú, las fuentes de agua de la provincia de Bongará se están viendo afectadas por actividades agropecuarias en las partes altas, que generan contaminación por el uso de agroquímicos, la erosión laminar y erosión en terracetos del suelo. Ante esta problemática es necesario diagnosticar de manera integral la calidad de estas fuentes de agua. En este caso se propuso el estudio de la calidad ecológica del agua en la microcuenca Chido e intermicrocuenca Allpachaca-Lindapa, haciendo uso de índices biológicos como el ABI, el BMWP-Col, el QBR-And y el IHF, así como de los parámetros fisicoquímicos complementarios.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### *Área de estudio*

La zona de estudio estuvo conformada por los cuerpos de agua, la vegetación de ribera y el lecho fluvial de la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca-Lindapa de la provincia de Bongará, Región Amazonas. Geográficamente, los extremos de la microcuenca El Chido están comprendidos entre los puntos de coordenadas 9358783 m N, 828699 m E, 9345723 m N, 183187 m E y 9342519 m N, 169803 m E, con un área de 145,32 km<sup>2</sup> y un perímetro total de 67,23 km. Por otra parte, la intermicrocuenca Allpachaca - Lindapa tiene como puntos extremos a las coordenadas 9335934 m N, 180889 m E, 9329428 m N, 176190 m E y 9342031 m N, 169908 m E, con una superficie total de 47,30 km<sup>2</sup> y perímetro total de 40,22 km.

### *Delimitación del área de estudio*

Se delimitó la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca - Lindapa en base a las líneas del *divortium aquarum* o parte aguas (Villón, 2002), contrastando con información satelital (imágenes auxiliares del Google Earth Pro 4.3 previamente georeferenciadas) y cartográfica (cartas nacionales IGN a escala 1:100 000) de la zona de estudio. Se elaboró un mapa de la red hidrográfica actual y se proyectó mediante el empleo de softwares (ArcGIS v.10 y Global Mapper 10).

### *Características biofísicas de la microcuenca e intermicrocuenca*

En la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca - Lindapa, la fisiografía se caracteriza por presentar montañas altas de laderas empinadas y muy empinadas en tierras cálidas a templadas con relieve montañoso en la Cordillera Subandina, comprendiendo bosque seco montano bajo tropical (bs-MBT), bosque muy húmedo montano bajo tropical (bmh-MBT), bosque húmedo

montano bajo tropical (bh-MBT), bosque húmedo premontano tropical (bh-PT) y bosque seco premontano tropical (bs-PT). Desde una visión muy general, en estos bosques la vegetación está compuesta por árboles medianos de montañas subandinas orientales y comunidades altoandinas mixtas de matorrales, herbazales y pajonales; el clima es ligeramente húmedo y templado cálido con temperaturas entre 12 – 17 °C, con precipitaciones promedio de 1000 mm al año. El uso actual del suelo se compone de frentes de conservación de tierras de protección y frente productivo, con predominio de cultivos altoandinos, presentando zonas de conflicto por uso agropecuario de tierras forestales y de protección con tierras agropecuarias (IIAP/GRA, 2010).

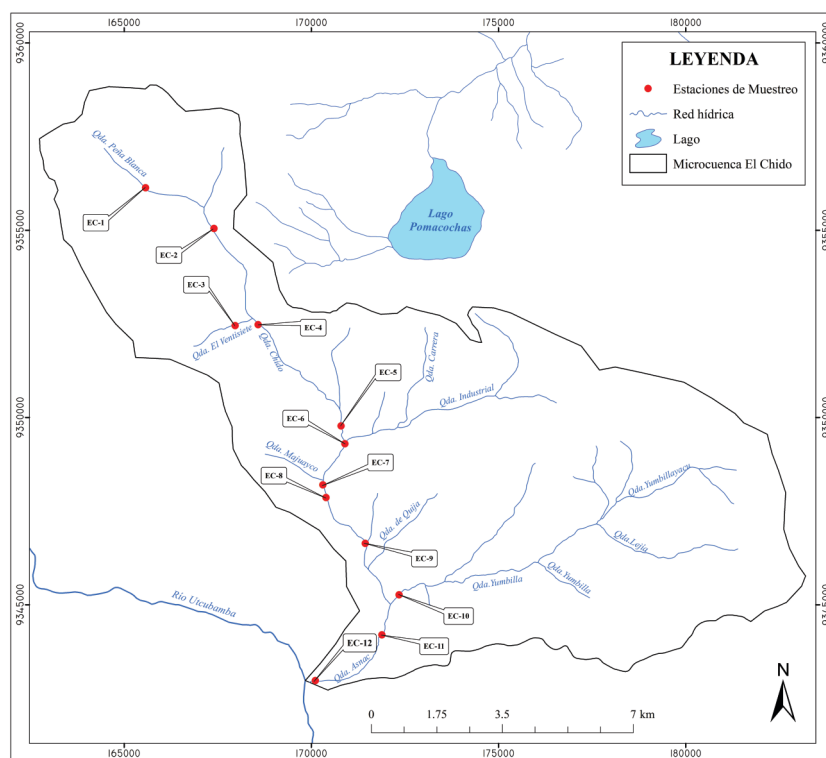
#### **Ubicación y selección de las estaciones de muestreo**

Se establecieron 12 estaciones de muestreo en la microcuenca El Chido (Figura 1), ocho en el cauce principal y cuatro en las quebradas tributarias (Qda. El Veintisiete, Qda. Carrera, Qda. Majuyayco y Qda. Yumbilla). En la intermicrocuenca Allpachaca – Lindapa, se establecieron tres estaciones en la primera y dos en la segunda (Figura 2). Para la determinación de la calidad ecológica se localizaron estaciones representativas del área de estudio con 100

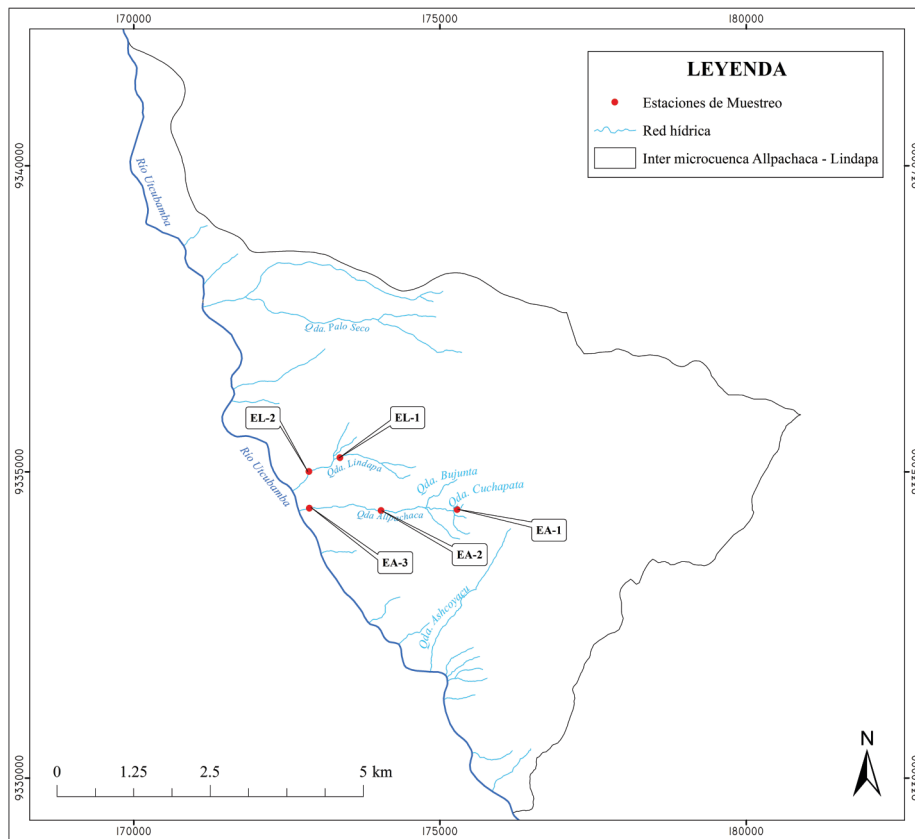
metros de longitud (CHE, 2005) y aproximadamente 20 metros de ribera a cada lado del cauce (Agencia Catalana del l'Agua, 2006), con la mayor cantidad de hábitats en el tramo del cauce de la quebrada (Mafla, 2005). Se debe considerar el tipo de vegetación y las actividades productivas aledañas a la ribera que tengan influencia en el estado ecológico del agua. Para la georeferenciación de las estaciones de muestreo se utilizó un GPS navegador (Garmin modelo Oregon 550) identificándose con sus nombres locales para contrastar con el mapa base.

#### **Época del muestreo**

Para los muestreos se tuvo en consideración que las características climáticas fueran lo más homogéneas posible evitando variaciones de los resultados, por lo que dichos muestreos se realizaron durante la tercera y cuarta semana del mes junio para la microcuenca El Chido, y durante la tercera y cuarta semana de agosto en la intermicrocuenca Allpachaca – Lindapa. Ambas se realizaron en época de estiaje donde la comunidad de macroinvertebrados alcanza su máxima diversidad (CHE, 2005).



**Figura 1.** Ubicación de las estaciones de muestreo en la microcuenca El Chido.



**Figura 2.** Ubicación de las estaciones de muestreo en la intermicrocuenca Allpachaca-Lindapa

### *Macroinvertebrados acuáticos*

El muestreo de macroinvertebrados se realizó en cada microhábitat presente (a: las orillas sin corrientes y con corriente, raíces, vegetación u objetos sumergidos, b: sustratos de remansos, rápidos y pozas, c: paquetes de hojas en remansos y rápidos). La captura se realizó manualmente con una red tipo “D” estándar con malla de 300  $\mu\text{m}$  (Paredes *et al.*, 2004) colocada en el fondo del cauce y removiendo el sustrato situado aguas arriba con la finalidad de ayudar la captura de los macroinvertebrados (Alba-Tercedor, 1996).

Las muestras extraídas se colocaron en una bandeja plana de fondo blanco para ayudar la captura de los organismos y posteriormente se almacenaron en frascos con alcohol al 70% previamente rotulados con la fecha, nombre de la quebrada, coordenadas UTM, nombre de la persona que hizo el muestreo y el tipo de microhábitat. La identificación se realizó en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES- CES) con la ayuda de un estereoscopio (Ni-

kon SMZ1000, Japón) y mediante claves taxonómicas (Posada y Roldán, 2003; Domínguez y Fernández, 2009). Se registraron datos a nivel de familia y número de individuos colectados, y se asignó la puntuación según el grado de tolerancia a la contaminación para el cálculo de calidad de agua según el BMWP–Col (Roldán, 2003) y el ABI (Acosta *et al.*, 2009).

### *Calidad del bosque de ribera andino (QBR - And)*

La evaluación de la calidad de la vegetación de ribera se realizó en cada estación aplicando el protocolo QBR –And (Acosta *et al.*, 2009), que es una adaptación del protocolo del índice de vegetación de ribera original; se valoraron componentes y atributos del sistema como el grado de cubierta vegetal de las riberas, la estructura vertical de la vegetación, la calidad y la diversidad de cubierta vegetal y el grado de naturalidad del canal fluvial. Se asignó la puntuación a cada bloque del protocolo de acuerdo a las condiciones en que se encontraba la vegetación de ribera de la estación. La suma de los cuatro bloques proporcionó la puntuación final del índice.

### Índice de hábitat fluvial

La calidad del hábitat se evaluó a partir del índice IHF (Pardo *et al.*, 2002) sin realizar adaptaciones sustanciales para la zona de estudio. Con este índice se valoró la inclusión de rápidos-sedimentación de pozas, frecuencia de rápidos, composición de substrato y tamaño de partículas, etc. La puntuación se asignó a los siete bloques del protocolo valorando las características del lecho del cauce. Finalmente la suma de los bloques dio la puntuación final del índice, que expresó la diversidad de hábitats.

### Calidad ecológica del río

Para la determinación de la calidad ecológica de la microcuenca El Chido e intermicrocuenca Allpachaca-Lindapa se aplicaron dos índices, el índice ECOSTRIMED (Prat *et al.*, 2000) y el ECOSTRIAND (Acosta *et al.*, 2009), con la finalidad de realizar comparaciones entre ambos índices y determinar las variaciones de los resultados de calidad ecológica basados en la utilización del BMWP-Col y el ABI (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Clasificación del estado ecológico según el índice ECOSTRIMED

BMWP	QBR		
	> 75	45 – 75	< 45
> 100	Muy Bueno	Bueno	Moderado
61 -100	Bueno	Moderado	Malo
36 - 60	Moderado	Malo	Pésimo
< 36	Malo	Pésimo	Pésimo

Fuente: Prat *et al.*, 2000

Tabla 2. Clasificación del estado ecológico según el índice ECOSTRIAND

ABI	QBR -And		
	> 75	45 - 75	< 45
> 74	Muy Bueno	Bueno	Regular
45 -74	Bueno	Regular	Malo
27 - 44	Regular	Malo	Pésimo
< 27	Malo	Pésimo	Pésimo

Fuente: Acosta *et al.*, 2009

### Indicadores fisicoquímicos

Fueron determinados parámetros fisicoquímicos tales como pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos, calcio y magnesio, los cuales se registraron en tablas y fueron determinados *in situ* en cada estación, evitando la alteración de las muestras. Para ello se utilizó un “kit rápido” de análisis de fertilidad de suelos y calidad de aguas de regadío (HACH SIW-1 CAT. H-24960-00), además de equipos digitales como un medidor de pH digital (LOVIBOND Pocket Pal; Alemania), un conductímetro (HANNA HI 98304; USA) y un oxímetro (SCHOTT- Handylab Ox 12).

### Análisis de la información

Para determinar la calidad ecológica del agua se utilizó el protocolo del índice ECOSTRIMED y ECOSTRIAND utilizando los resultados del índice ABI, BMWP/Col y QBR-And. En el diagnóstico de la

calidad biológica del agua se utilizaron los índices BMWP/Col y ABI, asignando las puntuaciones ecológicas respectivas a cada familia, de tal manera que la suma de la puntuación de cada familia construyó el puntaje final de cada estación, el cual se relacionó con cinco grados de calidad (muy buena, buena, moderada, mala y pésima). Por último, los resultados de los macroinvertebrados fueron contrastados con los obtenidos en la valoración de los índices de calidad de entorno (bosque de ribera y hábitat fluvial). Paralelamente, los datos fisicoquímicos del agua fueron evaluados según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) (MINAM, 2008).

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Descripción física de las quebradas

#### Perfil de las quebradas

El cauce principal de la microcuenca el Chido presenta

una longitud de 21,73 km con un desnivel aproximado de 1404 metros, generando una pendiente media aproximada del 12,4%. El cauce principal de las quebradas Allpachaca y Lindapa presenta longitudes de 2,89 y 2,35 km con una pendiente media aproximada de 31,14% y 3617%, respectivamente. Estas características de la pendiente provocan que las aguas sean rápidas, generando así un cauce lavado en las partes altas (Arango *et al.*, 2008), producto del arrastre de materiales pequeños y finos, los mismos que son depositados en las zonas bajas.

#### **Características del lecho y de las orillas de las quebradas**

Ambas microcuencas presentan un valle fluvial en forma de “U” estrecha (Agencia Catalana del l'Agua, 2006). En los tramos medio y alto la pendiente se sitúa entre 45 y 75°, con ribera cerrada y pendiente de 20 a 45° en el tramo bajo. El lecho está compuesto por grandes bloques de piedras, piedras de tamaños grandes y medianos, grava, gravilla y arena en pequeños porcentajes; además en el lecho del cauce principal de las tres quebradas se observan tramos conformados por un canal natural de la roca madre. Según Arango *et al.* (2008), estas características del lecho proporcionan a los macroinvertebrados mucha disponibilidad de hábitats (corrientes, charcas, rizados, rápidos y cascadas) y la oxigenación del agua suficiente para mineralizar los aportes de materia orgánica mediante oxidación. Las grandes avenidas también han modificado en algunos tramos el lecho, creando cauces profundos con presencia de grandes bloques de piedra o cauces con lechos sedimentados por la alta concentración de gravilla y arena.

#### **Macroinvertebrados y calidad biológica del agua**

En cuanto a la abundancia, en la microcuenca El Chido se colectaron un total de 10539 individuos a lo largo de las 12 estaciones de muestreo, con representación de 45 familias en 10 órdenes. Por otra parte, en la intermicrocuenca Allpachaca – Lindapa se colectaron 969 individuos, englobados en 26 familias y nueve órdenes en la quebrada Allpachaca, y en 25 familias y siete órdenes en la Quebrada Lindapa. En El Chido, estos resultados, en términos de abundancia resultan mayores al compararlos con los obtenidos por Maldonado *et al.* (2000) en el río Hondo (Bolivia); ocurre al contrario al comparar el estudio citado y los resultados de

abundancia en la intermicrocuenca Allpachaca – Lindapa, ya que en estas últimas son menores.

La microcuenca El Chido presentó 10 órdenes (53,3% de dípteros, 10,1% de trichópteros, 11,8% de coleópteros y 13,3% de efemerópteros), mientras que en la intermicrocuenca Allpachaca se colectaron nueve órdenes (48,6% de trichópteros, 23,1% de coleópteros, 12,4% de plecópteros y 7,6% de dípteros), y en la quebrada Lindapa siete (42,19% de coleópteros, 25,03% de dípteros, 22,56% de trichópteros y 4,94% de plecópteros). En este caso, la presencia de los órdenes Ephemeroptera y Plecoptera es mínima o casi nula al compararla con los resultados reportados por Terneus *et al.* (2012) en el río Lliquino (Ecuador); según Giacometti y Bersosa (2006) estos órdenes poseen familias que mayoritariamente pertenecen a la clase I de indicadores de buena calidad (de “aguas limpias”), existiendo además familias de estos grupos que toleran cierto grado de contaminación, clasificándolas en el tipo II como indicadores de “aguas medianamente contaminadas”.

Después de la aplicación de los índices BMWP/Col y ABI para la microcuenca El Chido (Tabla 3) se observó que el punto de muestreo con mayor valor para los dos índices mencionados fue el EC-4, con 159 puntos y una calidad “buena” para el BMWP-Col, y 134 puntos y una calidad “muy buena” del agua para el ABI. Estos datos superan con creces los obtenidos a través de estos mismos índices por Meza *et al.* (2012) en el río Chinchiná (Ecuador). Por el contrario, la estación en la que se obtuvo el valor más bajo fue en la EC-11, cerca de la desembocadura de esta microcuenca en el río Utcubamba. Los puntajes fueron de 77 para el BMWP-Col y 58 para el ABI, con una calidad del agua “aceptable” y “buena”, respectivamente; resultados obtuvieron Torrentes *et al.* (2016) en el río San Juan (Colombia).

En la microcuenca Allpachaca la estación de muestreo con mayor puntaje para los dos índices usados fue la primera, EA-1 con 145 y 117 puntos y una calidad “buena” y “muy buena” del agua, respectivamente (Tabla 4). Las altas puntuaciones obtenidas en la estación situada más cerca del nacimiento de la quebrada se explican con que en esta zona existe un menor número de perturbaciones (ganadería, agricultura, etc) que a medida que se desciende aguas abajo, donde las presiones suponen una sumatoria de procesos de perturbación que repercu-



ten en la calidad del agua del sistema fluvial en cuestión (Fernández *et al.*, 2009). Lo mismo ocurre con la quebrada Lindapa, donde las dos estaciones de muestreo establecidas obtienen la misma puntuación para el BMWP-Col, y similar en cuanto al ABI (Tabla 5) e

intermicrocuenca Allpachaca-Lindapa se muestran en la tabla 10, 11 y 12, afirmando en general que existen aguas de calidad buena a muy buena.

**Tabla 3.** Calidad de agua según los índices BMWP – Col y ABI en la microcuenca del Chido.

ESTACIÓN	BMWP - Col		ABI	
	Puntaje	Calidad de agua	Puntaje	Calidad de agua
EC-1*	99	Aceptable	85	Muy Bueno
EC-2*	141	Buena	120	Muy Bueno
EC-3	143	Buena	119	Muy Bueno
EC-4*	159	Buena	134	Muy Bueno
EC-5*	142	Buena	119	Muy Bueno
EC-6	95	Aceptable	76	Muy Bueno
EC-7	116	Buena	88	Muy Bueno
EC-8*	123	Buena	97	Muy Bueno
EC-9*	106	Buena	86	Muy Bueno
EC-10	148	Buena	123	Muy Bueno
EC-11*	77	Aceptable	58	Bueno
EC-12*	82	Aceptable	67	Bueno
PROMEDIO**	116	Buena	96	Muy Bueno

**Fuente:** Elaboración propia mediante la aplicación de los índices BMWP-Col y ABI

\* Estaciones en el cauce principal

\*\*Promedio elaborado en base a las puntuaciones de las estaciones del cauce principal

**Tabla 4.** Calidad de agua según los índices BMWP – Col y ABI en la quebrada Allpachaca

ESTACIÓN	BMWP - Col		ABI	
	Puntaje	Calidad de agua	Puntaje	Calidad de agua
EA-1	145	Buena	117	Muy Bueno
EA-2	116	Buena	90	Muy Bueno
EA-3	120	Buena	95	Muy Bueno
PROMEDIO	127	Buena	101	Muy Bueno

**Fuente:** Elaboración propia – aplicación de los índices BMWP-Col y ABI

**Tabla 5.** Calidad de agua según los índices BMWP – Col y ABI en la quebrada Lindapa

ESTACIÓN	BMWP - Col		ABI	
	Puntaje	Calidad de agua	Puntaje	Calidad de agua
EL-1	145	Buena	112	Muy Bueno
EL-2	145	Buena	118	Muy Bueno
PROMEDIO	145	Buena	115	Muy Bueno

**Fuente:** Elaboración propia – aplicación de los índices BMWP-Col y ABI

#### **Calidad de bosque de ribera e índice de hábitat fluvial**

El bosque de ribera presenta una calidad “buena” en la estaciones ubicadas en partes altas de las quebradas El Chido y Allpachaca (EC-1, EC-4 y EA-1) debido a su fisiografía accidentada (Tablas 6 y 7); sin embargo, en estos tramos altos la vegetación de ribera comienza a encontrarse ligeramente perturbada debido al aumento

de la ganadería y agricultura en el lugar (Feijoó *et al.*, 2012). En las demás estaciones de las tres quebradas, el bosque de ribera presenta una calidad “intermedia” con inicio de alteración importante en la vegetación. Las estaciones EC-9, EC-10, EC-11, EC-12, EA-3, EL-1 y EL-2, que se encuentran en el tramo bajo de las cuencas en cuestión, presentan una calidad “pésima”

**Tabla 6.** Resultados de la aplicación de QBR e IHF en la microcuenca El Chido.

Sector	EC-1	EC-2	EC-3	EC-4	EC-5	EC-6	EC-7	EC-8	EC-9	EC-10	EC-11	EC-12
QBR - And	95	65	70	80	60	55	55	60	45	50	30	30
IHF	66	54	62	56	58	54	49	50	56	51	56	54

Fuente: Elaboración propia – aplicación de los índices QBR-And y IHF

con una degradación extrema del bosque de ribera. De acuerdo al índice IHF, solo las estaciones EC-1, EC-3, EA-1, EA-2 y EL-1 presentan un “hábitat relativa-

mente heterogéneo”, mientras que las demás estaciones presentan “hábitats homogéneos” (Tablas 6 y 7).

**Tabla 7.** Resultados de la aplicación de QBR e IHF en la intermicrocuenca Allpachaca - Lindapa.

Sector	Qda. Allpachaca			Qda. Lindapa	
	EA-1	EA-2	EA - 3	EL-1	EL-2
QBR - And	95	75	35	45	40
IHF	65	62	49	63	58

Según García y Jiménez (2006) las estaciones rodeadas de bosques presentan mejor calidad de agua y varias características geomorfológicas favorables como la protección al suelo. Se ha demostrado que la deforestación de las orillas de los ríos cambia parámetros físicos del agua como el pH, la temperatura, el oxígeno, el porcentaje de materia orgánica y, complementariamente, las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

#### Calidad Ecológica de las quebradas

En cuanto a la calidad ecológica según los índices ECOSTRIMED y ECOSTRIAND, ambos coinciden en la determinación de una calidad ecológica “buena” en las quebradas El Chido y Allpacaha, y una calidad ecológica “regular” o “moderada” en la quebrada Lindapa. Analizando el vertimiento de aguas negras en la microcuenca El Chido, ambos índices responden a estos factores de contaminación determinando una

calidad ecológica “mala” para la misma en las estaciones EC-11 y EC-12, ya que en estos tramos se vierte abundante basura, y aguas negras de actividades agropecuarias y de la población de Chaquil y Suyobamba, disminuyendo su calidad a pesar de tratarse de una fuente de contaminación difusa (CIPAV, 2003).

#### Análisis fisicoquímicos

En el análisis fisicoquímico las concentraciones de fosfatos EC-11y EC-12 (Tabla 8) superaron los 0,5 mg/l permisibles establecidos en la categoría IV del ECA. Estos altos niveles de concentración de fosfatos son producto del vertimiento de aguas negras por las poblaciones ubicadas aguas arriba. A ello se suma la actividad agropecuaria con residuos de la crianza de cerdos a orillas del cauce principal de la microcuenca El Chido. Cabe destacar, que en consonancia con esta zona, actualmente el hombre agrega fósforo a los siste-

**Tabla 8.** Resultados del análisis fisicoquímico del agua en la microcuenca El Chido.

Muestra	C.E. (dS/cm)	pH	Temperatura (°C)	Ca+Mg (meq/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	O.D. (mg/l)
EC-1	0,29	8,59	11,55	4,20	0,83	0,08	8,29
EC-2	0,34	8,07	14,00	5,80	2,33	0,27	8,93
EC-3	0,35	8,62	12,85	5,60	1,17	0,05	8,34
EC-4	0,34	8,77	14,10	5,80	1,67	0,07	8,27
EC-5	0,34	8,94	13,95	4,80	1,50	0,05	9,74
EC-6	0,42	8,81	16,65	5,40	1,17	0,12	8,45
EC-7	0,98	8,67	18,80	16,20	1,83	0,12	9,17
EC-8	0,48	8,93	17,10	6,80	1,83	0,13	9,09
EC-9	0,50	8,94	18,00	6,80	1,83	0,13	7,87
EC-10	0,36	8,80	17,30	5,20	1,33	0,07	8,81
EC-11	1,55	9,01	17,60	9,00	2,50	0,25	8,32
EC-12	1,57	9,03	18,90	8,60	3,17	0,87	8,37

Fuente: Elaboración propia



mas fluviales naturales a través de actividades estrictamente agrícolas, con el uso de fertilizantes (Gutiérrez, 2010), e industriales, con el uso de detergentes (Rolán y Ramírez, 2008).

En la intermicrocuenca Allpachaca-Lindapa (Tablas 9 y 10), la conductividad eléctrica, la concentración de oxígeno disuelto, y la concentración de nitratos y fosfatos en todas las estaciones de muestreo se encuentra dentro de los límites permisibles en los estándares

nacionales para las categorías de consumo y recreación (I), y la de conservación del ambiente acuático (IV). En cuanto al pH, la estación EA-2, EA-3 y EL-2 se encuentran ligeramente fuera del rango al tener el valor de 8,75 y 8,60. Sin embargo, este último dato puede derivar de la geología del área en cuestión (Ramírez y Hernández, 2012), y al tratarse de una zona muy calcárea las masas de agua en la misma reflejan las características principales, como en este caso sucede con el pH.

**Tabla 9.** Resultados del análisis fisicoquímico del agua en la quebrada Allpachaca

Muestra	C.E. (dS/cm)	pH	Temperatura (°C)	Ca+Mg (meq/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	O.D. (mg/l)
EA-1	0,24	8,28	14,50	9,50	0,83	0,08	7,95
EA-2	0,22	8,63	15,60	8,50	1,00	0,10	7,94
EA-3	0,24	8,75	17,50	9,50	1,66	0,12	7,75

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.** Resultados del análisis fisicoquímico del agua en la quebrada Lindapa.

Muestra	C.E. (dS/cm)	pH	Temperatura (°C)	Ca+Mg (meq/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	O.D. (mg/l)
EL-1	0,25	8,38	14,90	9,00	1,00	0,10	7,67
EL-2	0,25	8,60	16,60	9,50	1,50	0,10	7,85

Fuente: Elaboración propia

#### IV. CONCLUSIONES

La evaluación biológica del agua de la microcuenca El Chido muestra que las aguas son “buenas” o “muy buenas” (puntaje biótico promedio de 116 según BMWP-Col y 96 según ABI), de manera similar a la calidad obtenida en la intermicrocuenca Allpachaca-Lindapa donde es “buena” (puntaje biótico promedio de 127 según BMWP-Col y 101 según ABI, y de 145 y 115, respectivamente).

Las evaluaciones fisicoquímicas en cuanto a pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, fosfatos y nitratos en la mayor parte de las estaciones de muestreo se encuentran dentro de los límites del ECA tanto como para consumo y recreación como para conservación del medio acuático. La concentración de fosfatos en las estaciones EC-11 y EC-12 supera los límites del ECA, valores que responden al contaminación aguas negras sin tratamiento, basura, excremento y residuos de la granja de cerdos del sector El Edén - Suyobamba. Finalmente, cabe destacar que los índices ECOSTRIMED, ECOSTRIAN, BMWP-Col, ABI, QBR e IHF han demostrado eficiencia y practicidad durante su utilización en la determinación de la calidad ecológica de las fuentes de agua evaluadas.

#### V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R, B. Ríos, M. Rieradewall y N. Prat. “Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú”. *Limnetica*, Vol. 28 (2009): 35 – 64.
- Agencia Catalana del l'Aigua. *Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos*. España, 2006.
- Alba-Tercedor, J. “Macroinvertebrados acuáticos y calidad de aguas de los ríos”. *IV Simposio del Agua (SIAGA)*, 1996.
- Álvarez-Mieles, G., K. Irvine, A.V. Griensven, M. Arias-Hidalgo, A. Torres y A.E. Mynett. “Relationships between aquatic biotic communities and water quality in a tropical river-wetland system (Ecuador)”. *Environmental science and policy*, Vol. 34 (2013): 115-127.
- Arango, M, L. Fernanda, G. Arango, O. Torres y A. Monsalve. “Calidad de aguas de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia”. *Escuela de Ingeniería de Antioquia*. Vol. 9 (2008): 121 – 141.

- CHE (Conferencia Hidrográfica del Ebro). *Metodología para el establecimiento el estado ecológico según la directiva marco del agua: Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos*. Zaragoza (España), 2005.
- CIPAV (Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de producción Agropecuaria). *Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas*. Cali (Colombia), 2003.
- DESCO (Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo)/RAP (Red Ambiental Peruana). *Cambio climático, crisis del agua y adaptación en las montañas andinas: Reflexión, denuncia y propuesta desde los Andes*. Lima (Perú), 2009.
- Domínguez, E. y H.R. Fernández. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Tucumán (Argentina), 2009.
- Feijóo, C., P. Gantes, A. Giorgi, J. Rosso y E. Zunino. "Valoración de la calidad de ribera en un arroyo pampeano y su relación con las comunidades de macrófitas y peces". *Biología Acuática*, Vol. 27 (2012): 113-128.
- Fernández, L., J. Rau y A. Arriagada. "Calidad de la vegetación ribereña del río Maullín (41 28'S; 72 59'O) utilizando el índice QBR". *Gayana Botánica*, Vol. 66 (2009): 269-278.
- García, L y F. Jiménez. "Efectos del bosque ribereño y de las actividades antropicas en las características físico-químicas y en poblaciones de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenta del río Tascalapa, Honduras". *Recursos Naturales y Ambiente*, Vol. 48 (2006): 35-46.
- Giraldo, B. *Guía de promoción y desarrollo comunitario para asegurar la calidad del agua en los países en desarrollo*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima (Perú), 2004.
- IIAP (Instituto de la Amazonia Peruana) / GRA (Gobierno Regional Amazonas). *Zonificación ecológica y económica del departamento de Amazonas*. Lima (Perú), 2010.
- Maldonado, F.J., P.A. Van Damme, J. Rojas, R. Sanabria, C. Creemers y C. Vandecasteele. "El impacto de contaminación por hidrocarburos sobre la calidad de aguas y sobre macroinvertebrados bentónicos del río Hondo (Carrasco, Cochabamba, Bolivia)". *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, Vol. 7 (2000): 93-114.
- Mafla, M. *Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en ríos de tamaño mediano Talamanca - Costa Rica*. CATIE (Centro agronómico Tropical de investigación y Enseñanza). Turrialba (Costa Rica), 2005.
- Meza, A.M., J. Rubio, L. Dias y Y. Walteros. "Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná". *Caldasia*, Vol. 34 (2012): 443-456.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). *Estándares nacionales de Calidad Ambiental para Agua. D.S N° 002-2008-MINAM. Norma Legal*. Lima, 2008.
- Pardo, I., M. Álvarez, J. Casas, J. Moreno, S. Vivas, N. Bonada, J. Alba-Tercedor, P. Jáimez-Cuellar, G. Moya, N. Prat, S. Robles, L. Suárez, M. Toro y R. Vidal-Abarca. "El hábitat de los ríos mediterráneos: Diseño de un Índice de Diversidad de Hábitat". *Limnetica*, Vol. 21 (2002): 115-133.
- Paredes, C., J. Iannacone y L. Alvarino. "Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú". *Revista peruana entomológica*, Vol. 44 (2004): 107-118.
- Paredes, C., J. Iannacone y L. Alvarino. "Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac, Lima – Callao, Perú". *Revista Peruana de Entomología*, Vol. 31 (2005): 219-225.
- Posada, J. y G. Roldán, G. "Clave ilustrada y diversidad de larvas de trichóptera en el nor-occidente de Colombia". *Caldasia*, Vol. 25 (2003): 169-192.
- Prat, N., A. Munné, M. Rieradevall, C. Solà y N. Bonada. "ECOSTRIMED. Protocol per determinar l'estat ecològic dels rius mediterranis. Estudis de la qualitat ecològica dels rius, Diputació de Barcelona". *Àrea Medi Ambient*, Vol. 8 (2000).
- Prat, N., M. Rieradevall, y P. Fortuño. *Metodología*

- F.E.M. para la evaluación del estado ecológico de los ríos mediterráneos*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 2012.
- Ramírez, M.M., y Hernández, M.A. “Distribución de Fe, Zn, Pb, Cu, Cd y As originada por residuos mineros y aguas residuales en un transecto del Río Taxco en Guerrero, México”. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, Vol. 29 (2012): 450-462.
- Roldán, G. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP - Col*. Ed. Universidad de Antioquia. Medellín (Colombia), 2003.
- Terneus, E., K. Hernández y M.J. Racines. “Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza – Ecuador”. *Revista de Ciencias*, Vol. 16 (2012): 31-45.
- Torrentes, M.P., O.C. Quintero, E.H. Atilano, H.G. Vargas, J.A. Mesa, F.A. Cortés y N.J.A. Ramírez. “Aplicación de tres índices bióticos en el río San Juan, Andes, Colombia”. *Revista Mutis*, Vol. 6 (2016): 59-73.