

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**FORESTAL**



**INFLUENCIA DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA EN LA CALIDAD  
DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN –  
CAJAMARCA**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO FORESTAL**

Presentado por el Bachiller:

**ANA LUISA SILVA VÁSQUEZ**

Asesor:

Ing. M.Sc. Wálter Roncal Briones

CAJAMARCA – PERÚ

2018



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
Norte de la Universidad Peruana  
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
*Secretaría Académica*



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En Cajamarca a los **trece días** del mes de **diciembre** del Año dos mil dieciocho, se reunieron en el ambiente **2A-201** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 417-2017-FCA-UNC, Fecha 12 de setiembre del 2018, con el objetivo de Evaluar la sustentación de la Tesis titulada: **“INFLUENCIA DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA EN LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO MASHCÓN – CAJAMARCA”**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**, de la Bachiller: **ANA LUISA SILVA VÁSQUEZ**.

A las diez horas y quince minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de diecisiete (17).

Por tanto, la graduada queda expedida para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente:

A las once horas y veintidós minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 13 de diciembre de 2018.

Dr. Juan Francisco Seminario Cunya  
PRESIDENTE

Blgo. Gustavo Iberico Vela  
SECRETARIO

Ing. Luis Dávila Estela  
VOCAL

Ing. M. Sc. Walter Roncal Briones  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios dado que soy consciente que él tiene un camino para cada persona, él es quién me permitió culminar este trabajo y me cuidó en todo momento. A mis padres y hermano por su apoyo incondicional no sólo durante el desarrollo del presente trabajo sino durante toda mi vida, por su amor, comprensión, enseñanza, por sus sacrificios y porque siempre me han incentivado a asumir retos, porque siempre confían en mí y nunca me han abandonado en los momentos difíciles, ustedes papá y mamá siempre tienen las palabras adecuadas para animarme; a mis abuelos Memo, Rosi y Luisa, por estar conmigo desde el inicio de mi vida y por brindarme el mejor de los ejemplos, gracias Memo y Rosi por ser padres y amigos, por ser quienes me cuidaron siempre y me han acompañado durante en todo momento, gracias por todo lo que hicieron y hacen por mí, por sus enseñanzas y porque ustedes representan el amor más incondicional que puedo recibir; a Adriano por su compañía, apoyo y amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Doctor Niltron Deza Arroyo por permitirme ser parte del proyecto que permitió realizar el presente trabajo, por su ayuda incondicional.

A mi asesor el Ing. M. Sc. Wálter Roncal Briones por brindarme su apoyo en todo momento, por sus valiosos aportes y por brindarme confianza.

Al M. Sc. Daniel García Mercado por acompañarme durante todo el proceso de la investigación, por sus consejos y su tiempo a pesar de la distancia.

Al Ing. Luis Dávila Estela por ser quien absolvió mis dudas y siempre estuvo presto a brindarme apoyo.

Al Bach. Adriano Calla Navarro quien formó parte del equipo que realizó la recolección de datos.

A mi familia por ser quienes me motivaron a realizar este trabajo.

# ÍNDICE

	<b>Pág</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>ÍNDICE</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Problema de investigación .....	2
1.2. Formulación del problema de investigación .....	3
1.3. Objetivos .....	3
1.4. Hipótesis.....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación.....	5
2.2. Bases Teóricas.....	7
2.2.1 El agua.....	7
2.2.1.1 Contaminación del agua .....	7
2.2.1.2 Calidad del agua.....	9
2.2.2 Vegetación de ribera .....	18
2.2.2.1 Ecología de los Corredores Ribereños .....	20
2.2.2.2 Funciones de la vegetación en los ecosistemas ribereños	21
2.2.2.3 Degradación de franjas ribereñas.....	27
2.2.2.4 Efectos de la deforestación sobre los ecosistemas riparios .....	28
2.2.3 Índices de calidad ambiental .....	29
2.2.3.1 Índice de calidad de agua (Water Quality Index -WATQI) .	29
2.2.3.2 Índice de calidad de vegetación de ribera (QBR) .....	29
2.2.3.3 Índice Biótico Andino (ABI) .....	30

<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	31
3.1 Ubicación del trabajo de investigación .....	31
3.2 Materiales.....	31
3.3 Metodología.....	31
3.3.1 Características de los puntos de muestreo .....	32
3.3.2 Fase de campo .....	38
3.3.3 Fase de laboratorio .....	46
3.3.4 Fase de gabinete .....	48
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	57
4.1 Evaluación de la calidad del agua .....	57
4.1.1 Parámetros físico – químicos.....	57
4.1.2 Parámetros biológicos.....	70
4.2 Caracterización de la vegetación ribereña .....	75
4.2.1 Índice de calidad de vegetación de ribera .....	75
4.2.2 Método de Braun Blanquet .....	81
4.2.3 Caracterización de riberas – Hidromorfología .....	90
4.3 Parámetros de calidad de agua que mejoran .....	92
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	97
8.1 Conclusiones.....	97
8.2 Recomendaciones.....	97
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	98
<b>ANEXOS</b> .....	111

## RESUMEN

El estudio fue realizado en la cuenca del río Mashcón – Cajamarca, entre los meses de enero a mayo del 2018, con el fin de determinar la influencia de la vegetación ribereña en la calidad del agua. Para ello se tomaron muestras de agua en 40 locaciones, con mediciones *in situ* usando el instrumento Electrodo WTW MULTI 3430 para medir parámetros físico – químicos y muestras de agua *ex situ* (kits Hach-Lange® LCK) para medir parámetros químicos, además de la recolección de muestras de macroinvertebrados en 20 locaciones (método de muestreo de patada), también se evaluó la vegetación ribereña a partir del índice de calidad de vegetación de ribera (QBR) y método de Braun Blanquet, evaluación de algunas variables hidromorfológicas. Los resultados de los análisis físico – químicos, fueron procesados mediante gráficos de tendencia y diagramas de cajas y bigotes, además se aplicó el índice calidad de agua (WATQI), índice biótico andino (ABI) para macroinvertebrados y se aplicó coeficiente de correlación entre los resultados del índice QBR y los parámetros físico – químicos. Los resultados sugieren que el 77.5% de las locaciones poseen una calidad de agua “excelente” (WATQI). Según el ABI el 55% de locaciones poseen un estado ecológico de macroinvertebrados entre “muy bueno” y “bueno”; mientras que el 82.1% de los tramos de vegetación ribereña presentan entre “mala calidad” y “calidad pésima” (QBR). Estadísticamente no se pudo corroborar la relación existente entre presencia de vegetación ribereña y la mejora de algunos parámetros físico – químicos.

**Palabras clave:** vegetación ribereña, calidad de agua, cuenca río Mashcón, Cajamarca, QBR, ABI, WATQI.

## ABSTRACT

The study was conducted in the Mashcón - Cajamarca river basin, between the months of January to May 2018, in order to determine the influence of riparian vegetation on water quality. To this end, water samples were taken at 40 locations, with in situ measurements using the WTW MULTI 3430 Electrode instrument to measure physical parameters and analysis of ex situ water samples (Hach-Lange® LCK kits) to measure physico-chemical parameters. of the collection of samples of macroinvertebrates in 20 locations (kick sampling method), the riparian vegetation was also evaluated from the riparian vegetation quality index (QBR) and the Braun Blanquet method, some hydromorphological variables were also evaluated. The results of the physical - chemical analyzes were processed by box and whisker diagrams, and the water quality index (WATQI), the Andean biotic index (ABI) for macroinvertebrates were applied and a correlation coefficient was applied between the results of the QBR index. and the physical - chemical parameters. The results suggest that 77.5% of the locations have an "excellent, very pure" water quality (WATQI). According to the ABI, 55% of the locations have an ecological status of macroinvertebrates between "very good" and "good"; while 82.1% of the stretches of riparian vegetation present between low quality and poor quality according to the QBR index. Statistically, the relationship between the presence of riparian vegetation and the improvement of some physical - chemical parameters could not be corroborated.

**Key words:** riparian vegetation, water quality, Mashcón river basin, Cajamarca, QBR, ABI, WATQI.

## I. INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de agua son espacios de vital importancia en la vida de las personas, debido a que el agua que proveen se configura como un elemento esencial para todas las formas de vida, de cantidad limitada y calidad que está sometida a constante presión y modificación por acción de sustancias químicas inorgánicas (nitratos, fosfatos, sulfatos, etc.), sustancias químicas orgánicas (plásticos, plaguicidas, detergentes, sedimentos o materia suspendida) y agentes infecciosos (bacterias, virus, protozoarios) (Johnson 2012).

Los cuerpos de aguas no son sistemas aislados, sino más bien forman parte de ecosistemas complejos, es por ello que es “común” que los ecosistemas lóticos estén acompañados por vegetación en sus márgenes, ésta es la denominada vegetación ribereña, representando un punto medio que permite la comunicación entre el hábitat terrestre y acuático, generando la interacción entre sistemas ecológicos adyacentes y obtención de servicios ambientales inherentes, como disminución de los sedimentos, mejora de propiedades físico-químicas del agua (filtrado de contaminantes, regulación de temperatura), generación de hábitats, estabilización de márgenes, etc. (Bunn *et al.* 1999). La obtención de estos servicios se dará considerando el grado de perturbación de la vegetación ribereña, tipo de estructura de la cobertura/densidad y la naturaleza del contaminante a filtrar, ancho de la franja, etc. (Karssies *et al.* 1999).

La mayoría de los ríos del mundo que relativamente están conservados tienen márgenes u orillas cubiertas por vegetación ribereña y en los mejores casos bosques (Becerra 2013), no obstante a lo largo de los años en los países en vías de desarrollo se observa una fuerte tendencia que va en aumento y es que las riberas de los ríos están siendo fuertemente degradadas por la acción antrópica, generando que la calidad de los cuerpos de aguas saludables y sus condiciones prístinas se degraden en poco tiempo (Jefferies 1989), afectando directamente la dinámica natural del ecosistema y sus funciones (Bunn *et al.* 1999).

Esta investigación se desarrolló como parte del proyecto denominado VLIR TEAM: “Impacto sobre los recursos hídricos y la biodiversidad acuática por actividades de minería a tajo abierto en Cajamarca, Perú” y se realizó en la cuenca del río Mashcón – Cajamarca, entre los meses de enero a mayo del 2018. Con este estudio se busca revalorar la importancia de la vegetación ribereña como generadora de la mejora de algunos parámetros de calidad de agua, de tal manera que se promueva la recuperación de la vegetación ribereña nativa, sobre todo en la actual coyuntura de cambio climático y la necesidad de recuperar los servicios ecosistémicos que las franjas ribereñas brindan.

## **1.1 Problema de investigación**

La calidad del agua está regida por múltiples parámetros que van a permitir determinar si el cuerpo de agua estudiado presenta desequilibrios o perturbaciones, como resultado de la intervención o presencia antropogénica a partir de actividades y asentamientos, no solo porque genera presión en los sistemas ecológicos por el aumento de contaminantes, sino también porque la presencia humana, tiene influencia en el deterioro o eliminación de la vegetación ribereña y con ello contribuye de manera significativa a empeorar estos parámetros, pues es sabido que la calidad del agua depende mucho de la conectividad y el grado de fragmentación de la vegetación ribereña.

Es indudable que los cuerpos de agua con corredores ribereños presentan menor turbidez, demanda biológica de oxígeno (DBO), mayor diversidad de sustratos y porcentaje de piscinas que los cuerpos de agua sin protección, incluso la abundancia relativa de macroinvertebrados es mayor en los cuerpos de agua protegidas (Chará *et al.* 2007), también se sabe que atrapan o quitan fósforo, nitrógeno y otros nutrientes que pueden causar eutroficación de los ecosistemas acuáticos, atrapan o remueven otros contaminantes, tales como; los pesticidas y otros químicos (Tut 2016).

En nuestro ámbito, la cuenca del Mashcón, es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano y desarrollo de múltiples actividades económicas para la población de la ciudad de Cajamarca. Estos cuerpos de agua están acompañados de vegetación ribereña de las cuales se desconoce su estado actual (grado de conservación/degradación) y es que aún no se reconoce la importancia ecológica y los múltiples servicios que la vegetación ribereña en buen estado genera, y la real influencia sobre la mejora de algunos parámetros de calidad de agua, por lo que a diferencia de los que ocurre en otros países, no se han desarrollado prácticas y medidas de manejo para mitigar el impacto y reducir la presión a la que se encuentran sometidas, promoviendo su conservación.

Es por ello que nace la necesidad de realizar este estudio con el propósito de generar información y así facilitar la toma de decisiones por parte de las autoridades locales, para lograr un manejo sustentable y conservación del recurso hídrico y la vegetación ribereña, para contribuir a mejorar la calidad de vida de la población de la ciudad de Cajamarca, considerando también que la protección de estos recursos contribuye en la lucha contra el cambio climático y finalmente promover la creación de corredores vegetales a lo largo de los ríos, para promover la restauración de la calidad de las aguas superficiales.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo influye la vegetación ribereña en la calidad del agua de la cuenca del río Mashcón?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 General**

- Determinar la influencia de la vegetación ribereña en la calidad del agua en la cuenca del río Mashcón.

### **1.3.2 Específicos**

- Evaluar la calidad del agua a través de parámetros físicos – químicos y biológicos en la cuenca del río Mashcón.
- Caracterizar la vegetación ribereña en los puntos de muestreo a través del Índice de calidad de vegetación de ribera (QBR).
- Determinar los parámetros de calidad de agua afectados por la vegetación ribereña.

### **1.4 Hipótesis**

La presencia de vegetación ribereña promueve la mejora significativa de parámetros de calidad como temperatura, turbiedad, oxígeno disuelto, DQO, DBO, disminución en las concentraciones de sustancias químicas (nitritos, nitratos, amonio, fosfato, sulfato, etc).

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Antecedentes

Tut (2016) realizó un estudio en la cuenca del río Quiscab – Guatemala, con el objetivo de determinar la influencia de la franja ribereña en la calidad del agua. El análisis de la calidad del agua se realizó por medio de un análisis de varianza y comparación de medias de LSD de Fisher ( $p < 0.05$ ) y los parámetros fisicoquímicos se determinaron mediante un análisis de regresión múltiple. La influencia de la franja ribereña y unidades hidrográficas en la calidad del agua se determinó a través de árboles de regresiones, utilizando el algoritmo de Random Forest. Se obtuvo como resultado, que el porcentaje de la cobertura forestal de la franja ribereña no es un factor que explica la calidad del agua, a pesar de que ocupa una buena proporción de la franja ribereña ( $M=34.5\%$ ,  $EE=3.1\%$ ), los resultados sugieren que no es suficiente para contrarrestar los efectos de la contaminación. Pero, mientras más conectados estén los bosques adyacentes con los bosques ribereños, la calidad del agua es mejor. A medida que los parches de bosques y arbustos estén más alejados de los ríos, la calidad del agua tiende a disminuir.

Gutierrez (2009) realizó un trabajo en la microcuenca del río Gaira – Colombia, con el fin de caracterizar la composición florística del bosque ribereño, determinar su calidad del agua con base en parámetros físico – químicos, y biológicos. Se registran un total de 206 especies florísticas, y 44 familias de macroinvertebrados acuáticos. El río Gaira presentó buena calidad del agua respecto a los parámetros físico – químicos y biológicos, con un leve descenso hacia la parte baja, que se explica debido al efecto de acumulación y continuos de los ecosistemas ribereños, además esta parte de la microcuenca mostró menor riqueza de macroinvertebrados, pero mayor diversidad florística ribereña.

En un estudio realizado por Chará *et al.* (2007) en la cuenca del río La Vieja – Colombia, con el objetivo de evaluar y comparar las características bióticas y abióticas de quebradas con dominancia de pasturas y quebradas con protección de corredores ribereños y sin ellos, obteniendo información sobre el hábitat, calidad del agua y la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Cinco de las 15 quebradas tenían protección mediante corredores ribereños. Las quebradas con corredores ribereños presentaron menor turbidez, demanda biológica de oxígeno (DBO) y coliformes y mayor diversidad de sustratos y porcentaje de piscinas que las quebradas sin protección. La abundancia relativa de macroinvertebrados de los órdenes Trichoptera y de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera combinados fue mayor en las quebradas protegidas, mostrando que el ambiente de estas es más adecuado para estos taxones, considerados sensibles a la perturbación. Los corredores ribereños demostraron su utilidad en la reducción del impacto negativo del pastoreo en microcuencas pequeñas de la cuenca del río La Vieja, al disminuir el deterioro de la calidad del agua y proveer un hábitat físico más favorable para la fauna acuática.

Según Basílico *et al.* (2015) en un estudio realizado en la cuenca del Arroyo – Argentina, con el objetivo de elaborar un índice de calidad de aguas y un índice de calidad de riberas que contemplen las características de los cursos de agua de la región, para ello, se llevaron a cabo ocho campañas de muestreo de agua en el período 2010-2013 y se adaptaron y aplicaron dos nuevos índices: Índice de Calidad de Aguas Pampeanas (ICAP) e Índice de Calidad de Riberas Pampeanas (ICRP). Para el desarrollo del ICRP se utilizó como base el Índice de calidad de vegetación de ribera (QBR). El vertido de aguas residuales de la industria avícola contribuyó al incremento de las concentraciones de SST, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Pt y DBO. Los valores medios de ICA e ICAP fueron bajos y similares, aunque ICAP resultó más efectivo en la diferenciación de casos con calidades de agua extremas. Los principales factores que redujeron el valor del ICRP fueron la ausencia o escasa abundancia de hierbas

palustres, la presencia de especies vegetales exóticas e invasoras y la existencia de estructuras transversales al cauce.

Carranza *et al.* (2014) realizaron una investigación en el río Mashcón – Cajamarca, con el objetivo de analizar parámetros físico – químicos de este cuerpo de agua y compararlos con los parámetros dados por el Decreto Supremo (MINAM) N° 002-2008. Obteniéndose que los niveles de pH estaban dentro de los estándares recomendados, pues se obtuvo valores de 7.36 y 7.65, los valores de oxígeno disuelto (OD) son 7.51 y 7.4, también se encontraron dentro de lo permisible (mayores a 5 mg/L), en coliformes totales se obtuvo valores de 31.1 y 54.1 NMP/100mL, aceptables también (por debajo de los parámetros estándares, valor máximo de NMP/100mL). Se concluye que esta agua puede ser utilizada para fines agrícolas así como también para el consumo de animales, además pueden regarse cultivos que no están destinados al consumo humano o que luego de ser cosechados sean cocidos antes de ser ingeridos, frutas o vegetales que sean cultivados para ser enlatados o que reciban otro procesamiento para eliminar patógenos y forrajes u otros cultivos destinados a consumo animal que son cosechados y secados al sol antes de ser consumidos por éstos.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 El agua**

#### **2.2.1.1 Contaminación del agua**

La Organización Mundial de la Salud (OMS 1993) define el agua contaminada como aquella cuya “composición haya sido modificada de modo que no reúna las condiciones para el uso que se le hubiera destinado en su estado natural”. Esta modificación se da en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que pueden hacer perder hasta su potabilidad. Las aguas naturales, al estar en contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorporan

parte de los mismos por disolución o arrastre (Marin 2014), sin embargo, siempre hay una contaminación natural originada por restos animales y vegetales y por minerales y sustancias gaseosas que se disuelven cuando los cuerpos de agua atraviesan diferentes terrenos (Ascencio 2011).

- **Tipos de contaminación**

Según su localización los tipos de contaminación pueden ser (Enkerlin 1997):

- a) **Contaminación puntual:** Son aquellas fuentes de contaminación caracterizadas por descargas únicas (contaminantes se vuelcan desde una única área geográfica aislada o confinada). Siendo: descargas de efluentes domésticos o industriales, operaciones con residuos peligrosos, drenaje en minas, derrames y descargas accidentales, etc.
  
- b) **Contaminación no puntual:** Involucran fuentes de contaminación difusas y comprenden actividades que abarcan un área mayor, pudiendo causar la contaminación general del agua subterránea, razón por la cual son más difíciles de controlar que las fuentes puntuales. Pueden provenir de: la agricultura y la ganadería, del drenaje urbano, de la explotación del suelo, de los rellenos sanitarios, etc.

Según su origen la contaminación puede ser:

- a) **Contaminantes naturales:** es la contaminación debida a fenómenos naturales, como la erosión y las erupciones volcánicas y está relacionada con la composición de suelos, aguas y los componentes de algunos alimentos (Henry *et al.* 1999).
  
- b) **Contaminantes antropogénicos:** es la generada por las actividades del hombre (industriales, mineras, agropecuarias, domésticas, etc.) (Arellana *et al.* 2011).

### **2.2.1.2 Calidad del agua**

La calidad del agua es un término variable en función del uso concreto que se vaya a hacer de ella, sin embargo, puede ser definida a través de las características físicas, químicas y biológicas (Brack *et al.* 2006). Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas, a la vida vegetal y animal (CCA 2014).

#### **Parámetros de calidad del agua**

##### **a. Parámetros físicos de calidad de agua**

###### **Turbidez**

Es una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia en la misma de materiales suspendidos coloidales y/o particulados. La presencia de materia suspendida en el agua puede indicar un cambio en su calidad por la presencia de sustancias inorgánicas finamente divididas (arena, fango, arcilla), materiales orgánicos, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos, el tamaño de estas partículas varía desde 0,1 a 1.000 nm (nanómetros) de diámetro (Triveño 2016). La turbidez propicia una actividad fotosintética más débil (menor penetración de luz), además las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y así reduciendo la concentración de oxígeno en el agua (el oxígeno se disuelve mejor en el agua más fría) (González 2011). Se mide en unidades nefelométrías de turbidez (NTU) (Obregón 2016).

###### **Temperatura (T°)**

La temperatura de las aguas residuales y de masas de agua receptora, son importantes a causa de sus efectos sobre la solubilidad del oxígeno y, en consecuencia, sobre las velocidades en el metabolismo, difusión y reacciones; es por eso que se dice que influye en el comportamiento de otros parámetros de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit

de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. Las escalas en las que comúnmente se mide son: Centígrados (°C), Fahrenheit (° F), Kelvin (° K) (Orellana 2016).

### **Conductividad eléctrica (CE)**

La Conductividad es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad (Marin 2014). Este parámetro mide el contenido total de sales en el agua, esta medición se da en micro siemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Es habitual encontrar valores de 700 umhos/cm a 1200 umhos/cm de manera natural en cuerpos de agua superficiales. El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos (Orellana 2016).

## **b. Parámetros químicos de calidad de agua**

### **Potencial de hidrógeno (pH)**

El valor del pH está dado por la concentración del ion hidrógeno e indica si el agua es ácida o básica y se expresa en una escala que varía entre 0 y 14. Si el pH es 7 indica que es neutra, o sea que no es ni ácida ni básica, con debajo de 7 es ácida y por encima básica. Los cambios de pH en un mismo cuerpo de agua están relacionados con la concentración de dióxido de carbono, el cual es fuertemente ácido (Rodríguez *et al.* 2001). Para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se sitúa entre 6.0 y 7.2. Fuera de este rango no es posible la vida como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas (Vizcarra 2002). En caso de la presencia de pH bajo es un indicativo de problemas muy específicos, como descargas procedentes de minerías o lluvia ácida (Altamirano 2005).

### **Oxígeno disuelto (OD)**

Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para la vida en los cuerpos de agua (Obregón 2016). La baja concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador de que el agua

tiene un alta carga orgánica (heces, restos de comida, animales muertos, etc.), ya que los desperdicios orgánicos arrojados en los cuerpos de agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno en la respiración. De esa forma, cuanto mayor sea la carga de materia orgánica, mayor será el número de microorganismos que descomponen y consecuentemente, mayor el consumo de oxígeno (Vizcarra 2002). Algunos autores como Sipi3n *et al.* (2013) establece un valor de  $\geq 5.0$  mg/L, otros como Marin (2014) hacen referencia que en las aguas superficiales suelen tener  $>7-8$  mg/L. La ausencia total de oxígeno produce la presencia de malos olores como consecuencia de la descomposici3n de la materia orgánica (Verastegui 2001).

### **Compuestos nitrogenados**

Los principales compuestos nitrogenados presentes en el agua son nitratos, nitritos y amonio (Marin 2014) que se presentan a continuaci3n:

#### **- Nitr3geno total (NT)**

Corresponde a la relaci3n entre la suma de los valores de nitr3geno orgánico y nitr3geno inorgánico. Todos los componentes individuales deben ser expresados como mg/l N.

#### **- Amonio (NH<sub>4</sub>)**

El amonio (NH<sub>4</sub>) es considerado un constituyente normal de las aguas superficiales y est1 intimamente relacionado con descargas recientes de desagües. Cuando su concentraci3n es mayor de 0,1 mg/L, podría constituirse como un indicador de contaminaci3n por aguas con bacterias, aguas residuales o residuos de animales, la ganadería intensiva puede generar concentraciones mucho mayores en aguas superficiales (Bautista *et al.* 2011). Hay casos en los que las aguas contaminadas por vertidos residuales dom3sticos exhiben concentraciones mucho más elevadas hasta 50 mg/l.

#### - Nitrito (NO<sub>2</sub>)

En aguas superficiales bien oxigenadas su concentración no suele superar los 0,1 mg/L, siendo mucho más abundantes en ríos contaminados por aguas residuales urbanas y/o industriales. Para aguas de consumo la Organización Mundial de la Salud (OMS), señaló como valor máximo orientativo la cantidad de 0.5 mg/l (Marin 2014). Según Erikson (1985) valores entre 0.1 y 0.9 mg/l pueden presentar problemas de toxicidad dependiendo del pH, asimismo valores por encima de 1.0 mg/l son totalmente tóxicos y representan un impedimento para el desarrollo de la vida acuática y el establecimiento de un ecosistema fluvial en buenas condiciones (Prat *et al.* 1999). La presencia de nitrito se traduce en contaminación industrial y de aguas residuales domésticas (Pardo *et al.* 1997).

#### - Nitrato (NO<sub>3</sub>)

El nitrato se forma en la descomposición de las sustancias orgánicas nitrogenadas, principalmente proteínas, también procede de disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales, de la contaminación por efluentes agrícolas e industriales (Orellana 2016). Los fertilizantes nitrogenados no absorbidos por las plantas, volatilizados, o arrastrados por la escorrentía superficial acaban en las aguas en forma de nitratos (Lenntech 2009). Según Marin (2014) en aguas de superficie no contaminadas no suelen superar los 10 mg/L, sin embargo, Villareal (2016) cuando existen actividades antrópicas, las aguas superficiales pueden tener concentraciones hasta de 5 mg/l pero normalmente son menores de 1 mg/l, las concentraciones por encima de los 5 mg/l usualmente indican contaminación, ya sea por desechos domésticos, de animales o la escorrentía.

### Compuestos fosforados

El Fósforo (P) en el agua procede de: **(a)** disolución de rocas y minerales; **(b)** lavado de suelos en los que se encuentra como resto de actividades ganaderas o agrícolas; **(c)** aguas residuales domésticas (los detergentes

domésticos –tripolifosfatos- aportan el 50% del P presente en los vertidos urbanos. Los compuestos fosforados pueden ser:

- **Fósforo Total (PT)**

El P total de aguas naturales no contaminadas está entre 0,1 mg/L y 1,0 mg/L (Marin, 2014).

- **Fosfato (PO<sub>4</sub>)**

Se sabe que existen, al menos, tres mecanismos de transferencia de fosfato desde el suelo a los sistemas acuáticos: disolución y movimiento en forma soluble; transporte de formas adsorbidas, asociado al desplazamiento vertical de la fracción coloidal y, sobre todo, a los materiales erosionados; y, por último, pérdidas directas de fertilizante cuando llueve tras la aplicación del mismo (Rodríguez *et al.* 2011). Según Seoanez (1996), consideran un valor máximo admisible de 0,2 mg/l de fosfato.

**Sulfato (SO<sub>4</sub>)**

Proceden de disolución de yesos y de la oxidación bacteriana de sulfuros. Su concentración en ríos oscila entre 20 y 50 mg/L (Marin 2014).

**Demanda biológica de oxígeno (DBO)**

Se define como el monto de oxígeno consumido por microorganismos para oxidar biológicamente la materia orgánica, cuando se incubaba una muestra en la oscuridad durante 5 días a 20°C en condiciones aeróbicas (Aznar 2000). Este parámetro mide el grado de contaminación de las aguas, midiendo el peso del oxígeno disuelto utilizado en el proceso biológico de degradación de materias orgánicas (Verastegui 2001). Entre un rango de  $6 < \text{DBO}_5 \leq 30$ , el agua es “aceptable”, con indicio de contaminación (Mejía *et al.* 2008). El aumento de la DBO, al igual que la DQO ocasiona disminución del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática. La putrefacción de la materia orgánica en el agua produce una disminución de la cantidad de oxígeno que causa graves daños a la flora y fauna acuática, pero que desaparece al término del proceso de putrefacción (DIGESA 2011).

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua expresada en mg/L, indica presencia de materia orgánica susceptible de ser degradada por medios químicos, el valor de la DQO es mayor que el de la DBO se puede decir que cuando la  $DBO/DQO < 0,5$  estamos ante un efluente fácilmente biodegradable, mientras que si este cociente es inferior a 0,2 será escasamente biodegradable. La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO5, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica (DIGESA 2011).

### **c. Parámetros biológicos de calidad de agua**

#### **Macroinvertebrados bentónicos**

Los macroinvertebrados son organismos acuáticos que pueden observarse a simple vista (tamaño superior a 0,5 mm de largo) (Roldán 1992), por otro lado el término bentos son todos aquellos organismos que viven, o por lo menos en alguna fase de su ciclo de vida, en el fondo de los cuerpos de agua adheridos a algún sustrato como rocas, troncos, residuos vegetales, etc (Roldán *et al.* 2008). El análisis de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos son indicadores de la calidad del agua debido a que luego de una perturbación éstos se demoran en reorganizarse y recolonizar (Prat *et al.* 2009). Asimismo, las especies tolerantes pueden incrementar su abundancia y especies poco tolerantes desaparecer o disminuir significativamente, y muchos grupos funcionales pueden variar su cantidad debido a los contaminantes (Chumpitaz 2017).

## **Hábitats lóticos y la interacción ecológica**

Se denominan hábitats lóticos a los ríos, riachuelos y quebradas, en estas existe gran diversidad de fauna de macroinvertebrados de acuerdo al hábitat en que se encuentren, pues el hábitat que existe en una corriente es muy diferente a la que se encuentra en zonas de rápidos, y a la de remansos y orillas. Las corrientes poseen una zona de erosión en las cuales la velocidad del agua es lo suficiente fuerte para arrastrar partículas en suspensión, esta zona se caracteriza por rápidos formados por rocas, piedras y arena, en estos lugares se encuentra, por lo regular, una fauna diversa, con adaptaciones como ventosas y ganchos para resistir la velocidad de la corriente. En las corrientes también existen las zonas de deposición o acumulación en las cuales la velocidad del agua es muy lenta y los materiales que llevan en suspensión se precipitan fácilmente formando sustratos fangosos y arenosos (Roldán *et al.* 2008; Custodio 2013).

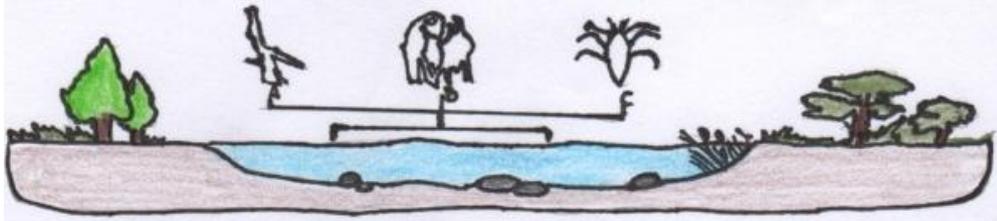
Entre los factores biológicos, “los insectos en estado inmaduro representan la mayor parte de la biomasa de esta comunidad” (Guerrero *et al.* 2003). Así, en ríos de aguas frías, bien oxigenadas, se espera encontrar poblaciones dominantes de plecópteros, tricópteros y efemerópteros y, bajas proporciones de odonatos, hemípteros, dípteros, neurópteros, ácaros, crustáceos y otros grupos menores (Rivera *et al.* 2008).

### **Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos**

De acuerdo a su tipo de adaptación, según Roldán *et al.* (2008) existen los niveles:

### - Neuton

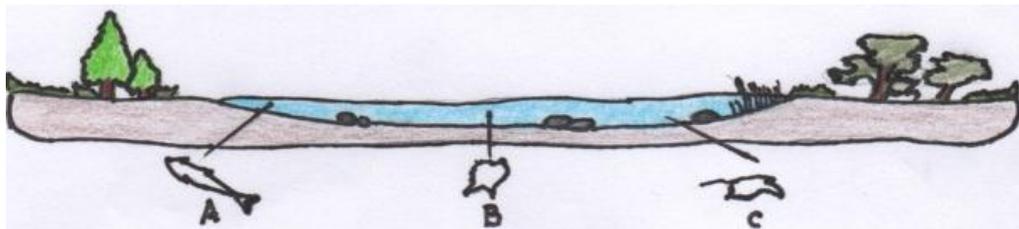
Se refiere a los organismos que viven sobre las superficie del agua caminando, patinando o brincando, sus uñas, sus patas y su exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hace impermeables, así que en vez de hundirse, doblan la superficie del agua venciendo al tensión superficial. Entre los representantes están las familias Gerridae, Hidrometriedae y Mesoveliidae (Figura 1).



**Figura 1.** Macroinvertebrados representantes del Neuton, **A.** Hidrometriedae  
**B.** Gerridae, **C.** Mesoveliidae

### - Necton

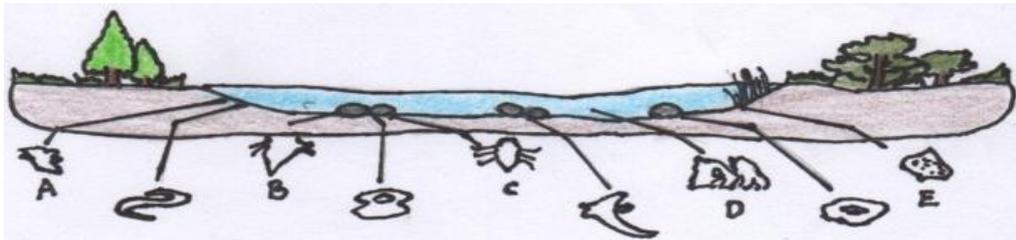
Son todos aquellos organismos que nada libremente en el agua, entre ellos se encuentran: Corixidae y Notonectidae del orden Hemíptera; Dytiscidae, Gyrinidae e Hydriohilida del orden Coleóptera y Baetidae del orden Ephemeroptera (Figura 2).



**Figura 2.** Macroinvertebrados representantes del *Necton*. **A.** Baetidae,  
**B.** Corixidae

## - Bentos

Son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos restos de vegetación y sustratos similares, los principales órdenes representantes son Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera, Megaloptera y Díptera. También pueden encontrarse algunos enterrados en el fondo a varios centímetros de profundidad (Ephemeroptera). Otros, como la familia Blephariceridae (Díptera), se adhieren fuertemente a rocas mediante un sistema de ventosas en el abdomen (Figura 3).



**Figura 3.** Macroinvertebrados representantes del *Bentos*. **A.** Odonata, **B.** Ephemeroptera, **C.** Plecóptera, **D.** Díptera, **E.** Gastropoda

## Principales órdenes de macroinvertebrados comunes según Roldán (1988):

- a) Ephemeroptera:** Las ninfas de Ephemeroptera viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas; sólo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. En general se consideran indicadores de buena calidad del agua.
- b) Plecoptera:** Las ninfas de los Plecóptera viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Se ha observado en ciertos casos que son especialmente abundantes en riachuelos con fondo pedregoso, de corrientes rápidas y muy limpias, indicadores de aguas muy limpias.
- c) Trichoptera:** juegan un papel importante, tanto en las cadenas alimentarias como el reciclaje de nutrientes. Debido a su gran diversidad y el hecho de que las larvas poseen distintos ámbitos de

tolerancia, son muy útiles como bioindicadores de calidad de agua y la salud del ecosistema (Springer 2006).

**d) Coleóptera:** viven los sustratos más representativos son troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y la vegetación sumergida y emergente. Las zonas más ricas son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias.

De acuerdo a su grupo funcional los macroinvertebrados pueden tener dieta variable Palma *et al.* (2013):

- Depredadores: consumen insectos o crustáceos.
- Fragmentadores: consumen detritos o restos de macrófitas.
- Ramoneadores: consumen diatomeas o detritos.
- Recolectores: consumen detritos finos.
- Filtradores: consumen detritos finos suspendedos.

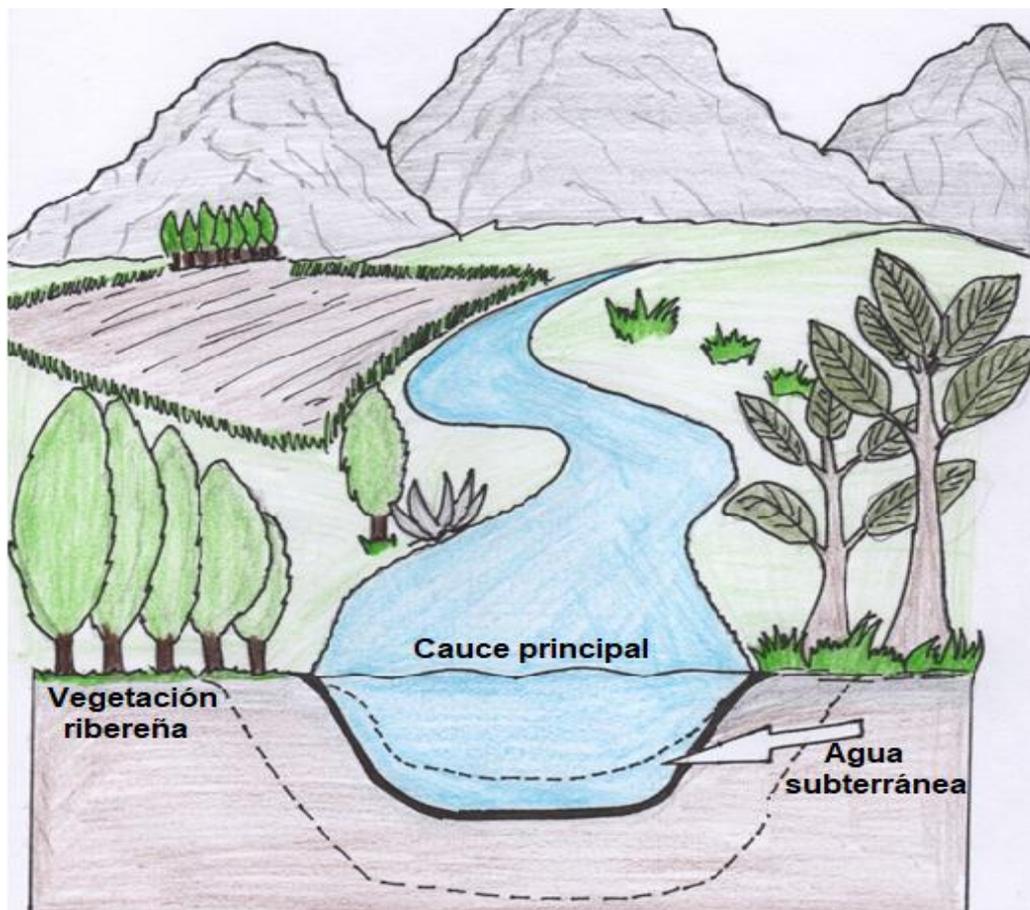
#### **d. Parámetros hidromorfológicos**

La entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua (DMA) en Europa (2000) supuso un gran cambio en la definición y evaluación de la calidad del agua, ya que se introdujo el concepto de estado ecológico, a través de tres tipos de parámetros: físico-químicos, biológicos e hidromorfológicos. A pesar de que fue abordada por científicos en diversos países, no existe una metodología establecida para su evaluación, pero se considera el régimen hidrológico y las condiciones morfológicas (profundidad y anchura, estructura y sustrato del lecho del río y estructura de la zona ribereña), así como la continuidad del curso fluvial (Navarro 2014).

#### **2.2.2 Vegetación ribereña**

Las zonas ribereñas constituyen uno de los ecosistemas más diversos, dinámicos y complejos sobre la tierra (Burbrink *et al.* 1998), según la definición del National Research Council – NRC (2002), las áreas

riberañas son zonas de transición entre los ecosistemas terrestres y acuáticos (ecotono). Naiman *et al.* (2005) detallan que riparius (latino) significa “de o que pertenece a la orilla o ribera de un río”. El término describe las comunidades bióticas que viven sobre los bordes de arroyos y lagos, así ribereño se ha usado como adjetivo y ripario(a) como un nombre singular, que no solo de grandes árboles sino también de la flora y fauna que se encuentran asociadas con el sistema suelo-sedimento.



**Figura 4.** Ecosistema ribereño. La zona o área ribereña es el hábitat para diferentes especies de plantas y animales. Se muestran las zonas *buffer* y el área de influencia.

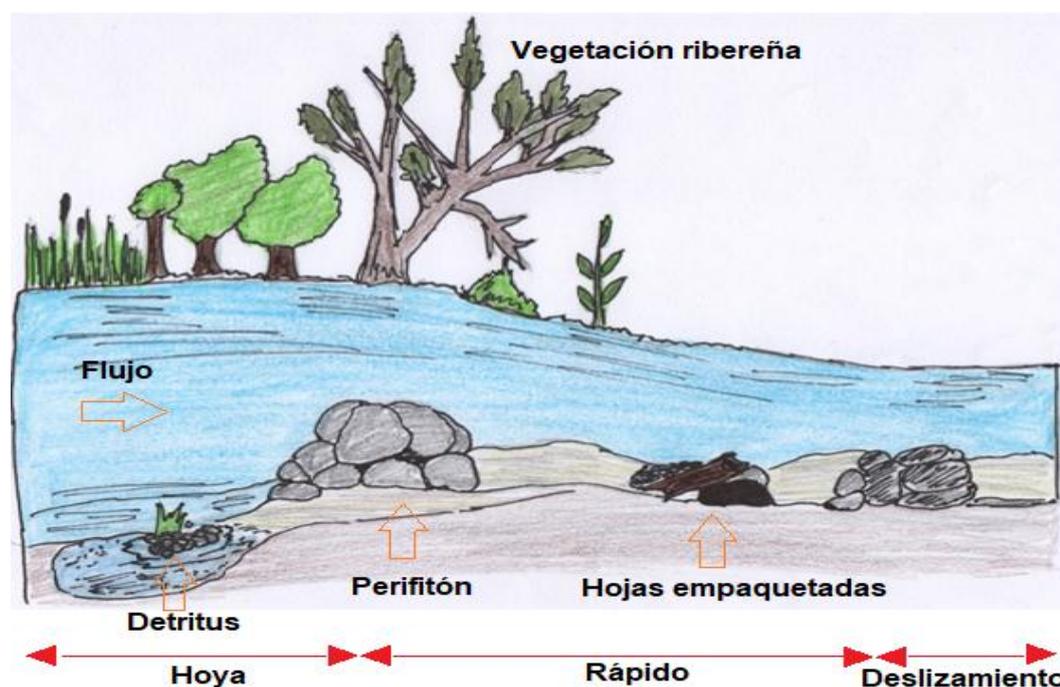
**Fuente:** dibujo adaptado de Guevara *et al.* (2008).

Las áreas riparias forman un ecosistema muy variado en cuanto a su estructura, cuyo espacio se representa por una línea que se extiende por ambos márgenes de todo río y que se diferencia en composición florística y estructura a las áreas adyacentes (Díaz 2016), son sitios frecuentes de

incremento de las perturbaciones naturales, mientras simultáneamente funcionan como buffer o barreras para otras perturbaciones naturales (Ward 1998; Márquez *et al.* 1999; Shafroth *et al.* 2002).

### 2.2.2.1 Ecología de los corredores ribereños

Con frecuencia las riberas son el refugio para la biota única y para algunos procesos ecológicos especiales, la velocidad de un arroyo es controlada por el gradiente, amplitud, aspereza del fondo y forma (recta o serpenteante) los fenómenos de turbulencia permiten que se despegue del suelo y se mantenga suspendido, así pues dentro de un sistema de escurrimientos se forma una multitud de microambientes, los cuales surgen de la combinación de los remansos (pozas) y los rápidos, producidos por las rocas, cantos y por la formación del fondo (Figura 5) (Granados *et al.* 2006).



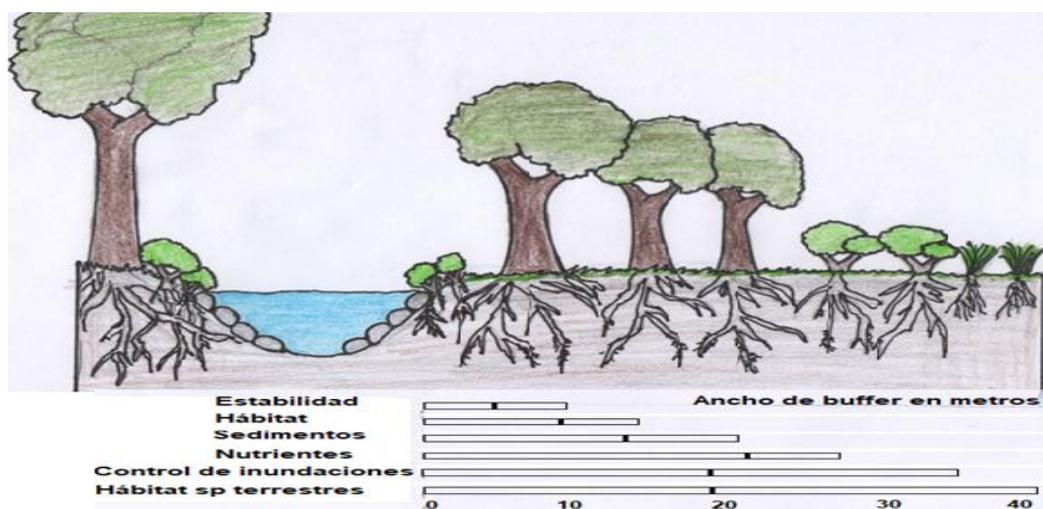
**Figura 5.** Sección transversal de un escurrimiento que muestra algunos de los hábitats. El perifitón y la biopelícula que cubren las piedras, guijarros y cantos. **Fuente:** dibujo adaptado de Granados *et al.* (2006).

El microclima ripario es casi siempre húmedo, las formas de las raíces de las plantas típicas de los bancos proveen un sitio de refugio (Chará 2003). Muchas veces están presentes árboles de los géneros *Salix* y *Alnus*

(Person 1936). El agua que fluye a través de una zona riparia también facilita el reciclamiento de los nutrientes, y el desarrollo de las plantas mediante el movimiento del oxígeno a través del suelo, remoción del bióxido de carbono y productos metabólicos residuales (Barton *et al.* 1985).

### 2.2.2.2 Funciones de la vegetación en los ecosistemas ribereños

La vegetación ribereña juega un papel importante en la conservación de los recursos naturales, siendo una pieza clave dentro de las cuencas hidrográficas (Robins *et al.* 2002) y es que sin la protección de la vegetación ribereña y por el acelerado efecto del cambio climático tanto el agua como los suelos están expuestos a los rigores del clima, los que pueden ocasionar la rápida erosión del suelo y sedimentación de los cauces (Díaz 2016). Ésta hace que los procesos de escorrentía se den de una forma lenta (trampa para limos o arenas suspendidas), de esta manera ayudan a filtrar el agua y forman los suelos del banco del río (Emmingham *et al.* 2005). Posee un “poder tampón”, es decir, tienen la capacidad de absorber y almacenar elementos, estas zonas frenan la eutrofización y la polución de los ríos causada por los abonos o pesticidas traídos de tierras agrícolas que son transportados por las aguas, es decir, retienen parte del nitrógeno y el fósforo transportados por la escorrentía, desde los cultivos hasta los cursos de agua (Figura 6).



**Figura 6.** Ancho de los Corredores Ribereños. Dibujo adaptado de Emmingham *et al.* (2005).

El ancho de las franjas ribereñas es un tema en constante discusión, sin embargo, existe sólida evidencia que al existir franjas ribereñas de suficiente ancho protegen y mejoran la calidad del agua por la intercepción de contaminantes, tales como herbicidas y pesticidas; nutrientes de fertilizantes; y sedimentos originados por erosión de los suelos. Fisher *et al.* (2000) realizaron una revisión bibliográfica de varios estudios conducidos por diferentes autores, quienes recomiendan diferentes anchos de la franja ribereña:

**Tabla 1.** Anchos de franjas ribereñas con diferentes tipos de vegetación

Ancho	Tipo de vegetación	Beneficio producido	Autor
100-300 m	Áreas cubiertas con vegetación	Intercepción de contaminantes, tales como herbicidas y pesticidas	Eichner (2002)
>15 m	Bosques maderables	La efectividad de franjas ribereñas naturales es altamente variable, pero un ancho de 15 m fue efectivo para reducir concentraciones de fósforo proveniente de hogares aledaños	Woodard <i>et al.</i> (1995)
>25 m	Áreas cubiertas con vegetación	Un ancho de 25 m de franja ribereña puede reducir los sedimentos en suspensión hasta en un 92%	Young <i>et al.</i> (1980)
>30 m	No especifica tipo de vegetación	Un área de amortiguamiento ribereño de 30 m remueve en promedio entre un 75 al 80% de los sedimentos suspendidos, reduciendo el paso de nutrientes, hacia el cauce y manteniendo las temperaturas del agua dentro de niveles aceptables	Lynch <i>et al.</i> (1985)
>9 m	Áreas cubiertas con vegetación (bosque)	Elimina un promedio de 84% de sólidos en suspensión, 79% de fosfatos y 73% de nitrógeno	Dillaha <i>et al.</i> (1989)
>7 m	No especifica tipo de vegetación	Concentración de nitratos casi completamente reducida, debido a la denitrificación microbiana	Lowrance <i>et al.</i> (1992)

Fuente: Fisher *et al.* (2000).

Hasta el momento no existe un consenso sobre el ancho de las franjas ribereñas, sin embargo, en diferentes países el mínimo recomendable tiene como fin favorecer la mayoría de las funciones acuáticas y el desarrollo y mantención de la vegetación nativa (Parkyn *et al.* 2000). Según Fischer *et al.* (2000), el ancho de las zonas ribereñas recomendado puede variar de acuerdo a cinco funciones tales como: protección de la calidad del agua (5-30 m), hábitat ripario (30-500 m), estabilización de orillas (10-20 m), atenuación de inundaciones (20-150 m) y aporte de detritus (3-10 m). La literatura muestra sistemas de clasificación según el uso del recurso agua, el ancho del cauce, la magnitud del flujo, del orden en la red hidrológica y la permanencia del flujo (Gayoso *et al.* 2003). En la Tabla 2 se dan varios ejemplos de anchos mínimos de estos buffers en diferentes países.

**Tabla 2.** Anchos para las franjas de amortiguamiento según normativas de diferentes países

Lugar	Ancho mínimo de franjas de ribereñas
Auckland (Nueva Zelanda)	Ancho de la franja de amortiguamiento considerando como el mínimo recomendado >10 m en cada ribera
Alpharetta (USA)	Cursos permanentes: mínimo 15 m, pero promedio a lo largo del cauce 30 m
Fulton (USA)	Cursos principales: 15 m, tributarios: 7.5 a 10.5 m
Carolina del sur (USA)	Ríos principales: 30 m Tributarios: 15 m
Finlandia	20 a 30 m
Australia	20 y 100 m
Chile	Curso de agua de 0.20 – 0.50 m: zona de protección de 5 m Manantiales y cuerpos naturales de agua > 0.50 m: zona de protección 10 – 20 m

Fuente: Gayoso *et al.* (2003).

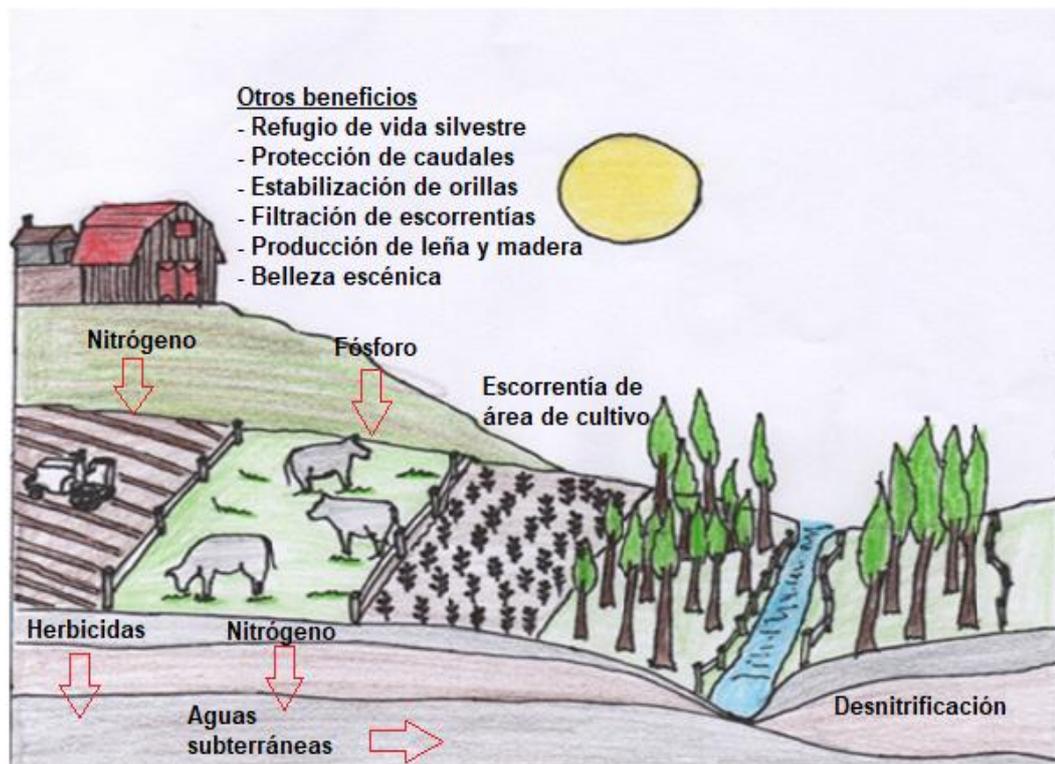
Otros autores como Quevedo (2008), recomiendan que la determinación del ancho de las franjas ribereñas debe realizarse en función de la pendiente, el grado de sensibilidad de erosión del suelo y de los objetivos que se persiguen. Por ejemplo, si se tiene un área con 60% de pendiente, con baja sensibilidad a la erosión y cuyo objetivo sea la disminución de la sedimentación, este autor sugiere un ancho de 55 m.

**Tabla 3.** Funciones generales de las franjas ribereñas y anchos recomendados

Función	Descripción	Ancho
Protección de la calidad de agua	Las zonas ribereñas, interceptan la esorrentía, atrapan los sedimentos, remueven contaminantes y promueven la recarga acuífera. Es necesario que el ancho se incremente cuando la pendiente sea más pronunciada y que la vegetación esté compuesta por arbustos y árboles donde los suelos tengan baja permeabilidad.	5 a 30 m
Hábitat ripario	La zona ribereña que posee árboles y arbustos provee de refugio y alimento para vida silvestre.	30 a 500 m
Estabilización de orillas del cauce	La vegetación ribereña provee estabilidad a las orillas al generar resistencia a la tensión de la matriz del suelo a través de sus raíces y además modera las condiciones de humedad del suelo de las riberas. Si el ancho de la ribera está protegido, la erosión va disminuir.	10 a 20 m
Aporte de detritus	Las hojas y ramas caen de las copas del bosque ripario a los cuerpos de agua, generando fuentes de alimento y hábitat.	3 a 10 m

Fuente: Becerra (2013).

Emmingham *et al.* (2005), indican que la descomposición de la madera o restos de árboles, también mejoran las funciones de destoxificación en los suelos de franjas ribereñas. Por lo tanto, las franjas ribereñas pueden ayudar a remover los herbicidas y eliminar el exceso de nitrógeno utilizado en el manejo de los cultivos agrícolas (Figura 7).



**Figura 7.** Servicio Ecosistémicos de las franjas ribereñas.

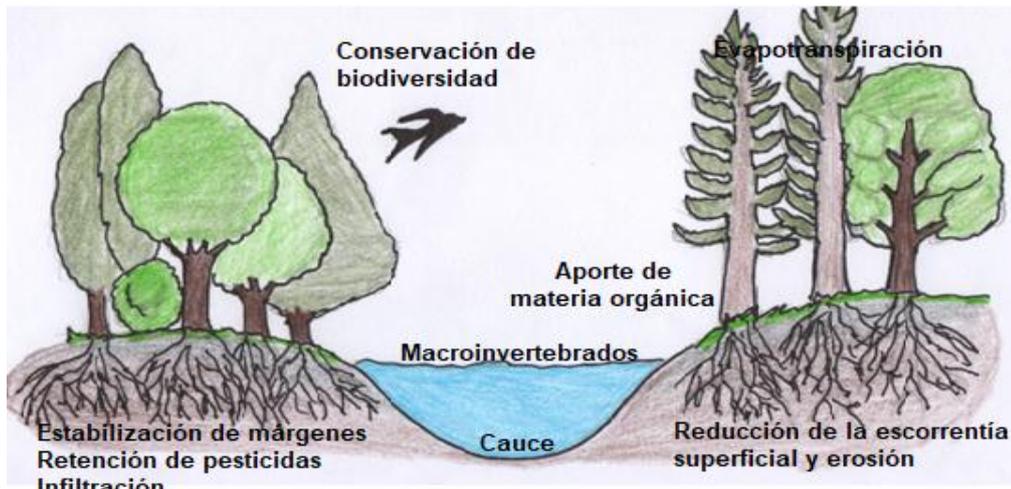
**Fuente:** dibujo adaptado de Emmingham *et al.* (2005).

La vegetación ribereña también posee funciones ecológicas como reducción de la temperatura del agua debido al sombreado y además es la base de la cadena alimentaria de los cuerpos de agua, puesto que el material orgánico proveniente del mantillo (hojas y ramas caídas, en descomposición) transportado hacia el cuerpo de agua, a partir de la vegetación marginal, constituye un suministro energético más importante que la producción autóctona en los ríos, porque se puede considerar que las corrientes son subsidiadas por la vegetación ribereña (Granados *et al.* 2006, Morisawa 1968). Sin embargo, en muchos ecosistemas riparios la vegetación ribereña es escasa (perturbada) y existen menor fotosíntesis, lo que genera a su vez escasez de producción de materia orgánica, por lo que muchos ecosistemas ribereños dependen de la materia orgánica importada de ecosistemas adyacentes.

Finalmente, cuando los restos vegetales ingresan a la corriente proporciona cantidades importantes de detritos vegetales (madera muerta y hojas muertas) los cuales reducen la velocidad de la corriente, frenan

las crecidas y crean zonas de calma favorables para el desarrollo de micro hábitats diversos (Anderson *et al.* 1978), sin embargo, no toda la materia orgánica que entra a una corriente de agua se descompone rápidamente y es que cuando caen grandes trozas pueden permanecer ahí durante mucho tiempo, sin pudrirse o ser arrastradas aguas abajo, más allá de llegar a ser alimento para los descomponedores, se convierten en una fuente de diversidad de hábitat, que sirve como sustrato para muchas especies pequeñas y como cubierta para especies grandes, o generan micro hábitats al hacer la función de dique, ya que estos residuos pueden dividir lo que de otra manera podría ser un flujo uniforme de la corriente, marcado por alternativos encharcamientos y rápidos, incrementando la diversidad del hábitat (Barton *et al.* 1985)

La vegetación ribereña genera un banco entrelazado, es decir las raíces forman una malla, propiciando que los suelos sean menos susceptibles a la erosión que uno desnudo (Granados *et al.* 2006), además juega un importante papel en el manejo integrado de plagas en las zonas aledañas, hay indicios que los pájaros que anidan en los bosques ribereños son depredadores de roedores e insectos. Además, cuando ocurren incendios en la vegetación ribereña inundable, estos tienen una menor probabilidad de consumirse por la acción del fuego (Granados *et al.* 2006), además la vegetación ribereña funciona a manera de corredor que permiten conectar bosques aislados y evitar el efecto de isla, además de proveer cobijo para ciertas especies y proporcionan alimentos (Lovett *et al.* 1999; Granados *et al.* 2006; Garrent, 2005) (Figura 8).



**Figura 8.** Diagrama de funciones y servicios de los ecosistemas riparios.

**Fuente:** dibujo adaptado de Gonzales *et al.* (2006).

### 2.2.2.3 Degradación de franjas ribereñas

De acuerdo con Lovett *et al.* (1999), actualmente los cuerpos de agua asociados a vegetación ribereña se enfrentan a una serie de impactos, la degradación de estas áreas suele darse principalmente por la remoción de la vegetación, que produce los siguientes impactos (Díaz 2016):

- Aumenta la entrada de luz hacia el río.
- Aumento de la temperatura del agua (favorece el crecimiento de algas y mala yerba).
- Bajo condiciones naturales, los árboles caen al río, creando así hábitats para organismos acuáticos, al remover estos escombros, se alteran los ecosistemas acuáticos.
- Los cultivos agrícolas aumentan la deposición de sedimentos y nutrientes hacia el río, sofocando el hábitat acuático, mientras aumentan los nutrientes se estimula el crecimiento de la mala hierba y las algas. Estos nutrientes también afecta la vida marina más allá de la desembocadura del río.
- Desestabiliza los bancos del río, resultando un aumento en el ancho del canal y depresiones como resultado de la erosión. Esta erosión de los canales a menudo carga más sedimento hacia el río, como resultado de las actividades humanas en las tierras aledañas.

- Agua viaja a tasas mucho más rápidas, lo que puede contribuir a aumentar la erosión y las inundaciones en tierras bajas.

La remoción de la vegetación ribereña, no es la única actividad que puede dañar a las franjas ribereñas. Otras actividades como por ejemplo Lovett *et al.* (1999):

- El incontrolado acceso hacia las franjas ribereñas por parte de actividades de pastoreo pueden conducir a un sobrepastoreo, pisoteo, destrucción de la estructura del suelo y contaminación del agua con nutrientes ricos en orina y heces fecales. Alteración por regímenes de fuego e invasión por parte de malas hierbas o plantas exóticas pueden degradar la franja ribereña.
- Las operaciones silvícolas, esencialmente la construcción de caminos, pueden producir una excesiva erosión, pero si los bosques riparios se dejan intactos, éstos pueden ayudar a amortiguar tales problemas para las corrientes de agua. Con esto, no sólo el área contigua a la erosión hacia las corrientes será minimizada, sino que los sedimentos transportados desde sitios de erosión distantes pueden filtrarse antes de alcanzar las corrientes.

#### **2.2.2.4 Efectos de la deforestación sobre los ecosistemas riparios**

La deforestación es el resultado del reemplazo de vegetación ribereña nativa por otros usos de la tierra, siendo uno de los mayores problemas para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los ecosistemas (Bennett 1999). Entre las principales consecuencias que provoca la deforestación de las áreas riparias se encuentra la pérdida de biodiversidad, reducción de la calidad del agua y la degradación de las cuencas hidrográficas en general. El ambiente abiótico puede influir fuertemente en el papel ejercido por la vegetación ribereña en el control de la contaminación difusa. Los cortes de aclareo en una cuenca incrementarán los flujos de las corrientes de agua, primeramente, porque regresará a la atmósfera una menor precipitación mediante la evapotranspiración de los árboles (Granados *et al.* 2006).

### **2.2.3 Índices de calidad ambiental**

Entre los tipos de índices de calidad ambiental tenemos:

#### **2.2.3.1 Índice de calidad de agua (Water Quality Index – WATQI)**

El WATQI, se basó en los sistemas de Monitoreo Ambiental Global de la ONU, la única base de datos disponible a nivel mundial de parámetros de calidad del agua, también es usado por “El Centro de la Red Internacional de Información de Ciencias de la Tierra” (CIESIN) en la Universidad de Columbia. Su ámbito de aplicación abarca a cuenca hidrográfica, río y quebrada. Se decidió usar los parámetros combinados del “Índice de Calidad de agua” (Water Quality Index – WATQI) porque es una expresión numérica simple que refleja la calidad del agua en cualquier ecosistema en un momento dado, además de generar una visión general sistemática de la calidad del agua y ecología del cuerpo de agua (Srebotnjak *et al.* 2012).

El WATQI se basa en cinco parámetros de calidad comúnmente informados: oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, valor de pH y concentraciones totales de nitrógeno y fósforo, siendo los más estudiados a nivel mundial. Cabe resaltar que la calidad del agua está en función de una serie de diferentes factores físicos y químicos, de forma genérica se sabe que los indicadores se refieren a parámetros únicos para medir la calidad del agua (fósforo, pH, temperatura, turbidez, etc.), mientras que los índices se refieren a combinaciones de indicadores.

#### **2.2.3.2 Índice de calidad de vegetación de ribera (QBR)**

El índice QBR, fue ideado por Munné *et al.* (2003) tiene una aplicación rápida, sencilla y de bajo costo, se aplica en campo a partir de características fácilmente mensurables del hábitat ripario, no son necesarios conocimientos taxonómicos para aplicar el índice, solo es necesario diferenciar entre especies arbóreas y arbustivas nativas y exóticas (Sirombra *et al.* 2015). Consta de cuatro bloques (Munné *et al.* 2003):

- **Cobertura vegetal:** se contabiliza el % de cobertura de toda la vegetación, exceptuando las plantas de crecimiento anual. Se consideran los dos márgenes para evaluar el recubrimiento de la vegetación.
- **Estructura de la cobertura:** la puntuación se realiza según el porcentaje de recubrimiento de árboles/arbustos y, en ausencia de éstos, elementos como la linealidad en los pies de los árboles (síntomas de plantaciones), o las coberturas distribuidas no uniformemente y formando manchas debe ser observadas.
- **Calidad de la cobertura:** observación de presencia de especies arbóreas nativas (mayor valor) y las especies introducidas (menor valor).
- **Grado de alteración del canal fluvial:** la modificación de las terrazas adyacentes al río (reducción del cauce, el aumento de la pendiente, pérdida de sinuosidad en el río), la presencia de estructuras sólidas (paredes, muros, etc. ) son signos de alteración son más evidentes y propician puntuación baja. No se consideran los puentes ni los pasos para cruzar el río que nos permiten acceder a la estación de muestreo.

### 2.2.3.3 Índice Biótico Andino (ABI)

El ABI sirve para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de ecosistemas acuáticos andinos (Ríos *et al.* 2014). Es una propuesta de índice biótico cualitativo, que ha sido adaptado para regiones andinas del mundo que estén por encima de los 2000 msnm y se fundamenta en el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), además cuenta con una lista taxonómica de macroinvertebrados bentónicos para esta zona y utiliza valores para cada nivel taxonómico (Prat *et al.* 2009).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación del área en investigación**

La zona de estudio se ubica en la cuenca del Mashcón, en los distritos de Cajamarca y Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca, ubicado en los Andes del Norte de Perú. La cuenca del río Mashcón está conformada por dos subcuencas: la del río Grande y la del río Porcón, ambos ríos se unen para formar el Mashcón antes de su ingreso a la ciudad de Cajamarca. La toma de muestras de agua y macroinvertebrados, aplicación del método de Braun Blanquet e índices de calidad ambiental (QBR, ABI, hidromorfología) se realizaron a una altitud máxima de 3569 msnm (Caserío Quishuar Corral) y altitud mínima de 2661 msnm (km 6 carretera a los Baños del Inca).

#### **3.2 Materiales**

##### **3.2.1 Materiales de campo**

- Protocolos de hidromorfología.
- Protocolo de Braun Blanquet.
- Protocolo QBR.
- Electrodo.
- Agua destilada.
- Cooler.
- GPS.
- Botellas de plástico de 1l.
- Botellas de plástico de 500 ml.
- Tubos falcon de 50 ml.
- Francos de polietileno de alta densidad de 50 ml.
- Tubo de vidrio 15 ml.
- Baldes.
- Jeringas.
- Filtros.
- Jarra.
- Red.
- Trajes.
- Botas
- Franela.
- Cámara fotográfica.
- Alcohol.
- Lápiz.
- Borrador.

### 3.2.2 Materiales de Laboratorio

- Termostato LT200
- Agitador TOC-X5.
- Espectrofotómetro Hach DR 3900.
- Pipeta automática Thermo scientific de 100-1000µl, 10-100µl y 1ml-0 ml.
- Tamiz de 5 mm y un tamiz de 0,5.
- Bandejas blancas.
- Pinzas.
- Recipientes de plástico.
- Alcohol.
- Agua destilada.
- Ácido sulfúrico.
- Guantes de nitrilo marca VWR
- Kits Hach-Lange® LCK

### 3.3 Metodología

El estudio se realizó entre los meses de enero a mayo del 2018, en 40 estaciones de muestreo (Figura 9).

#### 3.3.1 Características de los puntos de muestreo

Esta investigación se desarrolló como parte del proyecto de cooperación entre Universidades de Bélgica (VLIR) y la UNC, denominado VLIR TEAM: “Impacto sobre los recursos hídricos y la biodiversidad acuática por actividades de minería a tajo abierto en Cajamarca, Perú” (“Impact on surface water resources and aquatic biodiversity by opencast mining activities in Cajamarca, Peru”), las locaciones fueron seleccionadas en el 2016, año en el que se realizó un muestreo de calidad de agua en la época de estiaje. Estos puntos se distribuyen a lo largo de toda la cuenca considerando locaciones en la parte alta, media y baja de ésta, incluyendo zonas con diferentes factores de impacto por influencia de actividades humanas, viviendas rurales, pero además también se eligieron locaciones que se encuentran en la ciudad de Cajamarca, existiendo en esta zona impacto de las aguas residuales domésticas, extracción de piedra y arena para construcción, etc. La Figura 9 muestra un mapa de la cuenca con los 40 lugares de muestreo y la Tabla 4 muestra una descripción de las locaciones de muestreo.

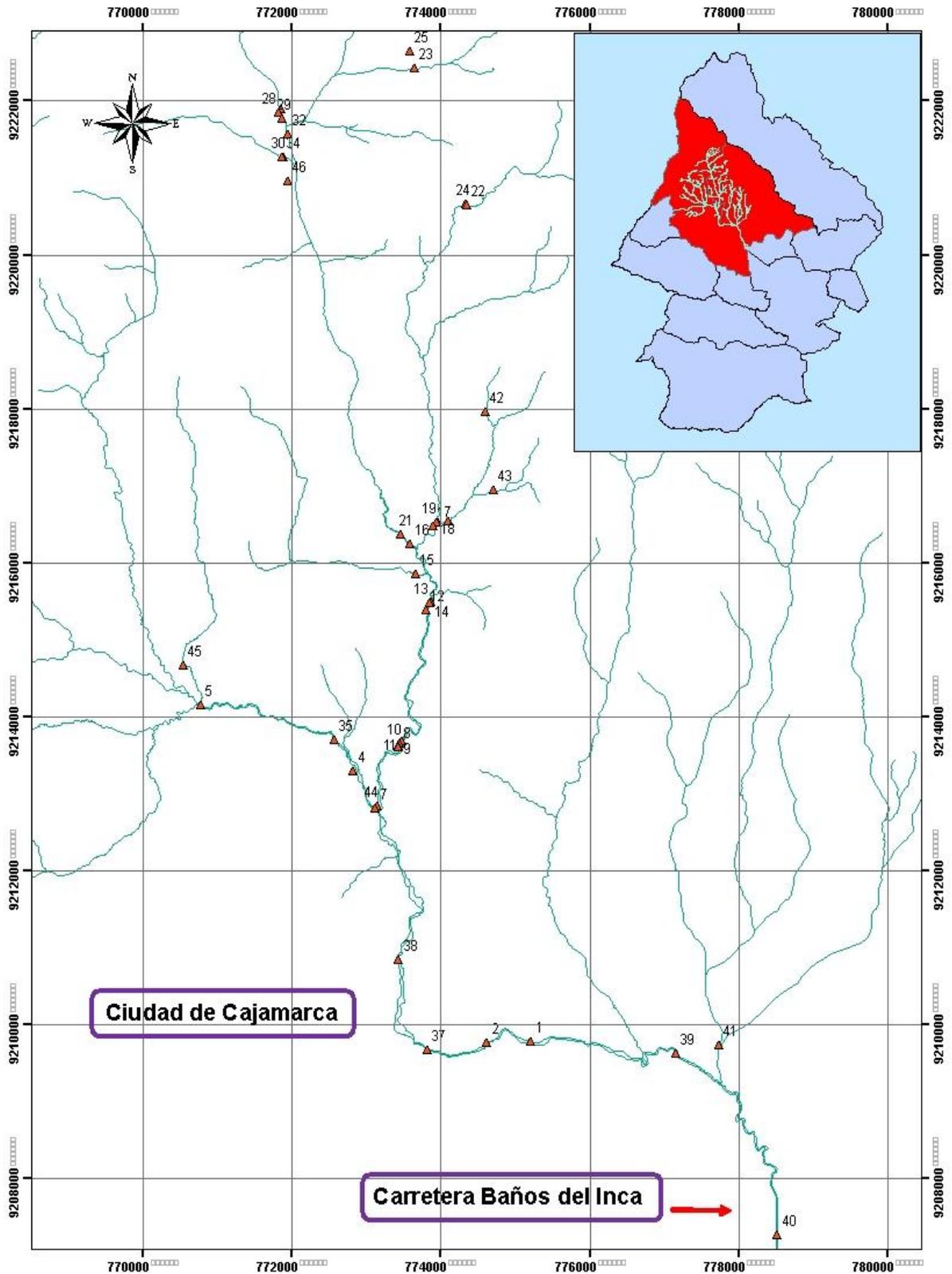
**Tabla 4.** Características de las locaciones de muestreo ubicados en la cuenca del Mashcón.

<b>Punto</b>	<b>Fuente Hídrica</b>	<b>Detalle del punto</b>	<b>Altitud</b>
25	Q. Quishuar Corral	Zona de plantaciones forestales y pastizales.	3569
23	Q. Ponton Quishuar	Zona de pastizales y ganadería, escasa vegetación nativa, presencia de plantaciones forestales y residencias.	3557
27	Río Grande	Zona con escasa vegetación nativa por canalización del cauce, presencia de plantaciones forestales circundantes y residencias.	3300
28	Río Grande	Zona desprovista de vegetación nativa por canalización del cauce y gaviones, plantaciones forestales aledañas.	3296
29	Río Grande	Zona desprovista de vegetación nativa y canalización del cauce, pastos aledaños al cauce.	3294
32	Río Grande	Zona de plantaciones forestales, presencia de vegetación nativa, puente y camino adyacente.	3283
30	Quebrada N/N	Zona con vegetación nativa y presencia de especies exóticas, pastos circundantes.	3275
34	Q.Vizcacha	Zona con vegetación nativa y exótica, pastos.	3279
46	Reservorio río Grande	Zona con vegetación nativa, pastos, ganado y especies exóticas.	3258
22	Quebrada Quishuar	Zona en la que conviven la escasa vegetación nativa y especies exóticas, pastos y ganadería.	3522
24	Quebrada Quishuar	Zona escasa vegetación nativa, especies exóticas, pastos y camino adyacente.	3522

42	Q.Huaca guañunan	Zona de pastos, curso de agua atraviesa bosquete conformado por especies exóticas.	3196
43	Quebrada Puruay	Zona con vegetación nativa y exótica, residencias, invernadero, trocha adyacente y agricultura.	3074
20	Quebrada Puruay	Zona con abundante vegetación nativa y exótica, tuberías en cauce, pastos adyacentes.	2960
19	Quebrada Puruay	Zona con vegetación nativa y exótica, pastos aledaños.	2940
18	Quebrada Tranca	Zona con vegetación nativa y exótica, aprovechamiento forestal en el margen del río, pastos.	2941
17	Quebrada Puruay	Zona con vegetación nativa y exótica, pastos adyacentes.	2936
21	Río Grande	Zona desprovista casi en su totalidad de vegetación nativa o exótica, trocha, residencias e invernaderos adyacentes, trabajos de restauración de puente, con movimiento de tierras y tránsito pesado.	2912
16	Quebrada Puruay	Zona con vegetación nativa, presencia de especies exóticas, pastos, residencias, lavado de ropa y camino adyacente.	2898
15	Quebrada Quinuamayo	Zona con vegetación nativa, especies exóticas, pastos y restos hospitalarios.	2905
14	Río Grande	Zona con presencia de especies exóticas y nativas, pastos adyacentes, canal de río modificado (gaviones).	2880
13	Río Grande	Zona desprovista casi en su totalidad de vegetación nativa, presencia de especies exóticas, modificación del cauce por presencia de bocatoma de la planta de tratamiento de agua potable "El Milagro".	2880
12	Río Grande	Zona con abundante vegetación nativa, presencia de especies exóticas y pastos.	2880

11	Río Grande	Zona con presencia de especies nativas y exóticas, pastos y residencias adyacentes.	2802
10	Río Grande	Zona con escasa presencia de especies nativas y exóticas, pastos, residencias adyacentes y desviación del cauce.	2801
9	Río Grande	Zona desprovista casi en su totalidad de especies nativas, presencia de especies exóticas y pastos, residencias y movimiento de tierras para construcción de puente, desviación del cauce.	2801
8	Río Grande	Zona con presencia de especies nativas y exóticas, pastos y ganadería, residencias y crianza de cerdos.	2801
45	Quebrada Tual	Zona con presencia en su mayoría de especies exóticas, carretera, residencias y pastos adyacentes, presencia de basura.	2903
5	Río Porcón	Zona casi desprovista en su totalidad de vegetación nativa, carretera, residencias y agricultura adyacentes, presencia de basura.	2873
35	Río Porcón	Zona con escasa vegetación nativa, presencia de especies exóticas, carretera, puente y residencias adyacentes, presencia de basura.	2803
4	Río Porcón	Zona con escasa vegetación nativa, presencia de especies exóticas, carretera, puente y residencias adyacentes, presencia de basura.	2790
44	Río Grande	Zona con escasa vegetación nativa, presencia de especies exóticas, carretera y residencias adyacentes, presencia de basura y lavado de autos.	2775
07	Río Mashcón	Zona con escasa vegetación nativa, carretera y residencias adyacentes,	2774

		presencia de basura e industria del chancado de piedra.	
38	Río Mashcón	Zona con escasa vegetación nativa, carretera, residencias adyacentes, basura, crianza de cerdos, chancado de piedra e invernaderos.	2744
37	Río Mashcón	Zona con escasa vegetación nativa, carretera y zona urbana adyacente, basura, letrinas y desagües arrojados al río. Prolongación Maschón.	2720
02	Río Mashcón	Zona desprovista casi en su totalidad de vegetación nativa, carretera y zona urbana adyacentes, basura, desviación del cauce.	2708
01	Río Mashcón	Zona desprovista casi en su totalidad de vegetación nativa, abundantes especies exóticas, zona urbana, letrinas, basura. Puente Venecia.	2701
39	Río Mashcón	Zona desprovista casi en su totalidad de vegetación nativa, presencia de especies exóticas, zona urbana, basura, desagües arrojados al río. Cerca al aeropuerto Armando Revoredo.	2680
41	Quebrada Paccha	Zona sin vegetación nativa, presencia de pastos y ganadería. Carretera a Otuzco.	2680
40	Río Mashcón	Zona desprovista casi en su totalidad de vegetación nativa, presencia de especies exóticas, zona urbana, basura, desagües arrojados al río. Carretera a los Baños del Inca.	2661



**Figura 9.** Locaciones de muestreo de calidad de agua, macroinvertebrados y aplicación de índices de calidad ambiental ubicados en la cuenca del río Mashcón

### 3.3.2 Fase de campo

#### a. Colección de muestras de agua

La toma de muestras de agua para las mediciones *in situ* (Tabla 5) se realizaron usando un balde de 10 litros, enjuagado repetidas veces con agua procedente del río o quebrada de acuerdo a la locación, una vez colectada el agua, se procedió a colocar el balde a un lado de la orilla e introducir el “Electrodo WTW MULTI 3430” (Figura 10), en algunos casos el electrodo fue insertando directamente dentro del cuerpo de agua (sitios con poco caudal y de fácil acceso), el valor de cada variable fue observado cuando los números fueron estables (Figura 11) (EPA 1982).



**Figura 10.** Electrodo WTW MULTI 3430 insertado en un balde

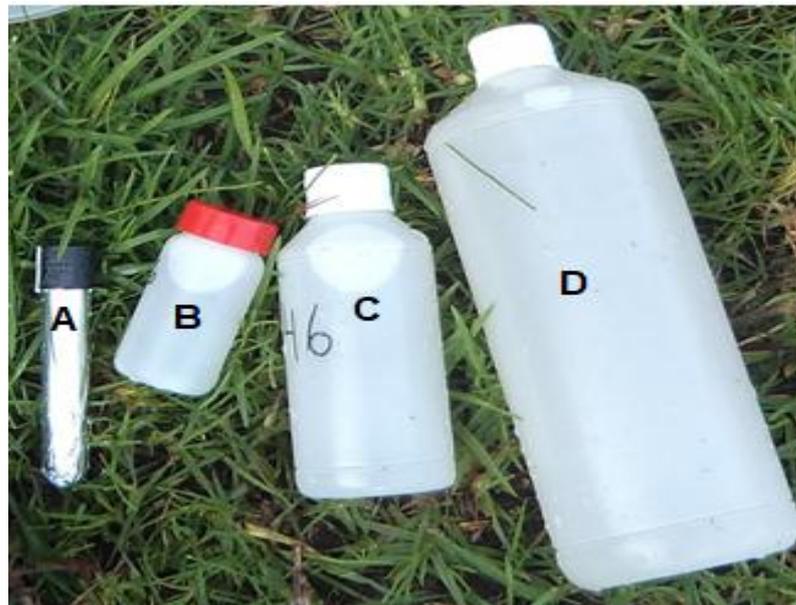


**Figura 11.** Una vez estables lo valores de la variable a analizar se realizó la lectura

**Tabla 5.** Variables medidas *in situ* por el Electrodo WTW MULTI 3430.

<b>Variable medidas <i>in situ</i></b>	<b>Unidad</b>
Temperatura	Grados centígrados (°C)
Conductividad eléctrica (CE)	MicroSiemen/centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
pH	Unidad de ph
Turbidez	Nefelometrías de turbidez (NTU)
Oxígeno disuelto (OD)	Miligramos/litro (mg/L)
Oxígeno saturado (OS)	Porcentaje (%)

Con el mismo recipiente se procedió a coleccionar una segunda muestra de agua para medir las variables *ex situ*, llenando con ayuda de una jarra, 4 tipos de frascos (3 de plástico, 1 de vidrio y forrado con papel aluminio), estos fueron usados para la evaluación de los parámetros químicos (Figura 12). El frasco "A" para análisis de carbono orgánico total (COT) fue llenado sin burbujas, todos los frascos fueron previamente rotulados y al finalizar el llenado fueron colocados en un cooler (EPA 1982).



**Figura 12.** Recipientes usados para la colección de muestras **A.** Carbono orgánico total, **B.** Demanda Química de Oxígeno, **C.** Demanda Biológica de Oxígeno, **D.** Análisis de nutrientes orgánicos (N, F, S, etc.), Fósforo total y Nitrógeno total

## b. Colección de macroinvertebrados

Los macroinvertebrados fueron muestreados en 20 locaciones, debido a que la colecta y acondicionamiento requieren de bastante tiempo y dedicación, es por ello que se tomó la decisión de realizar la colección en la mitad de estaciones. Se utilizó un red surber con un tamaño de malla de 500  $\mu\text{m}$  (Gabriels *et al.* 2010), en un tramo fluvial de unos 10-20 metros, durante 5 minutos utilizando el método de “muestreo de patada” (Figura 13), se trató de distribuir el el esfuerzo de muestreo proporcionalmente por los diferentes sub hábitats y hábitats presentes en cada estación de muestreo, como el sustrato de la cama, camadas, macrófitos y partes de la vegetación terrestre sumergidas en el agua. Además los macroinvertebrados se tomaron manualmente de piedras y hojas para recolectar la mayor riqueza posible de macroinvertebrados. Posteriormente la red fue vaciada en un balde con agua, cerrado por una tapa y transportado al laboratorio para su acondicionamiento (Figura 14) (De Pauw *et al.* 1983).



**Figura 13.** M. Sc. Daniel Mercado García en plena recolección de macroinvertebrados por método de “muestreo de patada”

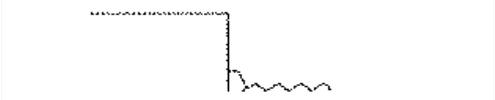
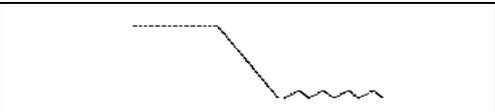
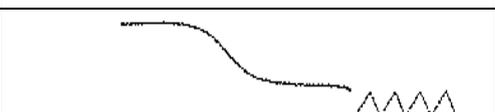
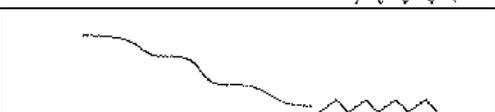


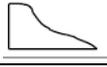
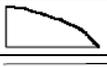
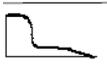
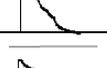
**Figura 14.** A. Los macroinvertebrados son colocados en un balde con agua y se procede a su lavado, B. Red limpia, final del proceso, C. El balde debe ser cerrado para su posterior transporte.

**c. Aplicación de protocolos para caracterización de los márgenes de los cuerpos de agua**

- **Protocolo hidromorfología:** Las variables hidromorfológicas fueron evaluadas teniendo como base al “Australian River Assessment System: AUSRIVAS Physical Assessment Protocol”, este fue modificado por el “Proyecto VLIR” para su aplicación en Perú. Para su evaluación se observó en cada locación, transectos de 10\*100 m (Parsons *et al.* 2002). Sólo se evaluaron 39 locaciones exceptuando el punto 46 en el que se ubica la presa del río Grande.

**Tabla 6.** Variables de hidromorfología evaluadas en las 39 locaciones de la cuenca.

Variable	Detalle	Valor	Explicación
Sombreado	Cobertura del dosel arbóreo o arbustivo al zénit (%)	0	1 – <20 %
		1	>20 – 40 %
		2	>40 – 60 %
		3	>60 – 80 %
Erosión	Se observó si existía erosión en la curvatura del cuerpo de agua o erosión en el ancho del cauce	0	Ausente
		1	Media
		2	Abundante
Perfil del banco izquierdo y derecho		1	Vertical
		2	Empinado (>45°)
		3	Gradual y sin gradas
		4	Múltiple y sin gradas
Clase de rápidos y pozas	El patrón de rápidos/pozas es (casi) prístino: secuencias extensivas de pozas y rápidos.	6	Clase 1
	El patrón de rápidos/pozas está bien desarrollado: alta variedad de pozas y rápidos.	5	Clase 2
	El patrón de rápidos/pozas está moderadamente desarrollada: variedad de pozas y rápidos, pero localmente.	4	Clase 3
	El patrón de rápidos/pozas está bajamente desarrollado: baja variedad de pozas y rápidos.	3	Clase 4
	El patrón de rápidos/pozas ausentes: patrón uniforme de pozas-rápidos.	2	Clase 5
	El patrón de pozas-rápidos está ausente debido a cambios estructurales: patrón uniforme de pozas-rápidos debido a una ribera reforzada o estructuras en el lecho.	1	Clase 6

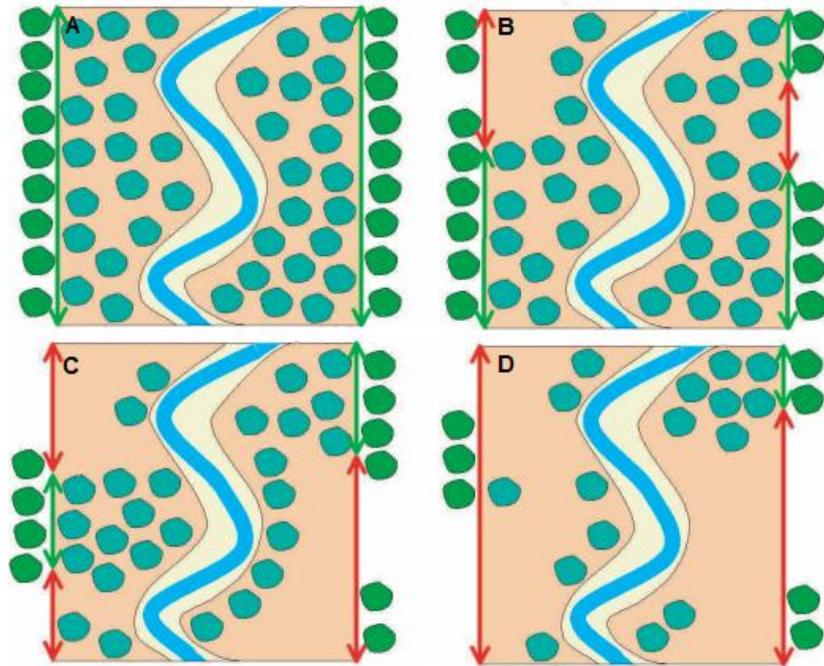
Madera muerta	Ramitas < 3cm	0	Ausente
	Ramas 3-30 cm	1	Media
	Ramas >30 cm	2	Abundante
Sustratos minerales	Peñasco	1	D>256 mm
	Cantos	2	D=64-256 mm
	Grava	3	D=2-64 mm
	Arena	4	D=0.062-2mm
	Cieno o limo	5	D=4-62 $\mu$ m
	Arcilla	6	D=0.24-4 $\mu$ m
Forma de banco (en ambos márgenes)		1	Cóncavo
		2	Convexo
		3	Escalonado
		4	Banco inferior ancho
		5	Corte entallado
Pendiente de banco (en ambos márgenes)	 80 – 90°	1	Vertical
	 60 – 80°	2	Escarpado
	 30 – 60°	3	Moderado
	 10 – 30°	4	Bajo
	 <10°	5	Plano

**Fuente:** adaptación del protocolo AUSRIVAS (Parsons *et al.* 2002).

- **Índice de calidad de ribera (QBR):** para la evaluación de la vegetación ribereña se seleccionaron transectos de 10\*100 m cuyo punto medio coincidiera con los puntos de muestreo de calidad de agua, este procedimiento se realizó en 39 locaciones, exceptuando el punto 46 en el que se ubica la presa del río Grande. La evaluación tuvo como base la observación de cuatro características en la vegetación ribereña siendo éstas: grado de cobertura, estructura, calidad de la cobertura (nativas, exóticas) y grado de naturalidad del canal fluvial, a cada uno de estos apartados se le asignó un puntaje que varía de 0 a 25, siguiendo el siguiente esquema (Munné *et al.* 2003):

**Grado de cobertura de la zona de ribera (puntuación entre 0 y 25):**

se evaluó el porcentaje de recubrimiento del terreno por la vegetación (árboles y arbustos), exceptuando las plantas de crecimiento anual, considerando ambos márgenes.



**Figura 15.** A. Cobertura >80%; B. Cobertura 50 – 80%, C. Cobertura 10 – 50%; D. Cobertura <10%

**Tabla 7.** Puntajes del QBR para evaluar cobertura de ribera aplicados en las locaciones

Puntuación	Consideración
25 (A)	>80% de cobertura vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)
10 (B)	50 – 80% de cobertura vegetal de la zona de ribera
5 (C)	10 – 50% de cobertura vegetal de la zona de ribera
0 (D)	<10% de cobertura vegetal de la zona de ribera

**Estructura de la cobertura (puntuación entre 0 y 25):**

se evaluó la presencia de árboles y arbustos, considerando ambos márgenes del río.

**Tabla 8.** Puntajes del QBR para evaluar la estructura de la cobertura de la ribera.

Puntuación	Consideración
25	Recubrimiento de árboles superior al 75%
10	Recubrimiento de árboles entre el 50 y 75% o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50% y en el resto de cobertura lo arbustos superar el 25%
5	Recubrimiento de árboles superior al 50% y el resto de la cobertura de arbustos entre el 10 y 25%
0	Sin árboles y arbustos por debajo del 10%
10	Si en la orilla hay concentraciones de arbustos superior al 50%
5	Si en la orilla hay concentraciones de arbustos entre 25 y 50%
5	Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque

**Calidad de la cobertura (puntuación entre 0 y 25):** se evaluó la presencia de especies arbóreas y arbustivas nativas (mayor valor) y las especies introducidas (menor valor) ya sea como individuos aislados o formando comunidades. El puntaje también disminuyó en este apartado al existir estructuras en el lecho del río, basura, etc.

**Tabla 9.** Puntajes del QBR para evaluar calidad de la cobertura de la ribera en las locaciones

Puntuación	Consideración	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	Número de especies diferentes de árboles nativos	>1	>2	>3
10	Número de especies diferentes de árboles nativos	1	2	3
5	Número de especies diferentes de árboles nativos	-	1	1 – 2
0	Sin árboles autóctonos			
+ 5	Si el número diferente de arbustos es:	>2	>3	>4
- 5	Si existen estructuras construídas por el hombre			
- 5	Si existe alguna sp de árbol introducida (aislada)			
- 10	Si existen sp de árboles introducidas formando comunidades			
- 10	Si existen vertidos de basura			

**Grado de naturalidad del canal fluvial (puntuación entre 0 y 25):** se observó el canal fluvial, si no fue modificado se asigna el mayor puntaje, el puntaje disminuye si existe reducción del canal por presencia de estructuras sólidas (paredes, muros, etc.), canalización del río, etc. Ante la presencia de puentes o pasos para cruzar el río que nos permiten acceder a la estación de muestreo, no se disminuye el puntaje.

**Tabla 10.** Puntajes del QBR para evaluar grado de naturalidad del canal fluvial en las locaciones.

<b>Puntuación</b>	<b>Consideración</b>
25	El canal del río no ha sido modificado
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
0	Río canalizado en la totalidad del tramo
-10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río
-10	Si existe alguna presa o tra infraestructura transversal en el lecho del río

### 3.3.3 Fase de laboratorio

#### a. Análisis de muestra de agua

Las muestras fueron analizadas con kits Hach-Lange® LCK, las variables medidas se pueden encontrar en la Tabla 11. Cada muestra siguió un tratamiento diferente de acuerdo a la variable a analizar, sin embargo, en todas se utilizó reactivos y cubetas listas para usar, además de equipos como Termostato LT200 (digestor), agitador TOC-X5 (expulsar el carbono inorgánico total), etc. Para las lecturas se utilizó un Espectrofotómetro Hach DR 3900, la precisión de medición y la confiabilidad de los resultados del análisis fueron verificados mediante controles en blanco y estándares con concentraciones conocidas (Damanik *et al.* 2016). Todos los materiales, equipos y reactivos usados fueron traídos desde Bélgica, los análisis de las muestras de agua fueron realizados por el especialista M.Sc.Daniel Mercado Garcia quién

forma parte del Laboratory of Environmental Toxicology and Aquatic Ecology de Ghent University – Bélgica.

**Tabla 11.** Variables a medir con Kits Hach-Lange® LCK y rango de detección

Variable	Unidad	Rango de detección Kits
Amonio	mg/L	0.015-2.0
Nitrito	mg/L	0.0015-0.03
Nitrato	mg/L	0.23-13.50
Nitrógeno total	mg/L	1-16
Fosfato	mg/L	0.05-1.50
Fósforo Total	mg/L	0.15-4.50
Sulfato	mg/L	0-80
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	5-60
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	mg/L	0.5-12
Carbono Total (CT)	mg/L	12-75
Carbono orgánico total (COT)	mg/L	2-65

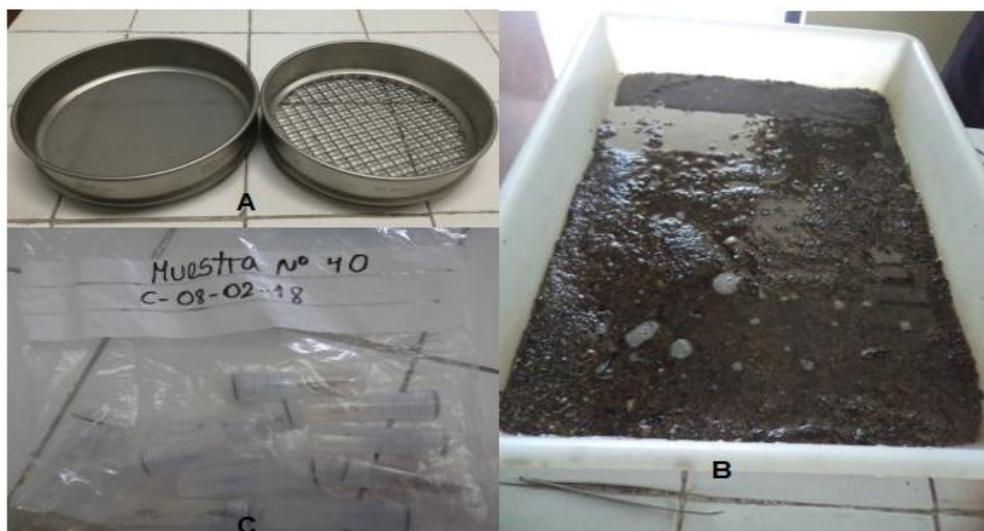


**Figura 16.** Recipientes de plástico que contienen muestras de agua de todos los puntos de muestreo. **A.** Muestras usadas para análisis de nutrientes, **B.** Muestras usadas para análisis de DBO.

#### **b. Acondicionamiento de muestras de macroinvertebrados**

Las muestras de macroinvertebrados una vez en el laboratorio, fueron zarandeadas primero sobre un tamiz de 5 mm y luego sobre un tamiz de 0.5 mm, con ayuda de abundante agua hasta que el sedimento se encontrara más limpio, posteriormente fueron extendidas sobre bandejas blancas procediendo a la recolección de macroinvertebrados con ayuda de pinzas y chorros de agua. A continuación éstos fueron

colocados en pequeños recipientes de plástico que contenían etanol y su código respectivo (Figura 17). Finalmente las muestras de macroinvertebrados fueron transportadas a Bélgica, donde fueron identificados a nivel de familia por el profesor Koen Lock (Ghent University).



**Figura 17.** **A.** Zarandas usadas en el lavado del sustrato, **B.** Sustrato extendido en bandeja para la posterior recolección de macroinvertebrados, **C.** Acondicionamiento final de macroinvertebrados en frascos que contenían etanol y rotulado respectivo.

### 3.3.4 Fase de gabinete

#### a. Procesamiento de datos de calidad de agua

##### **Parámetros físicos – químicos**

Los datos fueron procesados en hojas de cálculo de Excel, en primera instancia se construyó diagramas de cajas y bigotes para cada parámetro físico – químico, con el fin de obtener una visión general de la distribución de los datos, generando los valores para la mediana, el mínimo, el máximo, el cuartil 1 y 3, posteriormente para la elaboración de gráfico de tendencia, los datos fueron ordenados arbitrariamente considerando 3 zonas principales: alta, media y baja (peri urbana y urbana), siendo éstas:

**Tabla 12.** Ubicación de locaciones por zonas

Zona	Locación	Zona	Locación
Alta	25	Baja	45
	23		5
	27		35
	28		4
	29		11
	32		10
	30		9
	34		8
	46		
	24		
	22		
Media	42	Baja	44
	43		7
	20		38
	19		37
	18		2
	17		1
	21		39
	16		41
	15		40
	14		-
	13		-
12	-		

**Calidad de agua – Índice de calidad de agua (Water Quality Index – WATQI)**

Para determinar la calidad físico – química del agua en los sitios de muestreo se aplicó el índice WATQI este se basa en cinco parámetros de calidad del agua: oxígeno disuelto (mg/L), conductividad eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ), pH, fósforo total (mg/L) y nitrógeno total (mg/L) (Srebotnjak *et al.* 2012). Para cada parámetro se aplicó una ecuación que puede ser observada en la Tabla 13, el “valor objetivo – t” se muestra en la Tabla 14. Una vez aplicada la ecuación se procedió a sacar el promedio de estos 5 valores y se comparó con el rango WATQI (Tabla 15).

**Tabla 13.** Ecuaciones aplicadas para calcular los 5 parámetros del WATQI

Parámetro	Ecuación
Oxígeno disuelto	$100 - 100 \times \frac{OD_t - OD_i}{OD_t - OD_{min}}$
Conductividad eléctrica	$100 - 100 \times \frac{CE_t - CE_i}{CE_{max} - CE_t}$
Potencial de hidrógeno	$100 - 100 \times \frac{pH_t - pH_i}{pH_t - pH_{min}}$
Nitrógeno total	$100 - 100 \times \frac{NT_t - NT_i}{NT_{max} - NT_t}$
Fósforo total	$100 - 100 \times \frac{PT_t - PT_i}{PT_{max} - PT_t}$

**Fuente:** Srebotnjak *et al.* (2012).

**Tabla 14.** Valor objetivo (t) reemplazadas en las ecuaciones de la Tabla 13.

Parámetro	Valor Objetivo (t)
Oxígeno Disuelto	9.5 mg/L
Conductividad eléctrica	500S/cm
Potencial de hidrógeno	6.5-9.0
Nitrógeno total	1 mg/L
Fósforo Total	0.05mg/L

**Fuente:** Srebotnjak *et al.* (2012).

**Tabla 15.** Valor WATQI a comparar con resultados obtenidos en cada una de las locaciones evaluadas.

%	Descripción
81-100	Excelente
61-80	Buena
41-60	Moderada
21-40	Mala
0-20	Muy mala

**Fuente:** Srebotnjak *et al.* (2012)

### Indicador biológico – Índice Biótico Andino (ABI-Macroinvertebrados)

El ABI asigna un valor de sensibilidad a la contaminación, a cada familia de macroinvertebrados, de esta manera al encontrar una cantidad específica de familias el valor final de este índice será la sumatoria de los valores de sensibilidad. Pues bien, los valores numéricos van desde “uno” que se asigna a los macroinvertebrados

más tolerantes y “diez” a los más sensibles, es decir los que no toleran contaminación (Anexo 1), la sumatoria del valor de cada familia corresponde al puntaje ABI (Tabla 16), con el que determina el estado ecológico del agua (Encalada *et al.* 2011). Los valores de sensibilidad se derivan de las presiones provenientes de la contaminación orgánica, por lo que no se ven influenciados por la abundancia de individuos de una familia en una zona de muestreo (Cevallos 2015).

**Tabla 16.** Clases de estado ecológico según el ABI

Rangos	Estado Ecológico	Color
>75	Muy bueno	
45 – 74	Bueno	
27 – 44	Moderado	
26 – 12	Malo	
<11	Pésimo	

Fuente: Acosta *et al.* (2009)

**b. Procesamiento de datos de vegetación ribereña – Índice de calidad de vegetación de ribera (QBR)**

Para procesar los puntajes de QBR se procedió a la sumatoria de las 4 variables principales siendo estas: grado de cobertura, estructura de la cobertura, calidad de la cobertura y grado de alteración del canal fluvial. Posteriormente los resultados fueron comparados con las 5 clases de calidad de QBR (Tabla 17), según lo recomendado por la Directiva Marco del Agua. Durante el procesamiento de los datos se obtuvieron dos puntos de muestreo con valores cero (punto 29, 21, 13, 41) (Basílico *et al.* 2015).

**Tabla 17.** Rangos de calidad según el Índice QBR.

Interpretación	Consideraciones	Punt.
Calidad muy buena. Tipo 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura vegetal: &gt;80% de cobertura vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan).</li> <li>- Estructura de la cobertura: Recubrimiento de árboles superior al 75%.</li> <li>- Calidad de la cobertura: &gt;3 especies de árboles o arbustos nativos.</li> <li>- Grado de alteración del canal fluvial: canal del río sin modificación.</li> </ul>	>95
Calidad buena. Tipo 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura vegetal: 50 – 80% de cobertura vegetal de la zona de ribera o &gt;80%</li> <li>- Estructura de la cobertura: recubrimiento de árboles superior al 50% y el resto de la cobertura de arbustos entre el 10 y 25%</li> <li>- Calidad de la cobertura: &gt;3 especies de árboles o arbustos nativos.</li> <li>- Grado de alteración del canal fluvial: modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal, signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río, río canalizado en la totalidad del tramo, si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río, si existe alguna presa o infraestructura transversal en el lecho del río.</li> </ul>	75 – 90
Calidad intermedia. Tipo 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura vegetal: 10 – 50% de cobertura vegetal de la zona de ribera.</li> <li>- Estructura de la cobertura: recubrimiento de árboles superior al 50% y el resto de la cobertura de arbustos entre el 10 y 25%.</li> <li>- Calidad de la cobertura: sí existen &lt;3 especies nativas de árboles o arbustos, si existen estructuras construídas por el hombre, alguna sp de árbol introducida (aislada) o formando comunidades, presencia de vertidos de basura.</li> <li>- Grado de alteración del canal fluvial: modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal, signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río, río canalizado en la totalidad del tramo, si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río, si existe alguna presa o infraestructura transversal en el lecho del río.</li> </ul>	55 – 70

<p>Mala calidad. Tipo 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura vegetal: 10 – 50% de cobertura vegetal de la zona de ribera</li> <li>- Estructura de la cobertura: árboles y arbustos por debajo del 10%.</li> <li>- Calidad de la cobertura: sino existen especies arbóreas o arbustivas nativas si existen estructuras construídas por el hombre, alguna sp de árbol introducida (aislada) o formando comunidades, presencia de vertidos de basura</li> <li>- Grado de alteración del canal fluvial: si se presentan modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal, signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río, río canalizado en la totalidad del tramo, si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río, si existe alguna presa o infraestructura transversal en el lecho del río</li> </ul>	<p>30 – 50</p>
<p>Calidad pésima. Tipo 5</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura vegetal: &lt;10% de cobertura vegetal de la zona de ribera.</li> <li>- Estructura de la cobertura: árboles y arbustos por debajo del 10%.</li> <li>- Calidad de la cobertura: sino existen especies arbóreas o arbustivas nativas, si existen estructuras construídas por el hombre, alguna sp de árbol introducida (aislada) o formando comunidades, presencia de vertidos de basura</li> <li>- Grado de alteración del canal fluvial: modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal, signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río, río canalizado en la totalidad del tramo, si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río, si existe alguna presa o infraestructura transversal en el lecho del río</li> </ul>	<p>&lt;25</p>

Fuente: Suárez *et al.* (2004).

**c. Procesamiento de datos de relación de vegetación ribereña y parámetros de calidad de agua**

**Coeficiente de Correlación (R):** las variables a correlacionar fueron los resultados del índice QBR (variable fija) y cada uno de resultados de los parámetros de calidad de agua como temperatura, turbidez, pH,

OD, OS, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NT, PO<sub>4</sub>, PT, SO<sub>4</sub>, DQO y DBO (Tabla 18), estos datos fueron procesados en una hoja de cálculo de Excel y se aplicó la función =COEF.DE.CORREL para cada caso. Finalmente, los resultados fueron clasificados en función de la intensidad de la correlación (Lizama *et al.* 2014).

**Tabla 19.** Grado de Intensidad de Coeficiente de correlación

<b>Intensidad de Correlación</b>	<b>Intervalos</b>
Correlación - o + perfecta	-1 o 1
Correlación - o + muy fuerte	-0,9 o 0,9
Correlación - o + considerable	-0,75 o 0,75
Correlación - o + media	-0,50 o 0,50
Correlación - o + débil	-0,10 o 0,10
No existe correlación	0

**Fuente:** Lizama *et al.* (2014).

**Tabla 18.** Correlación entre variable 1 QBR y variable 2 parámetros de calidad de agua

VARIABLE 1		VARIABLE 2													
ID	QBR	T	Turb	pH	OD	OS	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NT	PO <sub>4</sub>	PT	SO <sub>4</sub>	DQO	DBO
25	30	11	13	7.1	7.2	98.6	0	0.02	0.2	0.52	0	0.015	54.4	10.4	1.04
23	60	9.5	0	7.7	7.7	103	0	0	1.06	1.2	0	0.008	47.7	4.02	
27	45	14	3.67	4.8	7.2	104	0	0.09	0.94	1.08	0	0.003	140	2.35	
28	10	14	5.35	4.7	7.2	104	0	0.09	0.98	1.1	0	0	139	2.52	
29	0	11	0.64	5.3	7.7	103	0	0.13	1.05	1.44	0.01	1.63	199	0.81	
32	50	13	4.43	4.5	7.4	104	0	0.08	0.9	1.15	0	0.005	129	2.87	
30	60	12	4.86	7.4	7.5	102	0	0	0.13	0.3	0	0.009	44.5	7.62	0.57
34	45	12	0	6.2	7.6	104	0	0	0.14	0.17	0	0.031	17.3	5.49	
24	40	12	0.7	7.2	7.3	102	0	0	1.22	1.26	0	0.017	42.6	3.56	
22	60	12	1.16	7.3	7.2	102	0	0	0.13	1.34	0.01	0.018	40.3	3.59	
42	45	14	139	7.8	7	99.8	0.04	0.09	2.23	2.63	0.09	0.088	102	6.24	0.73
43	50	15	17	7.8	7.2	102	0.01	0.02	0.8	1.06	0.03	0.051	31.8	9.29	0.55
20	75	13	52.5	8.3	7.5	102	0.02	0.05	0.74	1.11	0	0.089	36.3	7.06	
19	60	14	79	8.2	7.5	103	0.02	0	0.14	1.35	0.05	0.09	46.7	4.18	
18	45	12	1.92	7.4	7.8	104	0	0	1.08	1.55	0	0.014	65.5	2.95	
17	45	13	22	8.1	7.8	104	0.01	0	1.11	1.7	0	0.035	60.8	3.13	
21	0	14	0	7.4	7.6	105	0	0.02	1.35	1.48	0	0	114	4.9	
16	45	13	11.2	8.1	7.6	102	0.01	0	1.13	1.48	0	0.027	61.5	0.71	
15	35	12	8.85	7.8	7.7	101	0	0	0.28	0.56	0.12	0.137	34.8	5	
14	30	11	9.24	7.7	8	102	0.01	0.03	1.63	1.87	0.05	0.037	94.1	4.59	1.05

13	0	13	1.7	7.6	7.9	103	0	0.02	1.39	1.49	0.03	0.012	98.4	5.3	0.8
12	75	11	14.6	7.6	8	102	0.01	0.03	1.8	1.91	0.06	0.033	96.6	4.78	
45	35	11	1.53	8	7.9	102	0	0.01	0.54	0.83	0.09	0.105	15.3	6.94	0.97
5	25	12	0	7.8	7.8	105	0	0.01	0.21	0.36	0	0.022	37.7	7.32	0.45
35	35	15	47.2	7.8	7.4	103	0.03	0.02	0.52	3.38	0.06	0.101	42.9	10.3	0.64
4	15	14	139	7.7	7.5	103	0.04	0.06	0.76	4.46	0.06	0.102	46.6	13.9	0.92
11	45	12	3.28	7.7	7.9	103	0	0.01	1.3	1.45	0.02	0.019	98.9	2.88	
10	30	12	12.3	7.6	7.9	102	0.01	0.03	1.41	2.51	0.03	0.039	88.8	4.67	
9	10	13	19	7.5	7.7	102	0.02	0.04	1.12	4.17	0.03	0.065	70.9	6.34	
8	55	14	45.2	7.4	7.7	103	0.02	0.04	1.29	2.96	0.03	0.063	69.8	2.42	7.31
44	10	13	18.1	7.7	7.9	105	0.01	0.01	1.67	1.83	0.11	0.213	96.8	1.88	
7	5	15	53.7	7.9	7.7	105	0.02	0.03	1.13	1.22	0.07	0.067	74.8	5.64	0.94
38	5	15	18.7	7.9	7.5	104	0.01	0.03	0.87	4.4	0.03	0.051	65.6	6.95	0.53
37	30	15	48.8	7.8	7.6	105	0.01	0.03	0.87	5.97	0.04	0.063	69.2	6.14	1.98
2	5	15	80.5	7.9	7.7	105	0.01	0.04	0.91	6.68	0.04	0.07	71.1	6.83	1.17
1	15	14	89.4	7.8	7.8	104	0.02	0.05	0.86	3.71	0.05	0.091	69.3	8.35	1.06
39	20	15	304	7.8	7.2	97.8	0.08	0.98	1.31	3.27	0.29	0.501	65.2	27.7	6.08
41	0	14	145	7.8	6.7	89.5	0.12	0.24	3.34	4.17	0.17	0.262	63.4	18.5	1.5
40	20	16	378	8	5.5	76.5	0.13	3.78	1.48	8.75	0.67	1.32	60.6	48.9	18.9

Se tiene como variable 1 (fija) a los resultados del QBR y como variable 2 a cada uno de los parámetros físico – químicos.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1 Evaluación de la calidad del agua a partir de parámetros físicos – químicos y biológicos

###### 4.1.1 Parámetros físico – químicos

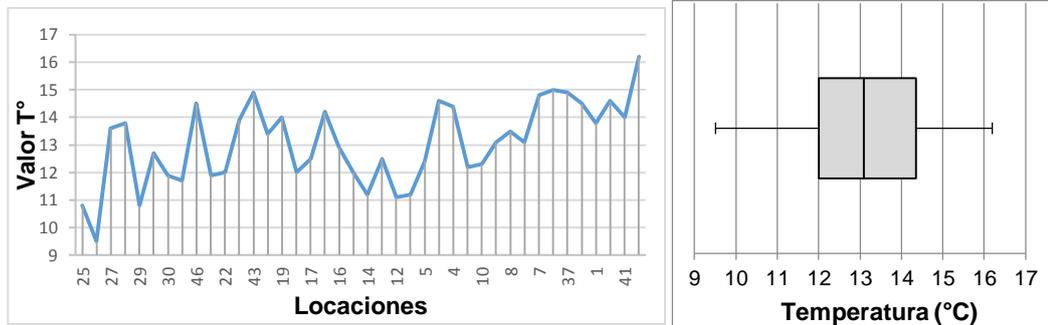
Los resultados de los valores mínimos, máximos, mediana y el primer – tercer cuartil de los análisis físico – químicos pueden ser observados a continuación al igual que los gráficos de tendencia. Las locaciones que arrojan resultados por debajo del rango de detección de los Kits Hach-Lange® LCK (Tabla 6) son resultado de concentraciones mínimas encontradas y no representan una fuente de incertidumbre considerable.

Un total de 11 locaciones mostraron relevancia al no cumplir con uno o más parámetros de los Estándares de Calidad Ambiental – ECA (Tabla 20), para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable categoría 1 subcategoría A2; tanto el río Porcón como el río Grande se encuentran en esta categoría de acuerdo a la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA (Herrera *et al.* 2017).

**Tabla 20.** Puntos de muestreo que superan estándares de calidad ambiental – ECA. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Nota: Solo fueron considerados los parámetros que coinciden con los parámetros en estudio.

Punto de muestreo	pH	PT	DQO	DBO	Turbidez
	5.5 – 9	0.15	20	5	100
4					139
8				7.306	
27	4.77				
28	4.65				
29	5.32	1.63			
32	4.5				
39		0.501	27.7	6.08	304
40		1.32	48.9	18.88	378
41		0.262			145
42					139
44		0.213			

**Temperatura (T°):** el valor mínimo reportado de temperatura del agua es 9.5 °C, el máximo de 16.2°C y media de 13.6°C, los resultados con mayores valores se ubican en la zona urbana.

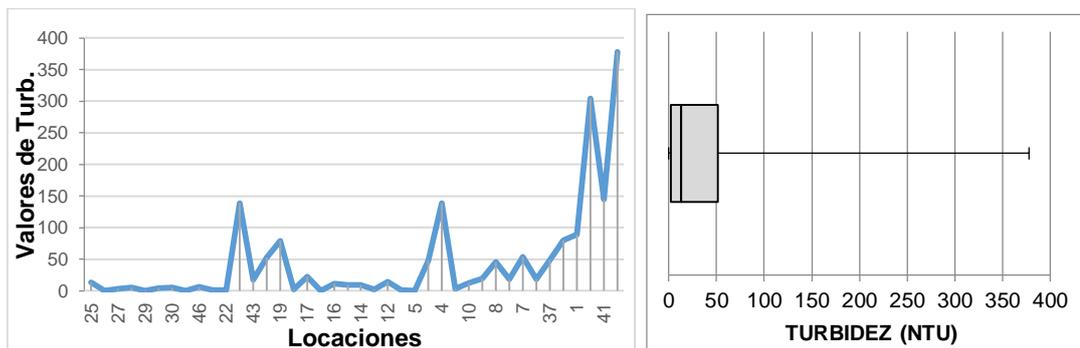


**Figura 18 – 1.** Tendencia de valores de temperatura en diagrama de tendencia.

**Figura 18 – 2** Diagrama de cajas y bigotes para valores de temperatura

El aumento de la temperatura del agua es un claro indicio de contaminación orgánica, sin embargo, la temperatura del agua varía de acuerdo a la presencia de nubosidad, vegetación que proporcione sombreado, pero sobre todo al existir contaminación orgánica, existiendo relación con la DBO y DQO, como se detalla en la página 53.

**Turbidez:** los valores de turbidez arrojaron una media de 45 NTU, mostraron aumento de los valores aguas abajo con valores extremos de hasta 378 NTU.

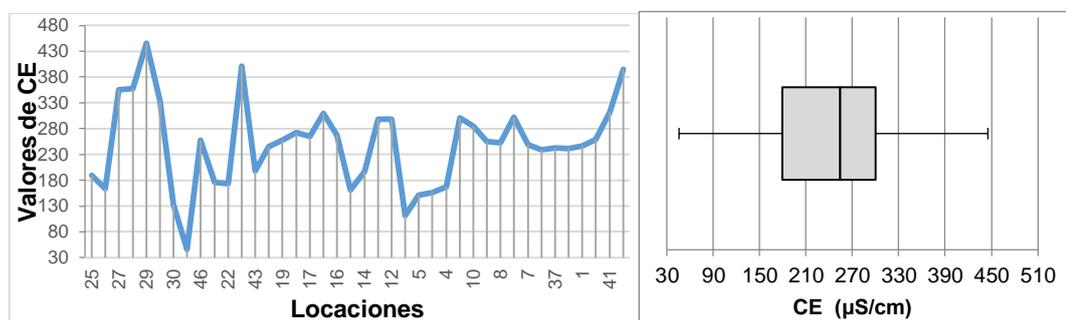


**Figura 19 – 1.** Tendencia de valores de turbidez en diagrama de tendencia.

**Figura 19 – 2** Diagrama de cajas y bigotes para valores de turbidez

Se reportó 5 valores de turbidez por encima de los ECA, además según Pérez *et al.* (2014), a mayor turbidez existe menor concentración de oxígeno disuelto, lo que conduce a menor paso de luz, debido a probablemente a problemas de erosión, relación que se puede constatar en lo descrito en la página 76.

**Conductividad eléctrica (CE):** los valores reportados de CE no siguen una tendencia aparente, con valor mínimo de 45.5  $\mu\text{S/cm}$ , media de 249.07  $\mu\text{S/cm}$  y máximo de 445  $\mu\text{S/cm}$ .

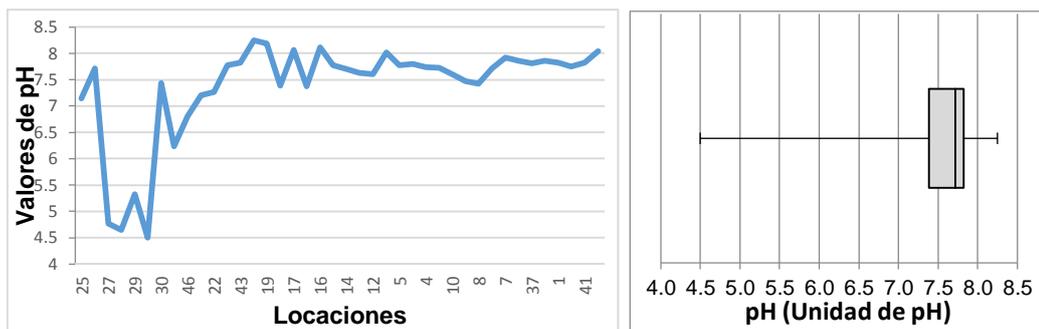


**Figura 20 – 1.** Tendencia de valores de CE en diagrama de tendencia.

**Figura 20 – 2.** Diagrama de cajas y bigotes para valores de CE.

Respecto a la CE todos los valores registrados se encuentran muy por debajo del ECA, además, según Orellana (2016) es habitual encontrar valores de 700 a 1200  $\mu\text{S/cm}$  de manera natural en cuerpos de agua superficiales, pero ninguno de los valores obtenidos superó 445  $\mu\text{S/cm}$ .

**pH:** los valores de pH no presentan grandes fluctuaciones, teniendo como media 7.3 y como máxima 8.25, sin embargo, existen casos excepcionales registrados con valores bajos de pH en la parte alta (4.7, 4.65, 4.5 y 5.52).

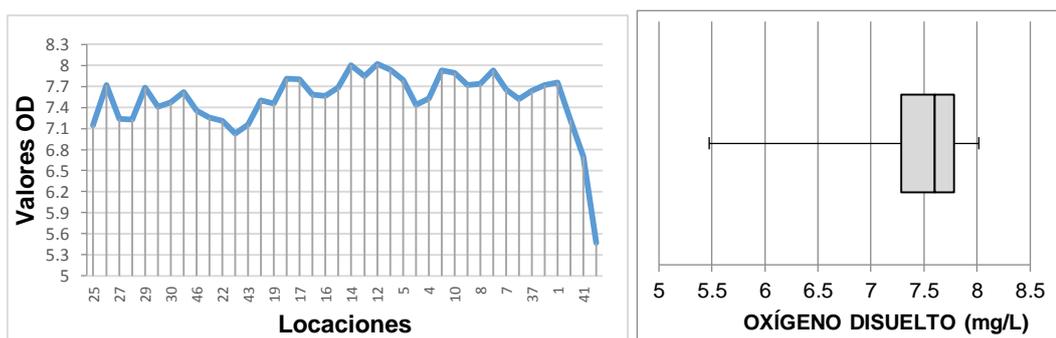


**Figura 21 – 1.** Tendencia de valores de pH en diagrama de tendencia.

**Figura 21 – 2** Diagrama de cajas y bigotes para valores de pH.

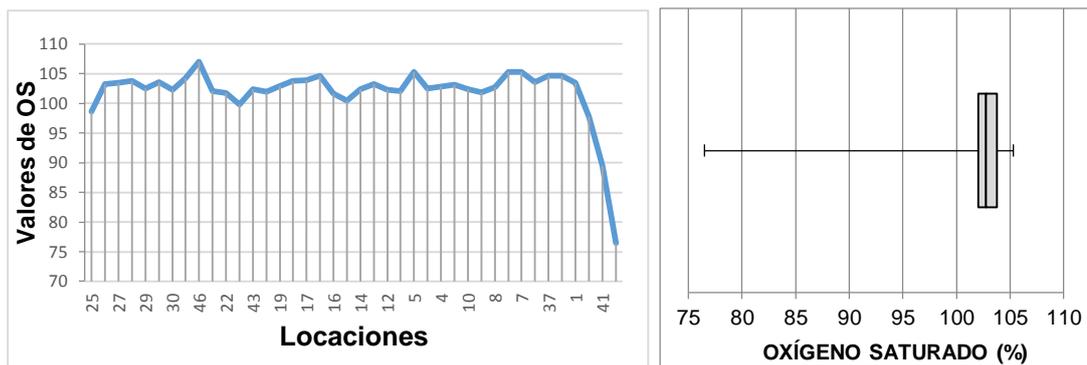
Se registraron 4 valores de pH por debajo del ECA (5.5) debido probablemente a la relación que existe entre pH ácido y elevadas concentraciones de sulfato, en el caso de estos puntos se encontraron concentraciones por encima de los 120 mg/L, estos representan los valores máximos reportados de sulfato en todas las locaciones (Álvarez *et al.* 2006), los demás valores registrados en su mayoría presentan pH alcalino debido probablemente a la naturaleza calcárea del suelo y las descargas de aguas residuales, sin embargo, estos no superan el rango máximo del ECA (8.5).

**Oxígeno disuelto (OD) y Oxígeno saturado (OS):** los valores de OD y OS muestran una tendencia de disminuir aguas abajo (Figura 24 y 25). Cabe mencionar que existe una relación entre OD con DBO y DQO como se detalla en la página 53.



**Figura 22 – 1.** Tendencia de valores de OD en diagrama de tendencia.

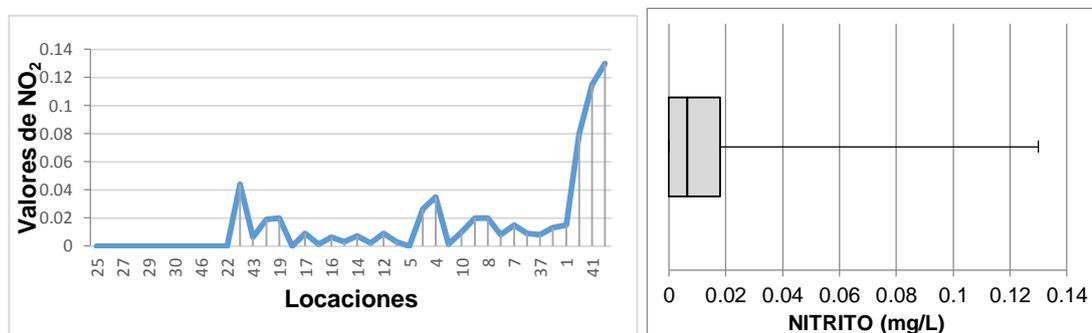
**Figura 22 – 2** Diagrama de cajas y bigotes para valores de OD.



**Figura 23 – 1.** Tendencia de valores de OS en diagrama de tendencia.

**Figura 23 – 2** Diagrama de cajas y bigotes para valores de OS.

**Nitrito (NO<sub>2</sub>):** en el caso del NO<sub>2</sub> se obtuvo 15 valores por debajo del rango de detección (la mayoría en la parte alta del área de muestreo), además el valor promedio (0.016 mg/L) es superado 8 veces por el valor máximo ubicado en la zona urbana (0.13mg/L), cabe mencionar que ningún valor registrado supera los Estándar de Calidad Ambiental – ECA.



**Figura 24– 1.** Tendencia de valores de NO<sub>2</sub> en diagrama de tendencia.

**Figura 24 – 2** Diagrama de cajas y bigotes para valores de NO<sub>2</sub>.

**Nitrato (NO<sub>3</sub>):** las concentraciones de NO<sub>3</sub> presentan valores que tienden a subir – bajar y viceversa a lo largo del área de estudio, sin embargo, el máximo (3.34 mg/) triplica a la media (1.027mg/L), además existen 6 valores por debajo del rango de detección (0.23mg/L) y ningún valor registrado supera el ECA.

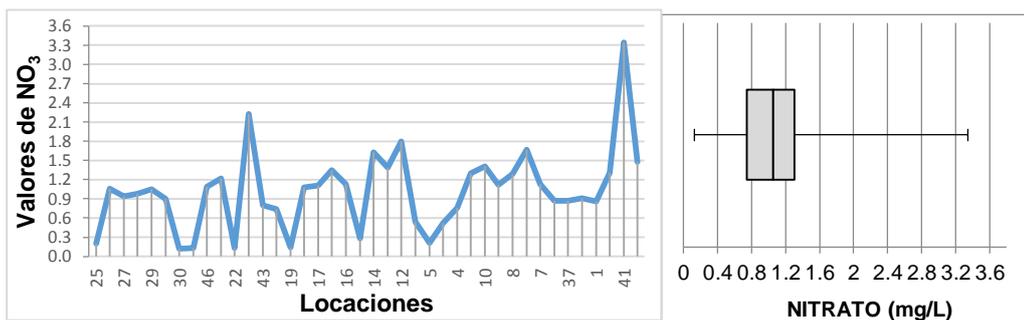


Figura 25 – 1. Tendencia de valores de NO<sub>3</sub> en diagrama de tendencia.

Figura 25 – 2 Diagrama de cajas y bigotes para valores de NO<sub>3</sub>.

Los valores de nitrito y nitratos no superan los ECA, sin embargo, el nitrito es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, pero sólo es apreciable en condiciones de baja oxigenación, por esta causa los nitritos se transforman rápidamente en nitratos (Medina 2007), corroborado en los resultados obtenidos en la locación 40 con las concentraciones más bajas de OD (5.47) y nitrito reportadas (0.13 mg/L) y una de los valores más altos de nitratos (1.48 mg/L) y locación 39 con OD (6.7), nitrito (0.11) y nitratos (3.34), entonces probablemente a menores concentraciones de OD mayores concentraciones de nitritos y nitratos.

**Amonio (NH<sub>4</sub>):** las concentraciones de NH<sub>4</sub> arrojaron 14 valores por debajo del rango de detección, los demás resultados no mostraron grandes variaciones, a excepción de un caso particular en el que el máximo (3,77 mg/L) supera 24 veces al promedio (0.15mg/L).

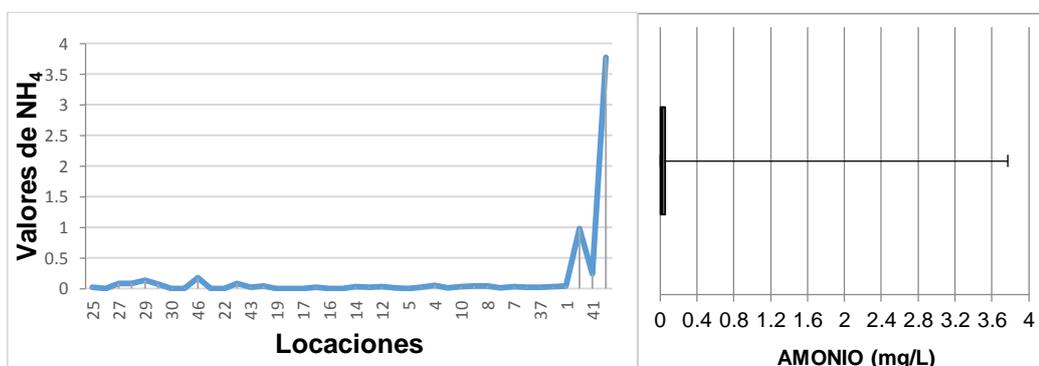
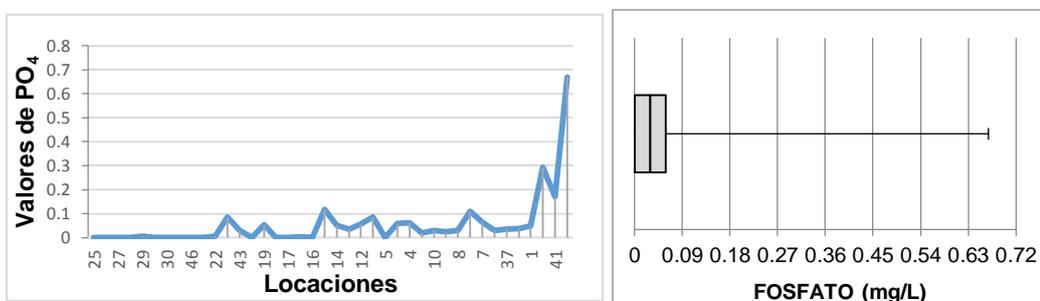


Figura 26 – 1. Tendencia de valores de NH<sub>4</sub> en diagrama de tendencia.

Figura 26 – 2 Diagrama de cajas y bigotes para valores de NH<sub>4</sub>.

Cuando las concentraciones de amonio superan los 0.1 mg/L se considera como un indicador de contaminación por aguas con bacterias, aguas residuales o residuos de animales (Bautista *et al.* 2011) para el presente estudio se hallaron 5 valores por encima de este rango ubicados en la parte alta y baja (urbana), esto se podría explicar debido a la presencia de múltiples efluentes de desagües que desembocan en el río Mashcón.

**Fosfato (PO<sub>4</sub>):** las concentraciones de PO<sub>4</sub> arrojaron 27 valores por debajo del rango de (parte alta y media), además el valor promedio (0.055 mg/L) es superado en 12 veces por el máximo (0.668 mg/L).

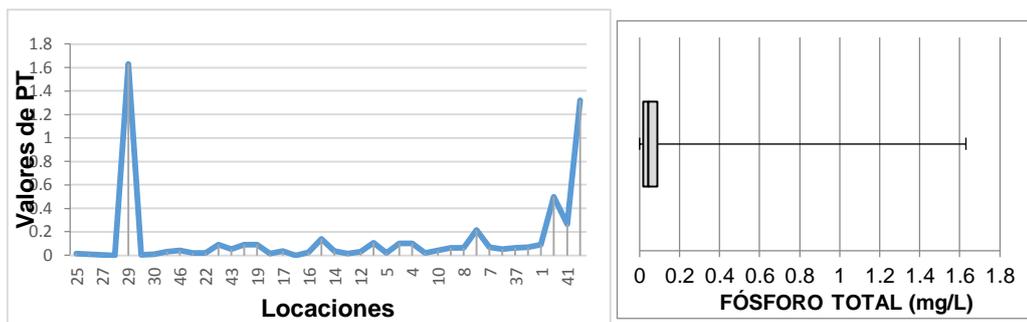


**Figura 27 – 1.** Tendencia de valores de PO<sub>4</sub> en diagrama de tendencia.

**Figura 27 – 2** Diagrama de cajas y bigotes para valores de PO<sub>4</sub>.

El fosfato procede de materiales erosionados y pérdidas directas de fertilizante, según Seoanez (1996) considera un valor máximo admisible de 0.2 mg/l de fosfatos, encontrándose en el presente estudios dos valores por encima de este rango, ubicados en la zona urbana.

**Fósforo total (PT):** las concentraciones de PT no presentan tendencia aparente, sin embargo, el máximo (1.63 mg/L) supera al valor promedio en 12 veces (0.14 mg/L) además el ECA (0.15 mg/L) es superado en 5 locaciones ubicadas en la parte alta y baja de la zona de muestreo.

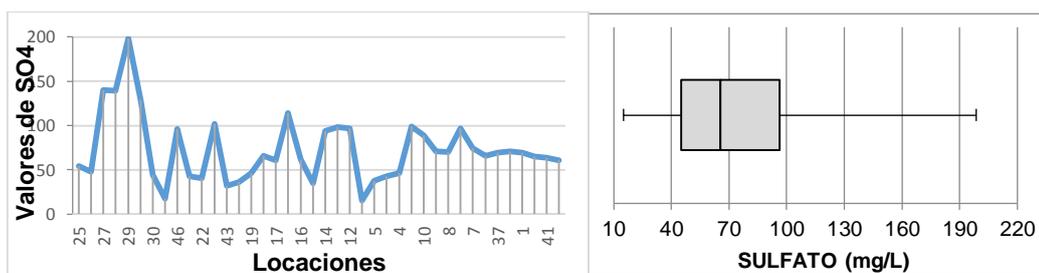


**Figura 28 – 1.** Tendencia de valores de PT en diagrama de tendencia.

**Figura 28 – 2** Diagrama de cajas y bigotes para valores de PT.

En el caso del fósforo total según el ECA no debería superar los 0.15 mg/L sin embargo 5 valores están por encima, debido probablemente a la presencia de descargas que contienen detergentes o fertilizantes (Lavie *et al.* 2011).

**Sulfato (SO<sub>4</sub>):** el máximo se ubica en la parte alta (198,6 mg/L) y supera en 3 veces al promedio (72.5mg/L), los demás valores no presentan tendencia aparente, sin embargo, existen 13 valores por encima del rango de detección (80 mg/L) pero ninguno de ellos supera los ECA. La presencia de sulfato se relaciona con elevado pH, como se detalla en la pág 48.

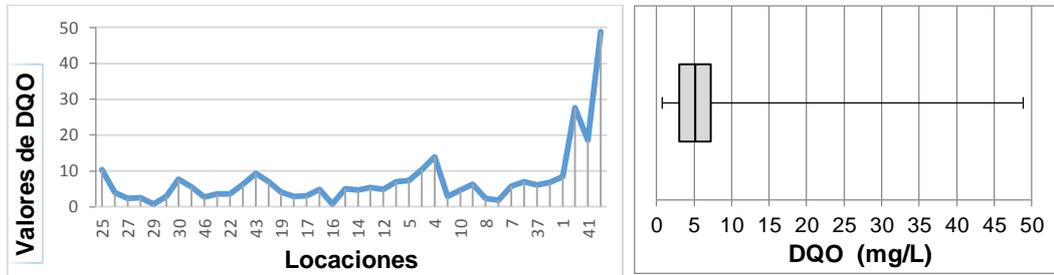


**Figura 29 – 1.** Tendencia de valores de SO<sub>4</sub> en diagrama de tendencia.

**Figura 29 – 2** Diagrama de cajas y bigotes para valores de SO<sub>4</sub>.

El sulfato, procede de disolución de yesos y de la oxidación bacteriana de sulfuros, su concentración en ríos oscila entre 20 y 50 mg/L (Marin 2014), 26 de los valores obtenidos en el presente estudio superan este rango, pero ninguno superó los ECA.

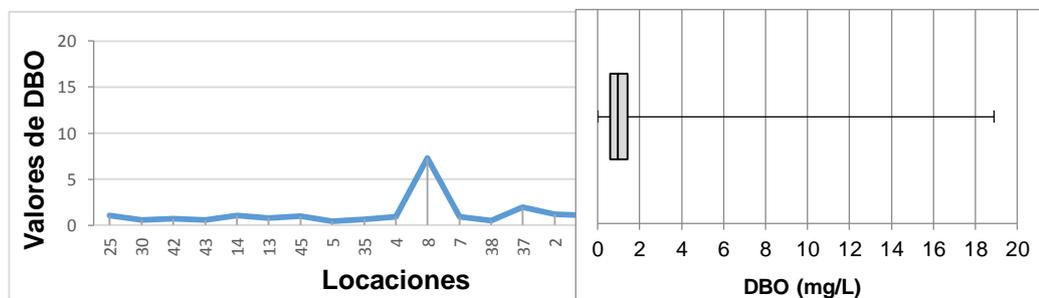
**Demanda química de oxígeno (DQO):** la DQO presenta valores que tienden al aumento aguas abajo, además el promedio (7.2mg/L) es superado 7 veces por el máximo (48,9 mg/L) y 2 valores de la zona urbana superan los ECA.



**Figura 30 – 1.** Tendencia de valores de DQO en diagrama de tendencia.

**Figura 30– 2** Diagrama de cajas y bigotes para valores de DQO.

**Demanda biológica de oxígeno (DBO):** la DBO con aumento de valores aguas abajo, el promedio (2.5mg/L) es superado 8 veces por el máximo (18,88 mg/L) (Figura 35), pero sólo 3 valores superan el ECA.



**Figura 31 – 1.** Tendencia de valores de DQO en diagrama de tendencia.

**Figura 31 – 2** Diagrama de cajas y bigotes para valores de DQO.

La DQO, según el ECA no debería superar los 20 mg/L, sin embargo, existen dos locaciones que lo superan en la zona urbana, estas mismas locaciones y adicionalmente otra ubicada en la parte media superan el ECA de DBO (5mg/L) lo que significa probablemente que se encuentren contaminadas por residuos domésticos y es que se sabe que el aumento de la DBO, DQO y temperatura, ocasionan disminución del oxígeno disuelto, este indicio se observó fuertemente en la locación 40 que

presenta la mayor concentración de DQO (48.9) y DBO (18.88) registrada y el menor valor de OD (5.47), además de la mayor temperatura (16.20°C) reportada, por lo que probablemente estos resultados se relacionan con la presencia de materia orgánica en putrefacción proveniente de desagües (Romero 2009) que se traduce en la proliferación de bacterias aeróbicas, debido a la velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno y aumentan la temperatura (García *et al.* 2011).

### **Índice de calidad de agua (Water Quality Index – WATQI)**

De acuerdo a la Tabla 22, el 77.5% de las locaciones poseen agua tipificada como **excelente** y se encuentran ubicadas a lo largo de toda el área de muestreo, en esta categoría se ha registrado el mejor puntaje del WATQI con 92 puntos en la locación 45 (Quebrada Tual) (Tabla 21); un 17.5% de los puntos de muestreo, poseen calidad de agua **buena**, los puntos: 27,28 y 32 arrojaron este resultado por presentar pH de entre 4.77 – 4.5, y mientras que el 37, 39 y 41 por presentar concentraciones de NT y PT elevados; finalmente un 5% de las locaciones con calidad de agua **moderada**, en esta categoría se ubica el punto 40 con el menor valor de WATQI por presentar bajas concentraciones de OD y las mayores concentraciones de PT y NT registradas, la Figura 34 muestra un mapa de distribución de los resultados del WATQI.

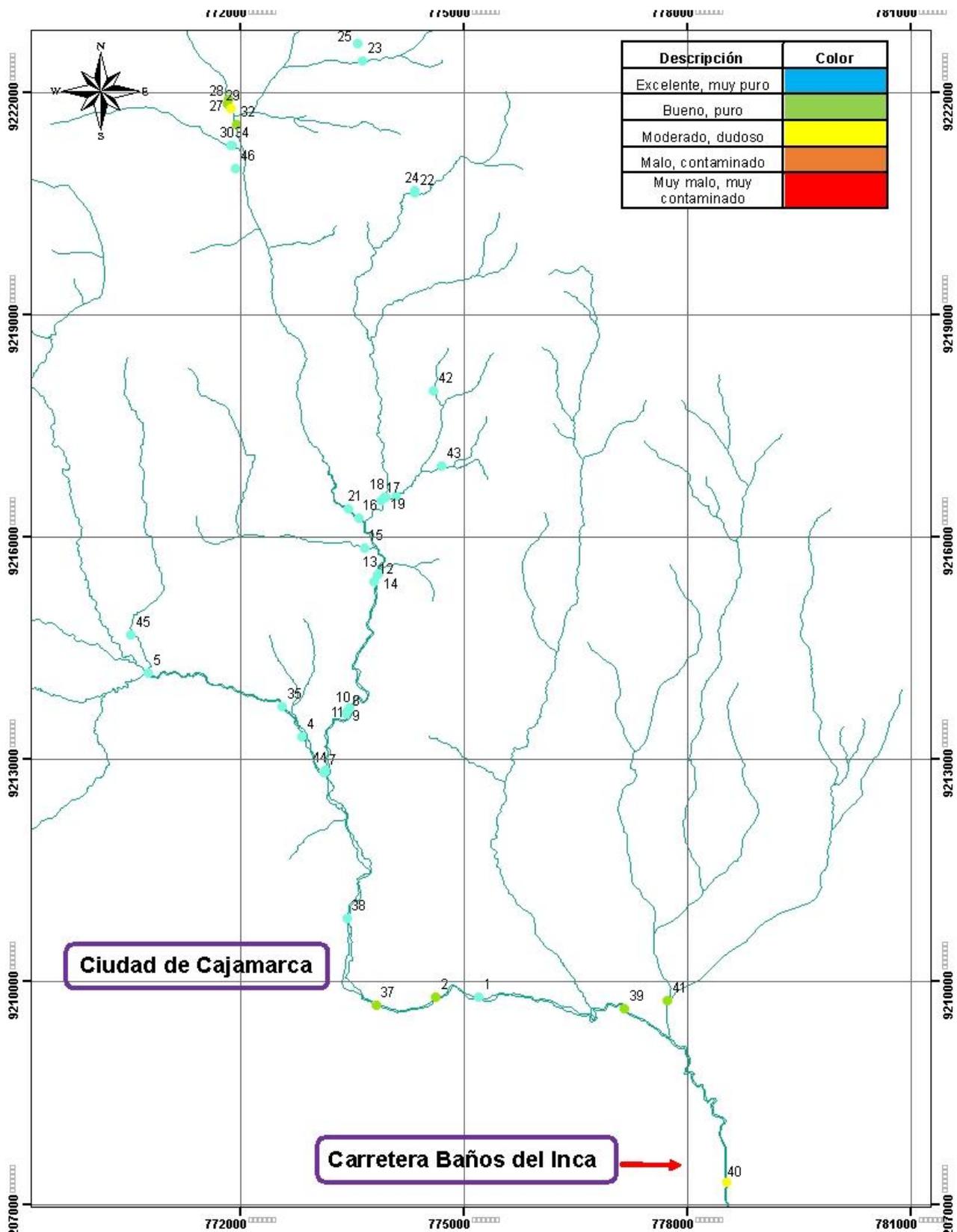
**Tabla 21.** Resultados generales WATQI por locaciones de muestreo.

PUNTO	CE		pH		DO		NT		PT		WATQI
1	246	100	7.82	100.0	7.76	56.8	3.71	65.0	0.091	97.4	84
2	241	100	7.86	100.0	7.72	55.8	6.68	26.7	0.07	98.7	76
4	166.8	100	7.74	100.0	7.53	51.1	4.46	55.4	0.102	96.7	81
5	150.5	100	7.78	100.0	7.79	57.6	0.36	100.0	0.022	100.0	92
7	249	100	7.92	100.0	7.66	54.3	1.22	97.2	0.067	98.9	90
8	253	100	7.42	100.0	7.74	56.3	2.96	74.7	0.063	99.2	86
9	255	100	7.47	100.0	7.72	55.8	4.17	59.1	0.065	99.1	83
10	285	100	7.6	100.0	7.89	60.0	2.51	80.5	0.039	100.0	88
11	301	100	7.73	100.0	7.93	61.0	1.45	94.2	0.019	100.0	91
12	298	100	7.6	100.0	8.02	63.3	1.91	88.3	0.033	100.0	90
13	298	100	7.63	100.0	7.85	59.1	1.49	93.7	0.012	100.0	91
14	197	100	7.7	100.0	8	62.8	1.87	88.8	0.037	100.0	90
15	161.3	100	7.77	100.0	7.68	54.8	0.56	100.0	0.137	94.5	90
16	267	100	8.11	100.0	7.57	52.1	1.48	93.8	0.027	100.0	89
17	265	100	8.07	100.0	7.8	57.8	1.7	91.0	0.035	100.0	90
18	272	100	7.39	100.0	7.81	58.1	1.55	92.9	0.014	100.0	90
19	258	100	8.19	100.0	7.46	49.4	1.35	95.5	0.0895	97.5	88
20	245	100	8.25	100.0	7.5	50.4	1.11	98.6	0.089	97.5	89
21	309	100	7.38	100.0	7.58	52.4	1.48	93.8	0	100.0	89
22	173.7	100	7.27	100.0	7.21	43.2	1.34	95.6	0.018	100.0	88
23	162.9	100	7.71	100.0	7.72	55.8	1.2	97.4	0.008	100.0	91
24	176	100	7.21	100.0	7.26	44.4	1.26	96.6	0.017	100.0	88
25	190	100	7.14	100.0	7.15	41.7	0.518	100.0	0.015	100.0	88
27	355	100	4.77	13.5	7.24	43.9	1.08	99.0	0.003	100.0	71
28	358	100	4.65	7.5	7.23	43.7	1.1	98.7	0	100.0	70
29	445	100	5.32	41.0	7.68	54.8	1.44	94.3	1.63	0.0	58
30	131.9	100	7.44	100.0	7.47	49.6	0.304	100.0	0.009	100.0	90
32	334	100	4.5	0.0	7.41	48.1	1.15	98.1	0.005	100.0	69
34	45.5	100	6.24	87.0	7.62	53.3	0.17	100.0	0.031	100.0	88
35	155.7	100	7.8	100.0	7.44	48.9	3.38	69.3	0.101	96.8	83
37	242	100	7.81	100.0	7.64	53.8	5.97	35.9	0.063	99.2	78
38	239	100	7.86	100.0	7.52	50.9	4.4	56.1	0.051	99.9	81
39	259	100	7.75	100.0	7.22	43.4	3.27	70.7	0.501	71.5	77
40	395	100	8.04	100.0	5.47	0.0	8.75	0.0	1.32	19.6	44
41	312	100	7.82	100.0	6.7	30.5	4.17	59.1	0.262	86.6	75
42	401	100	7.77	100.0	7.03	38.7	2.63	79.0	0.088	97.6	83
43	198.5	100	7.82	100.0	7.16	41.9	1.06	99.2	0.051	99.9	88
44	302	100	7.71	100.0	7.93	61.0	1.83	89.3	0.213	89.7	88
45	111	100	8.02	100.0	7.94	61.3	0.832	100.0	0.105	96.5	92
46	258	100	6.8	100.0	7.36	46.9	1.38	95.1	0.039	100.0	88

**Tabla 22.** Número de locaciones de muestreo ubicados categorías del WATQI.

Puntuación WATQI	Número de locaciones de muestreo	%
81-100	31	77,5
61-80	7	17,5
41-60	2	5
21-40	-	-
0-20	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

El resultado encontrado en el estudio indica que el 77.5% de las locaciones presentan agua **excelente**, resultado que difiere significativamente al estudio realizado por Beeckman (2017) en la misma área, pero con 85% de locaciones con agua **excelente**, la razón de esta diferencia es porque en que en la parte alta del área en estudio se reportaron 3 valores de pH entre 4.5 y 4.77.



**Figura 34.** Puntos de muestreo de calidad de agua en cuenca de río Mashcón y coloración de acuerdo al WATQI

#### 4.1.2 Parámetros biológicos – Índice Biótico Andino (ABI)

**Tabla 23.** Número de locaciones de muestreo ubicados en las categorías ABI.

Estado Ecológico	Número de locaciones de muestreo	%
Muy bueno	1	5,0
Bueno	10	50,0
Moderado	5	25,0
Malo	3	15,0
Pésimo	1	5,0
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>100,0</b>

En las 20 locaciones registradas se reportaron un total de 37 taxas, los puntajes ABI oscilaron entre 84 y 7, de acuerdo al Estado Ecológico (Tabla 23) de los macroinvertebrados, sólo una locación pertenece a la categoría **muy bueno** y se ubica en la parte alta de la zona de muestreo (punto 30), encontrándose familias como: Calamoceratidae, Gripopterygidae y Helicopsychidae poseedoras del mayor puntaje de sensibilidad (10) y es que sólo viven en hábitats no contaminadas, además un total de 14 familias/punto (Tabla 24); 10 locaciones con estado **bueno** distribuidas en su mayoría en la parte media y algunos en la parte baja del área de muestreo, la mayoría de familias encontradas son más tolerantes, siendo las más frecuentes: Baetidae, Elmidae, Hyalellidae, Tubificidae e Hydropsychidae, cabe mencionar que el número de familias por punto en esta categoría varía de entre 7 – 14; 5 locaciones con estado **moderado** en su mayoría ubicadas en la parte alta y baja, con familias como: Chironomidae, Hydrobiosidae y Limoniidae, con 7 – 9 familias/punto; 3 locaciones con estado **malo** ubicados en parte alta, media y baja (urbana) con familias como: Chironomidae y Elmidae; finalmente con estado **pésimo** una sola locación ubicada en la parte baja del área de muestreo, debido a que en este punto se registró menor diversidad de familias (3), siendo estas: Chironomidae, Psychodidae y Tubificidae. En promedio la cuenca presenta puntaje ABI promedio de 44.3 con estado ecológico **bueno** (Tabla 24).

La fauna bentónica encontrada en la cuenca del río Mashcón como ya se mencionó está constituida por 37 familias, composición similar a la reportado por Beeckman (2017) con 45 familias, realizada también en la cuenca del río Mashcón, la diferencia probablemente sea debido a la época en que realizó el muestreo, pues la presente investigación se realizó en la época lluviosa, mientras que la investigación de Beeckam en la época de estiaje y es que en ésta última la comunidad de macroinvertebrados alcanza su máxima diversidad (CHE 2005).

**Tabla 24.** Valor de ABI obtenido por locación y familias de macroinvertebrados reportadas.

Punto	Valor	Familias reportadas por punto de muestreo
25	41	Ceratopogonidae, Chironomidae, Elmidae, Helicopsychidae, Hydrobiosidae, Limoniidae, Scirtidae, Sphaeriidae
23	58	Baetidae, Calamoceratidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Elmidae, Gyrinidae, Helicopsychidae, Leptoceridae, Limoniidae, Scirtidae, Tubificidae
27	19	Chironomidae, Elmidae, Gyrinidae, Limoniidae, Tipulidae
30	84	Baetidae, Calamoceratidae, Chironomidae, Elmidae, Empididae, Glossosomatidae, Griptopterygidae, Helicopsychidae, Hyalellidae, Hydrobiosidae, Limoniidae, Scirtidae, Staphylinidae, Tipulidae
34	28	Chironomidae, Elmidae, Empididae, Gyrinidae, Hydropsychidae, Limoniidae, Tipulidae
24	42	Baetidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Elmidae, Hyalellidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Lymnaeidae, Simuliidae
43	47	Baetidae, Chironomidae, Elmidae, Hyalellidae, Hydraenidae, Hydrophilidae, Libellulidae, Physidae, Simuliidae, Tipulidae, Tubificidae
19	20	Elmidae, Hydropsychidae, Scirtidae, Tabanidae, Tubificidae
18	60	Baetidae, Elmidae, Helicopsychidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Leptohiphidae, Simuliidae
15	62	Baetidae, Calamoceratidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Culicidae, Elmidae, Hyalellidae, Hydraenidae, Hydropsychidae, Physidae, Psephenidae, Simuliidae, Tipulidae, Tubificidae
13	57	Baetidae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Elmidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Tubificidae
12	45	Baetidae, Elmidae, Helicopsychidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Leptohiphidae, Limoniidae
45	47	Aeshnidae, Baetidae, Calamoceratidae, Chironomidae, Culicidae, Hyalellidae, Hydrophilidae, Physidae, Staphylinidae, Tipulidae, Tubificidae
4	32	Baetidae, Chironomidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Limoniidae, Simuliidae, Tipulidae, Tubificidae
11	64	Baetidae, Chironomidae, Chordodidae, Calamoceratidae, Elmidae, Helicopsychidae, Hyalellidae, Hydrobiosidae, Leptoceridae, Scirtidae, Tubificidae
10	7	Chironomidae, Psychodidae, Tubificidae
38	60	Baetidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Elmidae, Hyalellidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Leptohiphidae, Tipulidae, Tubificidae
1	52	Baetidae, Elmidae, Hyalellidae, Hydrobiosidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Leptohiphidae, Tubificidae
39	31	Dugesidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Physidae, Simuliidae, Sphaeriidae, Tubificidae
41	23	Chironomidae, Glossiphoniidae, Hyalellidae, Physidae, Simuliidae, Sphaeriidae, Tubificidae
<b>Promedio</b>	<b>44.3</b>	

Las familias más abundantes reportadas son la Chironomidae, Baetidae y Elmidae, coincidiendo con los resultados del estudio realizado por Alomía *et al.* (2017), además es conocida la representatividad en la composición de macroinvertebrados de las familias Baetidae y Chironomidae en los ríos altoandinos del Perú (Acosta 2001; Arana 2008; Acosta 2009; Moya *et al.* 2009). La mayor abundancia de los Chironómidos se debe probablemente a que son sumamente tolerantes a la presencia de materia orgánica, poseen ciclos de vida cortos, poseen capacidad de vivir en zonas con diferentes concentraciones de OD (capacidad para transportar oxígeno a su medio interno incrementando la presencia de hemoglobina y hemocianina) (Alonso *et al.* 2005) y además son conocidas por ser especies oportunistas y rápidas colonizadoras que se adaptan a condiciones fluctuantes (Acosta 2009).

Por otro lado, los individuos pertenecientes a la familia Baetidae son reportados en algunas investigaciones como indicadores de aguas de nivel aceptable a óptimo, presentando un amplio rango de tolerancia en cuanto a perturbación de hábitat se refiere (Figueroa *et al.* 2003), por lo que se puede decir que los Baetidos se configuran como una familia diversa y de amplia distribución, es por ello que se los puede encontrar en estaciones prístinas y perturbadas (Vega *et al.* 2000). Las familias que sólo fueron reportadas una vez por punto de muestreo fueron: Aeshnidae (8), Chordodidae (10) y Gripopterygidae (10), debido a que son familias sensibles a la contaminación.

Según Barton *et al.* (1985) y Granados *et al.* (2006), la presencia de vegetación ribereña proporciona cantidades importantes de detritos vegetales (ramas y hojas muertas), en estas condiciones algunos tipos de macroinvertebrados se adhieren a los restos de vegetación convirtiéndolos en su hábitat y es que los residuos vegetales que caen al cuerpo de agua se traducen en energía importada y posteriormente en fuente de alimento (Morisawa 1968), se encontró una relación entre la presencia de residuos vegetales y macroinvertebrados que se alimentan de detritos, en el punto **12, 19, 23, 24, 34 y 43** se registraron individuos

de las familias: Helicopsychidae, Hydropsychidae e Hydrobiosidae, pertenecientes a la orden Trichoptera (Bento); familias Scirtidae y Elmidae, pertenecientes a la orden Coleóptera, todos estos se alimentan de detritos y viven en aguas bien oxigenadas, en estas locaciones se registró residuos de ramas abundantes de tamaños que varían de <3cm a >30 cm, y con Índice QBR **tipo 3 y 2** (12), además, algunas locaciones de muestreo de la parte baja y media (12, 43), presentan cauces anchos, con mayor penetración de luz y menor profundidad, permitiendo el desarrollo de material autóctono (autotrofia) encontrándose grupos tróficos como filtradores (Physidae).

Los residuos de madera en muchos casos generan microhábitats (función de dique al pueden dividir lo que el flujo uniforme de la corriente), estos microhábitats se forman también por la presencia de peñascos y cantos, proporcionando espacios denominados como rápidos y pozas favorables para el desarrollo de la vida acuática (Roldán *et al.* 2008; Custodio 2013); esto se evidencia en los puntos de muestreo: **12**, según el QBR **tipo 2**, con rápidos y pozas del tipo 2, es decir, **el patrón de rápidos/pozas está bien desarrollado: alta variedad de pozas y rápidos**, teniendo como sustrato mineral predominante peñascos y cantos, y con estado ecológico de macroinvertebrados **bueno** ; los puntos **11, 18 y 30** con vegetación ribereña **tipo 4 y 3**, presentaron pozas y rápidos del tipo 3, es decir, **el patrón de rápidos/pozas está moderadamente desarrollada**, presencia de abundante material vegetal y sustrato mineral predominante peñascos y cantos, con estado ecológico de macroinvertebrados **bueno y muy bueno** (punto 30), en las locaciones antes mencionadas se registró la presencia de individuos pertenecientes a la familia Helicopsychidae, Leptoceridae y Calamoceratidae, todos Trichopteros, que en su estado larval construyen estuches algunos con residuos vegetales, y muchas veces se adhieren a las rocas, ramas, etc, además son especies sensibles a la contaminación, por lo que se consideran indicadoras de buena calidad de agua.

Los puntos **11, 12, 18, 23** y **30**, de acuerdo al índice ABI presentan la mayor cantidad de individuos de familias más sensibles a la contaminación como: Calamoceratidae, Helicopsychidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae.

## 4.2 Caracterización de la vegetación ribereña

### 4.2.1 Índice de calidad de vegetación de ribera - QBR

Los datos obtenidos a partir de la aplicación del índice QBR corresponden a observaciones subjetivas y puntuales en un momento dado y en un tramo particular del curso de agua, lo que impide hacer generalizaciones espaciales y temporales en relación a la calidad de la ribera de toda la cuenca. Cabe mencionar que el índice sólo evalúa árboles y arbustos.

**Tabla 25.** Resultados generales QBR por locaciones de muestreo.

Zona	Locación	QBR	Zona	Locación	QBR
Alta	25	30	Baja	45	35
	23	60		5	25
	27	45		35	35
	28	10		4	15
	29	0		11	45
	32	50		10	30
	30	60		9	10
	34	45		8	55
	24	40		44	10
	22	60		7	5
Media	42	45	Urbana	38	5
	43	50		37	30
	20	75		2	5
	19	60		1	15
	18	45		39	20
	17	45		41	0
	21	0		40	20
	16	45			
	15	35			
	14	30			
	13	0			
	12	75			

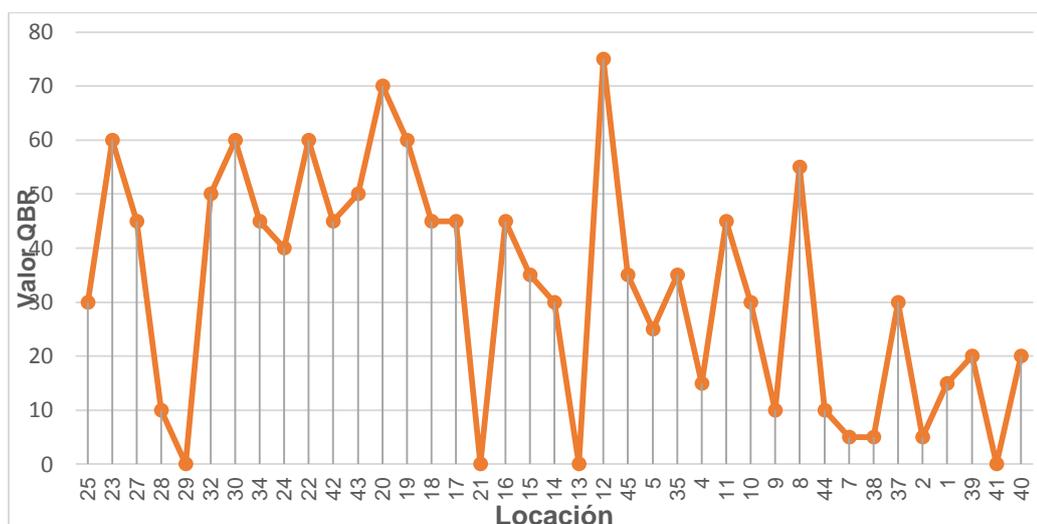
**Tabla 26.** Distribución de locaciones en categorías del QBR

Puntuación	Número de locaciones de muestreo	%	Tipo
>95	0	0.0	1
75-90	2	5.1	2
55 – 70	5	12.8	3
30 – 50	17	43.6	4
<25	15	38.5	5
<b>TOTAL</b>	<b>39</b>	<b>100</b>	<b>-</b>

De acuerdo a la Tabla 26, el 38.5 % de los puntos evaluados presentan **calidad pésima** ubicados a lo largo de toda el área de estudio, sin embargo, hay mayor incidencia en la parte baja; un 43.6% con **mala calidad** también distribuidos a lo largo de toda el área evaluada, pero se acentúan en la parte alta y media; 12.8% en **calidad intermedia** ubicados a lo largo del área evaluada. Los puntos de muestreo que están dentro de estas categorías presentan como características dominantes: bajo grado de cobertura ribereña, escasas/inexistentes especies nativas e incluso baja diversidad, introducción de especies exóticas formando comunidades o individuos aislados que han reemplazado la vegetación ribereña nativa, construcciones humanas en el lecho del río que modificaron el canal fluvial, basura, etc, estos factores inciden directamente en el valor final del QBR/punto, reflejando una disminución de la calidad ecológica del sector, sin embargo, cada locación presenta mayor o menor grado de intensidad/presencia de estas características.

Un 5.1% con **calidad buena** ubicados en la parte media, presentando las mejores condiciones de cobertura ribereña debido a la escasa perturbación del ecosistema, con presencia de especies nativas, pero también exóticas, recubrimiento de 70%, con distribución regular formando una comunidad continua en los márgenes, sin desviación del canal. El Índice QBR promedio es 32.4, con calidad tipo 4. El mapa de distribución puede ser observado en la Figura 36.

## Variación longitudinal de la cobertura ribereña



**Figura 35.** Gráfico puntuación obtenida en índice QBR por locación de muestreo

De acuerdo al gráfico anterior, la cobertura ribereña a lo largo de los puntos evaluados presenta cambios de una estación a otra, sin embargo, esta degradación/eliminación se acentúa en las áreas urbanas de la ciudad de Cajamarca, no obstante, se repite este fenómeno sobre todo en las áreas en la que existe presencia humana a partir de asentamientos aislados o pequeñas comunidades, los valores más bajos se obtuvieron en la parte alta y baja del área de muestreo debido a que no existía cobertura ribereña, por canalización del cauce o por el desarrollo de un sin número de actividades humanas que han generado presión en la vegetación ribereña hasta el punto de eliminarla casi por completo; sin embargo, existe dos zonas en las cuales se observó las mejores condiciones de cobertura vegetal, estas obtuvieron el mayor puntaje al aplicar el QBR y se ubican en la parte media de la cuenca ( locaciones 20 y 12). El mapa de distribución puede ser observado en la Figura 36.

Según Ibero *et al.* (1996) señalan que la degradación de las riberas es más intensa en las partes bajas de los ríos que en las cabeceras, debido a la mayor presión antrópica en estas zonas, en el caso del presente estudio se pudo corroborar a partir del índice QBR, que un mayor número de puntos de muestreo con categoría de vegetación ribereña de **calidad**

**pésima**, se encuentran en zona urbana, sin embargo un patrón recurrente es que a mayor presencia humana a partir de asentamientos aislados o comunidades, se observa mayor degradación/eliminación de vegetación ribereña ya sea en la parte alta, media o baja del área de muestreo, mientras que los puntos más aislados presentan mejores condiciones de vegetación ribereña.

En un estudio realizado por Salcedo *et al.* (2013) en Oxapampa, el índice QBR presenta las mejores puntuaciones en la parte alta con 100 puntos, la parte media 85 y la parte baja 35. En el caso del presente estudio la parte alta arroja un valor promedio de 40 con vegetación ribereña de **mala calidad**, debido principalmente a la presencia de actividades humanas que influyen directamente en la eliminación de especies nativas de las riberas y es que en casi todas las locaciones evaluadas, se registró la presencia de especies exóticas como *Eucalyptus globulus*, *Pinus radiata* o *Pinus patula*, se sabe al respecto que la acentuada deforestación de los bosques nativos y la introducción de las especies exóticas antes mencionadas, están generando un cambio brusco en la estructura vegetal de las riberas andinas (Acosta 2009).

Se observó también cambio de uso de suelo para desarrollo de ganadería que provocan una fuerte degradación de los ecosistemas riparios (Palma *et al.* 2013), esto explica las bajas puntuaciones de la parte alta de la zona de muestreo en los tramos evaluados. Esta misma situación ha sido reportada por Kutschker *et al.* (2009) que encontró que en los sitios sometidos a pastoreo se presentan situaciones de calidad de ribera desde intermedia a mala, por otro lado, Merritt *et al.* (1996) reportaron que el efecto de la ganadería se relaciona con la pérdida de la vegetación ribereña, que significa pérdida de protección, sombreado y aporte de materia orgánica gruesa. Se sabe pues que la presencia de ganado cerca a los márgenes de los cuerpos de agua incrementa la compactación del suelo, pero además afecta directamente la vegetación ribereña pues existe reducción de regeneración e incluso puede propiciar la eliminación total/parcial de especies endémicas asociadas a los cursos de agua, cabe

mencionar que esta problemática es difícil de solucionar ya que esta actividad económica es en algunos casos el único sustento de la población que habita las zonas altas de nuestra sierra (Steinfeld *et al.* 2009).

La parte media del área de muestreo presentó puntuación promedio 42.1 con vegetación ribereña según el QBR de **mala calidad**, debido probablemente a la recurrente presencia de áreas agrícolas y caminos que disminuyen la conectividad y naturalidad del ecosistema (Rodríguez *et al.* 2012), sumando la presencia de estructuras transversales y es que según Smith *et al.* (2002) además de contribuir a erosionar los suelos modifican la naturalidad del canal fluvial y actúan como rutas de invasión de especies exóticas, cabe mencionar que en esta zona existen gran cantidad de invernaderos recién terminados y en construcción.

La parte baja con un promedio de 21.2 puntos y las peores puntuaciones registradas, se debe probablemente a la eliminación casi completa de la cobertura ribereña en las zonas urbanas y fuerte alteración de la ribera, además de la presencia de basura y otras alteraciones tales como las actividades de extracción de materiales para construcción, que ocasionan fuertes alteraciones geomorfológicas. Naiman & Decamps (1993) señalan que éstas modifican el cauce, aumentan la sedimentación y la formación de bancos de arena reduciendo con esto la biodiversidad y alterando los hábitats ribereños.

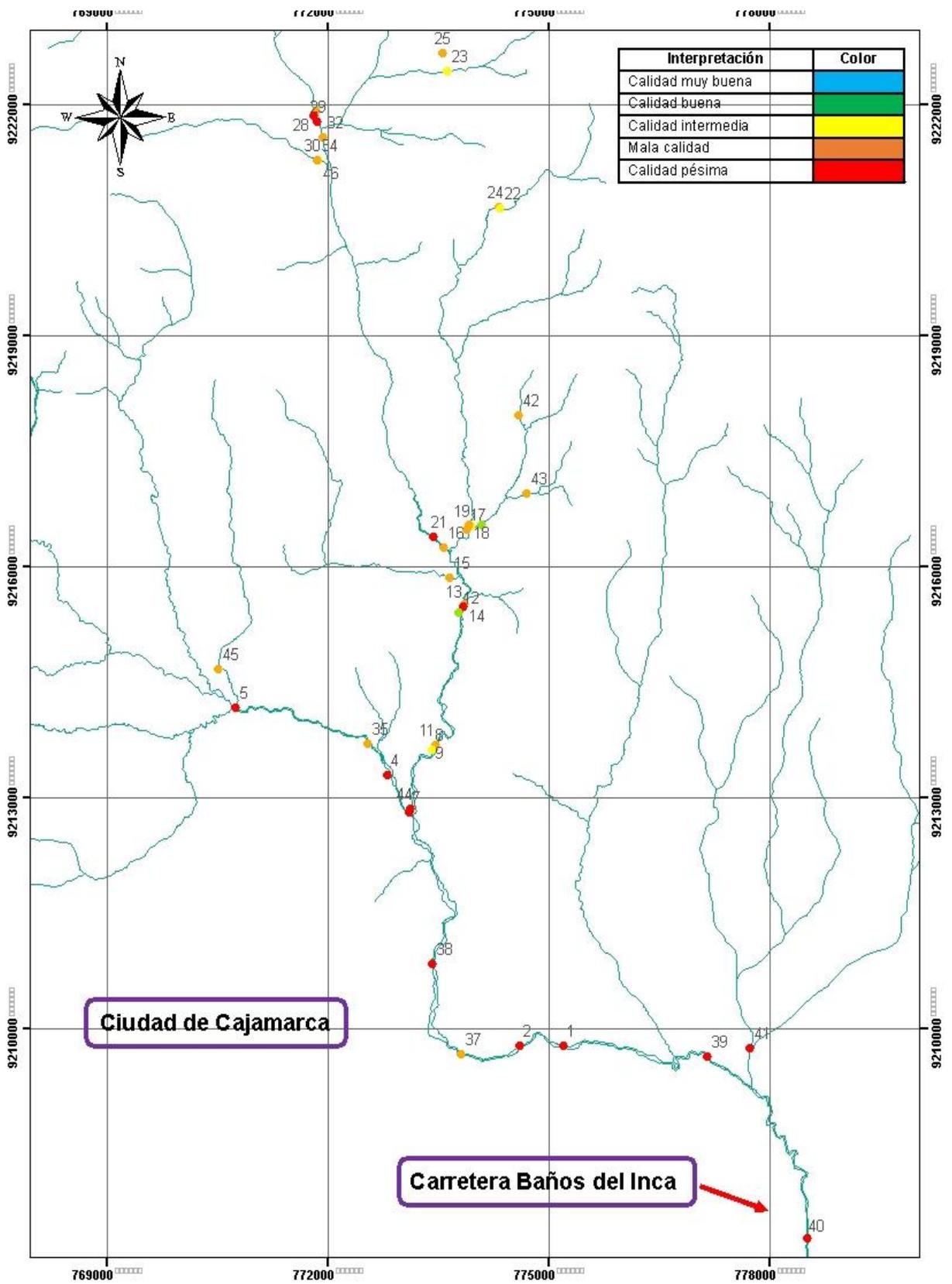


Figura 36. Puntos de muestreo en cuenca de río Mashcón y coloración de acuerdo al QBR

#### 4.2.2 Método de Braun Blanquet

**Tabla 27.** Resultados del Método de Braun Blanquet por locaciones de muestreo.

Punto	Familia	Nombre científico	Nombre común	Ocurrencia	Origen	Ciclo
23	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	**	N	Perenne
	Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	Quinual	***	N	Perenne
	Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino	****	I	Perenne
	Asteraceae	<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC.	Árnica	**	N	Anual
	Fabaceae	<i>Otholobium munyense</i> (J.F. Macbr.) J.W. Grimes,	Culén	**	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Baccharis alaternoides</i> Kunth,	Chilca	**	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Gynoxys nitida</i> Muschl.	Hierba de la araña	***	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca blanca	**	N	Perenne
	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i> Juss.	Chinchango	**	N	Perenne
27	Poaceae	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav) Kunth	Ichu	***	N	Perenne
	Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino	****	I	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	**	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	**	N	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	**	N	Perenne
	Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	Quinual	*	N	Perenne
28	Poaceae	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav) Kunth	Ichu	***	N	Perenne
	Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino	****	I	Perenne
	Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	Zarzamora	*	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	**	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	**	N	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	***	N	Perenne
	Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	Quinual	***	N	Perenne
29	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	***	N	Perenne
	Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	Quinual	***	N	Perenne
	Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	Zarzamora	*	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	****		Perenne

32	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	**	N	Perenne
	Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino	****	I	Perenne
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	**	I	Perenne
	Poaceae	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav) Kunth	Ichu	***	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	***	I	Perenne
	Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	Quinual	**	N	Perenne
	Myricaceae	<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur	Laurel de cera	*	N	Perenne
Asteraceae	<i>Gynoxys sp</i>	-	**	N	Perenne	
30	Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino	**	I	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	*	I	Perenne
	Poaceae	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav) Kunth	Ichu	****	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	**		Perenne
	Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	Quinual	***	N	Perenne
	Fabaceae	<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet.	Chocho silvestre	**		Anual-h
	Alstroemeriaceae	<i>Bomarea dulcis</i> (Hook.) Beauverd	Sullu sullu	*	N	Perenne
	Myricaceae	<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur	Laurel de cera	**	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Ageratina exserto-venosa</i> (Klatt) R.M.King & H.Rob.	Chilco chilco	***	N	Perenne
	Fabaceae	<i>Otholobium munyense</i> (J.F. Macbr.) J.W. Grimes	Culén	***	N	Perenne
	Dicksoniaceae	<i>Lophosoria quadripinnata</i> (J.F. Gmel.) C. Chr.	Helecho	*	N	Perenne
Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i> Juss	Chinchango	**	N	Perenne	
34	Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	Zarzamora	**	N	Perenne
	Poaceae	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav) Kunth.	Ichu	****	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	**	I	Perenne
	Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	Quinual	***	N	Perenne
	Melastomataceae	<i>Brachyotum naudinii</i> Triana.	Zarcillejo	**	N	Perenne
	Alstroemeriaceae	<i>Bomarea dulcis</i> (Hook.) Beauverd	Sullu sullu	*	N	Perenne
	Myricaceae	<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur	Laurel de cera	***	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Ageratina exserto-venosa</i> (Klatt) R.M.King & H.Rob	Chilco chilco	**	N	Perenne
	Fabaceae	<i>Otholobium munyense</i> (J.F. Macbr.) J.W. Grimes	Culén	**	N	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	***	N	Perenne
Asteraceae	<i>Baccharis libertadensis</i> (S.B.Jones) H.Rob.	Anua	***	N	Perenne	

	Polygalaceae	<i>Monnina hirta</i> (Bonpl.) B. Eriksen	-	**	N	Perenne
	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i> Juss.	Chinchango	*	N	Perenne
	Berberidaceae	<i>Berberis virgata</i> Ruiz & Pav.	Palo amarillo	**	N	Perenne
24	Poaceae	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Rye grass	****	I	Bianual
	Adoxaceae	<i>Sambucus peruviana</i> Kunth.	Sauco	**	N	Perenne
	Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	Quinual	***	N	Perenne
	Calceolariaceae	<i>Calceolaria sp</i>	-	**	N	Anual
	Polygonaceae	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	-	***	I	Perenne
	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca blanca	***	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	-	**	N	Anual
22	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	*	I	Perenne
	Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i> Ruiz & Pav.	Quinual	***	N	Perenne
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	**	I	Perenne
	Poaceae	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Rye grass	****	I	Bianual
	Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schlttdl. & Cham.	Pino	***	I	Perenne
42	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	***	I	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	**	N	Perenne
	Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	Zarzamora	*	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	****	I	Perenne
43	Adoxaceae	<i>Sambucus peruviana</i> Kunth.	Sauco	**	N	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	****	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	**	I	Perenne
	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	*	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	***	I	Perenne
20	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	***	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	***	I	Perenne
	Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	Zarzamora	**	N	Perenne
	Fabaceae	<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet.	Chocho silvestre	*	N	Anual
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	****	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	**	I	Perenne
	Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schlttdl. & Cham.	Pino	**	I	Perenne
	Asteraceae	<i>Liabum solidagineum</i> (Kunth) Less.	Lengua de vaca	*	N	Perenne

	Piperaceae	<i>Peperomia sp</i>	-	*	N	Perenne
	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris sp</i>	Helecho	*	N	Perenne
	Lamiaceae	<i>Salvia sagittata</i> Ruiz & Pav.	Matico	**	N	Perenne
	Solanaceae	<i>Cestrum tomentosum</i> L.f.	Yerba santa blanca	**	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Liabum sp</i>	-	**	N	Perenne
	Solanaceae	<i>Cestrum sp</i>	-	**	N	Perenne
19	Poaceae	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Rye grass	****	I	Bianual
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	***	I	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	**	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	***	N	Perenne
	Solanaceae	<i>Solanum sp</i>	-	*	N	
	Orobanchaceae	<i>Castilleja arvensis</i> Cham. & Schtdl.	-	**	N	Anual
18	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	***	N	Perenne
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	**	I	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	*	N	Perenne
	Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	Zarzamora	**	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Liabum sp.</i>	-	**	N	Perenne
17	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	**	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	***	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	**	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	***	I	Perenne
	Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	Zarzamora	**	N	Perenne
	Nyctaginaceae	<i>Mirabilis sp</i>	-	*	N	
21	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	*	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	*	I	Perenne
	Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	Zarzamora	*	N	Perenne
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	*	I	Perenne
	Adoxaceae	<i>Sambucus peruviana</i> Kunth.	Sauco	*	N	Perenne
	Cucurbitáceas	<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché.	Chiclayo	*	N	Anual-h
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne

16	Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	Zarzamora	**	N	Perenne
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	***	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	***	I	Perenne
	Cucurbitáceas	<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché.	Chiclayo	*	N	Anual-h
	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	*	N	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	**	N	Perenne
	Adoxaceae	<i>Sambucus peruviana</i> Kunth.	Sauco	*	N	Perenne
15	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	**	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	**	I	Perenne
	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	**	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	*	N	Perenne
14	Poaceae	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Rye grass	****	I	Bianual
	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	**	N	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	**	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	*	N	Perenne
	Solanaceae	<i>lochroma umbellatum</i> (Ruiz & Pav.) Hunziker ex D'Arcy.	-	*	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca blanca	**	N	Perenne
13	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	*	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	***	I	Perenne
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	**	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	o	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	*	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	*	N	Perenne
12	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	***	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	o	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	**	N	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	****	N	Perenne
	Asparagaceae	<i>Agave americana</i> L.	Penca azul	**	N	Perenne
	Poaceae	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav) Kunth	Ichu	*	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Liabum solidagineum</i> (Kunth) Less.	Lengua de vaca	**	N	Perenne
	Verbenaceae	<i>Duranta obtusifolia</i> Kunth.	Tandal	**	N	Perenne

	Solanaceae	<i>Solanum sp</i>	-	*	N	
	Coriariaceae	<i>Coriaria ruscifolia</i> L.	Saca saca	**	N	Perenne
45	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	***	I	Perenne
	Fabaceae	<i>Senna cajamarcae</i> H.S.Irwin & Barneby.	Mutuy	*	E	Perenne
	Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	Zarzamora	**	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	***	I	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	*	N	Perenne
5	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	**	N	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	***	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	**	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	***	N	Perenne
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	*	I	Perenne
	Adoxaceae	<i>Sambucus peruviana</i> Kunth.	Sauco	*	N	Perenne
Cucurbitáceas	<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché.	Chiclayo	*	N	Anual	
35	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	**	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	**	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	***	I	Perenne
	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	*	N	Perenne
4	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	***	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	**	N	Perenne
	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	***	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	**	I	Perenne
	Cucurbitáceas	<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché.	Chiclayo	*	N	Anual
11	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	***	I	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	****	N	Perenne
	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	**	N	Perenne
	Pinaceae	<i>Pinus radiata</i> D.Don.	Pino	*	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	***	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	*	N	Perenne

	Polygonaceae	<i>Rumex erosus</i> Schult. & Schult.f.	-	*	N	Perenne
10	Juglandaceae	<i>Juglans neotropica</i> Diels.	Nogal	*	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	***	N	Perenne
	Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schldtl. & Cham.	Pino	*	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	**	N	Perenne
	Cucurbitáceas	<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché.	Chiclayo	*	N	Anual
	Asteraceae	<i>Baccharis chilco</i> Kunth,	Tayanco	**	N	Perenne
	Verbenaceae	<i>Citharexylum dentatum</i> D.Don	Lingli	*	N	Perenne
9	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	*	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	**	N	Perenne
	Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schldtl. & Cham.	Pino	***	I	Perenne
8	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	***	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	**	N	Perenne
	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca	**	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	*	I	Perenne
44	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	*	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	*	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	***	I	Perenne
	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	*	N	Perenne
7	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	*	N	Perenne
	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	*	N	Perenne
38	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	**	N	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	*	N	Perenne
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	*	I	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	*	N	Perenne
37	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	**	N	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne

	Cannaceae	<i>Canna indica</i> L.	Achira	*	N	Perenne
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	*	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Festuca	*	N	Perenne
	Passifloraceae	<i>Passiflora tripartita</i> (Juss.) Poir.	Poro poro	*	N	Perenne
2	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	*	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	***	I	Perenne
	Asparagaceae	<i>Agave americana</i> L.	Penca azul	*	N	Perenne
	Pinaceae	<i>Pinus radiata</i> D.Don.	Pino	*	I	Perenne
1	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	**	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	***	I	Perenne
39	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	***	I	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Passifloraceae	<i>Passiflora tripartita</i> (Juss.) Poir.	Poro poro	*	N	Perenne
	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	*	N	Perenne
	Asparagaceae	<i>Agave americana</i> L.	Penca azul	*	N	Perenne
41	Poaceae	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Rye grass	****	I	Bianual
	Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	Zarzamora	*	N	Perenne
	Asparagaceae	<i>Agave americana</i> L.	Penca azul	*	N	Perenne
	Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Capulí	*	N	Perenne
40	Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	***	N	Perenne
	Cupressaceae	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Ciprés	***	I	Perenne
	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	****	I	Perenne
	Cannaceae	<i>Canna indica</i> L.	Achira	*	N	Perenne
	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramma	**	I	Perenne
	Cucurbitáceas	<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché.	Chiclayo	*	N	Anual

**Ocurrencia:** o (ocasional), \*(muy poco frecuente), \*\* (poco frecuente), \*\*\* (frecuente), \*\*\*\* (muy frecuente)

**Status:** N – Nativo, I – Introducido, E – Endémico

**Ciclo:** Perenne, Anual, Bianual

De acuerdo a la Tabla 27, se reportaron un total de 31 familias, siendo las más representativas la Poaceae, Rosaceae, Pinaceae, Myrtaceae, Betulaceae y Asteraceae. Los puntos ubicados en la parte alta (23 al 22, ver Tabla 12) tienen como especie dominante al *Pinus patula* y *Polylepis racemosa*, además que la mayoría de puntos evaluados estuvieron acompañados de *Stipa ichu*, cabe mencionar que también se encontró *Eucalyptus globulus* a una altitud de entre 3522 y 3275 msnm.

Las locaciones ubicadas en la parte media (42 al 12), presentan como especie dominante en la mayoría de locaciones al *Eucalyptus globulus*, sumando además la presencia recurrente de especies como *Alnus acuminata* y *Baccharis salicifolia*, además de pasturas como *Cynodon dactylon*.

Finalmente, las locaciones ubicadas en la parte baja (45 al 40) tienen como especie dominante al *Eucalyptus globulus*, pero se suma también la aparición de *Salix humboldtiana* y *Cortaderia selloana*.

### 4.2.3 Caracterización de riberas – Hidromorfología

Los valores numéricos asignados pueden ser interpretados observando la Tabla 6 ubicada en la página 33.

**Tabla 28.** Resultados de las variables hidromorfológicas por locaciones de muestreo.

Zona	Punto	Sombreado	Erosión		Perfil del banco	Clases de rápidos y pozas	Madera muerta			Tipo de sedimento principal	Forma de banco		Pendiente de banco	
			Curva	Ancho			<3cm	3- 30 cm	>30 cm		I	D	I	D
A	25	0	1	0	2	3	2	2	2	2	2	2	1	
	23	0	0	0	2	3	2	1	0	2	1	3	3	2
	27	0	0	0	2	4	1	1	1	2	2	1	2	1
	28	0	0	0	1	5	0	1	1	1	2	2	1	2
	29	0	0	0	2	1	0	0	0	1	2	2	2	2
	32	0	0	1	1	5	0	0	1	1	2	1	2	1
	34	1	1	0	2	4	0	1	0	1	2	2	1	4
	30	0	1	0	3	4	0	1	0	1	2	2	5	5
	22	1	0	0	1	3	1	0	0	2	2	1	5	5
	24	1	0	0	3	3	1	0	0	2	2	1	5	1
M	42	0	1	0	2	2	0	1	0	4	2	4	3	5
	43	1	0	0	1	3	0	0	1	2	2	1	4	5
	20	2	1	1	1	5	1	2	2	1	1	2	1	1
	19	1	1	1	2	4	1	2	2	1	1	1	5	2
	18	1	1	1	2	4	1	2	2	1	2	2	2	5
	17	0	1	1	1	4	1	1	2	1	2	2	5	2
	21	0	0	1	2	4	0	0	1	2	2	2	4	3
	16	1	1	0	2	4	0	1	1	1	2	1	4	1

	15	0	1	0	2	3	1	0	0	2	2	1	4	1
	14	0	0	1	1	4	0	1	1	1	1	1	3	4
	13	0	1	0	1	4	0	1	1	1	2	2	5	4
	12	2	0	1	2	5	1	0	0	1	1	4	2	1
<b>B</b>	45	0	0	1	2	3	0	1	1	2	2	2	4	1
	5	0	0	1	1	3	0	1	0	2	4	1	1	1
	35	0	1	2	3	4	0	1	0	1	1	3	4	3
	4	0	2	2	2	4	0	0	0	4	1	2	2	3
	11	1	0	1	2	4	0	1	0	2	2	2	1	3
	10	0	0	1	2	3	1	0	0	2	2	2	1	3
	9	0	0	2	3	2	0	0	0	3	3	1	4	4
	8	1	2	0	3	2	0	1	0	3	3	1	4	4
	44	0	1	1	1	3	0	1	0	1	2	2	5	4
	7	0	1	1	2	4	1	0	0	1	1	1	2	3
	38	0	1	1	2	3	0	0	0	2	1	1	4	5
	37	0	0	0	3	4	0	1	0	2	1	1	4	3
	2	0	1	1	2	3	0	0	0	2	1	1	2	2
	1	0	0	1	3	3	1	0	0	2	1	3	3	2
	39	0	0	0	2	3	0	0	1	2	2	2	2	2
	41	0	0	0	2	2	0	0	0	1,2,3	2	2	5	5
40	1	0	1	2	3	2	1	1	3	2	1	3	1	

Respecto a la Tabla 28, el sombreado del dosel arbóreo al zénit, en la parte alta, media y baja en su mayoría varía entre 1<20%, existiendo pocas locaciones con sombreado >40 – <60%, lo que se traduce en escasa vegetación ribereña que genere sombra al cuerpo de agua.

La erosión tanto en la curvatura del cuerpo de agua como en el cauce, en la parte alta es casi inexistente, la parte media se caracteriza por presentar en su mayoría erosión media, mientras que parte baja de la zona de estudio presenta erosión abundante. Por otro lado, el perfil del banco en la parte alta en su mayoría es empinado y en algunos casos vertical; en la parte media el perfil del banco en muchas locaciones también es empinado y en la parte baja empinado e incluso gradual. La forma de banco en la parte alta y media en su mayoría es convexa, mientras que en la parte baja es cóncavo y a veces escalonado e incluso convexo.

Los rápidos y pozas en la parte alta en su mayoría están bajamente desarrollados, en la parte media moderadamente desarrollados y en la parte baja ausentes. La madera muerta en la parte alta estuvo presente de forma moderada, en la parte media entre moderada y abundante en algunas locaciones, mientras que en la parte baja en su mayoría estuvo ausente. Finalmente, el sedimento principal de la parte alta se caracteriza en su mayoría por ser peñasco, de la parte media entre cantos y peñascos, y en la parte baja entre cantos y gravas.

#### 4.3 Parámetros de calidad de agua que mejoran en presencia de la vegetación ribereña

**Tabla 29.** Resultados de Coeficiente de correlación (R)

	T	Turb	pH	OD	OS	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NT	PO <sub>4</sub>	PT	SO <sub>4</sub>	DQO	DBO
QBR	-0.4	-0.2	0.05	0.08	0.1	-0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0.08

De acuerdo al grado de Intensidad (Tabla 15), todos los valores obtenidos presentan coeficiente de correlación débil, lo cual indica que no hay relación estadística, porque en primera instancia es difícil determinar la real influencia a partir de los métodos aplicados, asimismo, el agua que

discurre desde la parte alta, probablemente contiene los mismos contaminantes en la parte baja, aunque más diluidos y además se le suman otros contaminantes que adquiere en su paso por diferentes espacios de la cuenca.

Además, no necesariamente el agua que discurre entra en contacto con la vegetación ribereña por factores como pendiente, forma del banco y canalización del cauce, etc; por lo que se deduce que la única forma de observar la real influencia de la vegetación ribereña es a partir de los escurrimientos laterales al cauce, ya sea durante lluvias abundantes o eventos catastróficos como inundaciones y avalanchas. Con base en esto, podemos decir que la influencia de la vegetación ribereña sobre la calidad del agua, depende de una serie de factores, sumando además la situación de degradación que atraviesa la vegetación ribereña debido a la presencia y presión antrópica, que modificó estructura y composición, lo cual condiciona la expresión real de las funciones ecosistémicas de las franjas ribereñas en la cuenca del Mashcón.

Otra consideración a tener en cuenta es que al aplicar el índice QBR no se evalúa la presencia de vegetación herbácea ya sea nativa o introducida, sólo se valoró la presencia de árboles y arbustos, lo que conlleva a error, pues la existencia de pastos adyacentes a la ribera, también proveen de servicios ecosistémicos como parte de la vegetación ribereña, pues poseen la capacidad de absorber y almacenar contaminantes e interceptan la escorrentía (atrapan los sedimentos). En la mayoría de los 40 puntos estudiados, independientemente del estado de la vegetación ribereña, estuvieron acompañadas de pastos y otro tipo de vegetación herbácea (Tabla 28).

Existe una relación estrecha y recíproca, entre el ancho de las franjas ribereñas y la calidad del agua, y es que aunque aún no exista un consenso sobre el ancho óptimo de franja, que permita que la vegetación provea servicios ecosistémicos (ver Tabla 1,2,3), se recomienda que ancho mayor de 10 m en ambos márgenes para que se realice un mayor filtrado y retención de contaminantes, es decir, a mayor ancho de la franja

ribereña, se maximizan sus funciones ecosistémicas, cabe mencionar que en ninguna locación evaluada, la vegetación ribereña presentó un ancho mayor de 10 m.

En ninguna locación evaluada se pudo observar vegetación ribereña prístina, lo que refleja una fuerte intervención antrópica no sólo reciente, sino que data de muchos años atrás, lo que constituye quizás la razón principal por la cual no se ha podido demostrar la relación entre presencia de vegetación ribereña y mejora de algunos parámetros de calidad de agua. También debemos recalcar que la mayoría de locaciones evaluadas, presentan indicios similares de intervención y vegetación ribereña con parecida estructura y composición, debido a que probablemente no se tomó una muestra representativa de ésta, pues se puso especial énfasis en la elección de los puntos de muestreo considerando principalmente la calidad del agua y no la vegetación ribereña, por lo que no se evaluaron locaciones lo suficientemente extensas como para absorber las variaciones entre las zonas, para así contemplar su heterogeneidad.

No obstante, aunque estadísticamente no se pueda demostrar que la presencia de vegetación ribereña mejora algunos parámetros de calidad de agua, se han observado casos particulares que dan indicios de esta relación, así en el caso de la turbidez existen 5 locaciones con valores por encima del ECA (A2:100 UNT), en estos puntos existen materiales suspendidos coloidales y/o particulados, sin embargo, de acuerdo a la caracterización hidromorfológica (ver Tabla 28) sólo en una de estas locaciones se presenta problemas de erosión tanto en la curvatura y ancho del cauce, los demás puntos presentan **calidad pésima** según el índice QBR, lo que explica que el arrastre de las partículas posiblemente sea debido a la escasa vegetación ribereña que acompaña a los cuerpos de agua en estos puntos, como lo indican Lovett *et al.* (1999) y Garrent (2005), que precisan que la vegetación ribereña realiza un filtrado de sedimentos, lo que probablemente corrobora la relación inversa entre estas dos variables (Tabla 29).

Otro parámetro que es necesario mencionar es la temperatura y es que según Anderson *et al.* (1978) la vegetación de ribera, reduce la temperatura del agua durante los días calurosos debido al sombreado, esto se evidencia en algunos puntos de muestreo como el 13 y 12, el punto de muestreo **13** según el QBR presenta vegetación ribereña con **calidad pésima**, escasa y casi inexistente cobertura ribereña, presencia de especies exóticas aisladas y además construcciones humanas en el lecho del río; en este punto el agua presentó una temperatura de 12.50°C y un 5% de sombreado; a diferencia del punto de muestreo **12** que posee una vegetación ribereña con **calidad buena**, con presencia de cobertura ribereña nativa continua, además con una temperatura del agua de 11.10°C y 40% de sombreado; es conveniente mencionar que el punto 13 se ubica aguas arriba y el 12 aguas abajo, sólo separados por una distancia de 100 m. Lo mismo ocurre con los tramos fluviales **20** y **19**, el primero según el QBR posee una vegetación ribereña de **calidad buena** con 40% de sombreado y con una temperatura del agua de 13.40 °C, el punto 19 con vegetación ribereña **calidad intermedia**, sombreado al 20% y con una temperatura de 14°C, en este caso el punto 20 se ubica aguas arriba y el 19 aguas abajo, separados por una distancia de 150 m.

Según Lovett *et al.*(1999), Granados *et al.*(2006) y Garrent (2005), sustentan que las franjas ribereñas son zonas de amortiguamiento contiguas al río que desempeñan funciones de filtrado de herbicidas, pesticidas, nutrientes de fertilizantes, etc, es decir, poseen un poder tampón, en el caso del presente estudio se consideró comparar **3 tramos fluviales** conformados por más de tres puntos de muestreo (Tabla 30), finalmente sólo en uno de estos se encontró un indicio de este poder tampón, debido a la disminución significativa de nitrito, nitrato, amonio, nitrógeno total, fosfato, fósforo total y sulfato, estos mismo parámetros presentan relación inversa de acuerdo al coeficiente de correlación.

**Tabla 30.** Tramos evaluados considerando Índice QBR y parámetros químicos.

<b>TRAMO 1</b>								
<b>Pt</b>	<b>QBR</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>NH<sub>4</sub></b>	<b>NO<sub>3</sub></b>	<b>NT</b>	<b>PO<sub>4</sub></b>	<b>PT</b>	<b>SO<sub>4</sub></b>
<b>12</b>	Calidad buena	0.009	0.034	1.8	1.91	0.056	0.033	96.6
<b>11</b>	Mala calidad	0.001	0.008	1.3	1.45	0.02	0.019	98.9
<b>TRAMO 2</b>								
<b>43</b>	Mala calidad	0.006	0.02	0.801	1.06	0.031	0.051	31.8
<b>20</b>	Calidad buena	0.019	0.047	0.74	1.11	0	0.089	36.3
<b>19</b>	Calidad intermedia	0.02	0	0.139	1.35	0.054	0.0895	46.7
<b>17</b>	Mala calidad	0.009	0	1.11	1.7	0	0.035	60.8
<b>TRAMO 3</b>								
<b>27</b>	Mala calidad	0	0.085	0.936	1.08	0	0.003	140
<b>28</b>	Degradación extrema	0	0.087	0.983	1.1	0	0	139
<b>29</b>	Degradación extrema	0	0.134	1.05	1.44	0.005	1.63	198.6
<b>32</b>	Mala calidad	0	0.076	0.899	1.15	0	0.005	129

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Estadísticamente no se pudo determinar la relación entre presencia de vegetación ribereña y mejora de algunos parámetros de calidad de agua, lo cual demuestra la necesidad de ajustar la metodología aplicada, ya que produce distorsiones como las observadas en este estudio. Aunque los beneficios de la presencia de vegetación que acompañan los cuerpos de agua son conocidos, es necesario recalcar que su existencia no asegura la calidad del agua, dado que puede estar conformada por especies exóticas que probablemente aportan a conservar la calidad del recurso hídrico, pero no necesariamente aportan a la calidad del ecosistema.
- Según el QBR, la vegetación ribereña se encuentra degradada en la mayoría de las locaciones, siendo común que la presencia humana se traduzca en empeoramiento de la calidad de esta, generando disminución de su cobertura, estructura y diversidad, por lo que la presencia de especies nativas en algunos casos es casi inexistente, lo contrario sucede con las especies exóticas pues estuvieron presentes en todas las locaciones evaluadas ya sea formando comunidades (plantaciones) o como individuos aislados, disminuyendo así la calidad ecológica del ecosistema.
- De acuerdo al WATQI las locaciones evaluadas en la cuenca del río Mashcón poseen agua con calidad que varía de excelente a moderada, sin embargo, 11 locaciones superan uno o más parámetros como pH, PT, DQO, DBO y turbidez los ECA, además de acuerdo al ABI el estado ecológico de los macroinvertebrados en las locaciones evaluadas varía de muy bueno a pésimo.

Para tener más certeza de los efectos de la vegetación en la calidad del agua se debería usar otros métodos que permitan una mejor valoración de los múltiples servicios que ésta provee.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. 2009. Estudio de la cuenca alto andina del río Cañete (Perú): Distribución altitudinal de la comunidad de Macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras características. Tesis Doc. Barcelona, ES. Universidad de Barcelona.
- Acosta, R. 2001. Patrones de diversidad espacio temporal de insectos acuáticos y caracterización limnológica en la quebrada Cantón, tributaria del Río Rímac (Huarochirí, Lima). Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Acosta, R; Ríos, B; Prat, N. 2009. 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*, 28: 35-64.
- Alomía, J; Lannacone, J; Alvariño, L; Ventura, K. 2017. Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú. *The Biologist (Lima)*, 2017, 15(1), 65-84 p.
- Alonso, A; Camargo, J. 2005. Estado actual y las perspectivas en el empleo de la comunidad de MIB como indicadores del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 14: 87-99.
- Álvarez, A; Rubiños, P; Alarcón, J; Hernández, A; Ramírez, A; Mejía, S; Salazar, S. 2006. Índice de calidad del agua de la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y predicción. *Revista Internacional de Botánica*. 71 p.
- Arana, J. 2008. Caracterización ecológica del río Santa Eulalia, Lima (Perú) mediante el uso de macroinvertebrados como indicadores biológicos. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Altamirano, C. 2005. Desarrollo de un Índice de calidad del agua adecuado para las condiciones de la Republica Mexicana. (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Anderson, N; Sedell, J; Roberts, L; Triska, F. 1978. The role of aquatic invertebrates in processing of wood debris in coniferous forest streams. *Am. Midl. Nat.* 100, 64-82 p.
- Arellana, J; Guzmán, J. 2011. *Ingeniería Ambiental*. 1ra ed. Alfaomega Grupo Editor, México. 184p. ISBN 978-607-707-233-1. México.
- Ascencio, M. 2011. Impacto de la actividad humana en la calidad del agua del río Chia - Ingenio. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Tesis para optar por el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.
- Aznar, A. 2000. Determinación de los Parámetros Físico-Químicos de Calidad de las Aguas. Universidad Carlos III, Madrid, España.
- Barton, D., Taylor, W., & Biette, R. 1985. Dimensions of riparian buffer strips required to maintain trout habitat in southern Ontario streams. *North Am. J. Fish.*
- Basílico, G; De Cabo, L; Faggi, A. 2015. 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*, 17(2).
- Bautista, J; Ruiz, J. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. Dirección de Fortalecimiento a la Investigación, Universidad Autónoma de Nayarit, México.
- Becerra, C. 2013. Flora y vegetación ribereña en la Reserva Nacional Trapana, Región de Aysén, Chile. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Beeckman, E. 2017. Ecological impact assessment of gold mining in a river basin in Cajamarca (Peru) based on macroinvertebrate community traits. Master's Dissertation submitted to Ghent University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Bioscience Engineering: Environmental Technology.

- Bennett, A. 1999. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Gland, Switzerland. School of Ecology and Environment Deakin University – Melbourne Campus, Burwood, Victoria 3125, Australia – AU.
- Brack, A; Mendiola, C. 2006. Enciclopedia Virtual: "Ecología del Perú". La Contaminación del agua. [http://www.peruecologico.com.pe/lib\\_c23.htm](http://www.peruecologico.com.pe/lib_c23.htm).
- Bunn, S; Davis, P; Mosisch, T. 1999. Ecosystem measures of river health and their response to riparian and catchment degradation.
- Burbrink, F; Phillips, C; Heske, E. 1998. A riparian zone in southern Illinois as a potential dispersal corridor for reptiles and amphibians. *Biological Conservation*.
- Carranza, V; Chilón, S; García, A; Hernández, J; Ispilco, J. 2014. Análisis de los parámetros básicos del agua en el río Mashcón para uso agrícola en Cajamarca.
- CCA (Comisión para la Cooperación Ambiental). 2014. El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes.
- Cevallos, C. 2015. Caracterización de la calidad hídrica de al microcuenca del río Guano. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Chará, J. 2003. Corredores Ribereños y Calidad de Agua en Paisajes Ganaderos.
- Chará, J; Pedraza, G; Giraldo, L; Hincapié, D. 2007. Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia. *Agroforestería en las Américas*, N° 45.
- CHE, C. 2005. Metodología para el establecimiento el estado ecológico según la directiva marco del agua: Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos. Zaragoza (España).

- Chumpitaz, B. 2017. Aplicar los índices bióticos mediante la identificación de los macroinvertebrados a nivel bentos en la cuenca baja del río Lurín. Lima: Universidad Nacional Tecnológica de Lima sur. Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
- Custodio, V. 2013. Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Cunas, mediante indicadores ambientales, Junín - Perú . Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Tesis para optar por el EL Grado Académico de Doctora en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible .
- Damanik, M; Lock, K; Boets, P; Everaert, G; Tien, T; Eurie, M; Goethals, P. 2016. Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on microinvertebrates indices. *Limnologica*. Laboratory of Environmental Toxicology and Aquatic Ecology, Department of Applied Ecology and Environmental Biology, Ghent University, *Jozef (57)*, 27–59.
- De Pauw, N; Vanhooren, G. 1983. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia* 100(1): 153-168.
- Díaz, R. 2016. Influencia de la vegetación en franjas riparias sobre la diversidad de aves, tramo de confluencia del Río Garou con el valle de Chanchamayo, La Merced- Chanchamayo”. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Para optar el Título Profesional de: Ingeniero Forestal y Ambiental.
- DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). 2011. Parámetros organolépticos Agua uso 4. GESTA - Grupo de Estudio Técnico Ambiental para Agua. Lima.
- Emmingham, W; Oester, P; Fitzgerald, S; Filip, G; Edge, W. 2005. Ecology and Management of Eastern Oregon Forests. Oregon State University Extension Service, Corvallis, OR, USA.
- Encalada, A; Rieradevall, M; Ríos, B; García, N; Prat, N. 2011. Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad de los ríos ecológicos andinos (CERA's). Quito: Proyecto FUCARA.

- Enkerlin, E. 1997. *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. Mexico: Thomsom Editores.
- Erikson, R. 1985. An evaluation of mathematical models for the effects of pH and temperature on ammonia toxicity to aquatic organisms. *Water Res.* 19, 1047 – 1058.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1982. *Environmental Monitoring and Support Laboratory. Handbook for Sampling and Sample Preservation for water and wastewater*.
- Fisher, R; Fischenich, J. 2000. Design recommendations for riparian corridors and vegetated buffer strips. (en línea). Vicksburg, US. EMRRP (Ecosystem Management and Restoration Research Program). US.
- Figueroa, R; Valdovinos, C; Araya, E; Parra, O. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76: 275-285 p.
- Gabriels, W; Lock, K; De Pauw, N; Goethals, P. 2010. Multimetric Macroinvertebrate Index Flanders (MMIF) for biological assessment of rivers and lakes in Flanders (Belgium). *Limnologica* 40 (3), 199–207,.
- García, H; Torres, D; Vergara, M. 2011. Calidad ecológica del agua del río Utcubamba en relación a parámetros físicoquímicos y biológicos. *Amazonas, Perú. Sciendo*, 14 (1-2), 3-15
- Garrent, G. 2005. *Establishing and managing riparian forest buffers*. Missouri. University of Missouri. US. AF1009.
- Gayoso, J; Gayoso, S. 2003. *Diseño de zonas ribereñas: Requerimientos de un ancho mínimo*. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 12 p.
- González, C. 2011. *Monitoreo de calidad de agua*. Servicio de extensión agrícola. Universidad de Puerto Rico.
- Granados, D; Hernández, M; López, G. 2006. *Ecología de las Zonas Ribereñas*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo., 12(1) , 55-69 p.

- Guerrero, B; Manjarréz, H; Núñez, P. 2003. Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (Cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana*, 8(2), 43-54.
- Guevara, G. 2008. Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños. *Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños*. *Revista Tumbaga*, 109-127.
- Gutierrez, Y. 2009. Uso del suelo, vegetación ribereña y calidad del agua de la microcuenca del río Gaira, Santa Marta, Colombia. Turrialba, Costa Rica: Escuela de Posgrado CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas.
- Henry, J; Heinke, W. 1999. *Ingeniería ambiental*, 2ª. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A, México.
- Herrera, A; Heredia, E. 2017. Determinación de los niveles de concentración de metales pesados en la Cuenca Mashcón – Cajamarca en los meses de Setiembre y Diciembre, 2016. Tesis para optar por el título de Ingeniero Ambiental - Universidad de Lambeyque. Lambayeque. 24 p.
- Ibero, C; Álvarez, J; Blanco, J; Criada, A; Sánchez, C. 1996. *Ríos de vida. Estado de conservación de las riberas fluviales en España*. Sociedad Española de Ornitología, SEO/Birdlife. España.
- Johnson, J. 2012. Evaluación fisicoquímica y bacteriológica del agua en la cuenca del río Porcón y río Grande, Cajamarca - Perú, entre noviembre del 2011 y febrero del 2012. Trujillo.
- Karssies, L; Prosser, I. 1999. Guidelines for riparian filter trips for Queensland irrigators. CSIRO Land and Water Technical Report 32/99. Canberra, Australia, Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth (CSIRO) .

- Kutschker, A; Brand, C; Miserendino, M. 2009. Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. Asociación Argentina de Ecología. *Ecología Austral* 19, 19-34p.
- Lavie, E; Salatino, S; Bermejillo, A; Filippini, M. 2011. Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza. *Rev. FCA UNuyo* 42:1.
- Lenntech. 2009. Agua residual & purificación del aire Holding B.V. TOS y conductividad eléctrica. Madrid.
- Lizama, P; Boccardo, G. 2014. Guía de Asociación entre variables (Pearson y Spearman en SPSS). Ayudantía Estadística I 2014. Universidad de Chile.
- Lovett, S; Price, P. 1999. Riparian Land Management Technical Guidelines, Volume One: Principles of Sound Management. Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra, Australian Capital Territory.
- Marin, R. 2014. Características Físicas, Químicas y Biológicas de las Aguas. Córdoba: Jefe de Control de Calidad, Calidad y Medio Ambiente. Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A. (EMACSA) . Obtenido de [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf)
- Márquez, C; Cambardella, C; Isenhardt, T; Schultz, R. 1999. Assessing soil quality in a riparian buffer by testing organic matter fractions in central Iowa, USA. *Agroforestry Systems*.
- Medina, M. 2007. Estado ecológico del río Chicama. Regiones La Libertad y Cajamarca. Tesis doctoral. Trujillo: Escuela de Postgrado Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Mejía, E; Rosales, F; Rojas, J; Molina, C. 2008. Evaluación de la calidad de agua, Mexico: Subdirección General Técnica, CONAGUA.
- Merritt, R; Cummins, K. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall-Hunt. Dubuque. 862 p.

- MINAM (Ministerio del Ambiente).2017. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.
- Morisawa, M. 1968. Streams: their dynamics and morphology. McGraw-Hill. New York, New York, USA.
- Moya, N; Gibon, F; Oberdorff, T; Rosales, C; Domínguez, E. 2009. Comparación de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos intermitentes y permanentes del altiplano boliviano: Implicaciones para el futuro del cambio climático. *Ecología Aplicada*, 8:105-114.
- Munné, A; Prat, N; Sola, C; Bonada, N; Rieradevall, M. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams:QBR index. *Aquatic Conserv:Mar.Freshw.Ecosyst*.
- Naiman, R; Décamps, H; McClain, M. 2005. Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities. San Diego, California. Elsevier: Academic Press.
- Naiman, R; Décamps, H; Pollock, M. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications*.
- Navarro, P. 2014. Newsletter de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Jefe Sección del Área de Calidad de Confederación Hidrográfica del Ebro. .
- NRC (National Research Council). 2002. Riparian Areas: Functions and Strategies for Management. Committee on Riparian Zone Functioning and Strategies for Management, Water Science and Technology Board.
- Obregón, D. 2016. Limnología aplicada a la acuicultura. *Revista Electrónica de Veterinaria, REDVET*, 7(11), p. 25.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1993. Guías para la calidad del agua potable: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Volumen 3. Ginebra. 255 p. .

- Orellana, L. 2016. Calidad del agua superficial de la microcuenca Tíclacayán, provincia Cerro de Pasco – Pasco. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú. Tesis para optar el Título Profesional de: Ingeniero Forestal y Ambiental.
- Palma, A; Figueroa, R; Ruiz, V. 2013. Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *Gayana* 73(1): 57-63p.
- Pardo, F; Marañón, E. 1997. Contaminación química de las aguas. En: *Contaminación e Ingeniería Ambiental*. (Ed) FICYT, Oviedo, III. 6, pp 154 – 188.
- Parkyn, S; Shaw, W; Eades, P. 2000. Review of information on riparian buffer widths necessary to support sustainable vegetation and meet aquatic functions. Prepared by NIWA for Auckland Regional Council. Auckland Regional Council Technical Publication Number 350. 38 pp.
- Parsons, M; Thoms, M; Norris, R. 2002. Australian River Assessment System: AUSRIVAS Physical Assessment Protocol. Australia: Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology. University of Canberra. Monitoring River Health Initiative Technical Report Number 22. Modificado por el proyecto VLIR.
- Pérez, L; Rodríguez, O; Gutiérrez, R; Martínez, P. 2014. Índices de Calidad de Agua. Un Comparativo entre México, Estados Unidos y la Unión Europea XXIII Congreso Nacional de Hidráulica. Puerto Vallarta, Jalisco, México.
- Person, S. 1936. Las pequeñas fuentes fluviales. Estudio de las cabeceras fluviales y otros pequeños cuerpos de agua, su utilidad y sus relaciones con el suelo. Washington, DC. USA.
- Prat, N; Rieradevall, M; Munné, A. 1999. La qualitat ecológica del Llobregat, el Besos i el Foix. Informe 1997. Diputació de Barcelona, pp 154.
- Prat, N; Ríos, B; Acosta, R; Rieradevall, M. 2009. Los Macroinvertebrados como Indicadores de Calidad de las Aguas.

- Quevedo, C. 2008. Análisis y evaluación de las franjas ribereñas y de los usos adyacentes en la microcuenca del río Toila, subcuenca del río Matanzas, Guatemala. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica – CR.
- Ríos, B; Acosta, R; Prat, N. 2014. The Andean biotic index (ABI): Revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *International Journal of Tropical Biology and Conservation* (Vol. 62).
- Rivera, U; Camacho, P; Botero, B. 2008. Estructura numérica de la entomofauna acuática en ocho quebradas del departamento del Quindío- Colombia. *Acta biol. Colomb.*, 13(2), 133-146.
- Robins, J; Cain, J. 2002. The past and present condition of the Marsh Creek watershed. Berkeley, CA: Natural Heritage Institute.
- Rodríguez, H; Victoria, P; Carrillo, M. 2001. Fundamentos de acuicultura continental, Colombia: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura .
- Rodríguez, S; Martínez, G. 2011. Variabilidad de fosfatos en distintas fuentes de aguas. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste. Obtenido de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/investigacion/com2009/CA-046.pdf>
- Rodríguez, E; Domínguez, P; Pompa, M; Quirozarratia, J; Pérez, M. 2012. Calidad del bosque de ribera del río El Tunal, Durango, México; mediante la aplicación del índice QBR. *Gayana Bot.* 69(1). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. Río Papaloapan Esq. Blvd. Durango s/n. Col. 147-151p.
- Roldán, G. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Medellín, CO. Editorial Universidad de Antioquia. 530 p. .
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, Bogota, Colombia.
- Roldán, G; Ramírez, J. 2008. Fundamentos de limnología neotropical (Vol. II). Antioquia: Universidad de Antioquia.

- Romero, R. 2009. Calidad del Agua. Tercera ed. Bogota - Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Roth, N; Bailey, R. 2006. Relationship between riparian vegetation and stream benthic communities at their spatial scales. *Hydrobiologia*. 533: 153 - 160.
- Salcedo, S; Artica, L; Trama, F. 2013. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. *Apunt. cienc. soc.* 2013; 03(02).
- Seoanez, M. 1996. Fósforo soluble en agua por el método del ácido ascórbico. Ingeniería del medio Ambiente aplicada al medio natural continental. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España.
- Shafroth, P; Stromberg, J; Patten, D. 2002. Riparian vegetation response to altered disturbance and stress regimes. *Ecological Applications*.
- Sipión, I.; Pinedo, A. 2013. Manual de monitoreo de calidad de agua y evaluación hidrobiológica. Parque Nacional Ichigkat Muja Cordillera del Cóndor y la Reserva Comunal Tuntanain. Lima: Fondo las Américas y Foundation Gordon and Betty Moore.
- Sirombra, M; Grimolizzi, O; Frenzel, A. 2015. Evaluación y Monitoreo de la Calidad Ecológica del Ecotono Ripario de cursos de agua. Fundación Y.P.F - Cátedra Ecología General. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Tucumán. Instituto De Riesgo Geológico y Sistematización Territorial, Facultad de Ciencias Naturales, UNT Argentina.
- Smith, C; Armesto, J. 2002. Importancia biológica de los bosques costeros de la Décima Región: el impacto de la Carretera Costera Sur. *Ambiente y Desarrollo* 23, 6-14 p.
- Springer, M. 2006. Clave taxonómica para larvas del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica: *Rev. Biol. Trop.* no. 54 (1): 273-286. 40.

- Srebotnjak, T; Carr, G; Sherbinin, A; Rickwood, C. 2012. A global Water Quality Index and hot-deck imputation of missing data. *Ecological Indicators*, vol. 17.
- Steinfeld, H; Gerber, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M; Haan, C. (2009). *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones*. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 25 p. .
- Suárez, M; Vidal, R; Sánchez, M; Alba, J; Alvarez, M; Avilés, J; Bonada, N. 2004. *Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice Q.B.R.* Madrid: Asociación Española de Limnología.
- Triveño, D. 2016. *Influencia del agua del río Mariño en la Calidad del agua del río Pachachaca, Abancay 2016*. Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes. Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
- Tut, M. 2016. *Influencia de la franja ribereña en la calidad del agua y percepción local sobre su estado y manejo en la subcuenca del río Quiscab, cuenca del Lago Atitlán, Guatemala*. Turrialba, Costa Rica: Programa de Posgrado CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Obtenido de [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8607/Influencia\\_de\\_la\\_franja\\_riberena.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8607/Influencia_de_la_franja_riberena.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vega, M; Durant, P. 2000. Fenología de efemerópteros y su relación con la calidad de agua del río Albarregas. Mérida, Venezuela. *Revista de Ecología Latinoamericana*, 19-27p.
- Verastegui, M. 2001. *Evaluación biológico-química de la contaminación del río Shullcas mediante plantas indicadoras Raphanus sativus y Lactuca sativa*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo.
- Vizcarra, A. 2002. *Ecosfera*. Edición Lima – Perú.
- Ward, J. 1998. *Riverine landscapes: Biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation*. *Biological Conservation*.

Ward, J; Tockner, K. 2001. Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology. *Fresh water Biology*.

Ward, J; Wiens, J. 2001. Ecotones of riverine ecosystems: Role and typology, spatio-temporal dynamics, and river regulation. *Ecohydrology and Hydrobiology*.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Puntaje de sensibilidad por familia de acuerdo al Índice Biótico Andino

Familias	Puntaje
Leptoceridae, Calamoceratidae, Chordodidae, Helicopsychidae, Blepharoceridae, Gripopterygidae	10
Hydrobiosidae, Aeshnidae, Libellulidae	8
Leptohyphidae, Glossosomatidae,	7
Hyaellidae, Hydroptilidae, Hydrophilidae,	6
Elmidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Scirtidae, Psephenidae, Dugesiidae, Hydraenidae	5
Baetidae, Limoniidae, Psychodidae, Ceratopogonidae, Tabanidae, Empididae,	4
Physidae, Staphylinidae, Gyrinidae, Lymnaeidae, Sphaeriidae, Glossiphoniidae,	3
Chironomidae, Culicidae,	2
Tubificidae	1

**ANEXO 2 – Resultados análisis físico – químicos de calidad de agua en los 40 puntos de muestreo en la cuenca del río Mashcón**

Punto	Altitud	T°	Turb	CE	pH	OD	OS	NO2	NH4	NO3	NT	PO4	PT	SO4	DQO	DBO	COT
1	2701	13.80	89.4	246	7.82	7.76	103.5	0.015	0.046	0.858	3.71	0.048	0.091	69.3	8.35	1.06	6.66
2	2708	14.50	80.5	241	7.86	7.72	104.7	0.013	0.035	0.914	6.68	0.039	0.07	71.1	6.83	1.17	8.45
4	2790	14.40	139	166.8	7.74	7.53	102.8	0.035	0.056	0.756	4.46	0.063	0.102	46.6	13.9	0.92	6.85
5	2873	12.40	0	150.5	7.78	7.79	105.3	0	0.005	0.207	0.36	0	0.022	37.7	7.32	0.45	3.25
7	2774	14.80	53.7	249	7.92	7.66	105.3	0.015	0.027	1.13	1.22	0.065	0.067	74.8	5.64	0.94	2.7
8	2801	13.50	45.2	253	7.42	7.74	102.7	0.02	0.044	1.29	2.96	0.029	0.063	69.8	2.42	7.306	4.36
9	2801	13.10	19	255	7.47	7.72	101.9	0.02	0.041	1.12	4.17	0.025	0.065	70.9	6.34		5.17
10	2801	12.13	12.29	285	7.60	7.89	102.4	0.01	0.028	1.41	2.51	0.03	0.039	88.8	4.67		3.42
11	2802	12.20	3.28	301	7.73	7.93	103.1	0.001	0.008	1.3	1.45	0.02	0.019	98.9	2.88		2.11
12	2880	11.10	14.6	298	7.6	8.02	102.3	0.009	0.034	1.8	1.91	0.056	0.033	96.6	4.78		2.97
13	2880	12.50	1.7	298	7.63	7.85	103.3	0.002	0.017	1.39	1.49	0.034	0.012	98.4	5.3	0.8	2.24
14	2880	11.20	9.24	197	7.7	8	102.4	0.007	0.033	1.63	1.87	0.051	0.037	94.1	4.59	1.05	3.65
15	2905	12.00	8.85	161.3	7.77	7.68	100.5	0.003	0	0.284	0.56	0.118	0.137	34.8	5		4.81
16	2898	12.90	11.2	267	8.11	7.57	101.6	0.006	0	1.13	1.48	0	0.027	61.5	0.712		2.13
17	2936	12.50	22	265	8.07	7.8	103.9	0.009	0	1.11	1.7	0	0.035	60.8	3.13		2.89
18	2941	12.00	1.92	272	7.39	7.81	103.8	0	0	1.08	1.55	0	0.014	65.5	2.95		2.11
19	2940	14.00	79	258	8.19	7.46	102.9	0.02	0	0.139	1.35	0.054	0.0895	46.7	4.18		3.42
20	2960	13.40	52.5	245	8.25	7.5	102	0.019	0.047	0.74	1.11	0	0.089	36.3	7.06		3.24
21	2912	14.20	0	309	7.38	7.58	104.6	0.001	0.023	1.35	1.48	0.003	0	114	4.9		2.22
22	3522	12.00	1.16	173.7	7.27	7.21	101.8	0	0	0.134	1.34	0.005	0.018	40.3	3.59		2.38
23	3557	9.50	0	162.9	7.71	7.72	103.3	0	0	1.06	1.2	0	0.008	47.7	4.02		2
24	3522	11.90	0.7	176	7.21	7.26	102.1	0	0	1.22	1.26	0	0.017	42.6	3.56		2.57
25	3569	10.80	13	190	7.14	7.15	98.6	0	0.016	0.2	0.518	0	0.015	54.4	10.4	1.04	3.9
27	3296	13.80	5.35	358	4.65	7.23	103.8	0	0.087	0.983	1.1	0	0	139	2.52		2.75
28	3300	13.60	3.67	355	4.77	7.24	103.5	0	0.085	0.936	1.08	0	0.003	140	2.35		2.67
29	3294	10.80	0.644	445	5.32	7.68	102.5	0	0.134	1.05	1.44	0.005	1.63	198.6	0.813		1.4

30	3275	11.90	4.86	131.9	7.44	7.47	102.3	0	0.003	0.125	0.304	0	0.009	44.5	7.62	0.57	3.95
32	3283	12.70	4.43	334	4.5	7.41	103.6	0	0.076	0.899	1.15	0	0.005	129	2.87		2.96
34	3279	11.70	0	45.5	6.24	7.62	104.2	0	0.003	0.135	0.17	0	0.031	17.3	5.49	0	2.6
35	2803	14.60	47.2	155.7	7.8	7.44	102.5	0.026	0.018	0.522	3.38	0.059	0.101	42.9	10.3	0.64	6.65
37	2720	14.90	48.8	242	7.81	7.64	104.7	0.008	0.026	0.865	5.97	0.036	0.063	69.2	6.14	1.98	6.11
38	2744	15.00	18.7	239	7.86	7.52	103.6	0.009	0.025	0.871	4.4	0.03	0.051	65.6	6.95	0.53	5.46
39	2680	14.60	304	259	7.75	7.22	97.8	0.08	0.979	1.31	3.27	0.292	0.501	65.2	27.7	6.08	11.4
40	2661	16.20	378	395	8.04	5.47	76.5	0.13	3.775	1.48	8.75	0.668	1.32	60.6	48.9	18.88	17.4
41	2680	14.00	145	312	7.82	6.7	89.5	0.115	0.238	3.34	4.17	0.171	0.262	63.4	18.5	1.5	6.43
42	3196	13.90	139	401	7.77	7.03	99.8	0.044	0.088	2.23	2.63	0.087	0.088	102	6.24	0.73	3.95
43	3074	14.90	17	198.5	7.82	7.16	102.4	0.006	0.02	0.801	1.06	0.031	0.051	31.8	9.29	0.55	4.49
44	2775	13.10	18.1	302	7.71	7.93	105.3	0.008	0.014	1.67	1.83	0.11	0.213	96.8	1.88		3.23
45	2903	11.20	1.53	111	8.02	7.94	102.1	0.003	0.01	0.537	0.832	0.087	0.105	15.3	6.94	0.97	3.2
46	3258	14.50	6.36	258	6.8	7.36	107	0	0.176	1.09	1.38	0	0.039	95.9	2.61		2.16

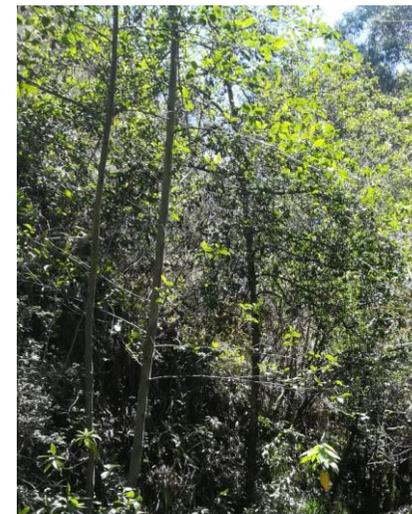
### ANEXO 3 – VEGETACIÓN REPRESENTATIVA



*Cortaderia selloana*



*Polylepis racemosa*



*Alnus acuminata*



*Pinus patula*



*Eucalyptus globulus*



*Baccharis salicifolia*