



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO  
DE RIESGOS NATURALES**

**VARIABLES HIDROMORFOLÓGICAS Y QUÍMICAS EN LA  
DETERMINACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO  
TUNGURAHUA UBICADO EN EL PARQUE NACIONAL  
COTOPAXI**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

**LORENA SUSANA AYALA ESPINOZA**

**DIRECTOR: MSC. ALEXANDRA ENDARA**

**Quito, noviembre 2017**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2017  
Reservados todos los derechos de reproducción

# FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1725211963
<b>APELLIDO Y NOMBRES:</b>	Ayala Lorena Susana
<b>DIRECCIÓN:</b>	Toronjas y Hortensias
<b>EMAIL:</b>	lorenasayala@hotmail.com
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	3261172
<b>TELÉFONO MOVIL:</b>	0981595762

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	Variables hidromorfológicas y químicas en la determinación de macroinvertebrados en el río Tungurahua ubicado en el Parque Nacional Cotopaxi
<b>AUTOR O AUTORES:</b>	Lorena Ayala
<b>FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:</b>	2017-11-07
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:</b>	MSc. Alexandra Endara
<b>PROGRAMA</b>	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales
<b>RESUMEN: Mínimo 250 palabras</b>	<p>Los ecosistemas fluviales alto andinos se originan en los páramos, y son la fuente principal de agua para la ciudad de Quito. Por esta razón la protección de estos ecosistemas no es solo una necesidad ecológica sino también social. El objetivo principal de este estudio fue determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos e integridad ecológica. Se evaluó la calidad del río Tungurahua ubicado en una zona de amortiguamiento cerca del Parque Nacional Cotopaxi, mediante la caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en el mismo. Se realizaron tres muestreos en época lluviosa (abril) y tres en época seca (agosto), en diferentes coordenadas georeferenciadas a lo largo del</p>

río, utilizando técnicas de recolección in situ para luego analizarlos en laboratorio. Para determinar la calidad del agua se midieron variables hidromorfológicas y químicas, utilizando los índices de: Shannon-Weaver, BMWP/Col, Biótico Andino (ABI), de abundancia EPT (familia Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) y de Sensibilidad para macroinvertebrados, los cuales arrojaron resultados similares indicando que la calidad del río es mala, y necesita una intervención inmediata debido a la presencia de tres contaminaciones: restos orgánicos de alpacas, excremento de conejos y contaminación antropogénica (presencia de infraestructura) que se encuentran a lo largo del río en los tres puntos de muestreo. Además se hizo un análisis de la vegetación de ribera para confirmar el buen estado de ésta mediante la aplicación del Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR). De acuerdo a este estudio se recomienda realizar monitoreos constantes tomando en cuenta todos los elementos colindantes al río.

**PALABRAS CLAVES:**

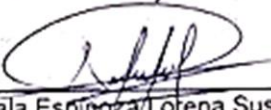
Ecosistemas fluviales altoandinos, macroinvertebrados acuáticos, variables hidromorfológicas, Índice Biótico Andino (ABI), Calidad de Bosque de Ribera (QBR).

**ABSTRACT:**

High Andean river originated in Paramos, are a source of water to Quito. For this reason the protection of these ecosystems is not only an ecological but also a social necessity. The main objective of this study was to determine the diversity of aquatic macroinvertebrates and their ecological integrity. We evaluated the quality of Tungurahua River that is located in the damping buffer zone near the Cotopaxi National Park. The study characterized the community of aquatic macroinvertebrates present in it. Three samplings were carried out in the rainy (April) and wet (August) seasons. In this research we georeferenced three coordinates along the river. In order to determine the water quality, hydromorphological and chemical variables were measured the following indexes: Shannon-Weaver, BMWP / Col, Andean Biotic (ABI), EPT abundance (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera family) and Sensitivity for macroinvertebrates which showed similar results, indicating that

<b>KEYWORDS</b>	the quality of the river is poor and requires immediate intervention. We found the presence of three contaminations: alpacas and rabbit excrement and anthropogenic contamination due a presence of infrastructure. In addition, we analyzed the riparian vegetation to confirm the condition of it. The Riparian Forest Quality Index (QBR) was measured indicating a good quality of forest. According to this study it is recommended to take a constant monitoring of the river.
	High Andean river ecosystems, aquatic macroinvertebrates, hydromorphological variables, Andean Biotic Index (ABI), Riparian Forest Quality (QBR).

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.


f.   
Ayala Espinoza Lorena Susana  
1725211963

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **AYALA ESPINOZA LORENA SUSANA**, CI 1725211963 autora del proyecto titulado: **Variables hidromorfológicas y químicas en la determinación de macroinvertebrados en el río Tungurahua ubicado en el Parque Nacional Cotopaxi** previo a la obtención del título de **GRADO ACADÉMICO COMO APARECE EN EL CERTIFICADO DE EGRESAMIENTO** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

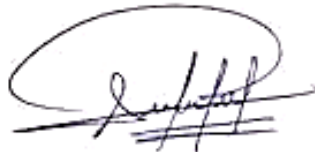
Quito, 07 de noviembre de 2017

f.   
AYALA ESPINOZA LORENA SUSANA  
1725211963

# DECLARACIÓN

Yo **LORENA SUSANA AYALA ESPINOZA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



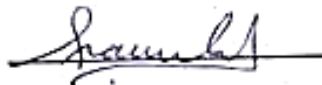
---

Lorena Susana Ayala Espinoza

C.I. 1725211963

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “Variables hidromorfológicas y químicas en la determinación de macroinvertebrados en el río Tungurahua ubicado en el Parque Nacional Cotopaxi”, que, para aspirar al título de **GRADO ACADÉMICO COMO APARECE EN EL CERTIFICADO DE EGRESAMIENTO** fue desarrollado por **LORENA SUSANA AYALA ESPINOZA**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



MSc. Alexandra Endara

**DIRECTORA DEL TRABAJO**

C.I. 1711000388



## DEDICATORIA

A Dios, a mis padres y a mis hermanos Adriana, Diego y Fernando que han sido un gran apoyo en mi vida y un ejemplo de lucha, una gran admiración hacia ustedes, he aprendido de su perseverancia, su paciencia, su humildad, su fortaleza, su esfuerzo, su alegría y su capacidad de amar y apoyar a los demás, les dedico este logro y a toda mi familia por su sacrificio y su apoyo incondicional.

Dedico este logro a mi sobrinita que está en camino y que sé que me hará infinitamente feliz con su dulzura.

Dedico también a aquellas personas que se hicieron presentes en mi vida dejando un pedacito de enseñanza, y que gracias a esas enseñanzas he ganado sabiduría y si he llegado hasta donde estoy y que tengo lo que tengo es por esos valores que no necesitan público, me refiero a la perseverancia, el esfuerzo y sacrificio, porque el auténtico éxito es ser feliz con las personas que amo y sentirme orgullosa de mi misma por todo lo que he logrado.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios a mi ser por ser mi guía y mi acompañante en todos los momentos de mi vida, por ser mi protección y mi apoyo en momentos alegres y tristes.

A mis papás Walter y Susana, por darme la vida, por enseñarme a luchar y no decaer en momentos difíciles, gracias por su amor incondicional, por sus grandes esfuerzos y su sacrificio, un ejemplo sin duda a seguir, gracias por ser mis padres, mi mayor pilar y mi gran inspiración para terminar uno de mis escalones de vida.

A mis hermanos Adriana, Diego y Fernando por su amor, por sus alegrías, por sus charlas, por sus experiencias de vida y sobre todo por el apoyo absoluto que me han brindado, no cabe duda de que soy afortunada por tener hermanos como ustedes.

Gracias a toda mi familia que sin duda han aportado para que ahora pueda lograr una de mis metas.

Gracias a mis amigos que con sus consejos y apoyo lograron sembrar en mi vida, una gran admiración hacia ellos. Gracias aquellas personas que sin duda marcaron mi vida y se ganaron un espacio en mi corazón.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	7
2.1. ÁREA DE ESTUDIO .....	8
2.2. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO .....	9
2.3. METODOLOGÍA PARA MONITOREAR MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS .....	9
2.4. ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS .....	11
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	15
3.1. RESULTADOS .....	16
3.2. ÉPOCA LLUVIOSA.....	16
3.3. ÉPOCA SECA .....	31
3.4. COMPARACIÓN ÉPOCA LLUVIOSA Y ÉPOCA SECA.....	45
3.5. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E HIDROMORFOLÓGICOS .....	50
3.6. DISCUSIÓN.....	53
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	55
4.1. CONCLUSIONES.....	56
4.2. RECOMENDACIONES.....	57
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	58
<b>6. ANEXOS</b> .....	64

# ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
<b>Tabla 1.</b> Datos de los puntos de muestreo .....	9
<b>Tabla 2.</b> Equipos y materiales necesarios para el muestreo.....	10
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de la calidad del agua de acuerdo a los valores del índice de Shannon.Weaver (H').....	12
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de la calidad del agua de acuerdo a valores de BMWP/Col.....	13
<b>Tabla 5.</b> Primer punto de muestreo Índice de Shannon-Weaver, época lluviosa .....	16
<b>Tabla 6.</b> Segundo punto de muestreo Índice de Shannon-Weaver, época lluviosa .....	17
<b>Tabla 7.</b> Tercer punto de muestreo Índice de Shannon-Weaver, época lluviosa .....	17
<b>Tabla 8.</b> Primer punto de muestreo, Índice BMWP/Col, época lluviosa .....	19
<b>Tabla 9.</b> Segundo punto de muestreo, Índice BMWP/Col, época lluviosa....	19
<b>Tabla 10.</b> Tercer punto de muestreo, Índice BMWP/Col, época lluviosa.....	20
<b>Tabla 11.</b> Primer punto de muestreo, ABI, época lluviosa .....	22
<b>Tabla 12.</b> Segundo punto de muestreo, ABI, época lluviosa.....	22
<b>Tabla 13.</b> Tercer punto de muestreo, ABI, época lluviosa.....	23
<b>Tabla 14.</b> Primer punto de muestreo, Índice EPT, época lluviosa .....	25
<b>Tabla 15.</b> Segundo punto de muestreo, Índice EPT, época lluviosa .....	26
<b>Tabla 16.</b> Tercer punto de muestreo, Índice EPT, época lluviosa .....	26
<b>Tabla 17.</b> Primer punto de muestreo Índice de Sensibilidad, época lluviosa	28
<b>Tabla 18.</b> Segundo punto de muestreo Índice de Sensibilidad, época lluviosa .....	28
<b>Tabla 19.</b> Tercer punto de muestreo Índice de Sensibilidad, época lluviosa	29
<b>Tabla 20.</b> Tabla comparativa de los Índices y sus resultados. ....	30
<b>Tabla 21.</b> Primer punto de muestreo Índice de Shannon-Weaver, época seca .....	31
<b>Tabla 22.</b> Segundo punto de muestreo Índice de Shannon-Weaver, época seca.....	32
<b>Tabla 23.</b> Tercer punto de muestreo Índice de Shannon-Weaver, época seca .....	32
<b>Tabla 24.</b> Primer punto de muestreo, Índice BMWP/Col. Época seca .....	34
<b>Tabla 25.</b> Segundo punto de muestreo, Índice BMWP/Col, época seca .....	34
<b>Tabla 26.</b> Tercer punto de muestreo, Índice BMWP/Col, época seca .....	35
<b>Tabla 27.</b> Primer punto de muestreo. ABI, época seca.....	36
<b>Tabla 28.</b> Segundo punto de muestreo, ABI, época seca .....	37
<b>Tabla 29.</b> Tercer punto de muestreo, ABI, época seca .....	38
<b>Tabla 30.</b> Primer punto de muestreo, Índice EPT, época seca .....	39

<b>Tabla 31.</b> Segundo punto de muestreo, índice EPT, época seca .....	40
<b>Tabla 32.</b> Tercer punto de muestreo, Índice EPT, época seca .....	41
<b>Tabla 33.</b> Primer punto de muestreo, Índice de Sensibilidad época seca ....	42
<b>Tabla 34.</b> Segundo punto de muestreo, Índice de Sensibilidad, época seca	43
<b>Tabla 35.</b> Tercer punto de muestreo, Índice de Sensibilidad, época seca ...	44
<b>Tabla 36.</b> Tabla comparativa de los Índices y sus resultados .....	45
<b>Tabla 37.</b> Parámetros Químicos, físicos e hidromorfológicos tomados en las dos épocas del año.....	51
<b>Tabla 38.</b> Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR).....	51
<b>Tabla 39.</b> Clases de Estado Ecológico según ABI en Ecuador .....	52

# ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
<b>Figura 1.</b> Mapa de lugar de estudio Río Tungurahua .....	8
<b>Figura 2.</b> Comportamiento de los resultados obtenidos para el índice de Shannon-Weaver en época lluviosa .....	18
<b>Figura 3.</b> Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice BMWP/Col, época lluviosa.....	21
<b>Figura 4.</b> Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice Biótico Andino, época lluviosa .....	24
<b>Figura 5.</b> Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice EPT, época lluviosa .....	27
<b>Figura 6:</b> Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice de Sensibilidad, época lluviosa .....	30
<b>Figura 7.</b> Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice de Shannon-Weaver, en época seca.....	33
<b>Figura 8.</b> Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice BMWP/Col, época seca .....	36
<b>Figura 9.</b> Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice Biótico Andino, época seca .....	38
<b>Figura 10.</b> Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice EPT, época seca .....	42
<b>Figura 11.</b> Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice de Sensibilidad, época seca .....	44
<b>Figura 12.</b> Riqueza en los puntos de muestreo en las dos épocas (lluviosa y seca).....	46
<b>Figura 13.</b> Abundancia en los puntos de muestreo en las dos épocas (lluviosa y seca) .....	47
<b>Figura 14.</b> Comparación de resultados, Índice de Shannon-Weaver, época lluviosa y seca .....	47
<b>Figura 15.</b> Comparación de los resultados, Índice BMWP/Col, época lluviosa y seca. ....	48
<b>Figura 16.</b> Comparación de resultados del Índice Biótico Andino, época lluviosa y seca .....	49
<b>Figura 17.</b> Comparación de resultados del Índice de Abundancia EPT, época lluviosa y seca. ....	49
<b>Figura 18.</b> Comparación de resultados del Índice de Sensibilidad, época lluviosa y seca. ....	50

## ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
<b>Anexo 1.</b> Mapa General y local del lugar de estudio .....	65
<b>Anexo 2.</b> Puntos asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados para la obtención del BMWP/Col (Roldán, 2013) .....	66
<b>Anexo 3.</b> Índice Biótico Andino (Acosta et al., 2009) .....	67
<b>Anexo 4.</b> Índice EPT (Carrera & Fierro, 2001).....	68
<b>Anexo 5.</b> Índice de Sensibilidad como se calcula (Carrera & Fierro, 2001) .	69
<b>Anexo 6.</b> Vegetación de ribera presente en el Río Tungurahua (Ayala, 2017) .....	70
<b>Anexo 7.</b> Puntuación Índice QBR (Agència Catalana de l'Aigua, 2006) .....	71
<b>Anexo 8.</b> Salida de las instalaciones del FONAG.....	71
<b>Anexo 9.</b> Salida del reconocimiento del lugar, fecha 24 de abril de 2017 ....	71
<b>Anexo 10.</b> Toma de muestras punto 1 (época lluviosa), técnica surber, salida 25 de abril de 2017 .....	72
<b>Anexo 11.</b> Toma de muestras punto 1 (época lluviosa), técnica manual, salida 25 de abril de 2017 .....	72
<b>Anexo 12.</b> Toma de muestras punto 2 (época lluviosa), técnica manual, salida 25 de abril de 2017 .....	73
<b>Anexo 13.</b> Toma de muestras punto 3 (época lluviosa), técnica manual (izquierda) y técnica surber (derecha), salida 25 de abril del 2017 .....	73
<b>Anexo 14.</b> Toma de parámetros físicos y químicos .....	74
<b>Anexo 15.</b> Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio de la Universidad tecnológica equinoccial .....	74

## RESUMEN

Los ecosistemas fluviales alto andinos se originan en los páramos, y son la fuente principal de agua para la ciudad de Quito. Por esta razón la protección de estos ecosistemas no es solo una necesidad ecológica sino también social. El objetivo principal de este estudio fue determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos e integridad ecológica. Se evaluó la calidad del río Tungurahua ubicado en una zona de amortiguamiento cerca del Parque Nacional Cotopaxi, mediante la caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en el mismo. Se realizaron tres muestreos en época lluviosa (abril) y tres en época seca (agosto), en diferentes coordenadas georeferenciadas a lo largo del río, utilizando técnicas de recolección in situ para luego analizarlos en laboratorio. Para determinar la calidad del agua se midieron variables hidromorfológicas y químicas, utilizando los índices de: Shannon-Weaver, BMWP/Col, Biótico Andino (ABI), de abundancia EPT (familia Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) y de Sensibilidad para macroinvertebrados, los cuales arrojaron resultados similares indicando que la calidad del río es mala, y necesita una intervención inmediata debido a la presencia de tres contaminaciones: restos orgánicos de alpacas, excremento de conejos y contaminación antropogénica (presencia de infraestructura) que se encuentran a lo largo del río en los tres puntos de muestreo. Además se hizo un análisis de la vegetación de ribera para confirmar el buen estado de ésta mediante la aplicación del Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR). De acuerdo a este estudio se recomienda realizar monitoreos constantes tomando en cuenta todos los elementos colindantes al río.

**Palabras clave:** Ecosistemas fluviales altoandinos, macroinvertebrados acuáticos, variables hidromorfológicas, Índice Biótico Andino (ABI), Calidad de Bosque de Ribera (QBR).



## ABSTRACT

High Andean river originated in Paramos, are a source of water to Quito. For this reason the protection of these ecosystems is not only an ecological but also a social necessity. The main objective of this study was to determine the diversity of aquatic macroinvertebrates and their ecological integrity. We evaluated the quality of Tungurahua River that is located in the damping buffer zone near the Cotopaxi National Park. The study characterized the community of aquatic macroinvertebrates present in it. Three samplings were carried out in the rainy (April) and wet (August) seasons. In this research we georeferenced three coordinates along the river. In order to determine the water quality, hydromorphological and chemical variables were measured the following indexes: Shannon-Weaver, BMWP / Col, Andean Biotic (ABI), EPT abundance (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera family) and Sensitivity for macroinvertebrates which showed similar results, indicating that the quality of the river is poor and requires immediate intervention. We found the presence of three contaminations: alpacas and rabbit excrement and anthropogenic contamination due a presence of infrastructure. In addition, we analyzed the riparian vegetation to confirm the condition of it. The Riparian Forest Quality Index (QBR) was measured indicating a good quality of forest. According to this study it is recommended to take a constant monitoring of the river.

**Key words:** High Andean river ecosystems, aquatic macroinvertebrates, hydromorphological variables, Andean Biotic Index (ABI), Riparian Forest Quality (QBR).

## **1. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

La cordillera de los Andes atraviesa el continente sudamericano de norte a sur y es considerada como una zona donde se concentran una alta heterogeneidad ambiental y una elevada diversidad biológica (Young, 2011). La elevada altitud y complejidad fisiográfica de esta cadena montañosa influye en la circulación del aire y condicionan el clima, (Emck *et al.*, 2006; Young, 2011), lo que influye de forma importante los regímenes hidrológicos de sus ríos, (Montgomery *et al.*, 2001; Argollo, 2006).

Estas particularidades de la zona andina explican la complejidad ecosistemática existente. Con respecto a los ecosistemas fluviales, si bien los estudios realizados son escasos, los datos publicados indican que los ríos alto andinos son muy variables y muestran fluctuaciones importantes en sus características físicas y químicas como (caudal, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, pH) (González *et al.*, 2004; Jacobsen, 2004; Jacobsen & Brodersen, 2008). El fuerte gradiente altitudinal de los Andes se ha señalado como el factor más importante y determinante de la variabilidad de las características físicas y químicas de los ríos alto-andinos, (Jacobsen *et al.*, 1997; Carrera & Gunkel, 2003).

Por otro lado el sector páramo se distribuye en un callejón casi interrumpido sobre la línea de bosques de las cordilleras oriental y occidental de los andes (Villegas & Tene, 2013) sobre los 3700 y 3400 msnm respectivamente ubicándose originalmente en los pisos montano alto superior y subnival y excepcionalmente en el piso montano alto. Se estima que los ecosistemas de este sector ocupan un área total de 14876 km<sup>2</sup> (5.94 % del territorio nacional), (Villegas & Tene, 2013).

Los páramos son ecosistemas frágiles y se pueden ver muy afectados por presiones, como la modificación del uso del suelo y cobertura vegetal, presiones que se han demostrado, resultan en efectos negativos sobre la calidad de agua y el flujo de los ríos (De la Paz, 2012).

Los sistemas acuáticos más vulnerables de los Andes tropicales son probablemente los alto-andinos, que podrían servir como indicadores altamente sensibles frente al cambio climático. Al alterarse los patrones de distribución altitudinal de las especies, los límites inferiores de los organismos adaptados a las bajas temperaturas podrían trasladarse cientos de metros hacia arriba. El incremento de la temperatura y los cambios en el régimen hidrológico de los ríos causados por los cambios en la precipitación y en el retroceso de los glaciares afectarán el proceso clave y las características del hábitat, los ciclos de vida, los ensamblajes de las comunidades, el

procesamiento de la materia orgánica y la producción primaria (Maldonado *et al.*, 2012).

Los sistemas acuáticos andinos y su biodiversidad son probablemente los ambientes con menor atención que han recibido en los Andes tropicales. El conocimiento se limita a estudios puntuales y diferenciados sobre distintos sistemas y grupos de organismos acuáticos. Los sistemas acuáticos andinos incluyen una extensa gama de ambientes desde grandes lagos, lagunas de diversos orígenes y características, ríos que representan las cabeceras de las cuencas más grandes de América del Sur, extensos humedales asociados y sistemas extremos como salares y manantiales geométricos (Maldonado *et al.*, 2012).

Los ecosistemas fluviales alto-andinos son particularmente importantes para los sectores rurales y urbanos, siendo las principales fuentes de suministro de agua (Acosta *et al.*, 2009). Los ríos representan la principal fuente de agua para consumo humano, agricultura y otras actividades industriales. Suponen una fuente importante de alimento y muchos de ellos son utilizados como sistemas de transporte, pero sobre todo son un componente esencial de nuestro patrimonio natural y cultural, (Ladrera, 2012).

Es así que los sistemas de agua dulce (lénticos y lóticos) más que ningún otro ecosistema son sensibles a modificaciones antrópicas. A través de los años estos sistemas han sido usados como depósitos de desechos, cuya consecuencia principal ha sido la desaparición o reducción de manera sustancial de algunas especies que conforman las comunidades bióticas. Dentro de estas comunidades, se encuentran los macroinvertebrados bentónicos, representados por un gran número de especies que realizan interacciones biológicas importantes (Lozano, 2005).

La importancia de conocer la variabilidad de los factores hidromorfológicos y químicos de los ríos radica en la influencia de estos sobre la biodiversidad a diferentes niveles espaciales y la falta de este conocimiento dificulta la identificación de los patrones de distribución de los organismos. (Villamarín, Prat & Rieradevall, 2014).

Ambientalmente la integridad biótica es la capacidad de un ecosistema para apoyar y mantener la composición de la comunidad en relación con las condiciones ambientales de una región. Por lo tanto se aplican bioensayos o biomonitoreos utilizando macroinvertebrados bentónicos para evaluar las condiciones de calidad del agua en los ríos, además de la condición hidromorfológica alterada por prácticas de uso de la tierra pobres en las cuencas hidrográficas. Es así que, los bioensayos incluyendo los bioindicadores son buenos medios para definir el estado de integridad biótica de un ecosistema acuático. (Damanik *et al.*, 2016)

El objetivo principal de este estudio fue determinar la calidad de agua e integridad biológica del río Tungurahua, mediante la presencia de macroinvertebrados bentónicos, con el fin de determinar estrategias de conservación del cauce. Los objetivos específicos fueron identificar los efectos positivos y negativos producidos por las variables hidromorfológicas y químicas en la integridad de macroinvertebrados e interpretar el estado de conservación actual del cauce.

Este estudio estableció una línea base en los lugares seleccionados del río. Se realizó un monitoreo que envuelve todos los componentes que influyen en la calidad del agua. El monitoreo de variables hidromorfológicas y químicas es muy útil, ya que muestra las condiciones puntuales del río y detalla variaciones precisas, de todas estas variaciones. Las cuales pueden ser esporádicas y no reflejar el estado de la calidad del agua a lo largo del tiempo (De la Paz, 2012). Es por esto que el monitoreo biológico o biomonitoreo, que utiliza indicadores biológicos para determinar la calidad de agua, es complementario y muy importante para la evaluación de la calidad de agua. Los bioindicadores tienen una alta habilidad para proporcionar información y facilitar el diagnóstico de los componentes que condicionan el estado del río (Beauchard *et al.*, 2003). Esto es debido a que “absorben” toda la variedad de factores que se presentan a lo largo del tiempo y que resultan en el estado actual de su presencia en el medio (De la Paz, 2012).

## **2. METODOLOGÍA**

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se ejecutó dentro de las áreas de influencia del Fondo para la Protección del Agua (FONAG) que cubren ciertas zonas alto-andinas (sobre los 2800 msnm) que se caracterizan por estar en gradientes montañosos. Algunas áreas están dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) o en sus respectivas zonas de amortiguamiento (De la Paz, 2012). El estudio se condujo en la zona nororiental de la Cordillera de los Andes en la provincias de Cotopaxi, Napo y Pichincha (Pazmiño, 2011). El sitio de influencia del FONAG fue el río Tungurahua que se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento cerca del Parque Nacional Cotopaxi que está ubicado geográficamente en las provincias de Cotopaxi, Napo y Pichincha; con una extensión de 33 393 ha. Podemos citar como referencias bases para sus límites las líneas rectas que vienen desde los volcanes Cotopaxi y Rumiñahui al Occidente; al Norte desde el volcán Rumiñahui hasta las riberas del río Pita, constituyendo este río como el único límite natural del Parque en sus estribaciones Nororientales. (Jácome, 2009). Figura 1.

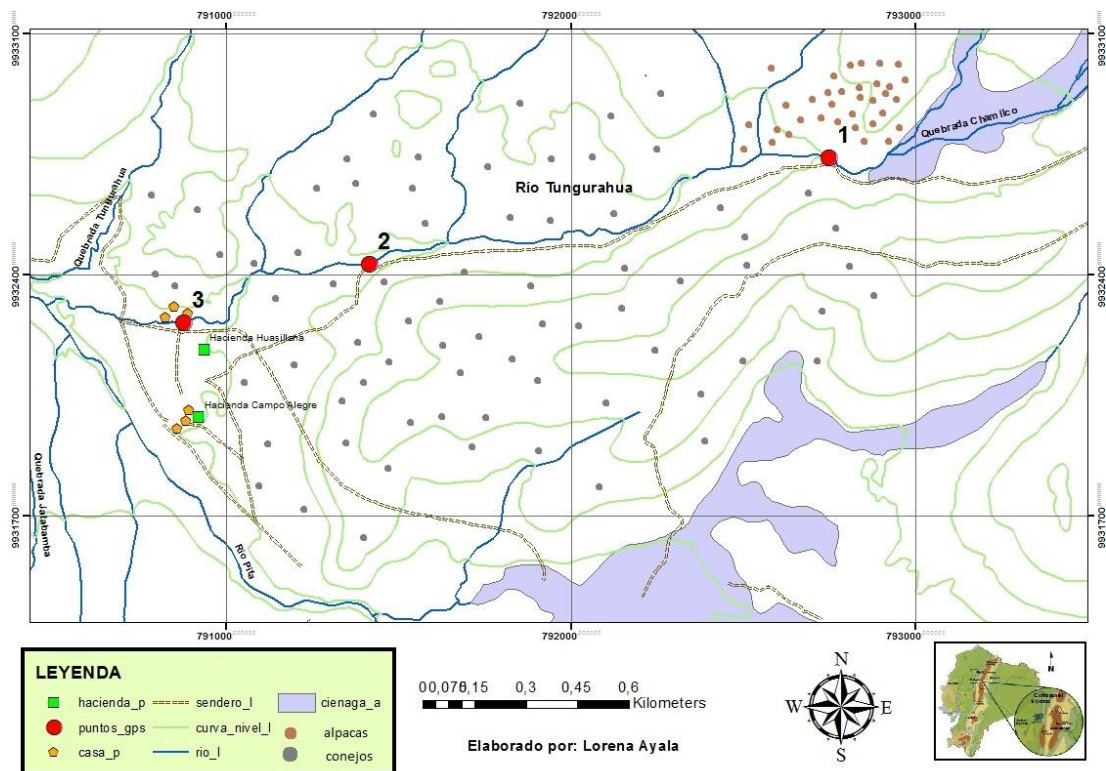


Figura 1. Mapa de lugar de estudio Río Tungurahua

## 2.2. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Previamente a la selección de puntos de muestreo se realizó el reconocimiento de la cuenca. El propósito de este recorrido fue conocer el uso que se da a la tierra que rodea al río y los problemas de contaminación que ocurren en el lugar (Carrera & Fierro, 2001).

Los criterios de selección para estandarizar las muestras fueron los siguientes: que el rango de diferencia altitudinal entre punto de muestreo no sobrepase los 20 msnm, se intentó tomar puntos representativos sin particularidades o con pronunciadas alteraciones antropogénicas y que fueron de fácil acceso. Las coordenadas de los puntos de muestreo se exponen en la Tabla 1. Para determinar la calidad del agua e integridad biológica se muestrearon parámetros biológicos e hidromorfológicos a más del biomonitoreo con macroinvertebrados bentónicos tanto en época seca como en época lluviosa.

**Tabla 1.** Datos de los puntos de muestreo

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Coordenadas X</b>	<b>Coordenadas Y</b>	<b>Altitud</b>
1	17M 792749	UTM 9932739	3970 msnm
2	17M 791417	UTM 9932429	3884 msnm
3	17M 790877	UTM 9932259	3869 msnm

Es importante mencionar que cerca de la toma de muestras de los puntos es donde generalmente las tierras fueron utilizadas para realizar diferentes actividades como crianza de alpacas (durante 20 años) y amaestramiento de caballos, lo que produce contaminación principalmente de basura. Además que posee una gran cantidad de conejos silvestres.

## 2.3. METODOLOGÍA PARA MONITOREAR MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

### **Materiales y equipos**

Previo a la salida de campo para realizar los muestreos fue necesario efectuar los preparativos de los equipos y materiales necesarios, los cuales se describen en la Tabla 2.



**Tabla 2.** Equipos y materiales necesarios para el muestreo

<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>
GPS	Libreta de campo
Red Surber	Lápiz
Estéreo-microscopio	Tijeras
Lámpara	Coladores metálicos
	Bandejas de hierro enlozado
	Fundas ziploc (30 fundas)
	Pinzas de relojero
	Marcador permanente
	Frascos plásticos de 500cc, boca ancha
	Tubos de ensayo 10 ml (100 unidades)
	Cajas petri plásticas
	1 litro de alcohol
	Cinta masking

### **Muestreo biológico**

Se hizo un muestreo de macroinvertebrados bentónicos, en dos épocas del año, lluviosa (Abril) y seca (Agosto). Se tomaron muestras utilizando dos técnicas: red surber y técnica manual, en los tres puntos del río.

Los tramos que se seleccionaron fueron los más representativos posibles de la generalidad del río, para abarcar la mayor diversidad de hábitats posibles, como: zonas con corriente suave, corriente fuerte, sustrato duro, sustrato suave, vegetación acuática emergida, tanto dentro del río, como sus orillas, contenidos de lodos y/o arenas, y otras condiciones que tiendan a favorecer la biodiversidad de organismos presentes en los tramos seleccionados (Iza, 2015).

Red Surber: Mediante la utilización de una red surber que consta de marcos metálicos unidos por bisagras; uno de los marcos se coloca sobre el fondo del río y el otro queda en posición vertical para sostener una red de unos 80 cm de longitud. El nivel del agua no debe superar la altura de la red (marco superior), ya que se puede concurrir en un error de muestreo. La red se coloca contra corriente en una zona con un sustrato no muy grueso, el fondo se remueve de forma manual con el uso de las manos con un esfuerzo y tiempo de muestreo estandarizado para todos los puntos de monitoreo (30 segundos) (Nugra, 2016). Al final se colectan todos los individuos encontrados en la red y se calcula las diferencias métricas de la comunidad: diversidad, riqueza, densidad, etc. Para la preservación de la muestra, éstas se colectaron en fundas ziploc selladas, con sus respectivas etiquetas y fueron llevadas en un cooler, para posteriormente ser analizadas en el laboratorio de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE).

Técnica manual: esta técnica se la realiza en cada uno de los puntos de muestreo, levantando rocas u hojarasca de la ribera del río en un tiempo estandarizado en todos los puntos (2 minutos), haciendo la colección de especímenes mediante la utilización de pinzas entomológicas y colocando los individuos en tubos de ensayo de 10ml con alcohol previamente etiquetados con la fecha, lugar y número de punto de recolección, para luego ser analizados en el laboratorio (Nugra, 2016).

Se colectaron un total de 29 muestras. En época lluviosa 8 muestras manuales y 10 muestras surber. Y en época seca 4 muestras manuales y 7 muestras surber.

### **Fase de laboratorio**

En el laboratorio se limpiaron las muestras y se separaron los organismos usando un colador, pinzas de relojero, una bandeja blanca, agua, alcohol al 80%, tubos de ensayo de 10 ml, frascos plásticos y un lápiz (Iza, 2015). Los macroinvertebrados colectados fueron clasificados a nivel de clase, orden, familia y especie, usando un estereomicroscopio con zoom de 0.7x y 4.5x. La identificación de los ejemplares se la realizó con claves dicotómicas, usadas para la entomofauna acuática altoandina (Nugra, Segovia, Benítez & Reinoso, 2016; Hamada, Nessimian & Barbosa, 2014; Domínguez & Fernández, 2009; Roldán, 1988).

## **2.4. ANÁLISIS DE MACROINVERTEBRADOS**

En el río se utilizaron índices para analizar la integridad biológica de los macroinvertebrados. Los índices bióticos son una de las maneras más comunes de establecer la calidad biológica de los ríos. Se suelen expresar en forma de un valor numérico único que sintetiza las características de todas las especies presentes (Prat, *et. al.*, 2005). Los índices que se calcularon fueron los siguientes:

Riqueza (S): Número total de morfoespecies en cada punto de muestreo.

Abundancia: Número de individuos del total de especies presentes en cada sitio, (Fernández, Favila & López, 2014).

Abundancia Relativa: Número de individuos de cada especie multiplicado por cien y dividido por la abundancia total registrada en cada cuerpo de agua. Además se utilizó la siguiente escala: Raro (1-3 individuos), Común (4-9 individuos), Abundante (10-49 individuos) y Dominante (50 – más individuos) (EPA, 1989).

Índice de Shannon-Weaver:

El índice de Shannon se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). (Orellana, 2009).

El Índice de Shannon-Weaver se la calcula de la siguiente forma:

$$H' = - \sum_1^k p_i \log p_i \text{ Donde } p_i = n_i/N \quad [1]$$

Dónde:

*K*: es el número de categorías,

*p<sub>i</sub>*: es la proporción de observaciones encontradas en cada categoría,

*n<sub>i</sub>*: el número de individuos por especie y

*N*: es el número total de individuos en una muestra, (Somarriba, 1999).

Los resultados obtenidos se compararon con la Tabla 3, la cual clasifica la calidad del agua según los valores encontrados.

**Tabla 3.** Clasificación de la calidad del agua de acuerdo a los valores del índice de Shannon.Weaver (H')

<b>Esquema de Wilhm y Dorris (1968)</b>		<b>Esquema de Staub et al. (1970)</b>	
H'	Condición	H'	Condición
>3	Agua limpia	3.0-4.5	Contaminación débil
1 a 3	Contaminación Moderada	2.0-3.0	Contaminación ligera
<1	Contaminación severa	1.0-2.0	Contaminación moderada
		0.0-1.0	Contaminación severa

(Segnini, 2003)

BMW/Col:

El método solo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias sensibles reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación reciben una puntuación de 1 (Roldán, 2003). Los resultados obtenidos se compararon con la Tabla 4. El puntaje de BMW/Col de cada familia se encuentra detallado en el Anexo 2.

**Tabla 4.** Clasificación de la calidad del agua de acuerdo a valores de BMWP/Col

GRUPO	Lim inferior	Lim superior	Intervención	Calidad	Color
I	103	-	Mínima	Alta	Azul
II	82	102	Leve	Buena	Verde
III	62	81	Importante	Media	Amarillo
IV	31	61	Grave	Escasa	Anaranjado
V	-	30	Muy Grave	Mala	Rojo

(Roldán, 2003)

#### Índice Biótico Andino (ABI):

Este índice incluye desde descripciones taxonómicas de especies hasta estudios ecológicos y de impacto ambiental y su cálculo es similar al BMWP, Tabla 4 el cual constituye una suma de las puntuaciones de todas las familias presentes en el sitio. (Acosta, Ríos, Rieradevall & Prat, 2009). Las puntuaciones de las familias se encuentran en el Anexo 3.

#### Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera):

Este análisis se hace mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua porque son más sensibles a los contaminantes. Estos grupos son: Ephemeroptera o moscas de mayo, Plecoptera o moscas de piedra y Trichoptera. (Carrera & Fierro, 2001). Para esto se requiere colocar la abundancia de los individuos por familia y sumarlos, mientras que por otro lado se suman los individuos pertenecientes al EPT. Finalmente se divide EPT/Total de individuos y el resultado se multiplica por cien, su resultado dará en porcentaje. Anexo 4.

#### Índice de Sensibilidad:

Este análisis toma el grado de sensibilidad que tienen las diferentes familias de macroinvertebrados a los contaminantes. Por esta razón debe determinar la presencia de los diferentes grupos de macroinvertebrados y no el número de individuos (abundancia) (Carrera & Fierro, 2001). Anexo 5.

#### **Parámetros físicos, químicos e hidromorfológicos**

Estos parámetros fueron tomados en cada punto de muestreo con los diferentes equipos: conductímetro, pH metro, termómetro y equipo HACH. En las dos épocas del año. Además se hizo un análisis sobre la vegetación representativa existente en la ribera del Río Tungurahua. Anexo 6.

Parámetros químicos: la toma de estos parámetros se los realizó in situ mediante la ayuda de un conductímetro y un pH metro. La toma de estas medidas se las realizó sumergiendo parte del equipo en el río hasta que se estabilice, para proceder a registrar en la libreta de campo.

Parámetros hidromorfológicos: estos parámetros se los pudo tomar con la ayuda de un flexómetro y la ayuda de un especialista en vegetación de ribera, los datos se los registró en la libreta de campo. Adicional a esto se realizó el Índice de Calidad el Bosque de Ribera (QBR), es un índice de aplicación rápido y sencillo, que integra aspectos biológicos y morfológicos del lecho del río y su zona inundable y los utiliza para evaluar la calidad ambiental de las riberas. Se estructura en cuatro bloques independientes, cada uno de los cuales valora diferentes componentes y atributos del sistema: 1) el grado de cubierta vegetal de las riberas; 2) la estructura vertical de la vegetación; 3) la calidad y la diversidad de la cubierta vegetal y 4) el grado de naturalidad del canal fluvial. Cada bloque recibe una puntuación entre 0 y 25, y la suma de los cuatro bloques da la puntuación final del índice (Freshwater Ecology and Management (F.E.M.), s.f.). Anexo 7.

Parámetros físicos: los parámetros físicos se los tomó con la ayuda de un termómetro para la medición de temperatura y con el equipo HACH que mide la turbiedad del agua mediante la utilización de celdas, y esta la registra en NTU (Unidad de Turbiedad Nefelométricas). La turbidez tiene una gran importancia sanitaria, ya que refleja una aproximación del contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas, por lo que puede ser indicio de contaminación (Marcó, Azario, Metzler & García, 2004). Los datos arrojados de los diferentes puntos se los registró en la libreta de campo.

Medidas de Caudal: el caudal corresponde a una cantidad de agua que pasa por un lugar (río, canal, tubería, etc.) en una cierta cantidad de tiempo, o sea, corresponde a un volumen de agua (litros, metros cúbicos, etc.), por unidad de tiempo (segundos, minutos, horas, etc.) (Bello & Pino, 2000).

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. RESULTADOS

Después del análisis de las muestras e identificación de macroinvertebrados en las dos épocas lluviosa (abril) y seca (agosto). Al aplicar los diferentes índices para determinar la calidad de agua se obtuvo los siguientes resultados:

#### 3.2. ÉPOCA LLUVIOSA

##### ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER

En la Tabla 5, se encuentran los datos del primer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del índice de Shannon-Weaver.

**Tabla 5.** Primer punto de muestreo Índice de Shannon-Weaver, época lluviosa

<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Pi</b>	<b>H'</b>
Hyalellidae	71	0.2327869	0.3393176
Scirtidae	16	0.052459	0.1546347
Elmidae	1	0.0032787	0.0187551
Ptilodactylidae	1	0.0032787	0.0187551
Chironomidae	102	0.3344262	0.3663101
Simuliidae	3	0.0098361	0.0454593
Ceratopogonidae	4	0.0131148	0.0568396
Baetidae	65	0.2131148	0.3294593
Tubificidae	4	0.0131148	0.0568396
Hydracnidae	12	0.0393443	0.1272946
Hydrobosidae	1	0.0032787	0.0187551
Limpnephilidae	3	0.0098361	0.0454593
Odontoceridae	14	0.0459016	0.1414346
Glossosomatidae	1	0.0032787	0.0187551
Leptoceridae	1	0.0032787	0.0187551
Planidae	6	0.0196721	0.0772830
<b>Abundancia Total</b>	<b>305</b>	<b>H' total</b>	<b>1.8341073</b>

El resultado en el primer punto de muestreo, tiene un valor de 1.8341073, el cual según el rango del esquema de 1970 de Staub, indica las características correspondientes a ríos con una contaminación moderada.

En la Tabla 6, se encuentran los datos del segundo punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del índice de Shannon-Weaver.

**Tabla 6.** Segundo punto de muestreo Índice de Shannon-Weaver, época lluviosa

<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Pi</b>	<b>H'</b>
Hyalellidae	17	0.22972973	0.33789837
Chironomidae	3	0.04054054	0.12995079
Dolichopodidae	1	0.01351351	0.05816304
Ceratopogonidae	3	0.04054054	0.12995079
Chironomidae	1	0.01351351	0.05816304
Tipulidae	1	0.01351351	0.05816304
Tubificidae	42	0.56756757	0.32146770
Hydracnidae	2	0.02702703	0.09759238
Planidae	4	0.05405405	0.15771734
<b>Abundancia Total</b>	<b>74</b>	<b>H' total</b>	<b>1.34906649</b>

El resultado en el segundo punto de muestreo, tiene un valor de 1.34906649, el cual según el rango del esquema de 1970 de Staub, indica que la calidad del agua tiene una contaminación moderada.

En la Tabla 7, se encuentran los datos del tercer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del índice de Shannon-Weaver.

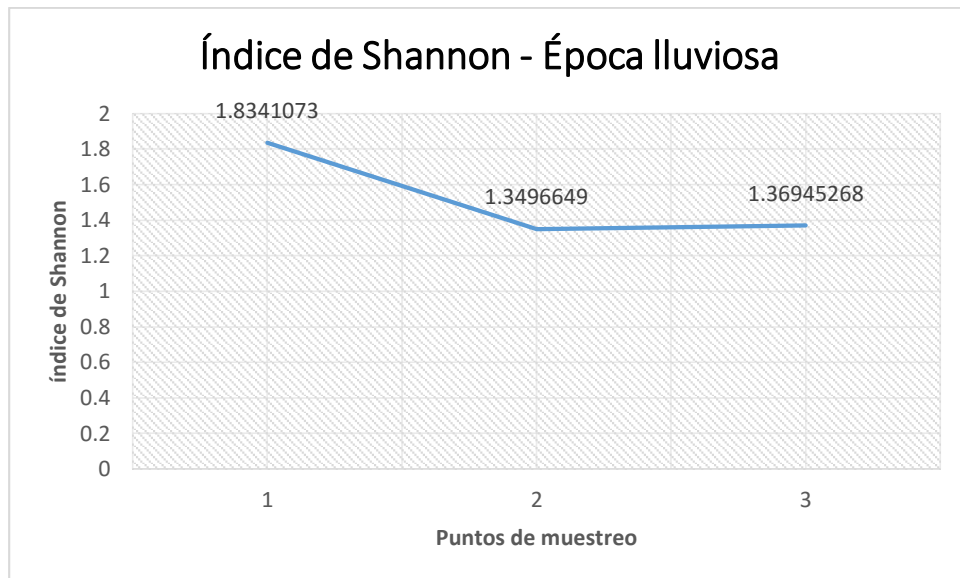
**Tabla 7.** Tercer punto de muestreo Índice de Shannon-Weaver, época lluviosa

<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Pi</b>	<b>H'</b>
Hydrochnidae	12	0.31578947	0.36400406
Hyalellidae	13	0.34210526	0.36695470
Elmidae	1	0.02631579	0.09572595
Chironomidae	1	0.02631579	0.09572595
Tubificidae	10	0.26315789	0.35131607
Hydroptilidae	1	0.02631579	0.09572595
<b>Abundancia Total</b>	<b>38</b>	<b>H' total</b>	<b>1.36945268</b>

El resultado arrojado en el tercer punto de muestreo, tiene un valor de 1.36945268, el cual según el rango del esquema de 1970 de Staub, indica que la calidad del agua tiene una contaminación moderada.

Para finalizar el análisis del Índice de Shannon-Weaver en la época lluviosa, en la Figura 2, se muestra el comportamiento de los resultados obtenidos de los tres puntos de muestreo de éste índice.





**Figura 2.** Comportamiento de los resultados obtenidos para el índice de Shannon-Weaver en época lluviosa

El pico más alto muestra que el punto de muestreo número 1 es el lugar con mayor diversidad que los otros puntos, mientras que el pico más bajo muestra que el punto de muestreo número 2 tiene menor diversidad que los otros. Sin embargo, de acuerdo a los resultados sobre la calidad de agua se tiene que los tres puntos tienen una contaminación moderada.

### ÍNDICE BMWP/Col

En la Tabla 8, se encuentran los datos del primer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice BMWP/Col.

**Tabla 8.** Primer punto de muestreo, Índice BMWP/Col, época lluviosa

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIAS</b>	<b>BMWP/Col</b>
Ephemeroptera	Baetidae	4
Díptera	Ceratopogonidae	5
Díptera	Chironomidae	2
Coleóptera	Elmidae	6
Trichoptera	Glossosomatidae	7
Amphipoda	Hyaellidae	7
Hydracnhidia	Hydracnhidae	6
Trichoptera	Hydrobiosidae	9
Trichoptera	Leptoceridae	8
Trichoptera	Limnephilidae	8
Trichoptera	Odontoceridae	10
Tricladida	Planidae	7
Coleóptera	Ptilodactylidae	10
Coleóptera	Scirtidae	7
Díptera	Simuliidae	7
Haplotaxida	Tubificidae	1
<b>TOTAL</b>		<b>104</b>

Las puntuaciones del primer punto fueron obtenidos de Roldán (2003), el resultado obtenido de la sumatoria de los puntajes es de 104, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Roldán (2003) se encuentra en un rango de un límite inferior de 103 a un límite superior >103, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Alta, debido a la presencia del orden Trichoptera que son indicadores de buena calidad de agua debido a su puntaje alto.

En la Tabla 9, se encuentran los datos del segundo punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice BMWP/Col.

**Tabla 9.** Segundo punto de muestreo, Índice BMWP/Col, época lluviosa

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIAS</b>	<b>BMWP/Col</b>
Díptera	Ceratopogonidae	5
Díptera	Chironomidae	2
Díptera	Dolichopodidae	4
Amphipoda	Hyaellidae	7
Hydracnhidia	Hydracnhidae	6
Tricladida	Planidae	7
Díptera	Tipulidae	3
Haplotaxida	Tubificidae	1
<b>TOTAL</b>		<b>35</b>

Las puntuaciones del segundo punto fueron obtenidos de Roldán (2003), el resultado obtenido de la sumatoria de los puntajes es de 35, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Roldán (2003) se encuentra en un rango de un límite inferior de 31 a un límite superior de 61, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Escasa, debido a la presencia de macroinvertebrados resistentes a la contaminación, que reciben puntuaciones bajas.

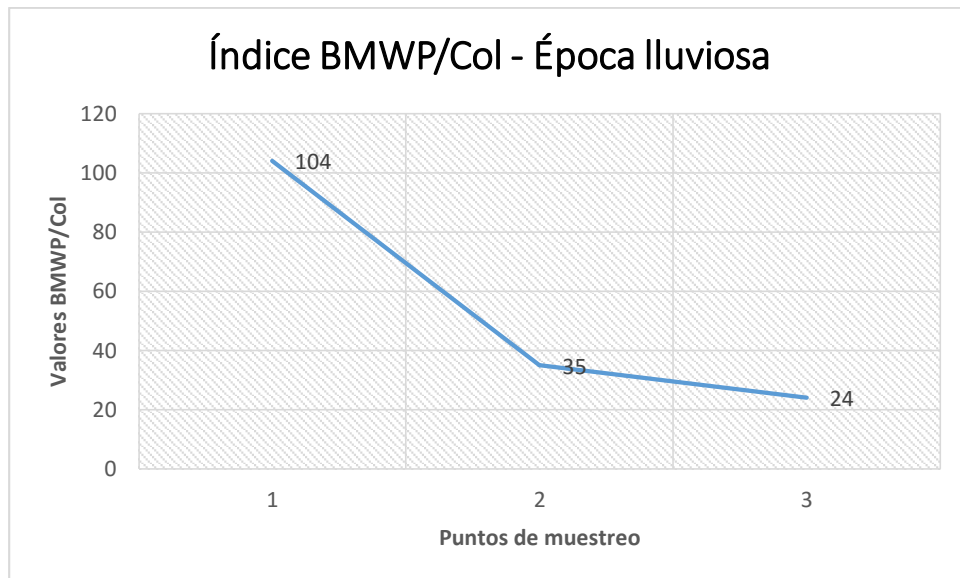
En la Tabla 10, se encuentran los datos del tercer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice BMWP/Col.

**Tabla 10.** Tercer punto de muestreo, Índice BMWP/Col, época lluviosa

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIAS</b>	<b>BMWP/Col</b>
Díptera	Chironomidae	2
Coleóptera	Elmidae	6
Amphipoda	Hyalellidae	7
Trichoptera	Hydroptilidae	8
Haplotaxida	Tubificidae	1
<b>TOTAL</b>		<b>24</b>

Las puntuaciones del tercer punto fueron obtenidos de Roldán (2003), el resultado obtenido de la sumatoria de los puntajes es de 24, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Roldán (2003) se encuentra en un rango de un límite inferior de <30 a un límite superior de 30, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Mala, debido a la presencia de macroinvertebrados resistentes a la contaminación, que reciben puntuaciones bajas y además de la baja biodiversidad de especies.

Para finalizar el análisis del Índice BMWP/Col en la época lluviosa, en la Figura 3, se muestra el comportamiento de los resultados obtenidos de los tres puntos de muestreo de éste índice en esta época del año.



**Figura 3.** Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice BMWP/Col, época lluviosa

El pico más alto que representa al primer punto de muestreo indica una calidad de agua Alta, mientras que el pico más bajo representa al tercer punto de muestreo indica una calidad de agua Mala, es decir la calidad de agua va disminuyendo aguas abajo del río Tungurahua.

### **ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI)**

En la Tabla 11, se encuentran los datos del primer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del ABI.

**Tabla 11.** Primer punto de muestreo, ABI, época lluviosa

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIAS</b>	<b>ABI</b>
Ephemeroptera	Baetidae	4
Díptera	Ceratopogonidae	4
Díptera	Chironomidae	2
Coleóptera	Elmidae	5
Trichoptera	Glossosomatidae	7
Amphipoda	Hyalellidae	6
Hydracnhidia	Hydracnhidae	4
Trichoptera	Hydrobosidae	5
Trichoptera	Leptoceridae	8
Trichoptera	Limpnephilidae	7
Trichoptera	Odontoceridae	10
Tricladida	Planaidae	5
Coleóptera	Ptilodactylidae	5
Coleóptera	Scirtidae	5
Díptera	Simuliidae	5
Haplotaxida	Tubificidae	1
<b>TOTAL</b>		<b>83</b>

Las puntuaciones del primer punto fueron obtenidos de Acosta *et al.* (2009), el resultado obtenido de la sumatoria de los puntajes es de 83, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Acosta *et al.* (2009) se encuentra en un rango de un límite inferior de 82 a un límite superior de 102, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Buena, debido a la presencia del orden Trichoptera que son indicadores de buena calidad de agua debido a su puntaje alto.

En la Tabla 12, se encuentran los datos del segundo punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del ABI.

**Tabla 12.** Segundo punto de muestreo, ABI, época lluviosa

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIAS</b>	<b>ABI</b>
Díptera	Ceratopogonidae	4
Díptera	Chironomidae	2
Díptera	Dolichopodidae	4
Amphipoda	Hyalellidae	6
Hydracnhidia	Hydracnhidae	4
Tricladida	Planalidae	5
Díptera	Tipulidae	5
Haplotaxida	Tubificidae	1
<b>TOTAL</b>		<b>31</b>

Las puntuaciones del segundo punto fueron obtenidos de Acosta *et al.* (2009), el resultado obtenido de la sumatoria de los puntajes es de 31, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Acosta *et al.* (2009) se encuentra en un rango de un límite inferior de 31 a un límite superior de 61, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Escasa, debido a la presencia de macroinvertebrados resistentes a la contaminación, que reciben puntuaciones bajas.

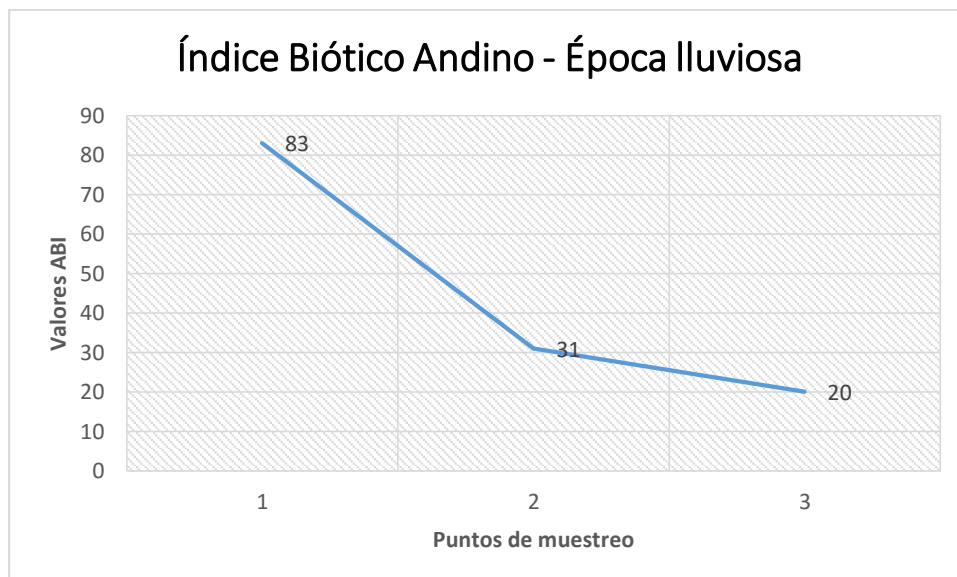
En la Tabla 13, se encuentran los datos del tercer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del ABI.

**Tabla 13.** Tercer punto de muestreo, ABI, época lluviosa

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIAS</b>	<b>ABI</b>
Díptera	Chironomidae	2
Coleóptera	Elmidae	5
Amphipoda	Hyalellidae	6
Trichoptera	Hydroptilidae	6
Haplotaxida	Tubificidae	1
<b>TOTAL</b>		<b>20</b>

Las puntuaciones del tercer punto fueron obtenidos de Acosta *et al.* (2009), el resultado obtenido de la sumatoria de los puntajes es de 20, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Acosta *et al.* (2009) se encuentra en un rango de un límite inferior de <30 a un límite superior de 30, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Mala, debido a la presencia de macroinvertebrados resistentes a la contaminación, que reciben puntuaciones bajas que van de 1 a 6 y además de la baja biodiversidad de especies.

Para finalizar el análisis del Índice Biótico Andino (ABI) en la época lluviosa, en la Figura 4, se muestra el comportamiento de los resultados obtenidos de los tres puntos de muestreo de éste índice en esta época del año.



**Figura 4.** Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice Biótico Andino, época lluviosa

El primer punto de muestreo tiene una calificación de buena calidad de agua, mientras que los otros dos puntos de muestreo van disminuyendo su calidad aguas abajo, yendo de una buena calidad a escasa y llegando hasta mala calidad.

#### **ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT (EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA, TRICHOPTERA)**

En la Tabla 14, se encuentran los datos del primer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice EPT.

**Tabla 14.** Primer punto de muestreo, Índice EPT, época lluviosa

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>ABUNDANCIA (N° Individuos)</b>	<b>EPT PRESENTES</b>
Baetidae	65	65
Ceratopogonidae	4	0
Chironomidae	102	0
Elmidae	1	0
Glossosomatidae	1	1
Hyalellidae	71	0
Hydracnidae	12	0
Hydrobiosidae	1	1
Leptoceridae	1	1
Limnephilidae	3	3
Odontoceridae	14	14
Planidae	6	0
Ptilodactylidae	1	0
Scirtidae	16	0
Simuliidae	3	0
<b>TOTAL</b>	<b>301</b>	<b>85</b>
<b>EPT Total/Abundancia Total</b>		<b>0.28</b>
<b>Relación EPT (%)</b>		<b>28.24</b>

Las puntuaciones del primer punto fueron obtenidos de Carrera y Fierro (2001), el resultado en porcentaje obtenido del cálculo de los puntajes es de 28%, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Carrera y Fierro (2001) se encuentra entre un rango de 25%-49%, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Regular, debido a la presencia de macroinvertebrados de las familias Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

En la Tabla 15, se encuentran los datos del segundo punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice EPT.



**Tabla 15.** Segundo punto de muestreo, Índice EPT, época lluviosa

CLASIFICACIÓN	ABUNDANCIA (N° Individuos)	EPT PRESENTES
Ceratopogonidae	3	0
Chironomidae	4	0
Dolichopodidae	1	0
Hyaellidae	17	0
Hydracnidae	14	0
Planalidae	4	0
Tipulidae	1	0
Tubificidae	42	0
<b>TOTAL</b>	86	0
<b>EPT Total/Abundancia Total</b>		0
<b>Relación EPT (%)</b>		0

Las puntuaciones del segundo punto fueron obtenidos de Carrera y Fierro (2001), el resultado en porcentaje obtenido del cálculo de los puntajes es de 0%, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Carrera y Fierro (2001) se encuentra entre un rango de 0%-24%, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Mala, debido a la ausencia de ningún organismo de las familias de macroinvertebrados Ephemeroptera, Plecoptera o Trichoptera.

En la Tabla 16, se encuentran los datos del tercer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice EPT.

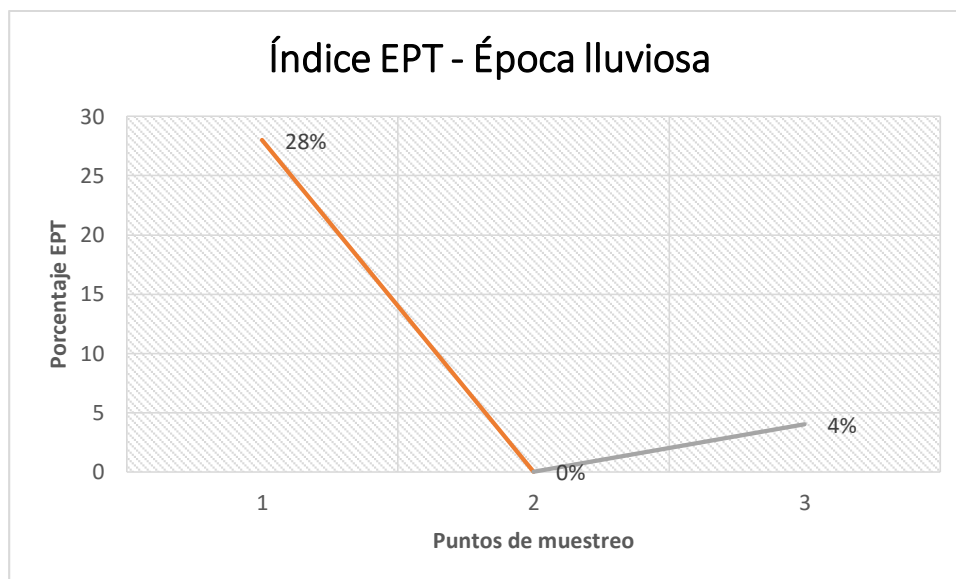
**Tabla 16.** Tercer punto de muestreo, Índice EPT, época lluviosa

CLASIFICACIÓN	ABUNDANCIA (N° Individuos)	EPT PRESENTES
Chironomidae	1	0
Elmidae	1	0
Hyaellidae	13	0
Hydroptilidae	1	1
Tubificidae	12	0
<b>TOTAL</b>	28	1
<b>EPT Total/Abundancia Total</b>		0.04
<b>Relación EPT (%)</b>		4

Las puntuaciones del tercer punto fueron obtenidos de Carrera y Fierro (2001), el resultado en porcentaje obtenido del cálculo de los puntajes es de 4%, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Carrera y Fierro (2001) se encuentra entre un rango de 0%-24%, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Mala, debido a la escasa presencia de

organismos de las familias de macroinvertebrados Ephemeroptera, Plecoptera o Trichoptera.

Para finalizar el análisis del Índice EPT en la época lluviosa, en la Figura 5, se muestra el comportamiento de los resultados obtenidos de los tres puntos de muestreo de éste índice en esta época del año.



**Figura 5.** Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice EPT, época lluviosa

El primer punto de muestreo tiene una calificación de calidad de agua regular, mientras que los otros dos puntos de muestreo disminuyen su calidad de agua a mala, es decir la presencia de abundancia de EPT disminuye aguas abajo debido a la presencia de contaminación.

### ÍNDICE DE SENSIBILIDAD

En la Tabla 17, se encuentran los datos del primer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice de Sensibilidad.

**Tabla 17.** Primer punto de muestreo Índice de Sensibilidad, época lluviosa

<b>PUNTO 1</b>	
<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>SENSIBILIDAD</b>
Baetidae	7
Ceratopogonidae	3
Chironomidae	2
Elmidae	6
Glossosomatidae	7
Hyalellidae	-
Hydracnidae	10
Hydrobiosidae	9
Leptoceridae	9
Limpnephilidae	-
Odontoceridae	-
Planidae	5
Ptilodactylidae	10
Scirtidae	-
Simuliidae	-
Tubificidae	1
<b>TOTAL</b>	<b>69</b>

Las puntuaciones del primer punto fueron obtenidos de Carrera y Fierro (2001), el resultado de la sumatoria obtenida de los puntajes es de 69, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Carrera y Fierro (2001) se encuentra entre un rango de 61 - 100, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Buena, debido a la presencia de macroinvertebrados sensibles a la contaminación.

En la Tabla 18, se encuentran los datos del segundo punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice de Sensibilidad.

**Tabla 18.** Segundo punto de muestreo Índice de Sensibilidad, época lluviosa

<b>PUNTO 2</b>	
<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>SENSIBILIDAD</b>
Ceratopogonidae	3
Chironomidae	2
Dolichopodidae	-
Hyalellidae	-
Hydracnidae	10
Planidae	5
Tipulidae	3
Tubificidae	1
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>

Las puntuaciones del segundo punto fueron obtenidos de Carrera y Fierro (2001), el resultado de la sumatoria obtenida de los puntajes es de 24, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Carrera y Fierro (2001) se encuentra entre un rango de 16 - 35, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Mala, debido a la presencia de macroinvertebrados resistentes a la contaminación.

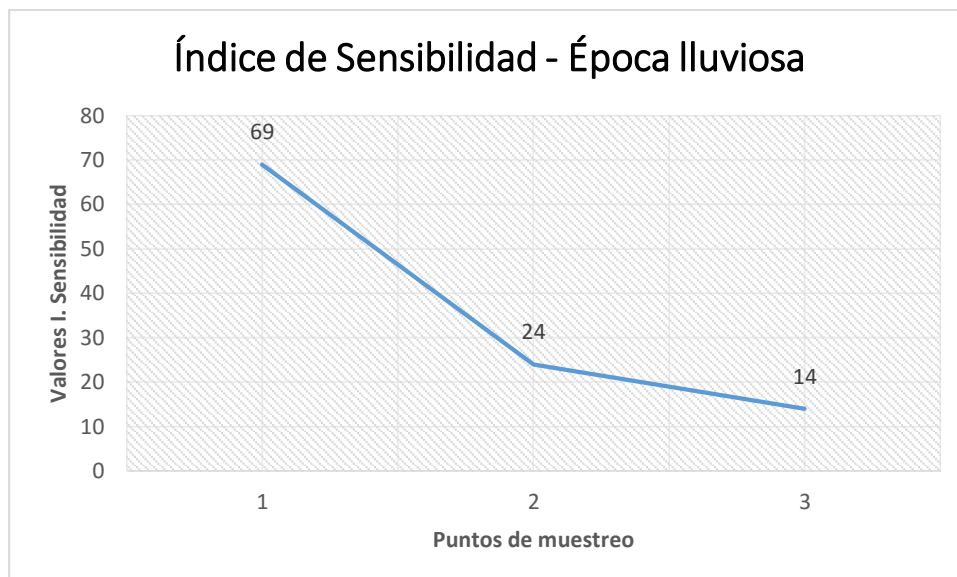
En la Tabla 19, se encuentran los datos del tercer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice de Sensibilidad.

**Tabla 19.** Tercer punto de muestreo Índice de Sensibilidad, época lluviosa

<b>PUNTO 3</b>	
<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>SENSIBILIDAD</b>
Chironomidae	2
Elmidae	6
Hyaellidae	-
Hydroptilidae	5
Tubificidae	1
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>

Las puntuaciones del tercer punto fueron obtenidos de Carrera y Fierro (2001), el resultado de la sumatoria obtenida de los puntajes es de 14, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Carrera y Fierro (2001) se encuentra entre un rango de 0 - 15, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Muy Mala, debido a la presencia abundante de macroinvertebrados resistentes a la contaminación.

Para finalizar el análisis del Índice de Sensibilidad en la época lluviosa, en la Figura 6, se muestra el comportamiento de los resultados obtenidos de los tres puntos de muestreo de éste índice en esta época del año.



**Figura 6:** Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice de Sensibilidad, época lluviosa

Los resultados obtenidos muestran que, el pico más alto que representa al punto número uno posee una mayor sensibilidad a los contaminantes, mientras que, el pico más bajo que representa al punto número tres posee menor sensibilidad a los contaminantes. Es decir que la sensibilidad va disminuyendo aguas abajo.

### ANÁLISIS DE ÍNDICES

En la Tabla 20, se encuentra una comparación de los datos de los índices y sus resultados.

**Tabla 20.** Tabla comparativa de los Índices y sus resultados.

ÉPOCA LLUVIOSA				
ÍNDICES	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Resultado
Shannon-Weaver	1,83	1,35	1,37	Contaminación Moderada
BMWP/Col	104	35	24	Mala Calidad de agua
ABI	83	31	20	Mala Calidad de agua
EPT	28%	0%	4%	Mala Calidad de agua
Sensibilidad	69	24	14	Baja sensibilidad

De acuerdo a los resultados de los índices se tiene que éstos arrojan resultados similares, teniendo una contaminación Mala del río Tungurahua en época lluviosa.

### 3.3. ÉPOCA SECA

#### ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER

En la Tabla 21, se encuentran los datos del primer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del índice de Shannon-Weaver.

**Tabla 21.** Primer punto de muestreo Índice de Shannon-Weaver, época seca

<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia</b>	<b>pi</b>	<b>H'</b>
Hyalellidae	60	0.50847458	0.34390173
Sciartidae	4	0.03389831	0.11472509
Ptilodactyidae	2	0.01694915	0.06911080
Rhagionidae	1	0.00847458	0.04042953
Chironomidae	25	0.21186441	0.32877305
Muscidae	1	0.00847458	0.04042953
Baetidae	15	0.12711864	0.26219929
Macrobdelidae	1	0.00847458	0.04042953
Hydrachidae	1	0.00847458	0.04042953
Limnephilidae	6	0.05084746	0.15147077
Planidae	2	0.01694915	0.06911080
<b>Abundancia total</b>	118	<b>H' total</b>	1.50100966

El resultado en el primer punto de muestreo, tiene un valor de 1.50100966, el cual según el rango del esquema de 1970 de Staub, indica las características correspondientes a ríos con una contaminación moderada.

En la Tabla 22, se encuentran los datos del segundo punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del índice de Shannon-Weaver.

**Tabla 22.** Segundo punto de muestreo Índice de Shannon-Weaver, época seca

<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia</b>	<b>pi</b>	<b>H'</b>
Hyalellidae	14	0.24137931	0.34309310
Sciartidae	1	0.01724138	0.07000764
Dixidae	1	0.01724138	0.07000764
Chironomidae	9	0.15517241	0.28912010
Simulidae	3	0.05172414	0.15319814
Tipulidae	1	0.01724138	0.07000764
Ceratopogonidae	3	0.05172414	0.15319814
Tipulidae	1	0.01724138	0.07000764
Baetidae	4	0.06896552	0.18442404
Tubificidae	14	0.24137931	0.34309310
Hydrachidae	3	0.05172414	0.15319814
Perlidae	1	0.01724138	0.07000764
Limnephilidae	2	0.03448276	0.11611365
Planidae	1	0.01724138	0.07000764
<b>Abundancia total</b>	<b>58</b>	<b>H' total</b>	<b>2.15548424</b>

El resultado en el segundo punto de muestreo, tiene un valor de 2.15548424, el cual según el rango del esquema de 1970 de Staub, indica que la calidad del agua tiene una contaminación Ligera.

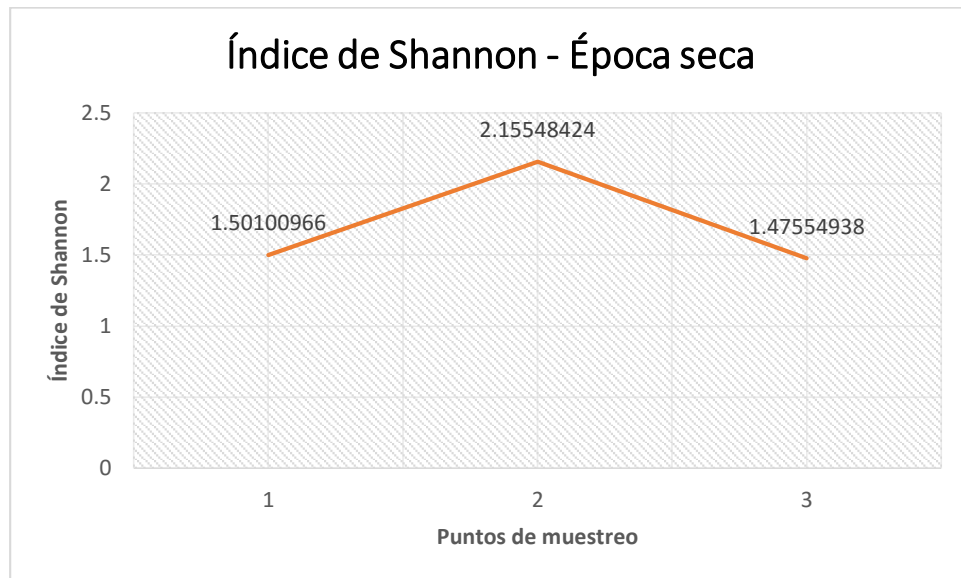
En la Tabla 23, se encuentran los datos del tercer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del índice de Shannon-Weaver.

**Tabla 23.** Tercer punto de muestreo Índice de Shannon-Weaver, época seca

<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia</b>	<b>pi</b>	<b>H'</b>
Hyalellidae	5	0.02512563	0.09255947
Chrysomelidae	2	0.01005025	0.04623274
Chironomidae	64	0.32160804	0.36483915
Simulidae	1	0.00502513	0.02659952
Tipulidae	3	0.01507538	0.06323657
Tipulidae	14	0.07035176	0.18673098
Ceratopogonidae	3	0.01507538	0.06323657
Tipulidae	3	0.01507538	0.06323657
Empididae	2	0.01005025	0.04623274
Baetidae	4	0.02010050	0.07853287
Tubificidae	94	0.47236181	0.3542761
Hydrachidae	1	0.00502513	0.02659952
Limnephilidae	3	0.01507538	0.06323657
<b>Abundancia total</b>	<b>199</b>	<b>H' total</b>	<b>1.47554938</b>

El resultado arrojado en el tercer punto de muestreo, tiene un valor de 1.47554938, el cual según el rango del esquema de 1970 de Staub, indica que la calidad del agua tiene una contaminación moderada.

Para finalizar el análisis del Índice de Shannon-Weaver en la época seca, en la Figura 7, se muestra el comportamiento de los resultados obtenidos de los tres puntos de muestreo de éste índice en esta época del año.



**Figura 7.** Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice de Shannon-Weaver, en época seca

El pico más alto muestra que el punto de muestreo número 2 es el lugar con mayor diversidad, mientras que el pico más bajo muestra que el punto número 1 es el lugar con menor diversidad. Según Staub (1970) los resultados sobre la calidad de agua para el punto dos es de una contaminación ligera, mientras que el punto 1 y el punto 3 una contaminación moderada.

### **ÍNDICE BMWP/Col**

En la Tabla 24, se encuentran los datos del primer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice BMWP/Col.



**Tabla 24.** Primer punto de muestreo, Índice BMWP/Col. Época seca

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIAS</b>	<b>BMWP/Col</b>
Amphípoda	Hyaellidae	7
Coleóptera	Ptilodactyidae	10
Coleóptera	Sciartidae	7
Díptera	Chironomidae	2
Díptera	Muscidae	4
Díptera	Rhagionidae	2
Ephemeroptera	Baetidae	4
Hirudiformes	Macrobdelidae	3
Hydracnida	Hydrachidae	6
Trichoptera	Limnephilidae	8
Tricladida	Planaiidae	7
<b>TOTAL</b>		<b>60</b>

Las puntuaciones del primer punto fueron obtenidos de Roldán (2003), el resultado obtenido de la sumatoria de los puntajes es de 60, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Roldán (2003) se encuentra en un rango de un límite inferior de 31 a un límite superior 61, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Escasa.

En la Tabla 25, se encuentran los datos del segundo punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice BMWP/Col.

**Tabla 25.** Segundo punto de muestreo, Índice BMWP/Col, época seca

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIAS</b>	<b>BMWP/Col</b>
Amphípoda	Hyaellidae	7
Coleóptera	Scirtidae	7
Díptera	Ceratopogonidae	3
Díptera	Chironomidae	2
Díptera	Dixidae	7
Díptera	Simulidae	8
Díptera	Tipulidae	3
Ephemeroptera	Baetidae	4
Haplotaxida	Tubificidae	1
Hydracnida	Hydrachidae	6
Plecóptera	Perlidae	10
Trichoptera	Limnephilidae	8
Tricladida	Planaiidae	7
<b>TOTAL</b>		<b>73</b>

Las puntuaciones del segundo punto fueron obtenidas de Roldán (2003), el resultado obtenido de la sumatoria de los puntajes es de 73, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Roldán (2003) se encuentra en un rango de un límite inferior de 62 a un límite superior de 81, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Media.

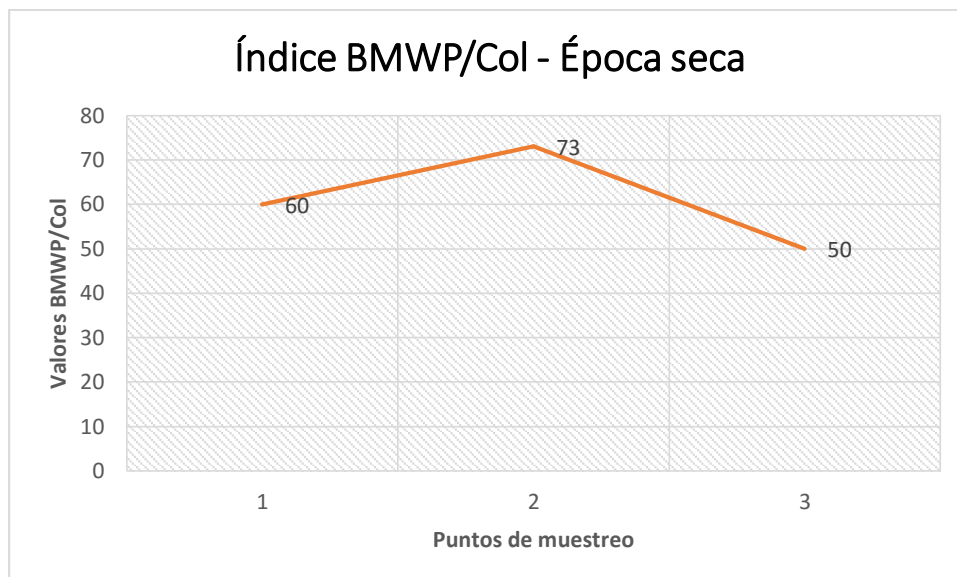
En la Tabla 26, se encuentran los datos del tercer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice BMWP/Col.

**Tabla 26.** Tercer punto de muestreo, Índice BMWP/Col, época seca

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIAS</b>	<b>BMWP/Col</b>
Amphípoda	Hyaellidae	7
Coleóptera	Chrysomelidae	4
Díptera	Ceratopogonidae	3
Díptera	Chironomidae	2
Díptera	Empididae	4
Díptera	Simuliidae	8
Díptera	Tipulidae	3
Ephemeroptera	Baetidae	4
Haplotaxida	Tubificidae	1
Hydracnidia	Hydrachidae	6
Trichoptera	Limnephilidae	8
<b>TOTAL</b>		<b>50</b>

Las puntuaciones del tercer punto fueron obtenidos de Roldán (2003), el resultado obtenido de la sumatoria de los puntajes es de 50, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Roldán (2003) se encuentra en un rango de un límite inferior de 31 a un límite superior de 61, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Escasa, debido a las puntuaciones bajas.

Para finalizar el análisis del Índice BMWP/Col en la época lluviosa, en la Figura 8, se muestra el comportamiento de los resultados obtenidos de los tres puntos de muestreo de éste índice en esta época del año.



**Figura 8.** Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice BMWP/Col, época seca

El pico más alto que representa al segundo punto de muestreo indica una calidad de agua Media y el pico más bajo que representa al tercer punto de muestreo tiene una calidad de agua Escasa.

### ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI)

En la Tabla 27, se encuentran los datos del primer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del ABI.

**Tabla 27.** Primer punto de muestreo. ABI, época seca

ORDEN	FAMILIAS	ABI
Amphípoda	Hyalellidae	6
Coleóptera	Ptilodactycidae	5
Coleóptera	Sciartidae	5
Díptera	Chironomidae	2
Díptera	Muscidae	2
Díptera	Rhagionidae	2
Ephemeroptera	Baetidae	4
Hirudiformes	Macrobdelidae	3
Hydracnhidia	Hydrachidae	4
Trichóptera	Limnephilidae	7
Tricladida	Planaidae	5
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>

Las puntuaciones del primer punto fueron obtenidos de Acosta *et al.* (2009), el resultado obtenido de la sumatoria de los puntajes es de 45, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Acosta *et al.* (2009) se

encuentra en un rango de un límite inferior de 31 a un límite superior de 61, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Escasa.

En la Tabla 28, se encuentran los datos del segundo punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del ABI.

**Tabla 28.** Segundo punto de muestreo, ABI, época seca

ORDEN	FAMILIAS	ABI
Amphípoda	Hyaellidae	6
Coleóptera	Scirtidae	5
Díptera	Ceratopogonidae	4
Díptera	Chironomidae	2
Díptera	Dixidae	4
Díptera	Simulidae	5
Díptera	Tipulidae	5
Ephemeroptera	Baetidae	4
Haplotaxida	Tubificidae	1
Hydrachnidia	Hydrachidae	4
Plecóptera	Perlidae	10
Trichóptera	Limnephilidae	7
Tricladida	Planaiidae	5
<b>TOTAL</b>		62

Las puntuaciones del segundo punto fueron obtenidos de Acosta *et al.* (2009), el resultado obtenido de la sumatoria de los puntajes es de 62, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Acosta *et al.* (2009) se encuentra en un rango de un límite inferior de 62 a un límite superior de 81, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Media.

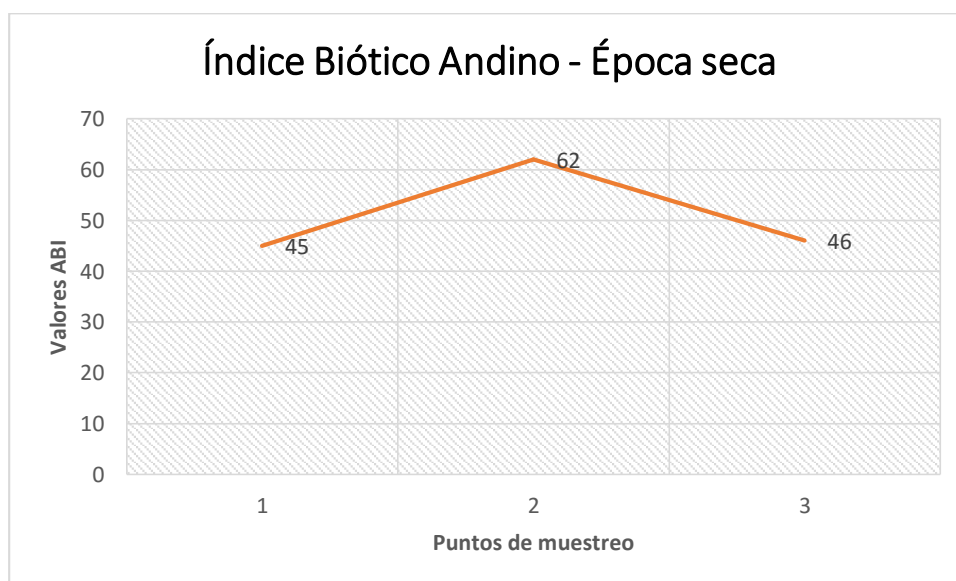
En la Tabla 29, se encuentran los datos del tercer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del ABI.

**Tabla 29.** Tercer punto de muestreo, ABI, época seca

ORDEN	FAMILIAS	ABI
Amphípoda	Hyalellidae	6
Coleóptera	Chrysomelidae	4
Díptera	Ceratopogonidae	4
Díptera	Chironomidae	2
Díptera	Empididae	4
Díptera	Simulidae	5
Díptera	Tipulidae	5
Ephemeroptera	Baetidae	4
Haplotaxida	Tubificidae	1
Hydrachnidia	Hydrachidae	4
Trichóptera	Limnephilidae	7
<b>TOTAL</b>		<b>46</b>

Las puntuaciones del tercer punto fueron obtenidos de Acosta *et al.* (2009), el resultado obtenido de la sumatoria de los puntajes es de 46, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Acosta *et al.* (2009) se encuentra en un rango de un límite inferior de 31 a un límite superior de 61, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Escasa.

Para finalizar el análisis del Índice Biótico Andino (ABI) en la época seca, en la Figura 9, se muestra el comportamiento de los resultados obtenidos de los tres puntos de muestreo de éste índice en esta época del año.



**Figura 9.** Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice Biótico Andino, época seca

El segundo punto de muestreo tiene una calificación de calidad de agua media, mientras que el primer y tercer punto de muestreo calificó con una calidad de agua escasa.

### ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT (EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA, TRICHOPTERA)

En la Tabla 30, se encuentran los datos del primer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice EPT.

**Tabla 30.** Primer punto de muestreo, Índice EPT, época seca

CLASIFICACIÓN	ABUNDANCIA (N° Individuos)	EPT PRESENTES
Baetidae	15	15
Chironomidae	25	0
Hyalellidae	60	0
Hydrachidae	1	0
Limnephilidae	6	6
Macrobdelidae	1	0
Muscidae	1	0
Ptilodactycidae	2	0
Planidae	2	0
Rhagionidae	1	0
Sciartidae	4	0
<b>TOTAL</b>	118	21
<b>EPT Total/Abundancia Total</b>		0.18
<b>Relación EPT (%)</b>		17.8

Las puntuaciones del primer punto fueron obtenidos de Carrera y Fierro (2001), el resultado en porcentaje obtenido del cálculo de los puntajes es de 18%, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Carrera y Fierro (2001) se encuentra entre un rango de 0%-24%, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Mala.

En la Tabla 31, se encuentran los datos del segundo punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice EPT.

**Tabla 31.** Segundo punto de muestreo, índice EPT, época seca

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>ABUNDANCIA (N° Individuos)</b>	<b>EPT PRESENTES</b>
Baetidae	4	4
Ceratopogonidae	3	0
Chironomidae	9	0
Dixidae	1	0
Hyaellidae	14	0
Hydrachidae	3	0
Limnephilidae	2	2
Perlidae	1	0
Planidae	1	0
Scirtidae	1	0
Simulidae	3	0
Tipulidae	1	0
Tubificidae	14	0
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>6</b>
<b>EPT Total/Abundancia Total</b>		0,11
<b>Relación EPT (%)</b>		10,53

Las puntuaciones del segundo punto fueron obtenidos de Carrera y Fierro (2001), el resultado en porcentaje obtenido del cálculo de los puntajes es de 11%, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Carrera y Fierro (2001) se encuentra entre un rango de 0%-24%, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Mala, debido a la escasa cantidad de organismo de las familias de macroinvertebrados Ephemeroptera, Plecoptera o Trichoptera.

En la Tabla 32, se encuentran los datos del tercer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice EPT.

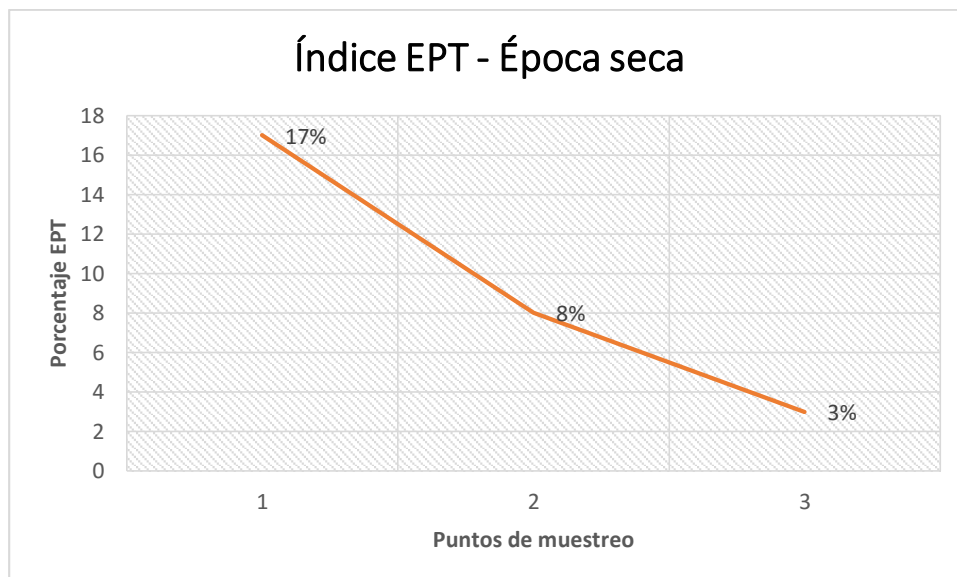
**Tabla 32.** Tercer punto de muestreo, Índice EPT, época seca

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>ABUNDANCIA (N° Individuos)</b>	<b>EPT PRESENTES</b>
Baetidae	4	4
Ceratopogonidae	3	0
Chironomidae	64	0
Chrysomelidae	2	0
Empididae	2	0
Hyaellidae	5	0
Hydrachidae	1	0
Limnephilidae	3	3
Simuliidae	1	0
Tipulidae	17	0
Tubificidae	94	0
<b>TOTAL</b>	196	7
<b>EPT Total/Abundancia Total</b>		0,04
<b>Relación EPT (%)</b>		3,57

Las puntuaciones del tercer punto fueron obtenidos de Carrera y Fierro (2001), el resultado en porcentaje obtenido del cálculo de los puntajes es de 4%, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Carrera y Fierro (2001) se encuentra entre un rango de 0%-24%, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Mala, debido a la escasa presencia de organismos de las familias de macroinvertebrados Ephemeroptera, Plecoptera o Trichoptera.

Para finalizar el análisis del Índice EPT en la época seca, en la Figura 10, se muestra el comportamiento de los resultados obtenidos de los tres puntos de muestreo de éste índice en esta época del año.





**Figura 10.** Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice EPT, época seca

Los tres puntos de muestreo tienen una calificación de calidad de agua Mala debido a la escasa presencia de los tres grupos de macroinvertebrados Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera.

### ÍNDICE DE SENSIBILIDAD

En la Tabla 33, se encuentran los datos del primer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice de Sensibilidad.

**Tabla 33.** Primer punto de muestreo, Índice de Sensibilidad época seca

PUNTO 1	
CLASIFICACIÓN	SENSIBILIDAD
Baetidae	7
Chironomidae	2
Hyaellidae	-
Hydrachidae	10
Limnephilidae	-
Macrobdelidae	3
Muscidae	-
Ptilodactyidae	10
Planidae	5
Rhagionidae	2
Sciartidae	-
<b>TOTAL</b>	<b>39</b>

Las puntuaciones del primer punto fueron obtenidos de Carrera y Fierro (2001), el resultado de la sumatoria obtenida de los puntajes es de 39, que de

acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Carrera y Fierro (2001) se encuentra entre un rango de 36 - 60, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Regular.

En la Tabla 34, se encuentran los datos del segundo punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice de Sensibilidad.

**Tabla 34.** Segundo punto de muestreo, Índice de Sensibilidad, época seca

<b>PUNTO 2</b>	
<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>SENSIBILIDAD</b>
Baetidae	7
Ceratopogonidae	3
Chironomidae	2
Dixidae	-
Hyaellidae	-
Hydrachidae	10
Limnephilidae	-
Perlidae	10
Planidae	5
Scirtidae	-
Simuliidae	8
Tipulidae	3
Tubificidae	1
<b>TOTAL</b>	<b>49</b>

Las puntuaciones del segundo punto fueron obtenidos de Carrera y Fierro (2001), el resultado de la sumatoria obtenida de los puntajes es de 49, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Carrera y Fierro (2001) se encuentra entre un rango de 36 - 60, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Regular, debido a la presencia de macroinvertebrados resistentes a la contaminación.

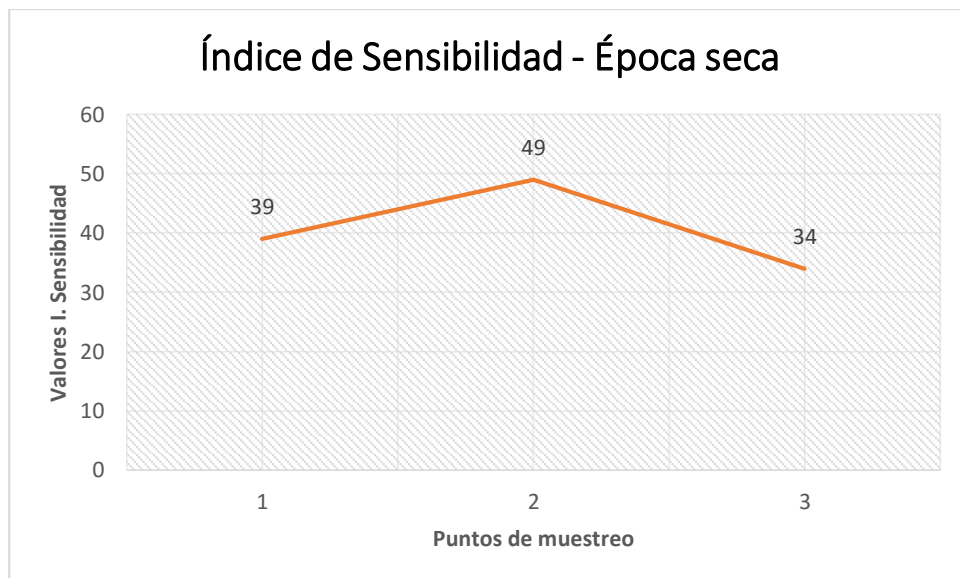
En la Tabla 35, se encuentran los datos del tercer punto de muestreo del Río Tungurahua, con el análisis del Índice de Sensibilidad.

**Tabla 35.** Tercer punto de muestreo, Índice de Sensibilidad, época seca

PUNTO 3	
CLASIFICACIÓN	SENSIBILIDAD
Baetidae	7
Ceratopogonidae	3
Chironomidae	2
Chrysomelidae	-
Empididae	-
Hyaellidae	-
Hydrachidae	10
Limnephilidae	-
Simulidae	8
Tipulidae	3
Tubificidae	1
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>

Las puntuaciones del tercer punto fueron obtenidos de Carrera y Fierro (2001), el resultado de la sumatoria obtenida de los puntajes es de 34, que de acuerdo al cuadro de valoración de la calidad de agua de Carrera y Fierro (2001) se encuentra entre un rango de 16 - 35, es decir la calidad de agua de este punto se califica como Mala, debido a la presencia abundante de macroinvertebrados resistentes a la contaminación.

Para finalizar el análisis del Índice de Sensibilidad en la época lluviosa, en la Figura 11, se muestra el comportamiento de los resultados obtenidos de los tres puntos de muestreo de éste índice en esta época del año.



**Figura 11.** Comportamiento de los resultados obtenidos para el Índice de Sensibilidad, época seca

El pico más alto muestra que el punto de muestreo número dos tiene una alta sensibilidad a los contaminantes, mientras que, el pico más bajo muestra que el punto de muestreo número tres tiene una baja sensibilidad a los contaminantes.

## ANÁLISIS DE ÍNDICES

En la Tabla 36, se muestra una comparación de los datos de los índices y sus resultados.

**Tabla 36.** Tabla comparativa de los Índices y sus resultados

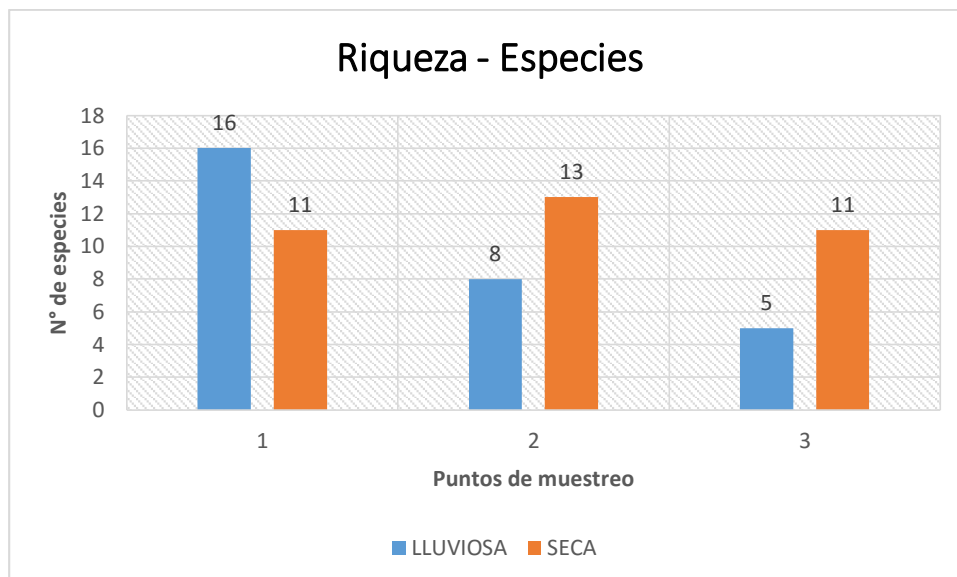
ÉPOCA SECA				
ÍNDICES	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Resultado
Shannon-Weaver	1.50	2.16	1.48	Contaminación Moderada
BMWP/Col	60	73	50	Mala Calidad de agua
ABI	45	62	46	Mala Calidad de agua
EPT	17%	8%	3%	Mala Calidad de agua
Sensibilidad	39	49	34	Baja sensibilidad

De acuerdo a los resultados de los índices se tiene que éstos arrojan resultados similares, teniendo una contaminación Mala calidad del río Tungurahua en época seca.

### 3.4. COMPARACIÓN ÉPOCA LLUVIOSA Y ÉPOCA SECA

#### RIQUEZA

De acuerdo a la base de datos de macroinvertebrados realizada, se tuvo como resultado la riqueza en época lluviosa y época seca como se muestra en la Figura 12.



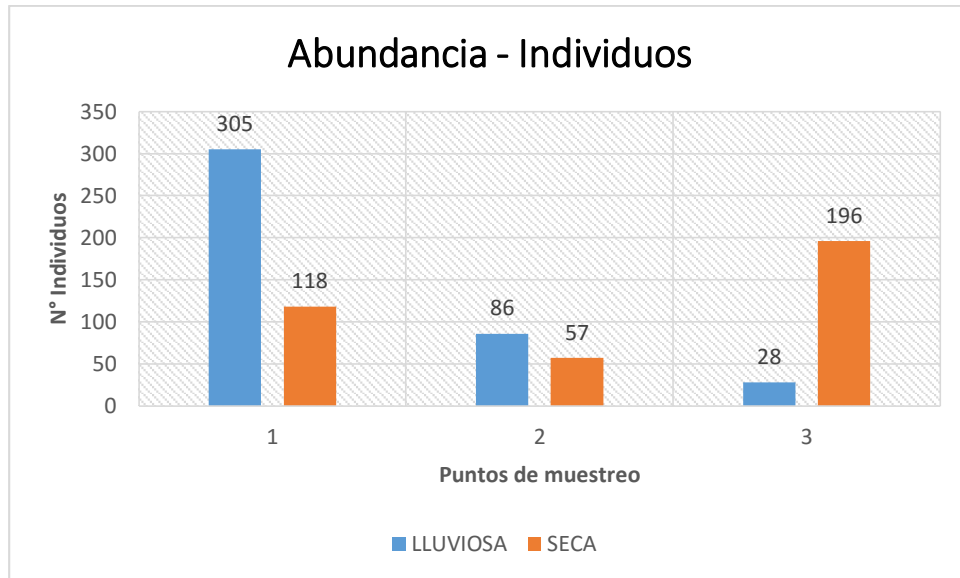
**Figura 12.** Riqueza en los puntos de muestreo en las dos épocas (lluviosa y seca)

En época lluviosa se obtuvo 29 taxones de macroinvertebrados mientras que en época seca se obtuvieron 35 taxones de macroinvertebrados lo que indica que en el período de la época seca existió mayor diversidad de macroinvertebrados que en la época lluviosa.

De los taxones únicos que se encontraron sólo en época lluviosa tenemos: Baetis, género de la familia Glossosomatidae, Atopsiche, Leptoceridae sp2, Anomalocosmoecus, Marilia, Anchyrtarsus, Elodes, Simulium, que de acuerdo a los valores de BMWP/Col tiene valores >7 a excepción del taxón Baetis con una puntuación de 4.

### **ABUNDANCIA**

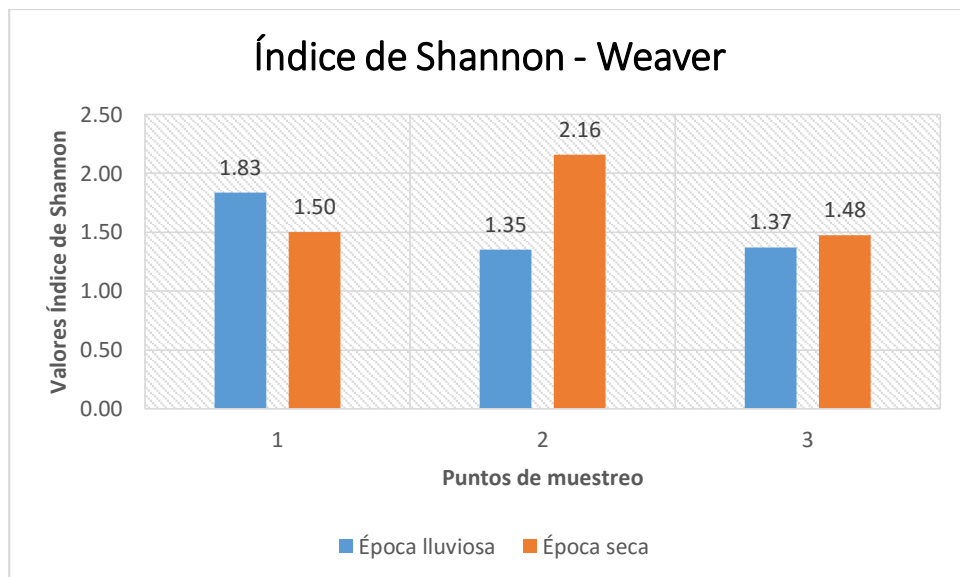
La abundancia de individuos en época lluviosa es mayor que en época seca a excepción del punto de muestreo número 3 que aumenta en época seca, se visualiza en la Figura 13.



**Figura 13.** Abundancia en los puntos de muestreo en las dos épocas (lluviosa y seca)

### ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER

En la Figura 14, se muestra la comparación entre las dos épocas del año del Índice de Shannon-Weaver.

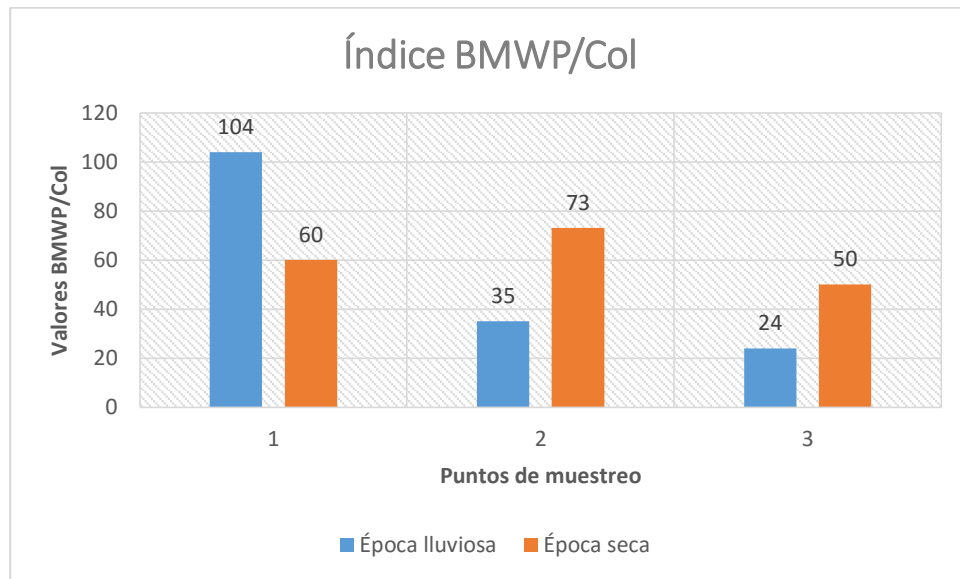


**Figura 14.** Comparación de resultados, Índice de Shannon-Weaver, época lluviosa y seca

Los puntos de muestreo revelan que la biodiversidad de especies en época lluviosa se mantiene estable, mientras que en época seca existe un aumento de biodiversidad de especies en el punto 2 y 3. Y la calificación de calidad de agua en el Río Tungurahua es de Contaminación Moderada.

## ÍNDICE BMWP/Col

En la Figura 15, se muestra la comparación entre las dos épocas del año del Índice de BMWP/Col.

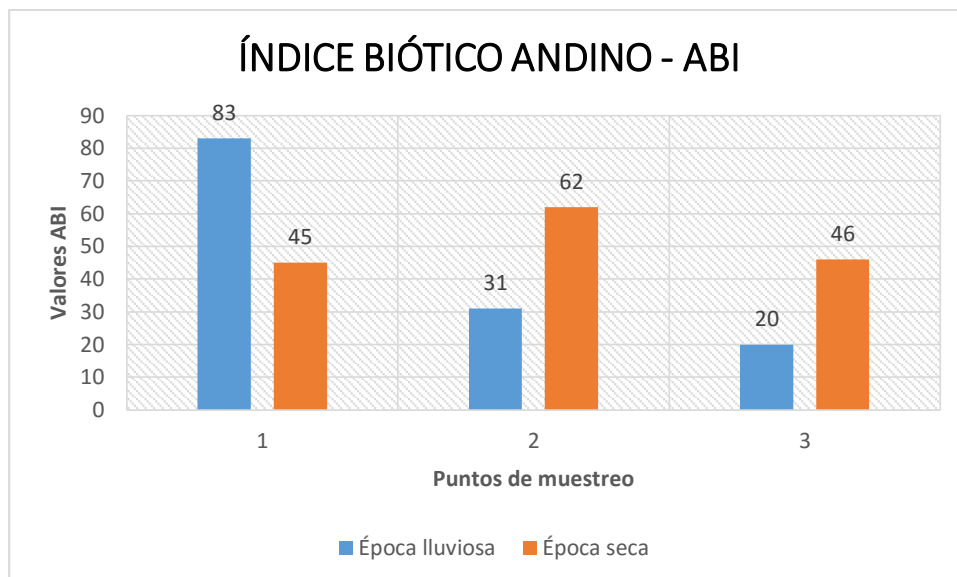


**Figura 15.** Comparación de los resultados, Índice BMWP/Col, época lluviosa y seca.

La calidad de agua de época lluviosa se podría reducir a una calidad escasa debido a que en el punto de muestreo 1 la calidad de agua es Alta disminuyendo a escasa y luego mala en los otros dos puntos respectivamente. Mientras que en época seca la calidad de agua se mantiene en escasa en el punto uno y tres y en el punto dos una calidad media. Lo que en general la calidad de agua de Río Tungurahua según el índice BMWP/Col es Escasa.

## ÍNDICE BIÓTICO ANDINO

En la Figura 16, se muestra la comparación entre las dos épocas del año del Índice Biótico Andino (ABI).

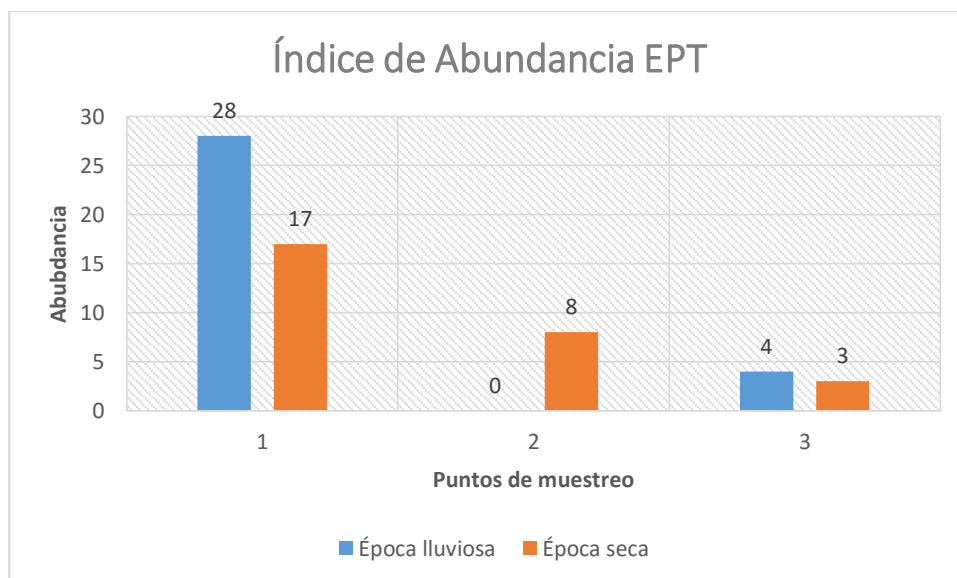


**Figura 16.** Comparación de resultados del Índice Biótico Andino, época lluviosa y seca

Los valores del ABI muestran en su totalidad una calidad de agua escasa, los resultados arrojados son similares al BMWP/Col debido a que este fue modificado para lugares alto-andinos de Ecuador.

### ÍNDICE ABUNDANCIA EPT

En la Figura 17, se muestra la comparación entre las dos épocas del año del Índice Abundancia EPT



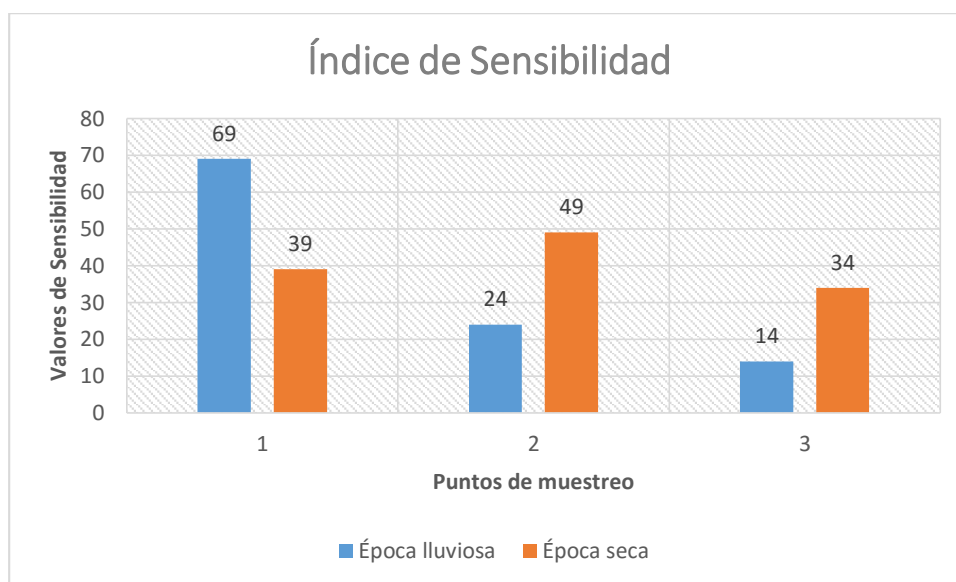
**Figura 17.** Comparación de resultados del Índice de Abundancia EPT, época lluviosa y seca.



La abundancia del grupo de familias Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en época lluviosa es mayor que en época seca aunque cabe recalcar que en época lluviosa en el punto 2 no hubo presencia de ningún tipo del grupo EPT, mientras que en época seca este grupo se mantiene más o menos constante en los tres puntos. Y para la calificación de la calidad del agua se tiene según este índice una calificación de agua Mala.

### ÍNDICE DE SENSIBILIDAD

En la Figura 18, se muestra la comparación entre las dos épocas del año del Índice de Sensibilidad.



**Figura 18.** Comparación de resultados del Índice de Sensibilidad, época lluviosa y seca.

El pico más alto se registra en el punto uno en época lluviosa con mayor sensibilidad, mientras que el pico más bajo se registra en la misma época en el punto 3 con menos sensibilidad. Es decir la sensibilidad general del Río Tungurahua es Regular debido a que existe mayor cantidad de macroinvertebrados resistentes a la contaminación.

### 3.5. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E HIDROMORFOLÓGICOS

En la Tabla 37, se muestra los resultados de los parámetros físicos, químicos e hidromorfológicos tomados en las dos épocas del año.

**Tabla 37.** Parámetros Químicos, físicos e hidromorfológicos tomados en las dos épocas del año

PARÁMETRO		ÉPOCA LLUVIOSA			ÉPOCA SECA		
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Químico	Conductividad	73 uS/cm	80 uS/cm	97 uS/cm	88 uS/cm	89 uS/cm	90 uS/cm
	Ph	8.1	7.8	8.0	8.3	7.3	7.5
Hidromorfológico	Profundidad	60 cm	40 cm	40 cm	50 cm	40 cm	35 cm
	Ancho del Río	4 m	2,5 m	1,3 m	3 mm	1 m	1 m
Físico	Temperatura	9.5 °C	15.2 °C	11.7 °C	7.6 °C	6.6 °C	7.3 °C
	Turbiedad	10.90 NTU	9.99 NTU	9.99 NTU	3.20 NTU	5.30 NTU	3.90 NTU

(Ayala, 2017)

Según la norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso agua, un ambiente de estuario en condición natural puede tener de 0 a 50 NTU, por lo tanto la turbidez en este río es aceptable, la turbidez aumenta debido a la presencia de sedimentos, hojarasca, entre otros. Por otro lado la conductividad va aumentando aguas abajo. En cuanto a la temperatura se encuentra entre 7°C a 15°C. Presenta un pH básico en un rango de 7.5 a 8.5. En cuanto al caudal existe un retroceso excesivo de época lluviosa (68.35 l/s) a seca (16.54 l/s) debido a la presencia de altas precipitaciones en época lluviosa (datos facilitados por el FONAG).

Dentro de un parámetro hidromorfológico importante se tuvo el cálculo de Calidad de Bosque de Ribera (QBR), que se tomaron en cuenta las siguientes cuantificaciones, Tabla 38.

**Tabla 38.** Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR)

Componentes y atributos	Calificación
Grado de cubierta vegetal de ribera	25
Estructura vertical de la vegetación	25
Calidad y diversidad de la cubierta vegetal	10
Grado de naturalidad del canal fluvial	25
<b>TOTAL</b>	<b>85</b>

El resultado es de 85 tomando en cuenta el rango de calificación según F.E.M. (s.f.) se encuentra entre 75-90 lo que indica que el nivel de calidad es bueno, un bosque ligeramente perturbado.

Para el cálculo de Estado Ecológico se tomó en cuenta el resultado del ABI, para luego compararlo con la Tabla 39.

**Tabla 39.** Clases de Estado Ecológico según ABI en Ecuador

<b>Estado Ecológico</b>	<b>Valores</b>
Muy Bueno	>96
Bueno	59 - 96
Moderado	35 - 58
Malo	14 - 34
Pésimo	<14

(Acosta et al., 2009)

Los resultados del ABI para época lluviosa para el punto 1, 2 y 3 son: 83, 31 y 20 respectivamente, sacando un promedio de estos se tiene un resultado de 45 con una desviación estándar de 27.48, lo que según la tabla mostrada anteriormente se tiene que el estado ecológico para el río en esa época es Moderado. Por otro lado se tienen en época seca los resultados de 45, 62 y 46 respectivamente con los puntos de muestreo y su promedio de 51 con una desviación estándar de 7.79, arroja como estado ecológico en esta época del año como Moderado. En conjunto el Río Tungurahua tiene un Estado Ecológico Moderado.

La desviación estándar para época lluviosa es de 27.48 con un coeficiente de variación de 62%, lo que indica que los datos tienen una alta variabilidad con respecto a la media 45; es decir que los datos del ABI varían mucho de un punto a otro. Mientras que, en época seca la desviación estándar es de 7.79 con un coeficiente de variación de 15%, lo que indica que los datos tienen una baja variabilidad con respecto a la media 51, es decir que los datos del ABI varían menos de un punto a otro.

La importancia del uso de los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua de los ríos es indiscutible, teniendo una gran habilidad para apreciar los elementos que determinan el estado integral del río. Los resultados de la calidad del agua del Río Tungurahua, tanto en época lluviosa como en época seca como lo han demostrado los resultados de los índices propuestos tienen similitudes, dando como una calificación de calidad de agua Escasa, debido a la presencia de varios factores que disminuyen la calidad de agua en éste río. La primera contaminación que se da es producida por alpacas debido a la presencia excesiva de estos animales, muchos de estos animales al llegar a su edad adulta mueren cerca del río deteriorándose y arrastrando estos restos aguas abajo. La segunda contaminación que se da es por el excremento de conejos, debido a la abundante presencia de éstos y por acción de las precipitaciones fuertes que se dan especialmente en época lluviosa, son arrastrados por el escurrimiento llegando hasta el río y produciendo ésta contaminación. Y la tercera contaminación es antropogénica debido a que en el tercer punto existe infraestructura cerca del río que afecta a las condiciones naturales de la ribera.

### 3.6. DISCUSIÓN

Según Rivera (2004) los fondos arenosos albergan pocas especies, con pocos individuos por especie. Los fondos pedregosos suelen ser más ricos, en especial cuando las rocas son grandes y finalmente cuando hay vegetación la fauna es aún más diversa y difiere considerablemente de la fauna de otros sustratos. Además Burdet & Watts (2009) argumentan que los sustratos dominados por hojarasca brindan una mayor disponibilidad de recursos, por lo que además de presentar una alta riqueza de especies permiten sostener una mayor densidad de organismos. Estos resultados son apoyados por lo encontrado en este estudio, donde los macroinvertebrados acuáticos presentan mayor riqueza y abundancia en hojarasca (punto 1 y 2), seguido por el sustrato roca (punto 1) y por último el sedimento fino (punto 3).

La ausencia de EPT en los arroyos del altiplano Boliviano (Jacobsen, 2008) complica la utilización de este índice debido a sus bajos valores obtenidos, que pueden ser debido a la altura y no a un impacto humano o ambiental. Es lo que se observa en este caso con la ausencia de los Plecópteros y la casi ausencia de los Efemerópteros y Trichopteros. En cambio el índice del BMWP/Col, se utiliza en Bolivia en los mismos rangos de altura (Jacobsen y Marín, 2007). Al fin, los valores de tolerancia no fueron adaptados al lugar del estudio lo que puede explicar los resultados obtenidos. Sin embargo, los bajos valores de los índices pueden ser explicados por las características del sitio.

Según los estudios realizados por De la Paz (2012) que analizó ríos alto-andinos manejados y no manejados por el FONAG en la Reserva Ecológica Antisana (REA) y tomando en cuenta que el Río Tungurahua es un río sin manejo se compara los resultados con ese estudio, el resultado del ABI para ríos sin manejo en la REA es de 35 es decir una calidad de agua escasa similar al resultado obtenido en este estudio.

Para los resultados de BMWP/Col conjuntamente con ABI se compara los resultados con un estudio realizado en el embalse la Mica de ríos alto-andinos, según el estudio de Cordero (2015), el obtiene valores de BMWP/Col y ABI muy similares teniendo resultados en esos ríos (Sarpache, Alambrado y Moyas) con una mala y muy mala calidad de agua, que son resultados similares al presente estudio.

De acuerdo al estudio titulado “Estructura de Macroinvertebrados Acuáticos en un río alto-andino de la Cordillera Real, Bolivia” realizado por Molina, Gibon, Pinto & Rosales (2008), analiza la densidad de macroinvertebrados en las dos épocas, arrojando como resultado que en época seca (julio) existe un aumento de densidad de macroinvertebrados lo que ocurre en este presente estudio, un aumento de densidad de macroinvertebrados en el mes de agosto.

Para el análisis del Índice EPT se tomó en cuenta los resultados del estudio planteado por Moya, Gibon, Oberdorff, Rosales & Domínguez (2009), que analizan la presencia de EPT en dos épocas del año y la influencia que tiene sobre ésta la conductividad y la transición de una época con la otra, los cuales concluyen que la presencia de EPT es afectada positivamente por la estacionalidad y el sustrato, y afectada negativamente por la conductividad, es decir que la presencia de EPT aumenta en el cambio de época y puede disminuir si la conductividad aumenta. Comparándolo con el presente estudio se tiene que en el punto de muestreo número uno, en las dos épocas, la conductividad es menor a los otros dos puntos de muestreo, concluyendo que la presencia de EPT es mayor en el punto de muestreo número uno. No obstante el cambio de estación afectó positivamente a la presencia de EPT aumentando en época lluviosa.

En el análisis de las variables hidromorfológicas se tomó en cuenta el QBR que comparándolo con el estudio propuesto por Villamarín (2008) que analiza los resultados de QBR en ríos alto-andinos de Ecuador y Perú obtuvo como resultado una calidad intermedia de calidad del bosque en comparación con el presente estudio se obtuvo un QBR moderado, esto se debe a que el bosque de ribera no ha sido intervenido en ninguno de estos estudios.

En el análisis realizado se obtuvo una desviación estándar alta en la época lluviosa, lo cual nos indica que existe una variación a la cantidad de macroinvertebrados colectados en época lluviosa. Por lo que se recomienda realizar monitoreos en la época seca. En el estudio realizado por Acosta, Ríos, Rieradevall & Prat (2009), afirma que los mayores valores promedio del ABI, se presentó en las estaciones de referencia en Ecuador con un coeficiente de variación de 25%, encontrando mayor cantidad de taxas en la estación seca, mientras que en sitios contaminados la mayor riqueza se presentó en la estación de lluvias.

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo al objetivo planteado, determinar la calidad del Río Tungurahua se tiene que los resultados de los índices: Shannon-Weaver, BMWP/Col, ABI, Abundancia EPT y Sensibilidad arrojaron resultados similares los que nos orientan a dar como resultado de calidad de agua para el Río Tungurahua es ESCASA, lo que requiere de una intervención inmediata para mejorar la calidad de agua de éste río.
- Para el objetivo de identificar los efectos positivos o negativos que producen las variables hidromorfológicas y químicas se tiene que, las variables hidromorfológicas aportan positivamente a la integridad de macroinvertebrados, teniendo un Índice Calidad de Bosque de Ribera BUENO y un Estado Ecológico Moderado. Es decir mantener un equilibrio de estas variables controlando la contaminación dentro del cauce.
- La contaminación es evidente en este cauce debido a la presencia de tres factores importantes de contaminación: presencia de alpacas, excremento de conejos e infraestructura cercana al punto 3, lo que altera la calidad del cauce. Además de que la protección de lugares alto-andinos es importante debido a que estos almacenan gran cantidad de agua para abastecer de agua potable a la ciudad de Quito.
- El análisis biológico (macroinvertebrados) de la calidad del agua representa un ahorro económico y de personal muy alto, comparado a otros métodos para calidad de agua.
- La conservación de páramos es importante debido a que alberga gran cantidad de biodiversidad en plantas y animales.

## 4.2. RECOMENDACIONES

El agua del Río Tungurahua requiere de un tratamiento previo y un plan de manejo antes de que este desemboque al Río Pita. Además de mantener activa la importancia de la conservación de los recursos naturales y el agua, para implementar más biomonitoreos en los ríos aledaños a éste, y un control anual para identificar factores que alteran la integridad de los ríos. La conservación de las microcuencas debe hacerse de forma integral, tomando en cuenta todos los elementos existentes de ésta: vegetación, fauna, suelo, uso racional del espacio y también mantener ciertos patrones racionales de uso y consumo de agua.

Con monitoreos futuros (época lluviosa y seca) se podrá conocer más sobre los ecosistemas y sus procesos de restauración ambiental, así como la eficacia de las acciones de conservación. Con esta práctica, se propone una evaluación de los efectos de las acciones de conservación a través del tiempo, donde se debería muestrear más áreas, controlando factores como número de hectáreas conservadas y tipo de programa de conservación; para saber cuáles son las mejores prácticas de manejo a ser aplicadas. Así se podrá seguir trabajando en la conservación de los páramos con acciones cada vez más eficaces para mejorar la integridad de estos ecosistemas tan valiosos.

Se recomienda mantener un control mensual de éste río, para que en una futura ocasión se puedan realizar estudios y poder comparar los resultados, debido a que las condiciones cambian con el tiempo, además los datos variarían por la acción del cambio climático existente, pudiendo proponer estrategias para frenar o disminuir este efecto en los ríos. Además se requiere hacer biomonitoreos interanuales entre la época seca y la lluviosa. Como aporte a este estudio se requiere realizar un estudio para cuantificar la población de conejos de ésta área y controlar la densidad de éstos.



## **5. BIBLIOGRAFÍA**

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. Ríos, B. Rieradevall, M. & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación en dos cuencas del Ecuador y Perú. *Linmetica*. 28(1) 35-64.
- Agència Catalana de l'Aigua, (2006). Protocolo HIDRI. Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los Ríos. España. 95pp
- Argollo, J. (2006). Aspectos geológicos. In: M. Moraes, B. Øllgaard, L. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev (eds.). *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 557 pp.
- Beauchard, O., Gagneur, J. & Brosse, S. (2003). Macroinvertebrate richness patterns in North African streams. *Journal of Biogeography*. 30:1821-1833.
- Bello, M. & Pino, M. (2000). Medición de Presión y Caudal. Boletín INIA N°28. Chile, 9 pp.
- Burdet, A. & Watts, R. (2009). Modifying living space: an experimental study of the influences of vegetation on aquatic invertebrate community structure. *Hydrobiologia*, 161–173 pp.
- Carrera, C. & Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo, Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Recuperado el 20 de mayo de 2017.
- Carrera, P. & Gunkel, G. (2003). Ecology of a high Andean stream, Rio Itambi, Otavalo, Ecuador. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, 33: 29-43.
- Damanik, M. Everaert, G. Eurie, M. Tien, T. Lock, K. Sasha, P. Suhareva, N. Domínguez, L. Bennetsen, E. Boets, P. & Goethals, P. (2016). Generalized Linear Models to Identify Key Hydromorphological and Chemical Variables Determining the Occurrence of Macroinvertebrates in the Guayas River Basin (Ecuador). Recuperado el 11 de enero de 2017, de <http://water-08-00297-1.pdf>
- De la Paz, M. (2012). Evaluación de la calidad del agua e integridad ecológica de ríos altoandinos manejados por el FONAG (Tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito-Ecuador.

- Domínguez, E. & Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Ecuador.
- Emck, P., Moreira, A. & Richter, M. (2006). El clima y sus efectos en la vegetación. In: M. Moraes, B. Øllgaard, L. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev (eds.). Botánica económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 557 pp.
- EPA. (1989). Health and Environmental Effects Documents. Recuperado el 15 de septiembre de 2017, de <https://archive.epa.gov/hsrb/web/pdf/usepa-1989.pdf>
- Fernández, I. Favila, M. & López, G. (2014). Composición, riqueza y abundancias de Coleópteros (coleóptera) asociados a bosques semidecíduos y vegetaciones ruderales en la sierra del Rosario, Cuba.
- Freshwater Ecology and Management (F.E.M.) (s.f.). Índice de Calidad QBR, QBR-Protocolo. Recuperado el 15 de septiembre de 2017, de [http://www.ub.edu/fem/docs/protocols/Prot\\_QBR%20cast.pdf](http://www.ub.edu/fem/docs/protocols/Prot_QBR%20cast.pdf).
- González, E., Carrillo, V. & Peñaherrera, C. (2004). Características físicas y químicas del embalse agua fría (Parque Nacional Macarao, Estado Miranda, Venezuela). Acta Cient. Venez., 55: 225-236.
- Hamada, N. Nessimian, J. & Barbosa, R. (2014). Insectos Acuáticos na Amazonia brasileira: taxonomía, biología e ecología. Brasil.
- Iza, A. (2015). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y estado de conservación de la microcuenca del Río Pindo Mirador, Sector Estación Biológica "Pindo Mirador". Tesis pregrado. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.
- Jacobsen, D. & Brodersen, K. (2008). Are altitudinal limits of equatorial stream insects reflected in their respiratory performance Freshwater Biol., 53: 2295-2308.
- Jacobsen, D. & Marín, R. (2007). Bolivian Altiplano streams with low richness of Macroinvertebrates and large diel fluctuations in temperature and dissolved oxygen. Bolivia.
- Jacobsen, D. (2004). Contrasting patterns in local and zonal family richness of stream invertebrates along an Andean altitudinal gradient. Freshwater Biol., 49(10): 1293-1305.

- Jacobsen, D., Schultz, R. & Encalada, A. (1997). Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. *Freshwater Biol.*, 38(2): 247-261.
- Jácome, F. (2009). Guía Interpretativa del Parque Nacional Cotopaxi. Recuperado el 15 de septiembre de 2017, de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Parque-Nacional-Cotopaxi.pdf>
- Ladrera, R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Recuperado el 14 de enero de 2017, de [file:///C:/Users/acer%20pc/Downloads/Dialnet-LosMacroinvertebradosAcuaticosComoIndicadoresDelEs-4015812%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/acer%20pc/Downloads/Dialnet-LosMacroinvertebradosAcuaticosComoIndicadoresDelEs-4015812%20(1).pdf)
- Lozano, L. (2005). La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá. Recuperado el 14 de enero de 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/304/30400702.pdf>
- Maldonado, M.; Maldonado, J.; Ortega, H.; Encalada, A.; Carvajal, F.; Rivadeneira, J.; Acosta, F.; Jacobsen, D.; Crespo, A. & Rivera, C. (2012). Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales, Diversidad en los Sistemas Acuáticos. Recuperado el 12 de agosto de 2017.
- Marcó, L. Azario, R. Metzler, C. & García, M. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina).
- Minga, D. Ansaloni, R. Verdugo, A. & Ulloa, C. (2016). Flora del Páramo del Cajas, Ecuador. Universidad del Azuay. Imprenta Don Bosco. Cuenca.
- Molina, C; Gibon, F.; Pinto, J. & Rosales, C. (2008). Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río alto-andino de la Cordillera Real, Bolivia: Variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales.
- Montgomery, D., Balco, G. & Willett, S. (2001). Climate, tectonics, and the morphology of the Andes. *Geology*, 29(7): 579-582.

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 Cambio Climático.

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA LIBRO VI ANEXO 1. Recuperado el 15 de septiembre de 2017, de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Nugra, F. (2016). Guía Metodológica para el biomonitoreo de Macroinvertebrados e Ictiofauna en la cuenca del Río Napo. Recuperado el 20 de mayo de 2017.

Nugra, F. Segovia, M. Benítez, D. & Reinoso. (2016). Guía metodológica para el biomonitoreo de macroinvertebrados e ictiofauna en la Cuenca del Río Napo, Ecuador. SENAGUA, OCTA, Cuenca, Ecuador, 79pp.

Orellana, J. (2009). Determinación de Índices de Diversidad Florística Arbórea en parcelas permanentes de muestreo del valle de sacta. Bolivia.

Pazmiño, I. (2011). Guía de bienes culturales del Ecuador, Cotopaxi. Recuperado el 15 de septiembre de 2017, de <https://downloads.arqueo-ecuatoriana.ec/ayhpwxgv/noticias/publicaciones/INPC-X-GuiaCotopaxi.pdf>

Peña, P. Bustamante, M. Ríos, B. & Oleas, N. (2016). Plantas de las quebradas de quito: Guía Práctica de Identificación de Plantas de ribera. Universidad Tecnológica Indoamérica, Secretaría de Ambiente del DMQ, Fondo Ambiental del DMQ y FONAG. Serie de Publicaciones Científicas. Universidad Tecnológica Indoamérica. Publicación N° 2.132 pp.

Prat, N. Ríos, B. Acosta, R. & Rieradevall, M (2005). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. Recuperado el 14 de enero de 2017, de <http://www.ub.edu/fem/docs/caps/2009%20MacroIndLatinAmcompag0908.pdf>

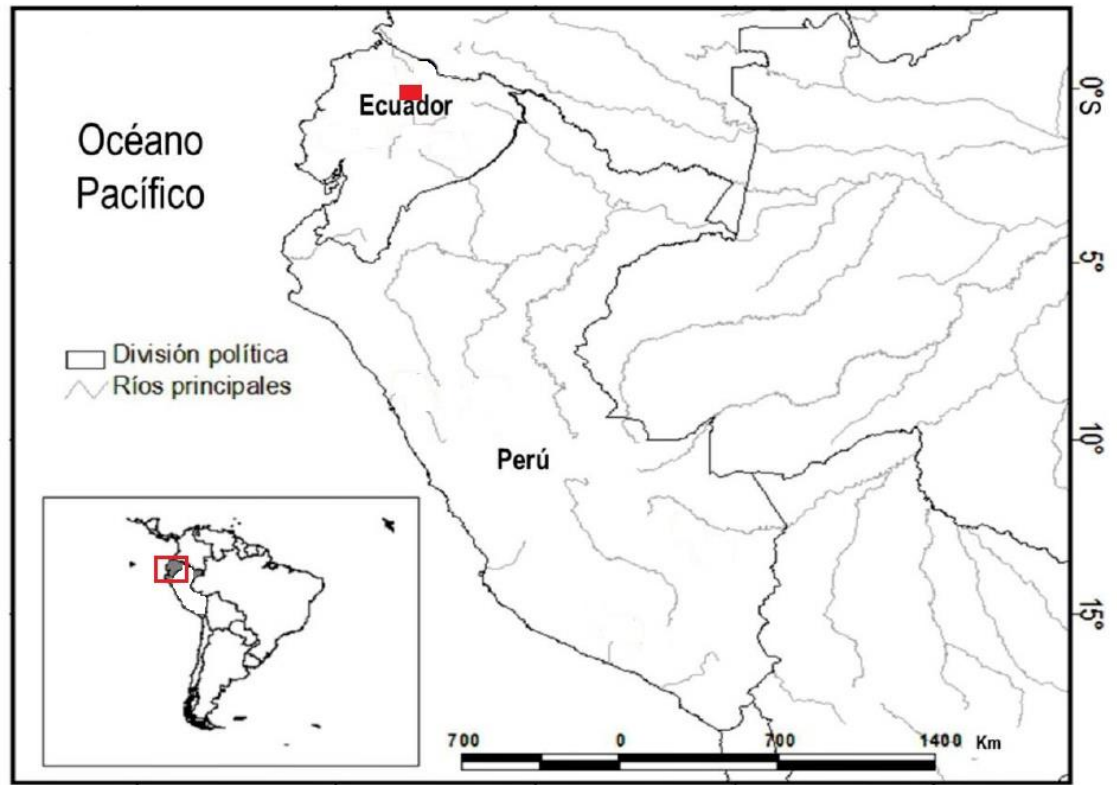
Rivera, R. (2004). Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ríos de páramo y zonas boscosas, en los andes venezolanos: Tesis, Universidad de los Andes, Mérida

- Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, uso del método BMWP/Col. Recuperado el 14 de enero de 2017, disponible en [https://books.google.com.ec/books?id=ZEjgIKZTF2UC&pg=PA30&lpg=PA30&dq=sistema+BMWP+/Col&source=bl&ots=ILn\\_-zlxMO&sig=mAh4p93\\_kBaQMD7NASPsNcVDWai&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiz2vSNy8LRAhUmKcAKHXUaAylQ6AEIOTAE#v=onepage&q=sistema%20BMWP%20%2FCol&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=ZEjgIKZTF2UC&pg=PA30&lpg=PA30&dq=sistema+BMWP+/Col&source=bl&ots=ILn_-zlxMO&sig=mAh4p93_kBaQMD7NASPsNcVDWai&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiz2vSNy8LRAhUmKcAKHXUaAylQ6AEIOTAE#v=onepage&q=sistema%20BMWP%20%2FCol&f=false)
- Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. Mérida-Venezuela.
- Somarriba, E. (1999). Agroforestería en las Américas, Diversidad Shannon. Recuperado el 15 de septiembre de 2017, de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3377E/A3377E.PDF>. Costa Rica.
- Villamarín, C. Prat, N. & Rieradevall, M. (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. Recuperado el 14 de enero de 2017, de <http://www.scielo.cl/pdf/lajar/v42n5/art12.pdf>
- Villegas, T. & Tene, W. (2013). Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador continental. 133 pp
- Young, K. (2011). Introduction to Andean geographie. In: S.K. Herzog, R. Martínez, P.M. Jørgensen & H. Tiessen (eds.). Climate change and biodiversity in the tropical Andes. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), pp. 276-294.

## **6. ANEXOS**

## 6. ANEXOS

Anexo 1. Mapa General y local del lugar de estudio





**Anexo 2.** Puntos asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados para la obtención del BMWP/Col (Roldán, 2013)

Familias				Puntos
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae,	Ptilodactylidae, Chordodidae, Gripopterygidae	Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae	Polymitarciidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Coryphoridae, Ephemeridae, Euthyplociidae,	Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae	Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae	Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae,	Hydroptilidae, Leptoceridae, Limnephilidae, Lymnaeidae, Naucoridae	Palaemonidae, Planorbidae (cuando es dominante Biomphalaria)	Pseudothelpusidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae	8
Ancylidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae,	Dicteriadidae, Dixidae, Glossosomatidae, Hyalellidae	Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Lestidae	Pyralidae, Simuliidae, Veliidae	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae,	Dryopidae, Dugesidae, Elmidae, Hyriidae	Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae	Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae	6
Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae,	Glossiphoniidae, Gyrinidae, Libellulidae	Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae	Tabanidae, Thiaridae	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydriidae,	Haliplidae, Hydriidae, Muscidae	Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae	Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae,	Hydrophilidae (larvas)	Physidae, Stratiomyidae	Tipulidae	3
Chironomidae (cuando no es la familia dominante, si domina es 1)		Culicidae, Psychodidae	Syrphidae	2
Tubificidae				1

Anexo 3. Índice Biótico Andino (Acosta et al., 2009)

Grupos taxonómicos		Puntaje ABI	Grupos taxonómicos		Puntaje ABI
Turbellaria		5	Trichoptera		Helicopsychidae 10
Hirudinea		3			CalamoceratidaeOd 10
Oligochaeta		1			ontoceridaeLeptoc 10
Gasteropoda	Ancylidae	6			eridaePolycentrop 8
	Physidae	3			odidae 8
	Hydrobiidae	3			HydroptilidaeXiph 6
	Limnaeidae	3			ocentronidaeHydro 8
	Planorbidae	3			biosidaeGlossosom 8
Bivalvia	Sphaeriidae	3			atidaeHydropsychi 7
Amphipoda	Hyalellidae	6			daeAnomalopsychi 5
Ostracoda		3			daePhilopotamidae 10
Hydracarina		4			Limnephilidae 8
					7
Ephemeroptera	Baetidae	4	Lepidoptera	Pyralidae	4
	Leptophlebiidae	10	Coleoptera		Ptilodactylidae 5
	Leptohyphidae	7			Lampyridae 5
	Oligoneuridae	10			Psephenidae 5
Odonata	Aeshnidae	6			Scirtidae(Helodida 5
	Gomphidae	8			e)Staphylinidae 3
	Libellulidae	6			Elmidae 5
	Coenagrionidae	6			Dryopidae 5
	Calopterygidae	8			Gyrinidae 3
	Polythoridae	10			Dytiscidae 3
					Hydrophilidae 3
Plecoptera	Perlidae	10			Hydraenidae 5
	Gripopterygidae	10			
Heteroptera	Veliidae	5	Diptera		Blepharoceridae 10
	Gerridae	5			Simuliidae 5
	Corixidae	5			Tabanidae 4
	Notonectidae	5			Tipulidae 5
	Belostomatidae	4			LimoniidaeCerato 4
	Naucoridae	5			pogonidae 4
					PsychodidaeDolich 3
					opodidaeStratiom 4
					yidae 4
					Empididae 4
					Chironomidae 2
					Culicidae 2
					Muscidae 2
					Ephydriidae 2
					Athericidae 10
					Syrphidae 1

Anexo 4. Índice EPT (Carrera & Fierro, 2001)

CLASIFICACIÓN	ABUNDANCIA (Número de Individuos)	EPT PRESENTES
Anisoptera		
Bivalvia		
Baetidae	25	⇒ 25
Ceratopogonidae	1	
Chironomidae	15	
Corydalidae	5	
Elmidae	25	
Euthyplociidae	4	⇒ 4
Gastropoda		
Glossosomatidae	2	⇒ 2
Gordioidea		
Hirudinea		
Hydrachnidae		
Hydrobiosidae	5	⇒ 5
Hydropsichidae	30	⇒ 30
Leptoceridae	10	⇒ 10
Leptohyphidae	5	⇒ 5
Leptophlebiidae		⇒
Naucoridae		
Oligochaeta		
Oligoneuridae	2	⇒ 2
Perlidae	1	⇒ 1
Philopotamidae	6	⇒ 6
Psephenidae	5	
Ptilodactylidae	1	
Pyralidae	3	
Simuliidae		
Tipulidae		
Turbelaria		
Veliidae		
Zygoptera		
Otros grupos	8	
<b>TOTAL</b>	<b>153</b>	<b>90</b>
EPT TOTAL ÷ ABUNDANCIA TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	$90 \div 153 = 0,58$ $0,58 \times 100 = 58\%$

Calidad de Agua

75 - 100%	Muy buena
50 - 74%	Buena
25 - 49%	Regular
0 - 24%	Mala









**Anexo 5.** Índice de Sensibilidad como se calcula (Carrera & Fierro, 2001)

CLASIFICACIÓN	SENSIBILIDAD	PRESENCIA
Anisoptera	8	
Bivalvia	?	
Baetidae	7	7
Ceratopogonidae	3	3
Chironomidae	2	2
Corydalidae	6	6
Elmidae	6	6
Euthyplociidae	9	9
Gastropoda	3	
Glossosomatidae	7	7
Gordioidea	3	
Hirudinea	3	
Hydrachnidae	10	
Hydrobiosidae	9	9
Hydropsichidae	5	5
Leptoceridae	9	9
Leptohyphidae	7	7
Leptophlebiidae	9	
Naucoridae	7	
Oligochaeta	1	
Oligoneuridae	10	10
Perlidae	10	10
Philopotamidae	8	8
Psephenidae	10	10
Ptilodactylidae	10	10
Pyralidae	5	5
Simuliidae	8	
Tipulidae	3	
Turbelaria	5	
Veliidae	8	
Zygoptera	8	
Otros grupos	?	
<b>TOTAL</b>		<b>123</b>

Calidad de Agua	
101 - 145	Muy buena
61 - 100	Buena
36 - 60	Regular
16 - 35	Mala
0 - 15	Muy mala



**Anexo 6.** Vegetación de ribera presente en el Río Tungurahua (Ayala, 2017)

VEGETACIÓN	CARACTERÍSTICAS	Foto
Diplostegium glandulosum	Arbustos que miden hasta 3 m de alto. Las hojas son alternas y lineares, gruesas, miden hasta 1,2 cm de largos. La inflorescencia con forma de cabezuelas de alrededor 2 cm de largo, se encuentra al final de las ramas. Distribución en Colombia y Ecuador en el PNC se encuentran en los bosques de Polylepis (Minga, Ansaloni, Verdugo & Ulloa, 2016)	
Baccharis caespitosa	Hierbas bajas, rastreras, que forman alfombras o crecen entre otras plantas. Las hojas miden hasta 0,5 cm de largo, de color verde oscuro y brillantes, con las puntas cafés. Las inflorescencias son capítulos solitarios de hasta 1 cm de diámetro. En el PNC se encuentra en el páramo de almohadillas y ocasionalmente en el pajonal, en general entremezclada con otras plantas. (Minga, Ansaloni, Verdugo & Ulloa, 2016)	
Cortaderia nitida	Hierba terrestre de aproximadamente 3 m con los tallos semejantes a una caña, sus hojas son aplanadas, delgadas, alargadas, enrolladas en la base y duras al tacto, de margen cortante. Flores grandes y plumosas. Fruto seco con una sola semilla. (Minga, Ansaloni, Verdugo & Ulloa, 2016)	
Monticalia arbutifolia	Arbusto de 1 a 3 m de alto con ramificación alterna. Hojas alternas gruesas, brillantes. Flores pequeñas de hasta 1,5 cm de diámetro. Se encuentran en Ecuador en zonas andinas. En el PNC habita en pajonales y en bosques de Polylepis. En el pajonal forma pequeños arbustos en lugares protegidos. (Minga, Ansaloni, Verdugo & Ulloa, 2016)	
Calamagrostis intermedia	Hierbas robustas que forman macollas densas, altas hasta 110 cm. Hojas mayormente basales, con una vaina que rodea parcialmente el tallo. Flores llamativas contraídas de 10 a 40 cm de largo. Constituye una de las especies dominantes de los pajonales del sur del Ecuador. En el PNC crece asociada a Festuca subulifolia, con la cual conforman pajonales densos. (Peña, Bustamante, Ríos & Oleas, 2016).	
Chuquiraga jussieui	Arbustos hasta de 1,5 m de alto. Hojas alternas, de ovadas a anchamente elípticas, hasta de 1,2 cm de largo. Inflorescencias de cabezuelas vistosas hasta de 5 cm de largo, color anaranjado. Habita en varios ambientes de páramos y subpáramos andinos. En el PNC crece disperso en el pajonal o en sitios rocosos formando matorrales bajos. Sus flores son visitadas por el colibrí Oreotrochilus chimborazo conocido comúnmente como estrellita ecuatoriana. (Minga, Ansaloni, Verdugo & Ulloa, 2016)	
Polylepis incana	Arbustos o árboles hasta de 12 m de alto, el tronco retorcido con la corteza color anaranjado que se desprende en láminas delgadas como papel. Hojas compuestas hasta 2 cm, crecen amontonadas en las puntas de las ramas. Inflorescencias en racimos simples hasta 8 cm con 4 a 7 flores. En el PNC se localiza preferentemente en valles profundos y constituyen ecosistemas asociados a las riberas y laderas de las cuencas altas. (Minga, Ansaloni, Verdugo & Ulloa, 2016)	
Carex toreadora	Hierbas perennes, subacuáticas, rizomatosas, de 25 cm de alto. Hojas escasamente agrupadas, de 6 cm de ancho y 25 cm de alto. Inflorescencia terminal, de color café-marrón. Flores agrupadas en espiguillas pequeñas y ovoideas. Habita en humedales, pantanos y cuerpos lacustres de poca profundidad, formando agregados en asociación con Carex azuayae y Juncus sp (Minga, Ansaloni, Verdugo & Ulloa, 2016)	

### Anexo 7. Puntuación Índice QBR (Agència Catalana de l'Aigua, 2006)

Nivel de calidad		Valor índice QBR	Coloración DMA 2000/60/CE
Muy bueno	<i>Bosque de ribera sin alteraciones, estado natural</i>	≥ 95	Azul
Bueno	<i>Bosque ligeramente perturbado</i>	75-90	Verde
Moderado	<i>Inicio de alteración importante</i>	55-70	Amarillo
Deficiente	<i>Alteración fuerte</i>	30-50	Naranja
Malo	<i>Degradación extrema</i>	≤ 25	Rojo

### Anexo 8. Salida de las instalaciones del FONAG



### Anexo 9. Salida del reconocimiento del lugar, fecha 24 de abril de 2017



**Anexo 10.** Toma de muestras punto 1 (época lluviosa), técnica surber, salida 25 de abril de 2017



**Anexo 11.** Toma de muestras punto 1 (época lluviosa), técnica manual, salida 25 de abril de 2017



**Anexo 12.** Toma de muestras punto 2 (época lluviosa), técnica manual, salida 25 de abril de 2017



**Anexo 13.** Toma de muestras punto 3 (época lluviosa), técnica manual (izquierda) y técnica surber (derecha), salida 25 de abril del 2017





**Anexo 14. Toma de parámetros físicos y químicos**



**Anexo 15. Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio de la Universidad tecnológica equinoccial**

