



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de ingeniera Ambiental

TRABAJO DE TITULACIÓN

**DESARROLLO DE UN INDICADOR DE CALIDAD DE AGUA QUE INTEGRE
ABI-U E ICA.**

AUTOR:

Robalino Vallejo Mery Cristina

TUTOR:

PhD. Víctor J García

Riobamba - Ecuador

Año 2019

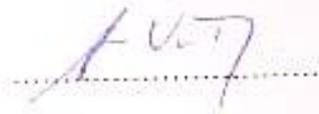
CERTIFICACION DE TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación del tema:
“Desarrollo de un indicador de calidad de agua que integre ABI e ICA”, presentado
por: Mery Cristina Robalino Vallejo y dirigida por: PhD. Víctor J García

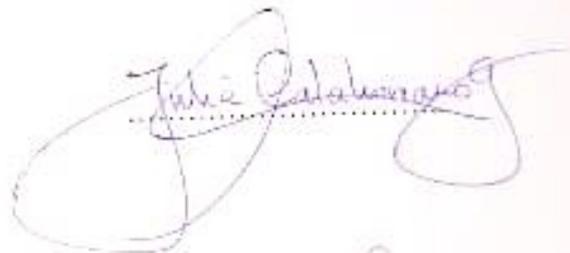
Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de
investigación con fines de graduación escrita en la cual se ha constatado el cumplimiento
de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de
la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

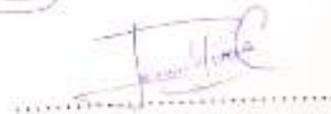
PhD. Víctor García
Tutor del proyecto



Dra. Julia Calahorra
Miembro del tribunal



PhD. María Fernanda Rivera
Miembro del tribunal



DECLARACION EXPRESA DE TUTORIA

Por la presente, certifico que el actual trabajo de investigación previo a la obtención del título de **INGENIERA AMBIENTAL**, elaborada por la Srta. Mery Cristina Robalino Vallejo con el tema: **“Desarrollo de un indicador de calidad de agua que integre ABI e ICA”**, el mismo que fue analizado y supervisado bajo mi asesoramiento permanente en calidad de tutor y guía, por lo que se encuentra apto para ser presentado y defendido.

Es todo lo que se puede informar en honor a la verdad.



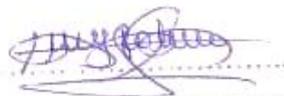
PhD. Víctor García

C.I: 1757244122

AUTORIA DE LA INVESTIGACION

Yo, **MERY CRISTINA ROBALINO VALLEJO**, con cedula de identidad No. 060491250-1, hago referencia como autor del presente trabajo de investigación, titulada: **“Desarrollo de un indicador de calidad de agua que integre ABI e ICA”**, dirigida por el tutor del proyecto, PhD. Víctor J. García.

Manifiesto mi responsabilidad y la originalidad en la conceptualización de ideas, interpretación de resultados, y sustento de autores debidamente referenciados en la presente investigación.



Mery Cristina Robalino Vallejo

C.I. 060491250-1

AGRADECIMIENTO

Está presente investigación ha sido un logro alcanzado por el esfuerzo y aporte entregado por distintas personas que, a través de su ahínco, el tiempo, la sabiduría y el apoyo logístico permitieron la culminación de este proyecto.

De manera especial agradecer a la PhD. Omaira Marques y PhD. Víctor García, por ser guías por medio de sus saberes, consejos y experiencia en el campo de la investigación logrando generar, primero, una fuente de motivación que me impulsa a seguir preparándome en mi vida profesional y segundo al haber podido alcanzar la meta propuesta en el proyecto sobre todo agradecer también su paciencia y tiempo empleado.

Al grupo de investigación “Clean Energy and Environment” y a su personal de apoyo: Ing. Marco Rodríguez y el Ing. Robert Déley, quienes, por medio de su guía y predisposición, donde además de brindar su confianza, facilitaron el uso de los equipos e instalaciones.

Por ultimo agradecer a la Universidad Nacional de Chimborazo, que me ha sabido acoger, abriéndome las puertas del saber y conocimiento de todas las experiencias adquiridas, necesaria para la culminación de una de las etapas en mi vida profesional por ultimo agradecer a mis amigos de la universidad quienes también dieron ese impulso para seguir avanzando con ánimo y predisposición.

DEDICATORIA

Primero doy gracias a Dios por darme salud, vida y la constancia necesaria para seguir adelante cada día.

A mi madre Olga Vallejo persona luchadora que con sacrificio y esfuerzo me ha enseñado que no hay mejor herencia que la educación además de otorgar el respeto y el servir desinteresadamente a quienes lo necesitan además de convertirse en padre y madre para mí y darme el apoyo cuando más lo necesite le amo Mamita, A mi difunto padre Miguel Robalino que desde el cielo me brinda luz y fuerzas para seguir adelante.

A mi hermana Liliana que ha sido una segunda madre, amiga y confidente además de ser mi consejera y mi motivación me ha enseñado a ser responsable, humilde y lo principal que la familia es lo más importante Te amo nenita.

A mis hermanas Verónica que siempre me ha aconsejado y me apoyando de mejor manera en las decisiones que he tomado además de enseñarme que de los errores y fracasos se aprende a salir adelante siendo madre y padre para su hija.

Y por último a los bebés mis hermanos menores Miguel y Emily por estar siempre a mi lado y estar siempre apoyándome constantemente y brindarme su amor además de siempre hacerme reír con sus ocurrencias los quiero mucho.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, a los que fueron mis docentes y que en cada semestre supieron dar lo mejor para que sus alumnos seamos buenos profesionales. A mi tutor PhD. Víctor García y la PhD. Omaira Márquez. A mis amigos que se han convertido en mi segunda familia y siempre han estado junto a mí en los buenos y malos momentos.

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

CH	Comunidad Chimborazo
SH	Comunidad Shobolpamba
PSJ	Parroquia San Juan
URC	Unión Rio Cajabamba y Rio Chimborazo
UCCH	Fabrica Cemento Chimborazo
GA	Comunidad Gatazo
CESA	Sector Puente CESA – Riobamba
PE	Sector Parque Ecológico – Riobamba
PSL	Parroquia San Luis
DRCH	Descarga Rio Chibunga a Rio Chambo

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACION DE TRIBUNAL	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACION EXPRESA DE TUTORIA	¡Error! Marcador no definido.
AUTORIA DE LA INVESTIGACION	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
OBJETIVOS	7
General.....	7
Específicos.....	7
ESTADO DEL ARTE	8
1. Métodos de determinación de la calidad del agua	8
1.1. Método Biológico	8
1.2. Método fisicoquímico	8
2. Índice NSF-WQI (ICA)	9
3. Índice ABI (Andean Biotic Index).....	11
4. Determinación de la calidad del agua	14
5. ABI-U	14
METODOLOGÍA.....	16
1. Localización.....	16
2. Metodología de muestreo de macroinvertebrados bentónicos.....	17
3. Toma de muestra en el campo	18
3.1. Arroyos vadeables y hábitats específicos	18
3.2. Monitoreo en grava.....	19
3.3. Monitoreo en vegetación	19
3.4. Monitoreo en cantos rodados.....	19
3.5. Monitoreo en arena	19
4. Trabajo en el laboratorio.....	20
5. Determinación de la calidad del agua mediante el indicador NSF-ICA.....	20
RESULTADOS Y DISCUCION.....	21

CONCLUSIONES.....	33
RECOMENDACIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXOS	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Importancia relativa de cada factor en la determinación de la calidad del agua mediante factores fisicoquímicos y el ICA.	10
Tabla 2. Los valores de NSF-WQI (ICA) fueron categorizados en cinco clases	11
Tabla 3. Familia y Orden de los Macroinvertebrados Bentónicos.	13
Tabla 4. Categorización de la calidad del agua	14
Tabla 5. Puntos de monitoreo	17
Tabla 6. Índices de calidad de agua (Acosta et al. 2009)	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de muestreo	16
Figura 2. Resultados del índice ABI en época diferentes y puntos de muestreo.....	21
Figura 3. Resultados del índice ICA en las diferentes épocas y puntos de muestreo...	23
Figura 4. Árbol de decisión propuesto para determinar la calidad del agua usando el indicador ABI-U.....	28
Figura 5. Resultados del índice ABI-U	29
Figura 6. Resultados de los índices ICA, ABI y ABI-U (1).....	30
Figura 7. Resultados de los índices ICA, ABI y ABI-U (2).....	31
Figura 8. Resultados de los índices ICA, ABI y ABI-U (3).....	32

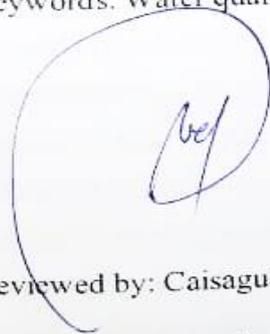
RESUMEN

En casi todos los países desarrollados, el control de la calidad del agua de los ecosistemas acuáticos se realiza mediante el uso conjunto de diferentes tipos de análisis fisicoquímicos e índices biológicos. Los métodos de análisis de calidad de agua basados en indicadores fisicoquímicos con frecuencia se usan para la identificación y cuantificación de contaminantes, pero sólo proporcionan valores de calidad instantánea del agua. Los indicadores biológicos se utilizan complementariamente a los indicadores fisicoquímicos, aunque con su aplicación es imposible identificar los agentes contaminantes existentes. El propósito fue establecer correspondencias entre los indicadores y, de existir discrepancias, proponer alternativas. Se utilizó datos de la calidad del agua donde se usó el indicador de calidad de agua (ICA) del año 2013-2017 y datos de tres muestreos realizados en el 2019, aplicando el (*Andean Biotic Index*) ABI. Los puntos de muestreo corresponden a la parte alta, media y baja del gradiente longitudinal. Nuestros resultados muestran la existencia de discrepancias entre el ICA y el ABI propuesto para zonas altas andinas. Sin embargo, adoptando los mismos principios fundacionales del ABI fue posible proponer un indicador ABIU que exhibe alta coincidencia con el ICA. Nuestro trabajo ha dejado evidente las debilidades del ABI y sugiere que se requieren más estudios para su generalización y uso en las zonas altas andinas.

Abstract

In almost all developed countries, the control of water quality in aquatic ecosystems is carried out through the joint use of different types of physicochemical analyzes and biological indices. Water quality analysis methods based on physicochemical indicators are often used for the identification and quantification of contaminants but only provide instantaneous water quality values. Biological indicators are used in addition to physicochemical indicators, although with their application, it is impossible to identify existing pollutants. The purpose was to establish correspondences between the signs and, if there are discrepancies, to propose alternatives. Water quality data used where the water quality indicator (ICA) of the year 2013-2017 used and data from three samples performed in 2019, applying the (Andean Biotic Index) ABI. The sampling points correspond to the high, middle, and low part of the longitudinal gradient. Our results show the existence of discrepancies between the ICA and the proposed ABI for high Andean areas. However, by adopting the same foundational principles of the ABI, it was possible to introduce an ABI-U indicator that exhibits high coincidence with the ICA. Our work has made clear the weaknesses of the ABI and suggests that more studies are required for its generalization and use in the Andean highlands

Keywords. Water quality, Water quality indicator, Andean Biotic Index



Reviewed by: Caisaguano Janneth
English Center Teacher



INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas como la forestación, la deforestación, la agricultura y las actividades industriales, así como los eventos naturales, afectan el ciclo del agua alterando la evapotranspiración, los regímenes de flujo, la capa freática y el nivel del mar (Karume et al. 2016). La contaminación física, química y bacteriológica producida por estas actividades impacta los manantiales, ríos y pozos de agua en zonas rurales (Poikane et al. 2016).

La evaluación de la calidad del agua generalmente requiere del estudio de diversos parámetros fisicoquímicos como pH, demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO₅), oxígeno disuelto (OD), nitratos, fosfatos, entre otros, pero, para una evaluación global de un ecosistema, los estudios fisicoquímicos deben complementarse con evaluaciones biológicas. El análisis de parámetros fisicoquímicos suele ser más rápido, da una información sobre las propiedades de la muestra de agua y facilita el monitoreo con mayor frecuencia (Coello et al. 2013).

La *Nacional Sanitation Foundation* de los Estados Unidos propuso en 1981 una métrica para caracterizar la calidad de agua para consumo humano. Esta métrica se fundamenta en valores cuantitativos de un conjunto de parámetros fisicoquímicos considerados de relevancia en la determinación de la calidad del agua. Esta métrica permite calcular un indicador u índice denominado por sus siglas en inglés NSF-WQI (*National Sanitation Foundation – Water Quality Index*), aunque en la comunidad hispanoparlante se usa el término “Índice de Calidad de Agua (ICA)” como sinónimo del NSF-WQI. En este contexto, cada una de los parámetros fisicoquímicos tiene un peso específico que se encuentra en correspondencia con su importancia en la determinación de la calidad del agua (Samboni, Carvajal, y Escobar 2007).

Sin embargo, también existen métricas para que se basan en indicadores biológicos o bioindicadores, como, los macroinvertebrados bentónicos (MIB). Los MIB habitan en cuerpos de agua naturales, y la distribución espacial de estas comunidades se encuentra relacionada con la disponibilidad de nutrientes, el tipo de sedimento, el substrato y características fisicoquímicas del agua. Los MIB son usados como bioindicadores debido a que gran parte de su ciclo de vida se desarrolla en medios acuáticos. La presencia de algunas familias y géneros es considerada un indicador de aguas claras y limpias, mientras que otros MIB muestran gran tolerancia (poca sensibilidad) a aguas muy contaminadas; así, por ejemplo, la presencia de individuos de las familias Tubificidae (anélidos) o

Chironomidae (dípteros) es un indicador de aguas contaminadas. Mientras que en aguas claras y limpias sirven de hábitat a familias de MIB como la Zigoptera (libélulas), Ptilodactilidae (coleópteros) o Hydrachnidae (arácnidos) que no pueden adaptarse a condiciones hídricas con presencia de contaminantes (Cuéllar et al. 2002). Las comunidades de MIB son fácilmente observables y relativamente fáciles de muestrear y estudiar. En la actualidad son considerados como bioindicadores de la calidad del agua por su sensibilidad a diferentes tipos de contaminación. La distribución y estructura de la comunidad de MIB es una herramienta ecológica importante para evaluar los cambios espaciales y temporales de los cuerpos de agua (Bhadrecha, Khatri, y Tyagi 2016). En este sentido, los índices más ampliamente usados para sistemas lóticos (ríos y riachuelos) y lénticos (lagos, lagunas) son el Índice BMWP/Col (*Biological Monitoring Working Party/Colombia*) (Roldan 2003) y el Índice EPT (*Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera*) (Carrera y Fierro 2018). Para las zonas altas andinas (> 2000 msnm), (Touma, Acosta, y Prat 2014) propusieron el ABI (*Andean Biotic Index*), para uso en las zonas altas de los Andes. El ABI se basa en el índice de BMWP, pero involucra un menor número de familias de MIB que las que se pueden encontrar en otras regiones del mundo donde se ha aplicado el índice BMWP, debido a que la altitud restringe los hábitats y distribución de varias de ellas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la zona alta andina del Ecuador es el principal proveedor del recurso agua para un gran número de personas. Así, una de las actividades más importantes para la gestión del recurso hídrico es la evaluación periódica de la calidad del agua y la detección temprana de cambios en la calidad del recurso. El manejo y conservación de las unidades hidrográficas es importante debido a que su alteración provoca cambios en el ecosistema; por ello estudiar los cuerpos de agua y sus elementos bióticos y abióticos es de vital importancia en el campo científico actual. Uno de los indicadores que permite conocer la calidad de este tipo de ecosistemas son las comunidades de MIB. Utilizar a los MIB, como indicadores de calidad, ha demostrado validez en la detección de puntos de cambio a lo largo de su cauce principal. Esto se debe básicamente a que, gran parte de los MIB responden rápidamente a cambios en las condiciones ecológicas acuáticas.

El uso de Índice Físicoquímico ofrece la posibilidad de tener una idea de la calidad del agua en el momento de la toma de muestra y de un volumen de ensayo muy pequeño, lo que hace que se requiera un gran número de muestras y una intensa campaña de muestreo para obtener valores representativos. Mientras que el uso de Índice Biológico permite tener una idea de la calidad del agua en correspondencia de su ciclo de vida (de un período de tiempo más largo) y de un volumen de ensayo mucho más grande y representativo. De cualquier manera, estos indicadores aportan información complementaria para determinar la calidad del agua.

Los páramos y los servicios ecosistémicos que este ofrece se ven constantemente amenazados por el avance de la frontera agrícola, el cambio climático, la expansión y el número de asentamientos humanos, entre otros factores. Sin embargo, la zona alta andina ofrece dificultades topográficas que con frecuencia dificultan el acceso a ciertas zonas, climas extremos y condiciones climáticas adversa que dificultan la puesta en práctica de campañas de muestreo intensivas. Así, el determinar la calidad del agua en los páramos de manera que las conclusiones sean representativas es una tarea que demanda superar una diversidad de dificultades.

En base a lo anterior la presente investigación se enfoca en la necesidad de crear una herramienta que permita la evaluación de la calidad del agua de los ríos, afluentes y descargas para poder tomar medidas para su preservación. La mayoría de las evaluaciones ambientales de estos sistemas se han centrado principalmente en el análisis físicoquímico del agua, necesario para el cálculo del Índice ICA e índice biológico de agua (ABI) con el fin de implementar metodologías innovadoras para obtener resultados confiables en cuanto al estudio de la microcuenca.

Por lo anteriormente planteado, el propósito de este estudio fue comparar el desempeño de los indicadores ICA y ABI, proponer alternativas que habiliten de una manera más directa su complementariedad. El estudio se realizó en la microcuenca del río Chibunga el cual nace de las vertientes ubicadas en las faldas del volcán Chimborazo y desciende por los páramos de El Arenal hasta llegar a zonas agrícolas en el sector de la parroquia San Juan. Las comunidades que atraviesa esta microcuenca son: Chimborazo y Shobolpamba. Cuando el río Chimborazo, se une con el río Cajabamba toma el nombre de río Chibunga, este río tiene una longitud de 38 km y se dirige de noroeste a sureste. Su cauce principal es afluente del río Chambo.

JUSTIFICACION

El crecimiento no planificado de los asentamientos humanos hace que los procesos socio-económicos en estas zonas montañosas del país se conviertan en un factor adicional de presión y deterioro ambiental asociado a la explotación excesiva de los recursos naturales y a los efectos dañinos de los desechos resultantes de las actividades humanas. Lo anterior representa un incremento en la contaminación de las aguas, es decir, la pérdida y el deterioro de los recursos hídrico, las descargas municipales, industriales, agrícolas, son las principales fuentes de contaminación y deterioro de las aguas de la cuenca del Chibunga.

Por lo anteriormente planteado necesitamos indicadores de calidad de agua que puedan ser usados de manera rápida y económica y que sean confiables. Este estudio tiene el interés de revisar los indicadores tradicionales para medir la calidad del agua y realizar una propuesta de un indicador adecuados para el seguimiento y monitoreo de la calidad de agua, basados en el uso de macro invertebrados bentónicos.

OBJETIVOS

General

- Desarrollar un indicador de calidad de agua que integre los indicadores de calidad de agua ABI e ICA y que sea aplicable a la zona alta andina del Ecuador.

Específicos

- Identificar el área de estudio donde se llevó a cabo la toma de muestras en la microcuenca del río Chibunga.
- Realizar el estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en la zona de estudio y aplicar el ABI para determinar la calidad de agua.
- Comparar los resultados obtenidos con resultados obtenidos al aplicar el ICA y proponer como resolver las diferencias que se identifiquen.

ESTADO DEL ARTE

1. Métodos de determinación de la calidad del agua

Los métodos de determinación de la calidad del agua tienen como objetivo conocer sus características físicas, químicas y biológicas, de manera de conocer su aptitud para uso doméstico, industrial, agrícola, recreacional, entre otros. De esta manera, se puede aplicar los requerimientos legales, económicos, de gestión adecuada o tratamiento según lo amerite. Estos métodos son los siguientes (Yungán 2010):

1.1. Método Biológico

Hace uso de especies de organismos vivos como indicadores de la calidad del agua. Se basan en la composición de comunidades de especies específicas, los más utilizados son las comunidades de MIB en estudios de calidad de agua en ríos. Estos macroinvertebrados son identificados con índices bióticos. Este método es complementario al método fisicoquímico, debido a que los seres vivos aportan información correspondiente a periodos largos en el tiempo, a diferencia de los métodos fisicoquímicos que aportan información correspondiente al instante de tiempo en que tomo la muestra (Yungán 2010). Los MIB son especies de invertebrados, su tamaño es visible al ojo humano entre 0,5 mm y 3 mm. Pueden ser artrópodos, las formas larvarias de los insectos, los oligoquetos, hirudíneos, moluscos, celentéreos, briozoos o platelmintos. Esta fauna responde a las alteraciones del ecosistema, cambios en la composición del agua y la contaminación del medio. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad del agua presentan las siguientes ventajas (Yungán 2010).

- La variedad de hábitats que ocupan, y su abundancia.
- Al ser sedentarios la mayoría, reflejan las condiciones locales y son fáciles de recolectar.
- Se pueden identificar fácilmente debido a que son visibles al ojo humano, en comparación con otros organismos como bacterias, por ejemplo.
- Sus ciclos de vida son largos por eso son sensibles a los cambios que se den en su entorno. No varían tanto genéticamente.

1.2. Método fisicoquímico

Se refiere a la medición de parámetros fisicoquímicos del agua, este método es el único que permite determinar los compuestos químicos contaminantes presentes en el agua.

2. Índice NSF-WQI (ICA)

El Índice NSF-WQI (ICA) es una métrica que permite cuantificar la calidad del agua a la fecha de muestreo y se expresa en una escala de 0 al 100 %. Para desarrollar el índice de calidad de agua, la *National Sanitation Foundation* (NSF) seleccionó 142 expertos quienes representaron un amplio rango de profesionales a nivel local, estatal y nacional en los Estados Unidos (Bhuyan, Sahu, y Rout 2014). El proceso para el desarrollo del Índice se llevó a cabo a través de la identificación de factores que pueden utilizarse como indicadores de la calidad del agua, basados en el criterio profesional colectivo de personas con conocimientos relativos al medio acuático o al foco de contaminación. Mediante una serie de preguntas, a cada panelista se le solicitó que considerara 35 parámetros de calidad de agua para una posible inclusión en dicho índice. Este número se redujo finalmente a 9 parámetros. Luego se asignaron pesos relativos (W_i) –se cuantificó la importancia relativa– a cada parámetro en correspondencia con su potencial como indicador de calidad de agua. Estos datos se promediaron dando origen a curvas que reflejan el criterio de expertos en una escala de 0-100. En la Tabla 1 se listan los parámetros y pesos relativos usados para estimar el ICA. En la ecuación (1) se muestra la expresión matemática que permite obtener un valor numérico indicador de la calidad del agua examinada (Samboni, Carvajal, y Escobar 2007).

$$ICA = \sum_{i=1}^9 W_i Q_i \quad (1)$$

En la ecuación (1), Q_i representa el “factor de calidad” del parámetro “ i ”. El factor de calidad de cada parámetro está relacionado con el valor medido experimentalmente a través de una expresión matemáticamente no lineal con el valor numérico registrado para cada parámetro y que fueron reportados por (Deley, Márquez, García, Santillán, Rodríguez., 2017). (2) el valor de W_i se listan en la Tabla 1 y representa el peso específico que tiene cada elemento en la determinación de la calidad del agua.

Tabla 1. Importancia relativa de cada factor en la determinación de la calidad del agua mediante factores fisicoquímicos y el ICA. La sumatoria de todos los W_i debe ser igual a uno.

Parámetro indicador de calidad del agua	Unidades	Peso relativo (W_i)
Oxígeno disuelto (DO)	% de saturación	0,17
Coliformes fecales	Colonias / 100 ml	0,15
pH	u.a.	0,12
BOD ₅	mg l ⁻¹	0,10
Nitratos (NO ₃)	mg l ⁻¹ (N)	0,10
Fosfatos totales	mg l ⁻¹ (P)	0,10
Temperatura	°C	0,10
Turbidez	NTU	0,08
Sólidos disueltos totales	mg l ⁻¹	0,08

Fuente: (Bhuyan, Sahu, y Rout 2014)

En la Tabla 2 se muestra la categorización de la calidad del agua en términos del valor numérico del NSF-WQI (ICA) (Otto 1978). La clasificación mostrada en la Tabla 2 ayuda a identificar el agua de ríos que requieren atención inmediata con base en un plan de prioridades.

Tabla 2. Los valores de NSF-WQI (ICA) fueron categorizados en cinco clases (Otto 1978).

Clase	Calificación de calidad	Rango de valores	Comentario
5	Muy buena	$90 < ICA \leq 100$	Agua clara que no ha tenido contacto con desechos domésticos. Ideal para peces y la vida silvestre.
4	Buena	$70 < ICA \leq 90$	Inicio de serios cambios en la calidad del agua debido al deterioro ambiental y al contacto con desechos domésticos y de la agricultura.
4	Moderada	$51 < ICA \leq 70$	Comienzan a ocurrir drásticos cambios en la calidad del agua. Algunas funciones naturales pueden ser afectadas. Parte de la comunidad biótica puede comenzar a desplazarse. Es muy probable que comiencen a ocurrir cambios estructurales en la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos.
2	Mala	$25 < ICA \leq 50$	Pueden ocurrir cambios peligrosos en el ecosistema. Colonización del ecosistema por parte de grupos resistentes a la contaminación. Puede originar el deceso de vertebrados y otros consumidores.
1	Muy mala	$0 \leq ICA \leq 25$	Contaminación a niveles altamente peligrosos. Representa un peligro en cualquier forma en que se consuma. Convierte al agua en una comunidad de heterótrofos.

Fuente: (Sharifi 1990)

3. Índice ABI (Andean Biotic Index)

El ABI es un indicador usado para la bio-evaluación de la condición ecológica de ambientes acuáticos, la cual se fundamenta en la cualidad natural que tienen las especies de MIB bentónicos para responder a perturbaciones eventuales o permanentes de sus hábitats naturales en las tierras altas andinas. El índice ABI es una adaptación del Biological Monitoring Working Party (BMWP) a las zonas altas andinas realizada por Ríos y col. (2014). El ABI se desarrolló para evaluar los efectos de la contaminación orgánica y de alteraciones de las zonas riparinas y no se recomienda para evaluar los efectos de la minería en las corrientes de agua. El ABI se elaboró usando la misma metodología del índice BMWP (Hawkes 1997). En la Tabla 3 se listan las familias y las

especies, así como la correspondiente valoración numérica de su sensibilidad a la calidad del hábitat acuático donde se encuentren. Este valor numérico se acumula como se muestra en la ecuación (2). Así, la sensibilidad se puede interpretar como los puntos que cada una de las especies aporta al valor numérico del ABI. Así, el ABI resulta de sumar los puntos que aportan las especies presentes en el sitio de estudio (Rios et al. 2006). A cada especie se le ha asignado un puntaje entre 1 y 10, en correspondencia con su sensibilidad a la contaminación, un valor de 10 corresponde con especies muy sensibles y 1 con especies tolerantes a altos grados de contaminación.

$$ABI = \sum_{i=1}^n f_i P_i \quad (2)$$

En la ecuación (2): n representa el número total de especies presentes, f_i es igual a “1” si la especie i está presente y es “0” si la especie i no está presente, y P_i es igual al número de puntos que aporta la especie i al indicador ABI (Tabla 3). En la Tabla 4 se muestra la categorización de la calidad del agua en términos del valor numérico del ABI-Ecuador (Rios et al. 2006). Cinco clases fueron definidas siguiendo las indicaciones del Water Framework Directive (WFD). Es importante resaltar que siendo el ABI propuesto para determinar la calidad del agua en las zonas alto andinas la tolerancia (sensibilidad) de los MIB a la contaminación difiere de las reportadas en otras regiones. por esta razón hablamos.

Tabla 3. Familia y Orden de los Macroinvertebrados Bentónicos considerados en el indicador de calidad de agua ABI-Ecuador, también se listan los puntos que aporta cada una de las especies para el cálculo del indicador.

Orden	Familia	Sensibilidad Puntos ABI	Orden	Familia	Sensibilidad Puntos ABI
Turbellaria		5	Trichoptera	Helicopsychidae	10
Hirudinea		3		Calamoceratidae	10
Oligochatea		1		Odontoceridae	10
Gasteropoda	Ancylidae	6		Leptoceridae	8
	Physidae	3		Polycentropodidae	8
	Hyrobiidae	3		Hydroptilidae	6
	Limnaeidae	3		Xiphocentronidae	8
	Planorbidae	3		Hydrobiosidae	8
Bivalbia	Sphaeriidae	3		Glossosomatidae	7
Amphipoda	Hyalellidae	6		Hydropsychidae	5
Ostacoda		6		Anomalopsychidae	10
Hydracarina		4		Limnephilidae	8
Ephemeroptera	Beatidae	4	Lepidoptera	Pyralidae	4
	Leptophlebiidae	7		Hydrophilidae	3
	Leptohephidae	7		Hydraenidae	5
	Oligoneuridae	7	Diptera	Blepharoceridae	10
Odonata	Aeshnidae	6		Simuliidae	5
	Gomphidae	8		Tabanidae	4
	Libellulidae	6		Tipulidae	4
	Caloterygidae	8		Limoniidae	4
	Polythoridae	10		Ceratopogonidae	4
Plecóptera	Perlidae	10		Dixidae	4
	Gripopterygidae	10		Psychodidae	3
Coleoptera	Ptilodactylidae	5		Dolichopodidae	4
	Lampyridae	5		Stratiomyidae	4
	Psephenidae	5		Empididae	4
	Scirtidae	5		Chironomidae	2
	Staphylinidae	3		Culicidae	2
	Elmidae	5		Muscidae	2
	Dryopidae	5		Ephydriidae	2
	Gyrinidae	3		Athericidae	10
	Dytiscidae	3		Syrphidae	1
	Heteroptera	Veliidae	5		
Gerridae		5			
Corixidae		5			
Notonectidae		5			
Belostomatidae		4			
	Naucoridae	5			

Fuente: (Rios et al. 2006).

Tabla 4. Categorización de la calidad del agua en términos del valor numérico del ABI (Ríos et al. 2006). Cinco clases fueron definidas siguiendo las indicaciones del Water Framework Directive (WFD).

Clase	Clasificación de calidad	Rango ABI
5	Muy buena	>100
4	Buena	61-100
3	Moderada	36-60
2	Mala	16-35
1	Muy mala	< 15

4. Determinación de la calidad del agua

La determinación de la calidad del agua se realizará a través del análisis por separado de parámetros fisicoquímicos y biológicos. Los parámetros fisicoquímicos serán analizados siguiendo la metodología establecida por Oram (2011) para determinar el Índice de Calidad del Agua NSF-WQI, mientras que los parámetros biológicos (MIB) se analizarán utilizando el índice ABI (Ríos y col., 2014) desarrollado y propuesto específicamente para zonas alto-andinas.

5. ABI-U

El ABI-U sigue los mismos principios del ABI propuesto por Ríos y col. (2014) y tiene como parámetros fundamentales la consideración de la presencia o no de la especie y los puntos (la sensibilidad) que aportan las especies presentes al cálculo del valor numérico del ABI. Sin embargo, la categorización de la calidad se realiza considerando la presencia de la especie menos tolerante (mayor sensibilidad). De manera que construye un árbol de decisión donde se ordenan en grupos siguiendo el orden impuesto por los puntos que aportan los MIB que se encuentran en la zona de estudio de mayor a menor. Si se encuentra una especie que aporta el máximo de puntos “10”, en este caso, se dice que la especie de MIB pertenece a la clase cinco “C5” o que la calidad del agua es “muy buena”. Al igual que los índices BMWP y ABI no importa el número de especies aportante y su población. Si el MIB no pertenece a la clase C5 y se encuentra una especie que aporta “8” puntos o una que aporta “7” puntos se dice que este macroinvertebrado bentónico pertenece a la clase cuatro “C4” o que la calidad del agua es “buena”. Si no es C5 ni C4 y se encuentra una especie que aporta “6” puntos o una que aporta “5” puntos, se dice que

el macroinvertebrado bentónico pertenece a la clase tres “C3” o que la calidad del agua es “moderada”. Si no es C5, C4, ni C3 y se encuentra una especie que aporta “4” puntos o una que aporta “3” puntos, se dice que el macroinvertebrado bentónico pertenece a la clase dos “C2” o que la calidad del agua es “mala”. Si no es C5, C4, C3 ni C2 y se encuentra una especie que aporta “2” puntos o una que aporta “1” puntos se dice que el macroinvertebrado bentónico pertenece a la clase uno “C1” o que la calidad del agua es “muy mala” (Deley, Márquez, García, Santillan, Rodriguez., 2017).

METODOLOGÍA

1. Localización

La Microcuenca del Río Chibunga se encuentra localizada en la provincia de Chimborazo (Figure 1), en el cantón Riobamba, nace de vertientes ubicadas en las faldas del Chimborazo y desciende por los páramos de el arenal hasta llegar a zonas agrícolas de la parroquia San Juan, el cual representa uno de los recursos hídricos con gran incidencia en el desarrollo de Riobamba. Tiene una longitud aproximada de 14 km. En la Figura 1, se observan los puntos de muestreo presentados con la simbología de un triángulo rojo.

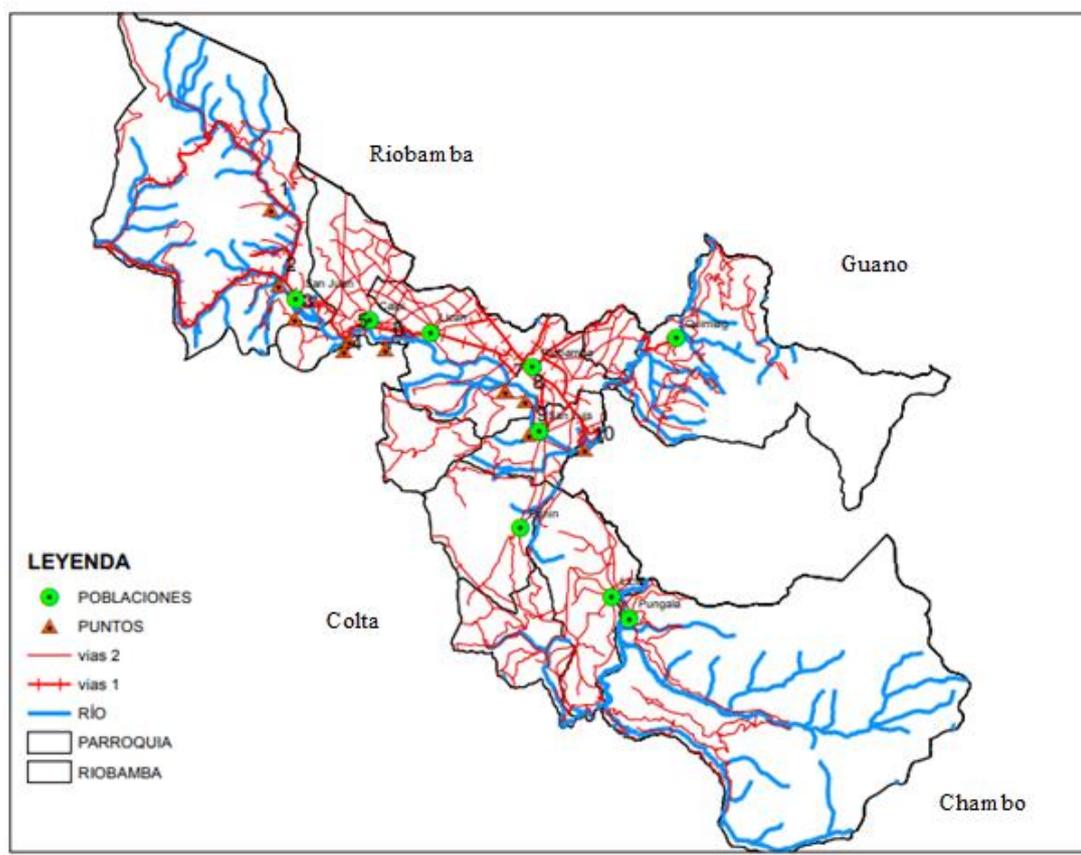


Figura 1. Puntos de muestreo (CH Chimborazo, SH Comunidad Shobolpamba, PSJ Parroquia San Juan, URC Unión Rio Cajabamba y Rio Chimborazo, UCCH Fabrica Cemento Chimborazo, GA Comunidad Gatazo, CESA Sector Puente CESA – Riobamba, PE Sector Parque Ecológico – Riobamba, PSL Parroquia San Luis, DRCH Descarga Rio Chibunga a Rio Chambo)

En la Tabla 6, se listan las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo, para el estudio se consideraron 3 estaciones de monitoreo: a) estación seca 29 de mayo y b) 6 de agosto del 2019 y c) estación lluviosa 2 de julio del 2019, obteniendo un total de 10 muestras en cada punto monitoreado.

Tabla 5. Puntos de monitoreo

Punto	Ubicación referencial	Cord N	Cord E	Etiqueta
Punto 1	Comunidad Chimborazo	9825488	745181	CH
Punto 2	Comunidad Shobolpamba	9820628	745644	SH
Punto 3	Parroquia San Juan	9828439	746663	PSJ
Punto 4	Unión Río Cajabamba y Río Chimborazo	9816402	749814	URC
Punto 5	Fabrica Cemento Chimborazo	9817054	750152	UCCH
Punto 6	Comunidad Gatazo	9816539	752457	GA
Punto 7	Sector Puente CESA – Riobamba	9813880	760055	CESA
Punto 8	Sector Parque Ecológico – Riobamba	9813187	761339	PE
Punto 9	Parroquia San Luis	9811053	761570	PSL
Punto 10	Descarga Río Chibunga a Río Chambo	9810089	765099	DRCH

Fuente: Adaptado de (Veloz y Carbonel 2019).

2. Metodología de muestreo de macroinvertebrados bentónicos

Los puntos de monitoreo en nuestra área de estudio se ubican en aguas poco profundas, debido al riesgo que implica el monitoreo en tramos de río con desniveles considerables y caudales altos en épocas de alta precipitación y las aguas se pueden encontrar turbia y turbulenta. Debido a que las redes utilizadas son relativamente pequeñas y a que el tipo de muestreo requiere remover el sustrato, es necesario elegir sitios en los que se pueda alcanzar el fondo con las manos. Las mallas son finas ya que muchos macroinvertebrados acuáticos son bastante pequeños y pueden atravesar la red (Déley y Santillán 2016).

Para la captura de los especímenes se utilizó una red D de 32 cm de ancho y 22 cm de profundidad, con luz de malla de 500 μ m. La colección se realizó durante 5 minutos sumergiendo la red en diferentes sitios, y removiendo diferentes sustratos acuáticos como vegetación, rocas, arena, en flujos rápidos donde se produce mayor agitación y oxigenación del agua y en flujos lentos donde se deposita la mayor carga orgánica. Las muestras recolectadas por nuestro equipo se colocaron en una bandeja blanca para la separación de hojarasca y rocas que pudieran fragmentar los especímenes durante su transporte al laboratorio (Déley y Santillán 2016).

Los especímenes capturados fueron preservados en una solución de formol al 5% y alcohol al 60 % y transportados en envases plásticos debidamente codificados. Esta actividad se realizó únicamente en las mañanas, variando la hora en función de la accesibilidad a cada punto. Un monitoreo nocturno seguramente arrojará resultados distintos a los obtenidos, dado a que muchas familias se ocultan durante el día para protegerse de sus depredadores (Déley y Santillán 2016).

3. Toma de muestra en el campo

Los envases recolectores deben ser de boca ancha para facilitar el ingreso de la muestra y de plástico para su seguridad durante el transporte. Las muestras fueron etiquetadas indicando el nombre o código del punto de muestreo, fecha de monitoreo y nombre del técnico que realiza el muestreo. El muestreo se realizó en un tramo de 100 m. Inicialmente se identificaron todos los microhábitats y se realizaron mapas para representar el área que ocupan dentro del transecto, y poder asignar diferentes tiempos proporcionales de muestreo a cada micro hábitat por un tiempo total de 5 minutos (Déley y Santillán 2016). La metodología empleada dependió de sitio donde se encontró el hábitat.

3.1. Arroyos vadeables y hábitats específicos

El muestreo se realizó comenzando río abajo en el tramo y se fue subiendo y evitando caminar sobre el lecho a ser muestreado para evitar las perturbaciones en las muestras. Hay que tener presente que el comportamiento hidrológico reciente de un hábitat, perturbaciones o estabilidad del sustrato, define la fauna presente en ese hábitat. También, hay que considerar que los micro hábitat de MIB se recuperan totalmente después de 2-4 semanas una vez que han sido perturbados (Déley y Santillán 2016)..

La primera toma de muestras se dio el 28 y 29 de mayo del 2019 a las 8:30 am teniendo como distancia al primer punto 40 min desde la Universidad Nacional de Chimborazo luego cada tramo estaba a 10 min de distancia, el acceso a cada lugar estaba libre ya que habían vías de segunda orden por la población rural que se encuentra teniendo como principales actividades la minería, el pastoreo y ganadería. El monitoreo se dio en diferente microhábitat que se encuentra en cada punto como es: grava, vegetación y cantos rodados evitando así la arena ya que el muestreo en arena es nulo y no se encuentra bentónicos. (Déley y Santillán 2016).

3.2. Monitoreo en grava

Se puede usar redes tipo D o Surber, dependiendo del objetivo del muestreo. Se coloca la red a contracorriente y se remueve el sustrato con la mano o el pie, dando pequeñas patadas para remover las piedras. En este tipo de sustratos se captura la mayor diversidad de familias de macroinvertebrados (Déley y Santillán 2016).

3.3. Monitoreo en vegetación

En estas zonas se encuentran principalmente odonatos, moluscos y crustáceos. En tramos donde hay flujo de agua se remueve la vegetación con el pie y la muestra es recolectada en la red de mano colocada a contracorriente. Si no hay flujo de agua, se remueve la vegetación con el pie y se colecta la muestra con un movimiento zigzagueante de la red. Si no se tiene un acceso fácil al punto de muestreo se puede dar pequeños golpes con la red, pero gran cantidad de sustrato, principalmente arena, puede ser recogida, siendo necesario revisar la red periódicamente para evitar que la malla se sature y facilite la salida de los especímenes capturados. La espuma retenida entre la vegetación es una trampa natural que permite la recolección de exuvias para análisis de contaminantes (Déley y Santillán 2016).

3.4. Monitoreo en cantos rodados

Se coloca la red a contracorriente cerca de la piedra que deberá ser removida para capturar los organismos desprendidos al momento de la remoción y se lava suavemente la piedra con la mano. En caso de encontrar un espécimen grande es preferible capturarlo con una pinza entomológica para evitar perderlo por el flujo de agua. Si el o los especímenes adheridos a la roca son muy pequeños, se deberá lavar la roca dentro de la red, dentro de un balde o sobre una bandeja blanca. Este tipo de sustrato no debe ser removido bruscamente. Al igual que las muestras tomadas en otros tipos de sustratos se debe documentar el lugar y la época del año en los que han sido capturados los macroinvertebrados para facilitar su búsqueda, realizar un seguimiento a sus estadios larvarios y entender sus ciclos biológicos (Déley y Santillán 2016).

3.5. Monitoreo en arena

No se aconseja tomar muestras en sustrato arenoso o arcilloso, pero si es necesario, se puede utilizar tanto la red Surber como la de mano colocando la red a contracorriente y removiendo el sustrato con la mano. La red debe ser revisada frecuentemente porque la arena atrapada

puede obstruir la malla, el agua no fluiría a trav es de esta creando un estancamiento que facilitaría la salida de los macroinvertebrados m as  giles (D eley y Santill an 2016).

4. Trabajo en el laboratorio

Las muestras fueron llevadas el mismo día al laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional de Chimborazo, luego se lavaron usando un filtro artesanal con una tela fina de nylon para la eliminación del formol, Los organismos encontrados son separados en una caja Petri con alcohol al 70-75%. La observación de las especies se realizó en el estereomicroscopio iVu 7000 y la identificación se realizó siguiendo el libro Macroinvertebrados bentónicos de las microcuencas Jubal, Ozogoch y Zula Parque Nacional Sangay - Ecuador a nivel de familia puesto que género y especie no modifica la puntuación del ABI (D eley y Santill an 2016). En el formulario de laboratorio se registró el número total de individuos encontrados de cada grupo junto con las observaciones realizadas al momento del muestreo. Estos valores se registraron en una planilla de Excel para efectuar los análisis y cálculos requeridos por los objetivos del estudio.

5. Determinación de la calidad del agua mediante el indicador NSF-ICA

Para efectos de la comparación con los resultados del análisis de la calidad del agua en los sitios de muestreo usando el ABI se utilizaron datos reportados por (Veloz y Carbonel 2019).

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Análisis de las muestras de agua en laboratorio para la obtención de los índices ABI.

En la Figura 2, se muestran los resultados obtenidos aplicando la metodología desarrollada por (Touma, Acosta, y Prat 2014) para el cálculo del ABI. En los tres muestreos realizados se puede apreciar categorizaciones de la calidad del agua que corresponden con muy mala, mala y moderada. El punto de muestreo CH ubicado en la comunidad Chimborazo varía de muy mala a moderada durante el periodo de muestreo de la época seca a la época húmeda. Esto se debe a que, en la estación seca el agua del río no tenía corriente a comparación de la muestra que se tomó en la estación lluviosa y por lo tanto tiene más corriente y caudal. Los puntos (SH, CESA, PE y PSL) tienen muy mala calidad de agua en los 3 diferentes muestreos, estos valores reflejan las descargas de agua clandestinas cerca a estos puntos. Se observó contaminación orgánica, detergentes y basura que es arrojada por las poblaciones aledañas al cauce del Río.

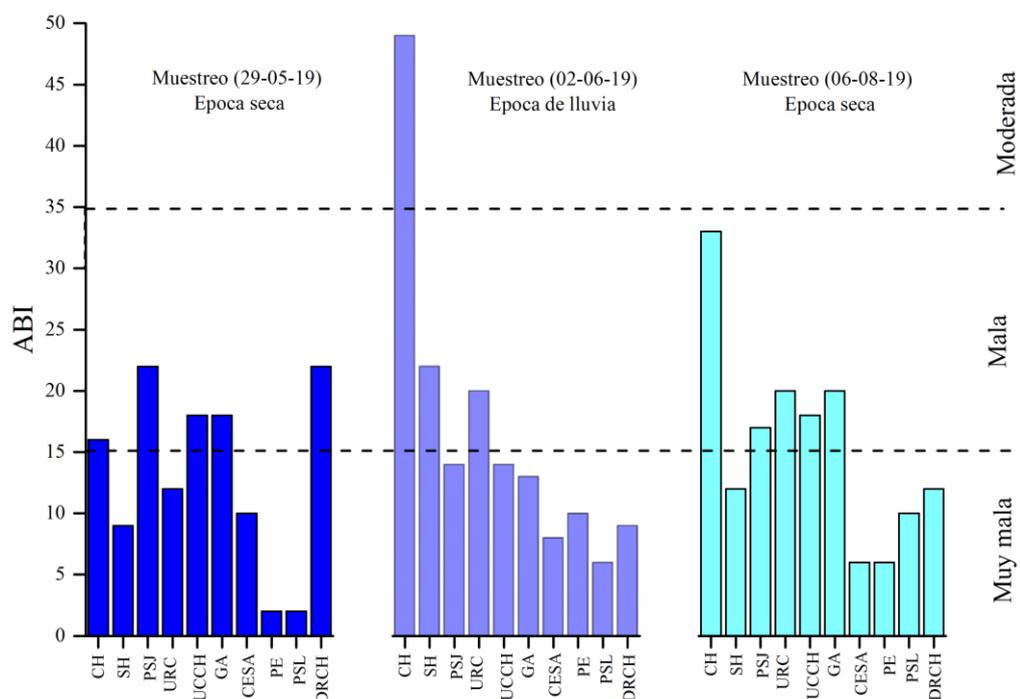


Figura 2. Resultados del índice ABI en época diferentes y puntos de muestreo. (CH Chimborazo, SH Comunidad Shobolpamba, PSJ Parroquia San Juan, URC Unión Río Cajabamba y Río Chimborazo, UCCH Fabrica Cemento Chimborazo, GA Comunidad Gatazo, CESA Sector Puente CESA – Riobamba, PE Sector Parque Ecológico – Riobamba, PSL Parroquia San Luis, DRCH Descarga Río Chibunga a Río Chambo)

En la figura 2, se observa que los puntos de muestreo PSJ, URC, UCCH, GA y DRCH la calidad de agua es de muy mala a mala. En estos tramos no hay descargas, pero la contaminación es antropogénica, producto de las poblaciones que se encuentran a sus alrededores, además, los valores del ABI en la estación seca son de calidad “mala” y en la época húmeda “muy mala”.

En la figura 2, se observa que el punto de muestro CH localizado en la parte alta de la comunidad Chimborazo, es el único donde los resultados del ABI sugieren moderada calidad de agua durante la época húmeda. A partir del segundo punto etiquetado con las letras SH se nota el agua turbia, con color opaco y de mal olor, además de la industrialización que empieza a notarse en estos puntos hasta el último punto de muestreo DRCH en la descarga del Chibunga. Todo el tramo es contaminado de forma directa o indirecta afectando así una fuente principal de agua que es utilizada para la agricultura.

2. Análisis de las muestras de agua en laboratorio para la obtención de los índices ICA.

En la figura 3, se presentan los resultados del ICA reportados por (Nancy y Carlos 2019). Estos datos fueron tomados como referencia y en estos mismos puntos de muestreo se realizaron los estudios para cuantificar el ABI. El cálculo del ICA se realizó con las siguientes variables: pH, oxígeno disuelto, plomo, cadmio, DBO5, coliformes fecales, fosfatos, nitratos, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas y tenso activos monitoreados en diez puntos en época lluviosa (Nancy y Carlos 2019).

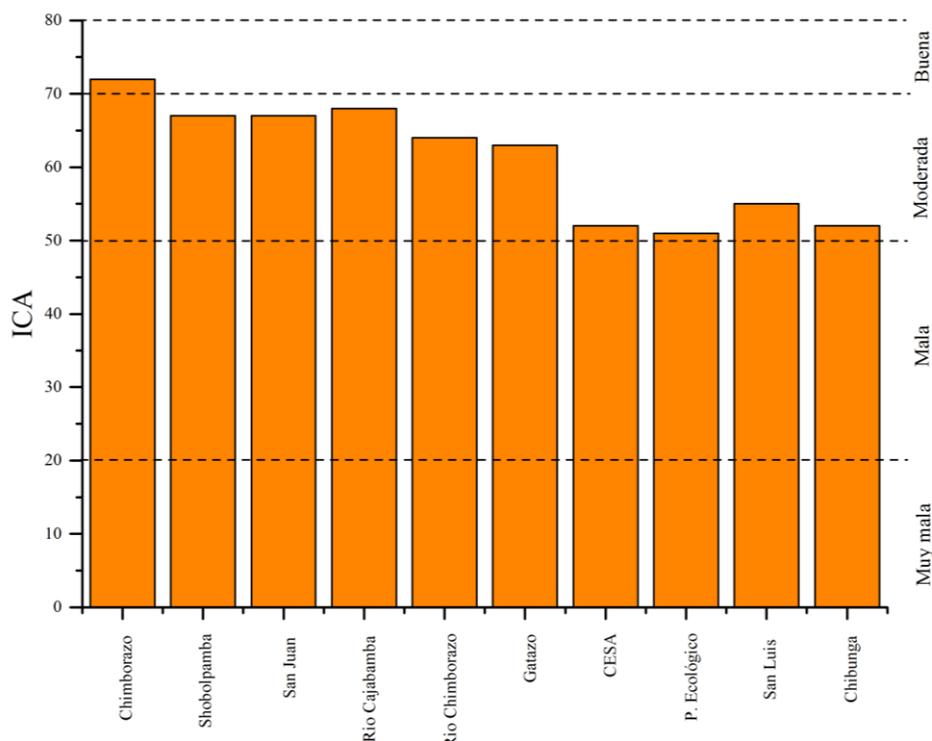


Figura 3. Resultados del índice ICA en las diferentes épocas y puntos de muestreo.

De los 10 puntos muestreados, (Nancy y Carlos 2019) reporta que el ICA promedio para la microcuenca de 62, indicando la calidad de agua es moderado o poco contaminado. El valor numérico del ICA en el punto CH de la Comunidad Chimborazo es buena sugiriendo muy poca contaminación. Al dejar la Comunidad Chimborazo moviéndonos aguas abajo empiezan los cambios o alteraciones del recurso hídrico por la intervención antrópica. A partir del punto SH hasta el punto DRCH los valores del ICA decrecen, lo que sugiere una disminución en la calidad el agua, sin embargo, se logra mantener una la categoría moderada en toda el área de estudio. Es de hacer notar que, las descargas de agua comienzan a ser notables a partir del punto SH, y el agua se puede apreciar turbia, de mal olor y de color blanco. En el punto de muestreo PSL (Parroquia San Luis) el agua del río es utilizada para el lavado de productos agrícolas. Además, el río Chibunga, recibe las descargas de agua servidas sin ningún tratamiento previo, el oxígeno disuelto es bajo e impide que exista vida de macroinvertebrados.

En resumen, mientras que los valores del ABI sugieren que la calidad de agua va desde “muy mala” a “mala”, los valores del ICA sugieren que la calidad del agua en el área de estudio es “moderada”. Así, podemos concluir que existen incongruencias entre el ICA y ABI. Varios estudios han reportado esta incongruencia y más recientemente (Deley, Márquez, García,

Santillán, Rodríguez., 2017) encontraron resultados similares. En un esfuerzo para tratar de conciliar las diferencias encontradas entre el ABI y el ICA, propusieron las bases de lo que se denominó ABI-U. Con el ABI-U se superan las deficiencias del ABI en lo que se refiere a la métrica usada para calcular el valor numérico del ABI. Así, en el nuevo ABI-U se propone considerar solamente la presencia o no de ciertos MIB. De esta forma, lograron una mayor coincidencia entre los valores del ICA y ABI-U en los 49 puntos de muestreo que ellos estudiaron (Deley, Márquez, García, Santillán, Rodríguez., 2017). Sin embargo, debido a que todavía persisten pequeñas diferencias y a que diferentes indicadores que se fundamentan en las comunidades de MIB asignan diferentes sensibilidades a la misma especie (Tabla 6), se ha considera la posibilidad de realizar ajustes a los valores de sensibilidad reportados por (Touma, Acosta, y Prat 2014). Los criterios fundamentales para el ABI-U son: (1) solo cuenta la presencia de MIB con la mayor sensibilidad, no importa que puedan coexistir en el mismo hábitat MIB con mayor tolerancia a la contaminación. (2) Para variar se incrementa o se disminuye el valor en una unidad. (3) Los cambios realizados deben conducir a conciliar las diferencias entre el ABI e ICA de una manera homogénea y no deben perturbar el análisis en otros puntos. Así, en la Tabla 6 columnas ABI-U se resaltan los cambios realizados. Con esta nueva escala de sensibilidades se procedió a estimar la calidad del agua en los puntos de muestreo.

Tabla 6. Índices de calidad de agua (Acosta et al. 2009)

Orden	Familia	BMWP <i>Biological Monitoring Working Party</i>	IBMWP <i>Biological Monitoring Working Party/Peninsula</i>	BMWPA <i>Biological Monitoring Working Party/Colombia</i>	CHBMWP <i>Biological Monitoring Working Party/Chile</i>	ABI <i>Andean Biotic Index</i>	ABI-U <i>Andean Biotic Index/Unach</i>	Referencia bibliográfica Tolerancia a la contaminación	
Turbellaria		5	5		5	5	5	(Jacobsen, Rostgaard, y Vásquez 2003) (Rios et al. 2006)	
Hirudinea		3	3	3	3	3	3		
Oligochaeta		1	1	1	1	1	1		
Gasteropoda	Ancylidae	6	6	6	6	6	6		
	Physidae	3	3	3	3	3	3		
	Hydrobiidae	3	3			3	3		
	Limnaeidae	3	3	3	3	3	3		
	Planorbidae	3	3	3	3	3	3		
Bivalvia	Sphaeriidae	3	3		3	3	3		
Amphipoda	Hyalellidae			8	6	6	6		(Salcedo, Artica, y Trama 2013)(Jacobsen 1998)
Ostracoda			3			3	3		
Hydracarina			4		4	4	3		
Ephemeroptera	Baetidae	4	4	8	4	4	4 a 5		(Roldán 1980)(Jacobsen 1998)(Salcedo, Artica, y Trama 2013)(Zúñiga, Rojas, y Mosquera 1997) (Rios et al. 2006)
	Leptophlebiidae	10	10	10	10	10	10		
	Leptohyphidae			7		7	7		
	Oligoneuridae		5	10	10	10	10	(Roldán 1980)(Zúñiga, Rojas, y Mosquera 1997)	
Odonata	Aeshnidae	8	8	6	8	6	6	(Arango y Roldán 1983)	
	Gomphidae	8	8	10	8	8	8		
	Libellulidae	8	8	6	8	6	6		

	Coenagrionidae	6	6	6	6	6	6	
	Calopterygidae	8	8	7	8	8	8	
	Polythoridae			10		10	10	
Plecoptera	Perlidae	10	10	10	10	10	10	
	Gripopterygidae				10	10	10 a 8	(Turcotte y Harper 1982)(Jacobsen 1998) (Rios et al. 2006)
Heteroptera	Veliidae		3			5	5	(Roldán y Alvares 1983)
	Gerridae		5	3		5	5	(Roldán y Alvares 1983)
	Corixidae	5	3	7	3	5	5	(Roldán y Alvares 1983)
	Notonectidae	5	3	5	3	5	5	(Roldán y Alvares 1983)
	Belostomatidae			4	4	4	4	
	Naucoridae	5	3	4		5	5	
Trichoptera	Helicopsychidae			10		10	10	(Naturales 2019)(Jacobsen 1998)
	Calamoceratidae		10	10	10	10	10	
	Odontoceridae	10	10	10		10	10	
	Leptoceridae	10	10	8	10	8	8	(Naturales 2019)(Jacobsen 1998)(Ramírez 2010)
	Polycentropodidae	7	10	8	7	8	8	(Correa, Machado, y Roldán-Pérez 1981) (Naturales 2019)
	Hydroptilidae	6	6	8	6	6	6	(Flint y Oliver 1991)
	Xiphocentronidae			8		8	8	(Jesús, Fernando, y Gladys 2010)
	Hydrobiosidae			8	7	8	8 a 6	(Naturales 2019) (Jacobsen 1998)
	Glossosomatidae		8	7	8	7	7	(Salcedo, Artica, y Trama 2013)(Jacobsen 1998)
	Hydropsychidae	5	5	5	5	5	5	
	Anomalopsychidae				10	10	10	(Jacobsen 1998)(Hozenthal y Flint 1995)
	Philopotamidae	8	8	8		8	8	(Flint y Oliver 1991)
	Limnephilidae	7	7		7	7	7	(Flint y Oliver 1982)
Lepidoptera	Pyralidae		4	4		4	4	
Coleoptera	Ptilodactylidae			10		5	5	(Salcedo, Artica, y Trama 2013)
	Lampyridae			10		5	5	

	Psephenidae			10	4	5	5	
	Scirtidae	5	3	7		5	5	
	(Helodidae)							
	Staphylinidae			6		3	3	
	Elmidae	5	5	6	5	5	5	
	Dryopidae	5	5	6	5	5	5	
	Gyrinidae	5	3	3	3	3	3	
	Dytiscidae	5	3		3	3	3	
	Hydrophilidae	3	3	3	3	3	3	
	Hydraenidae		5			5	5	
Diptera	Blepharoceridae		10	10	10	10	10	
	Simuliidae	5	5	8	5	5	5	(Salcedo, Artica, y Trama 2013)(Jacobsen 1998)(Rios et al. 2006)
	Tabanidae	5	4	4	4	4	4	
	Tipulidae		5	4	5	5	5	
	Limoniidae	4	4		4	4	4	
	Ceratopogonidae		4	4	4	4	4	
	Dixidae		4		4	4	4	
	Psychodidae		4	4	4	3	3	(Jacobsen, Rostgaard, y Vásquez 2003)(Correa, Machado, y Roldán-Pérez 1981)
	Dolichopodidae		4	4		4	4	
	Stratiomyidae		4	4	4	4	4	
	Empididae		4	4	4	4	4	
	Chironomidae	2	2	2	2	2	2	
	Culicidae		2	2	2	2	2	
	Muscidae		4	2		2	2	(Jacobsen 1998)
	Ephydriidae		2		2	2	2	
	Athericidae		10		10	10	10	
	Syrphidae		1		1	1	1	

3. Análisis de las muestras de agua en laboratorio para la obtención de los índices ABI-U

En la Figura 3, se puede apreciar el árbol de decisión propuesto por (Deléy, Márquez, García, Santillán, Rodríguez. 2017) para determinar la calidad del agua usando el ABI-U. Los valores de ABI-U tienen una calificación de 1 a 10, en donde la clase 1 corresponde a calidad de agua muy mala, clase 2 Mala, clase 3 Moderada, clase 4 Buena y clase 5 muy buena.

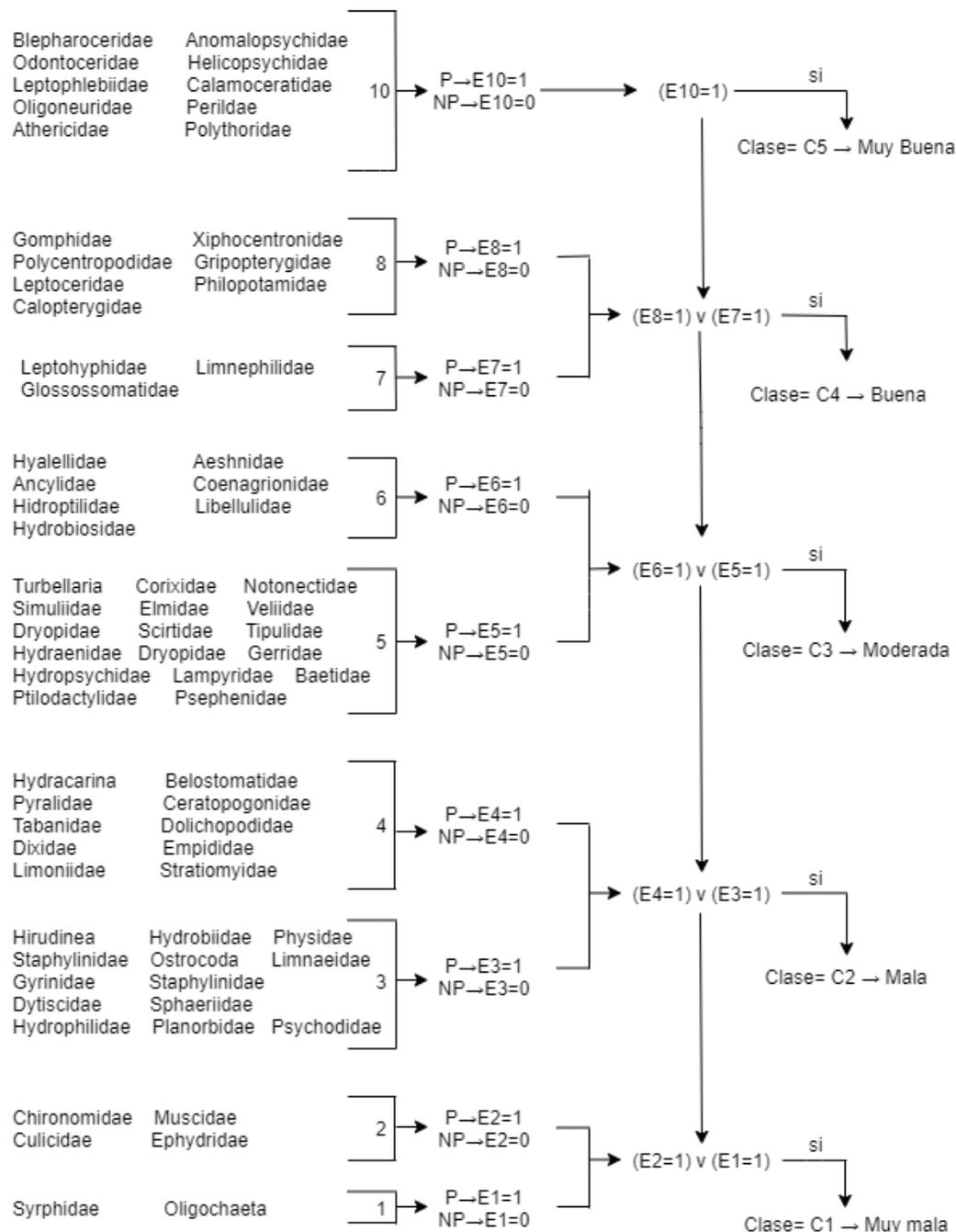


Figura 4. Árbol de decisión propuesto para determinar la calidad del agua usando el indicador ABI-U. Adaptado de Deléy, Márquez, García, Santillán y Rodríguez (2017), P significa presencia. NP representa no presencia. E es una variable auxiliar que se interpreta como existencia. El símbolo “v” se debe leer como la función lógica “O”

En la Figura 5, se muestran los resultados al aplicar el ABI-U, se puede observar que el punto CH localizado en la comunidad Chimborazo, la calidad de agua resulto ser de moderada en la época seca, buena a muy buena en la época lluviosa. La calidad de agua clasificada de moderada a muy buena significa que no tiene contaminación, el agua es clara ideal para el habitat de peces, además algo positivo en cuanto a este punto es que se encuentra en la parte alta aguas arriba de los demás puntos de muestreo. Los puntos de muestreo señalados anteriormente presentaron una calidad de agua Moderada durante los 3 muestreos. En estas zonas se observó cambios en la calidad del agua, la vegetación disminuye por la presencia del pastoreo de animales bovino y vacunos y en las comunidades de MIB se nota el cambio de habitat y de fuentes de nutrientes, lo cual altera su sensibilidad.

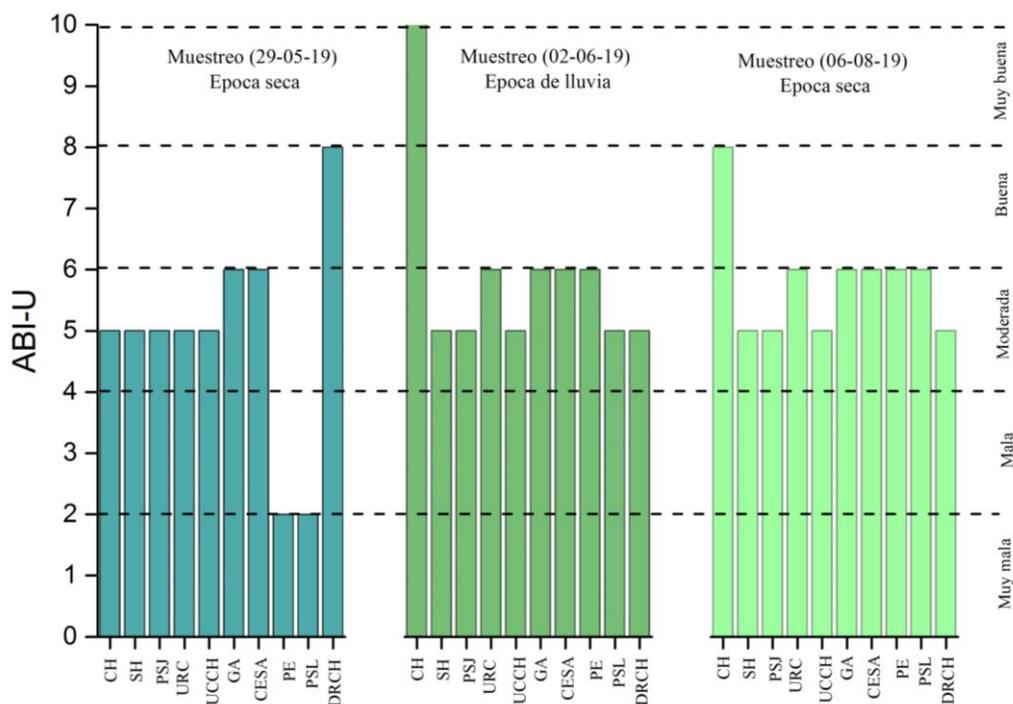


Figura 5. Resultados del índice ABI-U en las diferentes épocas y puntos de muestreo. (CH Chimborazo, SH Comunidad Shobolpamba, PSJ Parroquia San Juan, URC Unión Río Cajabamba y Río Chimborazo, UCCH Fabrica Cemento Chimborazo, GA Comunidad Gatazo, CESA Sector Puente CESA – Riobamba, PE Sector Parque Ecológico – Riobamba, PSL Parroquia San Luis, DRCH Descarga Río Chibunga a Río Chambo)

En los puntos del PE (parque Ecológico) y PSL (parroquia San Luis) la calidad del agua fue clasificada como “Muy Mala” durante la época seca y como “Moderada” durante la época de lluvia. La variación de muy mala calidad a moderada, se puede explicar por la intervención directa de las personas que botan basura, por las descargas que se encuentran más allá del punto de muestreo CH y que corresponden a la ciudad de Riobamba, en general se descargan desechos orgánicos e inorgánicos que son arrastrados hasta el siguiente punto

de muestreo provocando así daño al ecosistema de varias especies que dependen de este cauce. Para finalizar, en el último punto en la descarga del río Chibunga al río Chambo, se puede apreciar que la calidad del agua va de buena a moderada. Esto, se puede explicar por la capacidad de recuperación del río. La corriente, el caudal y el ancho del río (15 metros) hacen que el agua arrastre y golpee todo lo que encuentra a su paso, lo que le permite desarrollar resiliencia a la contaminación.

4. Comparación de los resultados obtenidos a partir del cálculo de los índices ABI, ABI-U y el ICA.

En la Figura 6, se muestran los valores numéricos de los índices ABI, ABI-U y el ICA correspondiente al muestreo en la época seca. En esta época se recolectaron 730 individuos de MIB. Se puede apreciar en la Figura 6 que en 7 de 10 puntos de muestreo existe coincidencia entre el ICA y ABI-U. Mientras que el ICA y el ABI no coincidieron en ninguno de los puntos de muestreos. Así, se puede decir que el resultado del ICA con el ABI-U es similar dando como resultado que la calidad del agua es moderada y en cuanto a los punto PE y PSL se puede observar que los resultados del ABI y ABI-U son similares y difieren del ICA, sugiriendo que la calidad del agua es muy mala en estos puntos de muestreo.

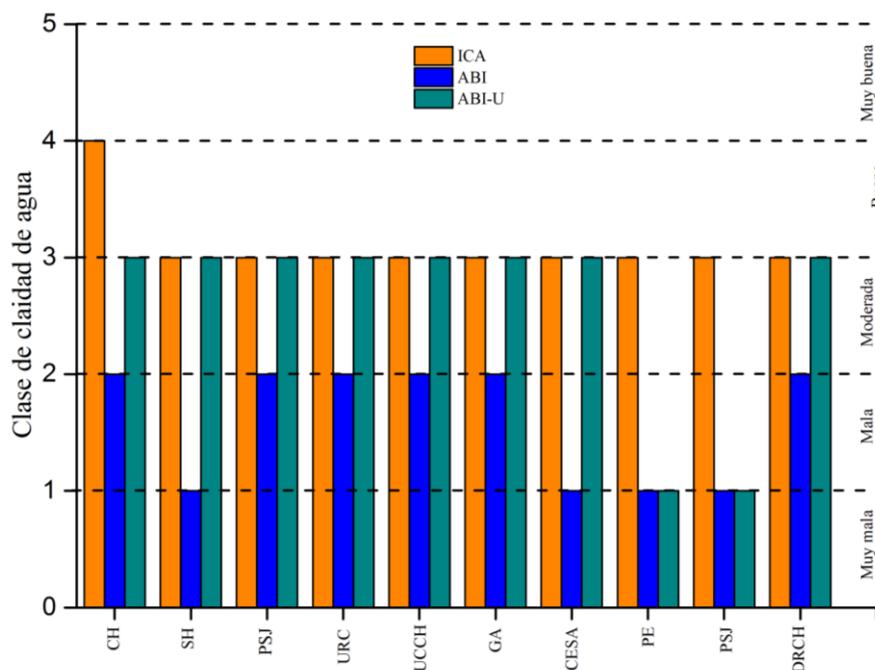


Figura 6. Resultados de los índices ICA, ABI y ABI-U (1) en los diferentes puntos de muestreo en la época diferente y en los diferentes puntos de muestreo

En la figura 7, se muestran los resultados del segundo muestreo realizado el 02-06-19 cuando comienza la época de lluvia. En este muestreo se identificaron un total de 624 individuos MIB. Se puede apreciar claramente que el ICA y el ABI-U conducen a resultados similares y sugieren que la calidad del agua es “Buena” en el punto de muestreo CH y luego desciende a “Moderada en el resto de los puntos de muestreo. Las familias identificadas en el segundo muestreo corresponden indicadores de calidad de agua “Muy buena”, predominando aquellas con valores como las Gripopterygidae, también, se identificaron MIB con valores de sensibilidad igual a 6 en el sector donde hay actividades de pastoreo vacuno y bobino dando como resultado una calidad de agua “Moderada”. En contraste el ICA y ABI no exhiben ninguna similitud en ninguno de los puntos de muestreo.

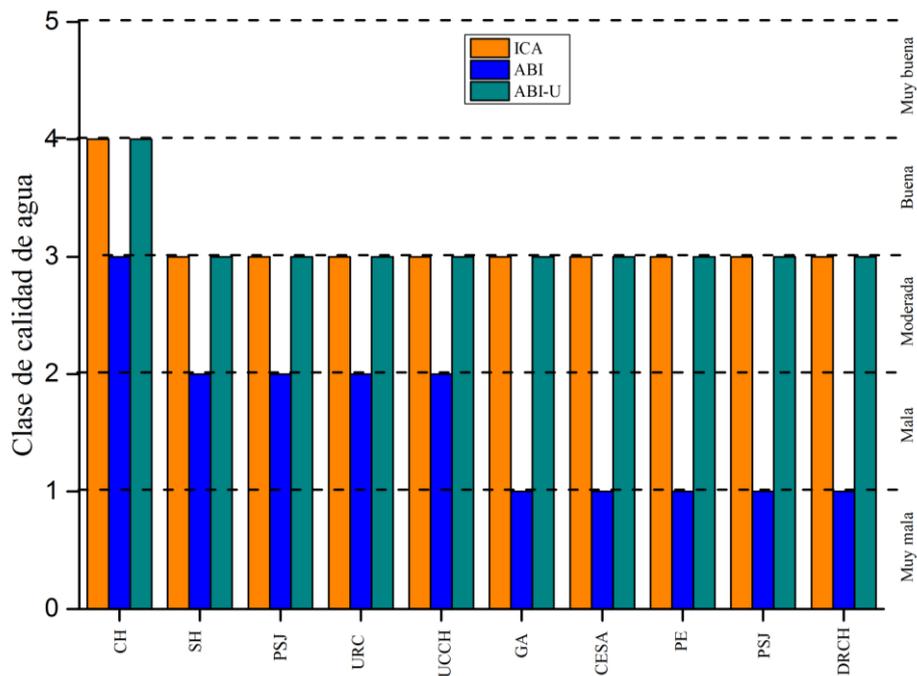


Figura 7. Resultados de los índices ICA, ABI y ABI-U (2) en los diferentes puntos de muestreo en la época diferente como en los diferentes puntos de muestreo

En la figura 8 se muestra los datos del muestreo realizado el 06-08-19 en época de lluvia. El total de individuos cuantificados fue de 802 individuos. Las familias identificadas son mayormente indicadores de calidad de agua: buena y moderada, predominando aquellas las familias Hyalellidae, Elmidae, Siimulidaegg y Baetidae, La presencia de las familias de Musidae y Chironomidae, sugiere una ligera contaminación de agua, debido a las actividades agrícolas y ganaderas que se realizan en esa época del año. En este muestreo la calificación de calidad de agua utilizando el ICA y el ABI-U mostraron coincidencia siendo calificado

de Buena calidad solo el punto correspondiente a la comunidad del Chimborazo y el resto de los puntos de calidad Moderada.

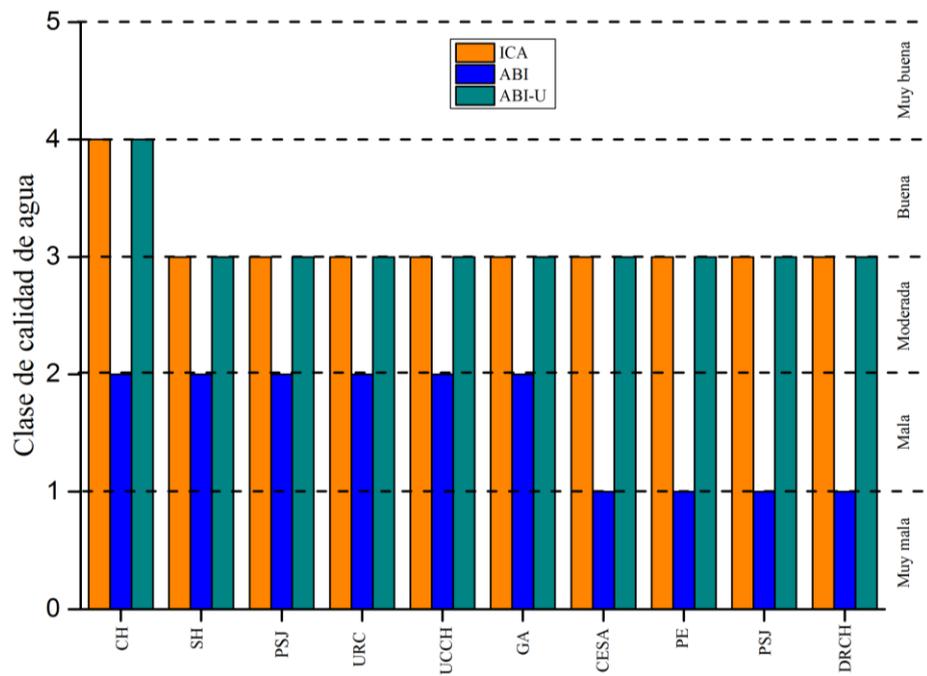


Figura 8. Resultados de los índices ICA, ABI y ABI-U (3) en los diferentes puntos de muestreo en la época diferente como en los diferentes puntos de muestreo.

CONCLUSIONES

1. EL ICA y el ABI-U en la cuenca del río Chibunga mostró que la calidad de agua en la parte alta, fue buena y muy buena, sin embargo, el ABI la califico como calidad de agua mala. En la parte media tanto el ICA como el ABI-U calificaron la calidad de agua como moderada, mientras que el ABI-U de muy mala a mala. En la parte baja el ICA y el ABI-U calificaron la calidad del agua como muy mala específicamente en el parque ecológico y la Comunidad de San Luis.
2. La disparidad de los resultados obtenidos por los diferentes índices (ICA y ABI) *no* permite tomar decisiones adecuadas respecto a la aplicación de estos indicadores en el área de estudio. Se requieren más estudios que permitan validar el uso de estos indicadores en zonas altas andinas del Ecuador. El indicador ABI-U propuesto tiene el potencial, pero se requieren más estudios para profundizar en él. Es evidente de los resultados, la necesidad de adecuar estos índices a la realidad local de la cuenca alto andinas.
3. La complejidad del problema de calificar y monitorear la calidad del agua demanda análisis no paramétrico, holísticos con variables de diferente naturaleza y el uso de algoritmos de inteligencia artificial, tales como Random Forest y Lógica Difusa Intuitiva. Estos algoritmos tienen el potencial de ofrecer una considerable disminución del tiempo de análisis y de proporcionar confiabilidad en los resultados.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la aplicación del índice ABI-U en las zonas de alto andinas ya que en esta zona este índice incluye todas las familias propias de este hábitat, mientras que el índice BMWP/Col en las zonas bajas se adapta mejor.
2. Promover el uso de la metodología propuesta ABI-U, en las cuencas hidrográficas del país, para actualizar la base datos de familias y géneros de bioindicadores y así conocer mejor los valores de tolerancia y sensibilidad de contaminación para elaborar guía de indicadores biológicos a nivel de cuenca hidrográfica.
3. Establecer un plan de manejo de esta microcuenca para su conservación incluyendo la participación de todas las poblaciones aledañas al sector y verificar su cumplimiento para la mejora de la calidad de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Raúl, Blanca Touma, Maria Rieradevall, y Narcís Prat. 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(1): 30.
- Arango, María, y Gabriel Roldán. 1983. «Odonatos inmaduros del departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales». *Actualidades Biológicas* 2: 15.
- Bhadrecha, M., Nitasha Khatri, y Sanjiv Tyagi. 2016. «Rapid integrated water quality evaluation of Mahisagar river using benthic macroinvertebrates». *Environmental Monitoring and Assessment* 188: 188-254.
- Bhuyan, Nirmal, Baidhar Sahu, y Swoyam Rout. 2014. «Assessment of Water Quality Index in Subarnarekha River Basin in and around Jharkhand Area». *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* 8: 7.
- Carrera, Carlos, y Karol Fierro. 2018. 2 Ecociencia *Macroinvertebrados acuáticos*. Quito. <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>.
- Coello, Julio et al. 2013. «Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocha-Parque Nacional Sangay-Ecuador». *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica* 16: 6.
- Correa, M, T Machado, y G Roldán-Pérez. 1981. «Taxonomía y ecología del orden Trichoptera. en el departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales». *Actualidades Biológicas* 10: 15.
- Cuéllar, Pablo et al. 2002. «Protocolo GUADALMED (PRECE)». *Limnetica* 21: 18. <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-21-2-p-187.pdf>.
- Déley, Roberto, y Patricio Santillán. 2016. 1 Universidad Nacional de Chimborazo *Macroinvertebrados bentónicos de la microcuenca Jubal, Ozogoché y Zula Parque Nacional Sangay-Ecuador*. Riobamba.
- Flint, Jr, y S Oliver. 1982. «Studies of Neotropical Caddisflies, XXX: Larvae of the Genera of South America Limnephilidae (Trichoptera)». *Smithsonian Contributions to Zoology* (355): 40.. 1991. «Studies of Neotropical Caddisflies, XLV: The Taxonomy, Phenology, and Faunistics of the Trichoptera of Antioquia, Colombia». *Smithsonian Contributions to Zoology* (520): 128.
- Hawkes, H. 1997. «Origin and development of the biological monitoring working party score system». *Water Research* 32(3): 964-68.
- Hozenthal, Ralph, y Oliver Flint. 1995. «Studies of Neotropical Caddisflies, LI: Systematics of the Neotropical Caddisfly Genus *Contulma* (Trichoptera: Anomalopsychidae)». *Smithsonian Contributions to Zoology* (575): 60.
- Jacobsen, Dean. 1998. «The effect of organic pollution on the macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams». *Archiv fur Hydrobiologie* (2): 18.
- Jacobsen, Dean, Stig Rostgaard, y Juan Vásquez. 2003. «Are macroinvertebrates in high altitude streams affected by oxygen deficiency?». *Freshwater Biology* 48(11): 9.
- Jesús, Ramos, Ramírez Fernando, y Reinoso Gladys. 2010. «DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LOS TRICÓPTEROS INMADUROS EN LA CUENCA DEL RÍO TOTARE (TOLIMA-COLOMBIA) Spatial and temporal distribution of the immature caddisflies in the Totare River basin (Tolima-Colombia)». *Caldasia* 32(1): 20. www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasia.htm.
- Karume, Katcho et al. 2016. «Hydrological Systems in the Greater Virunga Landscape: Water Quality around Mikeno Sector». *Journal of Water Resource and Protection* 8: 16.

- Nancy, Mayorga, y Carbonel Carlos. 2019. «Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga-Ecuador en variaciones estacionales, periodo 2013-2017». *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas* 21: 14.
- Naturales, Ciencias. 2019. «Riqueza y distribución de tricópteros inmaduros del departamento del Chocó, Colombia». 43: 8.
- Oram, B. 2011. «Calculating NSF Water Quality Index. Water Research Center: Monitoring the Quality of Surfacewaters,[en línea] 2014, Disponible en: [http://www. water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters](http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters)».
- Otto, W. R. 1978. *Environmental Indices: Theory and Practice*. Ann Arbor, Mi: Ann Arbor Science Publisher Inc.
- Poikane, Sandra et al. 2016. «Benthic macroinvertebrates in lake ecological assessment: A review of methods, intercalibration and practical recommendations». *Science of the Total Environment* 543: 12.
- Ramírez, María. 2010. «Flora Marina Bentónica De La Región Austral De Sudamérica Y La Antártica Benthic Marine Flora From Southern South America and Antarctica». *Anales Instituto Patagonia (Chile)* 38: 15.
- Rios, Blanca, Narcís Prat, Raúl Acosta, y Maria Rivadeneira. 2006. «LOS MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE LAS AGUAS». 3: 26.
- Roldan, G. 2003. *Biondicación de la calidad de agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Colección. ed. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.
- Roldán, Gabriel. 1980. «Estudio limnológicos de cuatro ecosistemas neotropicales diferentes con especial referencia a su fauna de efemerópteros». *Actualidades Biológicas* 9: 15.
- Roldán, Gabriel, y Fernanda Alvares. 1983. «Estudio del orden Hemiptera en el departamento de Antioquia». : 16.
- Salcedo, Stefany, Lourdes Artica, y Florencia Trama. 2013. «Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú». *Apuntes de Ciencia & Sociedad* 3: 16.
- Samboni, Natalia, Escobar Carvajal, y Juan Carlos Escobar. 2007. «Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua». *Ingeniería e Investigación* 27(3): 172-81.
- Sharifi, M. 1990. «Assessment of Surface Water Quality by an Index System in Anzali Basin». En *The Hydrological Basis for Water Resources Management*. IAHS, Beijing Symposium: IAHS Publication, 163-71.
- Touma, Blanca, Raúl Acosta, y Narcís Prat. 2014. «The Andean biotic index (ABI): Revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation». *Revista de Biología Tropical* 62: 26.
- Turcotte, P., y P. Harper. 1982. «The macro-invertebrate fauna of a small Andean stream». *Freshwater Biology* 12(5): 411-19.
- Yungán, Luis. 2010. «Estudio de la calidad de agua en los afluentes de la microcuenca del Río Blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo». *Escuela Superior Politécnica* 1: 145. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-33645547325%7B&%7DpartnerID=40%7B&%7Dmd5=5c937a0c35f8be4ce16cb392381256da>.
- Zúñiga, Maria, Maria Rojas, y Sandra Mosquera. 1997. «Biological aspects of Ephemeroptera in rivers of southwestern Colombia (South America)». *Ephemeroptera & Plecoptera: biology-ecology-systematics*: 8.

ANEXOS

Área de estudio

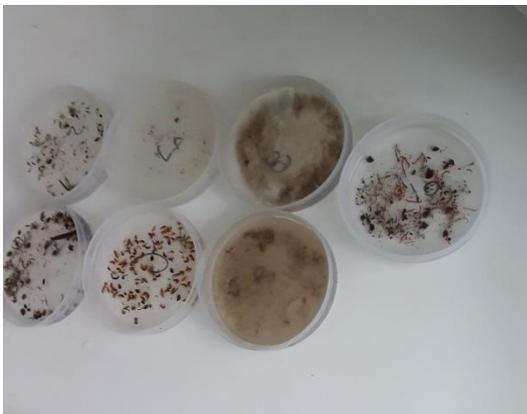


Recolección de muestra





Identificación de los bentónicos





Contaminación orgánica



Macroinvertebrados encontrados en el primer muestreo en época seca

Puntos	Clasificación	Cantidad
Punto 1	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	4
	Orden Coleoptera (Elmidae)	5
	Orden Coleoptera (Scirtidae)	5
	Orden Diptera (Chironomidae)	2
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	0

Punto 2	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	4
	Orden Diptera (Chironomidae)	2
	Orden Hirudinea (Hirudinea)	3
Punto 3	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	4
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	3
	Orden Diptera (Simuliidae)	5
	Orden Diptera (Chironomidae)	2
	Orden Diptera (Limoniidae)	4
	Orden Diptera (Empididae)	4
Punto 4	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	4
	Orden Diptera (Chironomidae)	2
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	0
	Orden Hirudinea (Hirudinea)	3
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	3
Punto 5	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	4
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	3
	Orden Diptera (Simuliidae)	5
	Orden Diptera (Chironomidae)	2
	Orden Diptera (Empididae)	4
Punto 6	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	4
	Orden Diptera (Simuliidae)	5
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	3
	Orden Amphipoda (Hyaellidae)	6
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	0
Punto 7	Orden Diptera (Chironomidae)	2
	Orden Diptera (Muscidae)	2
	Orden Amphipoda (Hyaellidae)	6
Punto 8	Orden Diptera (Chironomidae)	2
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	0
Punto 9	Orden Diptera (Chironomidae)	2
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	0
Punto 10	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	4
	Orden Diptera (Chironomidae)	2
	Orden Hirudinea (Hirudinea)	3
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	0
	Orden Coleoptera (Elmidae)	5
Orden Trichoptera (Hydrobiosidae)	6	

Macroinvertebrados encontrados en el segundo muestreo en época lluviosa

Puntos	Clasificación	Cantidad
Punto 1	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	30
	Orden Hirudinea (Hirudinea)	1
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	1
	Orden Veneroida (Sphaeriidae)	5
	Orden Diptera (Chironomidae)	15
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	1

	Orden Amphipoda (Hyallorellidae)	10
	Orden Trombidiformes (Hydracarina)	1
	Orden Tricladia (Planariidae)	5
	Orden Plecoptera (Gripopterygidae)	1
	Orden Coleoptera (Elmidae)	6
	Orden Trichoptera (Hydrobiosidae)	5
Punto 2	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	37
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	69
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	35
	Orden Tricladia (Planariidae)	13
	Orden Hirudinea (Hirudinea)	1
	Orden Diptera (Simuliidae)	4
	Orden Diptera (Chironomidae)	31
Punto 3	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	36
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	24
	Orden Diptera (Chironomidae)	2
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	9
	Orden Diptera (Simuliidae)	3
Punto 4	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	29
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	13
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	2
	Orden Tricladia (Planariidae)	4
	Orden Diptera (Chironomidae)	9
	Orden Amphipoda (Hyallorellidae)	1
Punto 5	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	17
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	6
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	7
	Orden Diptera (Chironomidae)	10
	Orden Tricladia (Planariidae)	1
Punto 6	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	41
	Orden Amphipoda (Hyallorellidae)	69
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	2
Punto 7	Orden Amphipoda (Hyallorellidae)	9
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	1

	Orden Diptera (Chironomidae)	4
Punto 8	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	2
	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	2
	Orden Amphipoda (Hyalellidae)	2
Punto 9	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	12
	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	1
	Orden Diptera (Chironomidae)	1
Punto 10	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	8
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	7
	Orden Diptera (Chironomidae)	13
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	6

Macroinvertebrados encontrados en el el tercer muestreo en época seca

Puntos	Clasificación	Cantidad
Punto 1	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	11
	Orden Tricladida (planariidae)	3
	Orden Diptera (Chironomidae)	35
	Orden Amphipoda (Hyalellidae)	12
	Orden Coleoptera (Elmidae)	1
	Orden Trichoptera (Hydrobiosidae)	2
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	4
Punto 2	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	30
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	24
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	30
	Orden Hirudinea (Hirudinea)	6
	Orden Diptera (Chironomidae)	23
Punto 3	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	14
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	31
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	26
	Orden Diptera (Chironomidae)	8
	Orden Hirudinea (Hirudinea)	2
	Orden Diptera (Simuliidae)	26
Punto 4	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	4
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	54
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	6
	Orden Diptera (Chironomidae)	75
	Orden Tricladida (planariidae)	5
	Orden Amphipoda (Hyalellidae)	2
Punto 5	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	72
	Orden Oligochaeta (Haplotáxida)	3
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	9
	Orden Diptera (Chironomidae)	47
	Orden Diptera (Simuliidae)	3

	Orden Diptera (Tipulidae)	1
Punto 6	Orden Amphipoda (Hyalloellidae)	115
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	11
	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	3
	Orden Diptera (Chironomidae)	10
	Orden Tricladida (Planariidae)	2
	Orden Oligochaeta (Haplotaxida)	1
Punto 7	Orden Amphipoda (Hyalloellidae)	5
Punto 8	Orden Amphipoda (Hyalloellidae)	2
	Orden Oligochaeta (Haplotaxida)	2
Punto 9	Orden Oligochaeta (Haplotaxida)	3
	Orden Amphipoda (Hyalloellidae)	2
	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	1
Punto 10	Orden Oligochaeta (Haplotaxida)	39
	Orden Ephemeroptera (Baetidae)	18
	Orden Hygrophila (Lymnaeidae)	18
	Orden Diptera (Simuliidae)	1